



*Bosques
& desarrollo*
forests & development

**COMISIÓN ADMINISTRADORA DEL RÍO URUGUAY
PLAN DE MONITOREO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL
RÍO URUGUAY EN ÁREAS DE PLANTAS CELULÓSICAS**

Recopilación: Ing. Quím. Walter Isabella

Mercedes, Uruguay, febrero de 2007

Montevideo 10 de febrero de 2007

**COMISIÓN ADMINISTRADORA DEL RÍO URUGUAY
PLAN DE MONITOREO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL RÍO URUGUAY
EN ÁREAS DE PLANTAS CELULÓSICAS**

Recopilación: Ing. Quím. Walter Isabella

Nota: al momento de la redacción del borrador, base de este informe, (marzo 2006) no se conocía la decisión de Ence de reubicar su planta en el Dto. de Colonia, pero sirve para formarse una idea de los criterios con que se determinarán los puntos de muestreo para Botnia.

Introducción

Teniendo en cuenta la implantación futura de plantas de celulosa y en el marco del actual PROGRAMA DE EVALUACION DE CALIDAD DE AGUAS Y CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL RIO URUGUAY (PROCON), se desarrolló el esquema que se describe a continuación cuya acción se centra en zonas de posible influencia de los emprendimientos. En este documento se describen acciones de monitoreo de CARU para la protección de la calidad de las aguas, biota acuática y sedimentos del Río Uruguay.

Las actividades a desarrollar se basan en las de PROCON extendidas a biota acuática y sedimentos, y se tienen en cuenta otros parámetros además de los contemplados para protección de las aguas destinadas a uso IV (conservación y protección de vida acuática), del DIGESTO.

En este plan se contempla el procesamiento de información histórica y actual (generada continuamente) que permita además de determinar el estado natural del recurso, previo a los emprendimientos, verificar el apartamiento de dichas condiciones naturales por la potencial afectación de los mismos en el cuerpo de agua. Se incorporan formas de trabajo de programas de estudio de monitoreo de efectos ambientales de plantas de pulpa y papel de Canadá (Environment Canada. 2003). El plan está basado en una secuencia de monitoreo continuo que permite evaluar tendencias cada tres años de trabajo pudiéndose lograr una evaluación real de largo plazo del impacto de efluentes, con resultados de algunas evaluaciones trianuales.

Se evalúan indicadores para determinar estado de comunidades bentónicas, de peces y de aguas y sedimentos. El control de calidad ambiental mediante la determinación de los valores de parámetros regulados (o no) tiene carácter de vigilancia, es decir que permite alertar respecto de una variación significativa en la concentración de dichos parámetros y por lo tanto detectar variaciones en la calidad de agua, biota acuática y sedimentos.

Por ello es importante el control de calidad analítico, motivo por el cual los laboratorios participantes en el relevamiento deben documentar las técnicas analíticas empleadas y los límites de detección del método.

Las actividades comprenden un conjunto de acciones de monitoreo para prevención y evaluación de efectos, sobre la base de la acción coordinada de los municipios y la CARU en el marco del Plan de Protección Ambiental del Río Uruguay, y según lo **acorda-**

do por ambas delegaciones (Argentina y Uruguay) en el Acta Extraordinaria del 15 de mayo de 2004.

AREA DE TRABAJO

El área de monitoreo incluye una grilla de sitios de muestreo aguas arriba y aguas abajo del punto de volcado de efluentes, considerando la potencial zona de influencia de éste, de acuerdo a las conclusiones del estudio de evaluación de impacto ambiental que presente la empresa y las propias de CARU.

Actividades de monitoreo

Las acciones de monitoreo a emprender en el área, abarcan los siguientes campos:

- a) Estudio de calidad de aguas y sedimentos
- b) Estudio de comunidades bentónicas
- c) Estudio de comunidades de peces

En a) se incluye además, la medición de parámetros fisicoquímicos de apoyo, necesarios

en b) y c) y los ensayos de toxicidad, y de acuerdo a los resultados de las primeras evaluaciones, pueden incluirse luego estudios de fito y zooplancton.

Evaluaciones e informes

Se efectuarán las evaluaciones correspondientes en cada caso y se producirán informes de avance anuales del estado actualizado de situación. Mediante la evaluación de datos de tres años de trabajo se presentará luego un informe sobre tendencias en el área. Los ciclos se repiten sobre esta base, modificada en caso de ser necesario, de acuerdo a la evolución del conocimiento.

En lo que sigue se describe el programa de actividades en cada campo.

Estudio de calidad de aguas y sedimentos

Estudio de calidad de aguas y sedimentos

Objetivo general:

Monitorear en forma permanente la calidad de aguas y sedimentos en el área de influencia del efluente.

Objetivos específicos:

Establecer una línea de base actual de calidad de aguas y sedimentos, verificar grado de cumplimiento de objetivos de calidad de agua de parámetros regulados por CARU, clasificar las aguas en base a un índice de calidad de aguas (el que a su vez se basa en los estándares de calidad de aguas de CARU), establecer tendencias de calidad.

El estudio se efectúa mediante el relevamiento con frecuencia trimestral de una serie de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos además de ensayos de toxicidad en agua, y de parámetros químicos en sedimentos. En caso necesario se incluirán luego ensayos de toxicidad de sedimentos y estudios de fito y zooplancton.

Metodología de Trabajo

Muestreos: Se efectuarán en la zona de influencia del emprendimiento, cuatro campañas de muestreo que deberán ser estacionales, considerándose nueve sitios de monitoreo, donde se obtendrán muestras de agua. En una de las campañas entre marzo y agosto se obtendrán también muestras de moluscos bivalvos del lugar de modo de evitar la época de reproducción. Se efectuará un muestreo anual de sedimentos coincidente con una campaña de muestreo de aguas.

Frecuencia y estacionalidad de los muestreos: La frecuencia de muestreo será trimestral, lo que permitirá observar estacionalidad de las variables, mantener las series históricas en algunos puntos y permitirá evaluar tendencias. Además este número de datos es el mínimo anual requerido por el índice de calidad de aguas para ser aplicado con confiabilidad. Dos de los muestreos se harán durante las Campañas PROCON las cuales se efectúan una en verano y otra en invierno. Los otros dos muestreos se harán en otoño y primavera en campañas "específicas" o selectivas.

Area y estaciones de muestreo: Como se indicó antes, el área de muestreo (o área de monitoreo) comprende una grilla de puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo del punto de volcado del efluente, abarcando la posible zona de influencia de éste. En el área de influencia del efluente, las estaciones seleccionadas, que deben ser georeferenciadas, son las siguientes, (recordar que en esta distribución de zonas de muestreos se estaba teniendo en cuenta la presencia de Ence):

- 1 BOPI – 1 km. aguas arriba de descarga
- 2 BOPI – Zona de descarga del emisario
- 3 BOPI – 1 km. aguas abajo de descarga
- 4 FRAY - Toma agua Fray Bentos
- 5 GUAY – A 100 m aguas abajo borde sudoeste isla Sauzal
- 6 Ñandubayzal – Balneario
- 7 FRAY – Las Cañas - Balneario
- Transecta 70 - Desembocadura Río Gualeguaychú (Km. 90)
- 71 - Superficie margen argentina (sobre el río Uruguay)
- 72 - Superficie Boya Km. 90.

Las campañas "específicas" serán de dos (2) días de duración dependiendo de la logística y condiciones meteorológicas.

Como anexos I y II de este documento figuran los planes de campaña correspondientes a dichos muestreos.

Tipo y cantidad de muestras, y parámetros a evaluar por campaña: En la siguiente se indica la cantidad de muestras de cada matriz (agua, sedimento y biota), que obtendrán en cada punto, y los parámetros a evaluar en cada caso.

Específicamente, se incluirán entre los parámetros de monitoreo la determinación AOX, EOX y TOX y a la determinación de compuestos fenólicos se llevará a cabo discriminando compuestos individuales.

Matriz	Cantidad de muestras	Parámetros a evaluar
Agua	Una y replicados	DBO ₅ , DQO, O ₂ dis., S.S.T, Fenoles, Pb, Zn, Cr, Cu, Hg, NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , NH ₃ (no ionizable), N ₂ total, P ₂ total, PO ₄ ^o , PAH's, Cl ₂ residual, pH, Alcalinidad, AOX, TOX y EOX, Dureza y ensayo de toxicidad aguda y crónica, bacteriología, cianuros totales.
Sedimento	Una y replicados	Fenoles, Cromo, Mercurio, HAPs, PCBs, Biocidas.
Bivalvos	Una	Fenoles, Cromo, Mercurio, HAPs, PCBs, Biocidas.

En estos muestreos se deberán relevar además de los parámetros contemplados para USO IV del Digesto de CARU, y que se usan para las verificaciones mencionadas, todos

los parámetros de calidad que se consideren relevantes con referencia al proyecto, estén incluidos o no en las legislaciones nacionales, que sean agregados específicamente de acuerdo a los antecedentes internacionales que se recopilen hasta la puesta en marcha de la planta.

Evaluación de contaminantes usando bio-concentradores: Uno de los métodos de acuerdo a los antecedentes internacionales que se recopilen hasta la puesta en marcha de la planta.

Evaluación de contaminantes usando bio-concentradores: Uno de los métodos de evaluación del efecto de descargas sobre la biota acuática, es el análisis de contaminantes bio-acumulados en tejido. Ciertos organismos acuáticos, por estar fijados al fondo, pueden ser usados como filtros vivientes. Este es el caso de los bivalvos bentónicos sobre los cuales se analizarán fenoles, cromo, mercurio, HAPs, PCBs y biocidas.

Ensayos de toxicidad aguda y crónica mediante el empleo de bio-indicadores: En las campañas PROCON de CARU se realizan ensayos de toxicidad aguda con *Daphnia Magna* (crustáceo). En el programa actual se agregarán ensayos de toxicidad con un alga, *Selenastrum capricornutum* y el más sensible de los peces autóctonos del lugar.

Aplicación del Índice de Calidad de Aguas (ICA): En base a los datos de los parámetros medidos y los estándares de calidad de aguas de CARU, se efectuará la clasificación de las aguas además de por comparación directa, también mediante un Índice de calidad de aguas, diseñado en la Columbia Británica, Canadá (BC), y adaptado para el Río Uruguay. Se ensayará asimismo el ICA actual adoptado por el Ministerio de Medio Ambiente de Canadá, que es una modificación del ICA de la BC, y está diseñado para trabajar con no menos de cuatro valores por parámetro por año.

Evaluaciones e Informes

Informes sobre la Calidad Ambiental Actual en el Area

Informes sobre la Calidad Ambiental Previa en el Area: El objetivo es en todos los casos, determinar la calidad ambiental actualizada, en puntos de muestreo en el río, próximos al emprendimiento. Dado que en el caso del emprendimiento de referencia para algunos de los 9 puntos de monitoreo existe información histórica sobre calidad de aguas desde 1987, se establecerá en base a dichos datos, una línea de base de calidad de aguas. Este informe se genera al comienzo del plan de monitoreo. Se verificará el grado de cumplimiento en cuanto a parámetros regulados por el DIGESTO de CARU para el USO IV, protección de vida acuática (más restrictivo). Además en esos puntos y en base a los mismos datos, se efectuará en lo posible la clasificación de la calidad de las aguas por aplicación de un índice de calidad de aguas.

Metodología:

Se recopilarán los valores medidos de los parámetros que se indican en la tabla I (uso IV y otros), a partir de los datos históricos de PROCON y subprogramas derivados, desde 1987 hasta la fecha, que se obtengan de la base de datos de CARU.

Para el caso actual se tomarán los datos correspondientes a las siguientes estaciones:

Metodología: Se recopilarán los valores medidos de los parámetros que se indican en la tabla I (uso IV y otros), a partir de los datos históricos de PROCON y subprogamas derivados, desde 1987 hasta la fecha, que se obtengan de la base de datos de CARU. Para el caso actual se tomarán los datos correspondientes a las siguientes estaciones:

1 FRAY - Colector municipal de Fray Bentos.

7 FRAY - Balnearios Las Cañas.

71 - Superficie margen Argentina (desmb. río Gualegauchú).

72 - Superficie Boya Km. 90.

Tabla 1

(Lista de parámetros para graficar línea de base histórica de calidad de agua)

Parámetro	Valor estándar	Uso
DBO		IV
DQO		IV
O ₂ disuelto		IV
S.S.T		IV
Fenoles		IV
Cromo		IV
NO ₃ ⁻		IV
NO ₂ ⁻		IV
NH ₄ ⁺		IV
PO ₄ ^o		IV
pH		IV
Bacteriología		II

Los valores constituyen la línea de base de datos históricos de PROCON en puntos próximos al emplazamiento y se graficarán los valores del ICA calculado con ellos e individualmente vs. fecha de muestreo/análisis. En el caso de los valores individuales e incluirá la representación del valor estándar como línea horizontal en color rojo. Previa validación de los datos analíticos de PROCON se calculará la estimación de la tendencia central de la distribución. Se establecen así las condiciones naturales de calidad del río Uruguay en los puntos próximos al área de impacto, a efectos de comparación. Los valores constituyen la línea de base de datos históricos de PROCON en puntos próximos al emplazamiento y se graficarán los valores del ICA calculado con ellos e

individualmente vs. fecha de muestreo/análisis. En el caso de los valores individuales se incluirá la representación del valor estándar como línea horizontal en color rojo. Previa validación de los datos analíticos de PROCON se calculará la estimación de la tendencia central de la distribución. Se establecen así las condiciones naturales de calidad del río Uruguay en los puntos próximos al área de impacto, a efectos de comparación.

Informes sobre la Calidad Ambiental en el Area (desde 2004-todos los puntos):

De acuerdo a un criterio de selección que tenga en cuenta el EEIA elevado a la Parte por la empresa y observaciones propias de los asesores de CARU, se incluyen puntos de muestreo en el área de potencial impacto, adicionales a los anteriores que se relevan con una frecuencia de 4 muestreos anuales para agua y 1 para biota acuática y sedimentos.

La Línea de Base del Área de Potencial Impacto incluirá los puntos más próximos al área y que son fijos del PROCON clásico y los nuevos puntos seleccionados según se indicó en el párrafo anterior. Esta línea se constituirá con no menos de 4 datos para cada punto. Se estima que en el caso actual antes de la operación de la planta se contará con al menos 8 valores.

El procedimiento operativo para establecer la Línea de Base del área de impacto potencial es el mismo que para la línea de base previa.

Verificación del grado de cumplimiento de objetivos de calidad de aguas La evaluación de la calidad ambiental en agua se hará en base a verificación del grado de cumplimiento de objetivos de calidad de aguas y a la clasificación de aguas en base a un índice de calidad de aguas.

En esos puntos y para todos los datos, por comparación con los estándares de calidad de aguas del DIGESTO de CARU, se calcula el grado de cumplimiento respecto a dichos estándares, en porcentaje.

Para calcular el porcentaje de cumplimiento de los objetivos o estándares de calidad sobre un número grande de datos (este procedimiento no es válido para un número de datos inferior a 30) se debe hacer el histograma correspondiente, estableciéndose el rango de clases y sus límites de clases.

Se busca la curva de distribución normal de mejor ajuste o se efectúa el ensayo o test de chi-cuadrado (X^2), estableciéndose la hipótesis nula para cada distribución ensayada, y se determina de este modo la distribución a que corresponde el histograma. Una vez hallada la distribución correspondiente (lo ideal es que la distribución sea gaussiana), se calcula la variable normalizada (tipificada) con la que se obtiene el área bajo la curva para todos los valores que satisfacen la condición o sea hasta el valor límite, en unidades de probabilidad, con la tabla de la distribución. Finalmente se calcula el grado o nivel de cumplimiento en porcentaje mediante el producto de este último valor hallado multiplicado por 100.

En el caso de un parámetro cuyos valores deban quedar comprendidos en un rango, se calcula el área bajo la curva para ese rango, de acuerdo a la distribución de que se trate.

Obviamente se puede calcular el grado de no cumplimiento, calculando la porción de área que queda fuera del límite o rango.

$$Z = \frac{\text{Valor del Objetivo (o standard)} - \text{Valor medio (del total de datos)}}{\text{Desvío estándar (del total de datos)}}$$

Con el valor de la variable normalizada obtenido (o sea z) y con la tabla de áreas bajo la curva normal tipificada, se obtiene el valor de área el que corresponde a una fracción de la mitad de la curva, por eso se le debe sumar 0,5 que es el área de la otra mitad. (los valores de área son en unidades de probabilidad, van de 0 a 1).

El valor obtenido se multiplica por 100 y ese valor es el grado de cumplimiento del estándar en porcentaje.

Nota: Esto vale siempre que el número de datos sea numeroso, es decir $N \geq 30$. En caso contrario el cálculo es directo. Por ejemplo: Se tienen 29 datos o valores. Se prueba por comparación, que 3 valores exceden o no cumplen el objetivo (el valor del digesto). En ese caso el grado o nivel de cumplimiento viene dado por la fórmula

$$\text{Grado Cumpl. (\%)} = \frac{(29 - 3)}{29} \times 100\% = 89,66\% <> 90\%$$

Se registrará el grado de cumplimiento en un gráfico de barras con valores de abscisas de 0 a 100 %, en cada punto.

Luego de cada campaña se genera un informe o parte técnico de campaña en el que se vuelca la información de parámetros de campo, tipo, cantidad y modo de preservación de muestras y replicados que figurará también en las planillas de cadena de custodia de muestras remitidas a cada Institución participante en los muestreos.

Clasificación de aguas en base a un índice de calidad de aguas (ICA).

Como se indicó antes, la clasificación de las aguas de acuerdo a su calidad y a efectos de comparación entre sitios, se hace por una parte, por medio de la verificación del grado de cumplimiento de los objetivos de calidad de aguas de CARU para uso IV, es decir por comparación directa, y por otra, calculando valores del índice de calidad de aguas, diseñado en la Columbia Británica, Canadá, y adaptado para el Río Uruguay. A la vez se ensayará el ICA actual adoptado por el Ministerio de Medio Ambiente de Canadá, que es una modificación del ICA de la Columbia Británica, y está diseñado para trabajar con no menos de cuatro valores por parámetro por año. Anualmente se producirá un informe de clasificación en función del índice de calidad de aguas, que seguirá un registro continuo.

Estudio de comunidades de invertebrados bentónicos

Objetivo general:

Efectuar estudios ambientales de monitoreo a partir del análisis de estructura comunitaria de los organismos del bentos.

Objetivos específicos:

Evaluar el impacto del efluente sobre el estado de condición de las poblaciones más importantes del complejo bentónico, en proximidades del emprendimiento industrial, que son fuente de alimentación de las cadenas tróficas en especial de los peces.

Metodología de Trabajo

Muestreos: Se efectuarán en las campañas de muestreo, de calidad de aguas y sedimentos que en el caso del efluente del emprendimiento de M'Bopicuá considera nueve sitios de monitoreo

Frecuencia y estacionalidad los muestreos: Es importante desde el punto de vista de la evaluación de la comunidad del fondo (bentos) que el muestreo sea repetido como mínimo en dos estaciones climáticas contrastantes del año, debido al ciclo de vida de la mayoría de los invertebrados del fondo. Eventualmente se podría muestrear en las 4 estaciones climáticas del año en el primer año y luego continuar con los 9 puntos dos veces al año.

Área y estaciones de muestreo:

El área de muestreo (o área de monitoreo) comprende una grilla de puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo del punto de volcado del efluente, abarcando la posible zona de influencia de éste. En el área de influencia del emprendimiento de M^o Bopicua, las estaciones seleccionadas, geo-referenciadas, son las mismas indicadas en el estudio de calidad de aguas y sedimentos (recordamos que M^o Bopicuá relocalizó su planta)

Tipo y cantidad de muestras, y parámetros a evaluar por campaña: Se obtendrán muestras de sedimentos superficiales con dragas VAN VEEN. En cada una de los sitios deberán considerarse por lo menos dos réplicas (dos dragas VAN VEEN o equivalentes) que serán tratadas y observadas con procedimientos convencionales para los estudios bentónicos (EPA). Una tercera unidad de muestreo (se considerará como testigo y quedará en custodia en el laboratorio de Limnología (ILPLA- UNLP).

En cada una de los sitios deberán considerarse por lo menos dos réplicas (dos dragas VAN VEEN o equivalentes) que serán tratadas y observadas con el tratamiento convencional para los estudios bentónicos (EPA). Una tercera unidad de muestreo (se considerará como testigo y quedará en custodia en el laboratorio de Limnología (ILPLA).

Evaluaciones e Informes

Informes sobre estructura de comunidades bentónicas en el área

En el estudio se aplicarán índices bióticos y de diversidad (Margalef, Shannon y Wiener , "Bray- Curtis gran mean test", etc.).

Por otro lado se aplicarán índices propios para la región elaborados con la fauna local (IBPAMP e IMRP, que son dos índices basados en invertebrados pampeanos y del área rioplatense).

EFECTOS SOBRE LOS PECES Y LOS RECURSOS PESQUEROS

El propósito del monitoreo de peces es evaluar los efectos del efluente sobre la supervivencia, el crecimiento, la condición y la reproducción de los peces. Estos efectos serán evaluados mediante la comparación de indicadores individuales y poblacionales, de al menos dos especies de peces en el área expuesta y áreas de referencia.

Otro aspecto a evaluar es el de los posibles efectos sobre la palatabilidad que podrían comprometer la aptitud de los peces para el consumo.

El relevamiento de peces proveerá una evaluación de las diferencias en el crecimiento, en la reproducción, condición y supervivencia de las poblaciones de peces entre el área expuesta y el área de referencia libre de efluentes.

El programa consistirá en una serie secuencial de ciclos de muestreo e interpretación, en los cuales los requerimientos de cada ciclo dependerán de los resultados del ciclo previo. El primer ciclo del relevamiento de peces se orientará a la realización de una evaluación del ambiente receptor, del área de estudio, de las especies presentes y de la variabilidad de los parámetros a considerar en los peces. A partir del relevamiento de la comunidad de peces se seleccionarán las especies testigo a utilizar en las siguientes fases del programa.

Mediciones requeridas para determinar efectos en el crecimiento, reproducción , condición y supervivencia de los peces.

<i>MEDICIÓN</i>	<i>PRECISIÓN</i>	<i>INFORMACIÓN</i>
Longitud (fork, total o estándar)	+/- 0,2 cm	Medidas individuales, media y desviación estándar
Peso total (en fresco)	+/- 5,0 %	Medidas individuales, media y desviación estándar
Edad	+/- 1 año	Medidas individuales, media y desviación estándar
Peso de los huevos	+/- 1,0 %	Peso de una submuestra mínima de 100 huevos
Fecundidad	+/- 1,0 %	Peso de cada hembra, peso de los ovarios, número total de huevos por hembra
Peso del hígado	+/- 1,0 %	Medidas individuales, media y desviación estándar
Condición externa	No aplicable	Anormalidades, prevalencia de lesiones, tumores, parásitos, etc.
Sexo	No aplicable	

La elaboración e interpretación de los datos, luego de cada fase de monitoreo, responderá a las siguientes preguntas:

- ¿Se detecta un efecto?
- ¿El efecto está relacionado con la planta?
- ¿Cuál es la magnitud y extensión del efecto?
- ¿Cuál es la causa del efecto detectado?

Los resultados del primer ciclo, previo a la operación de la planta, se utilizarán establecer una línea de base con la cual comparar los datos de los ciclos

Indicadores utilizados para evaluar efectos de la exposición al efluente

<i>INDICADOR</i>	
Crecimiento	<ul style="list-style-type: none">• Peso en función de la edad*• Longitud en función de la edad
Reproducción	<ul style="list-style-type: none">• Tamaño gonadal relativo* (peso de la gónada en función del peso corporal)• Peso de la gónada en función de la longitud• Fecundidad (número de huevos por hembra en función del peso corporal, la longitud y o la edad)
Condición	<ul style="list-style-type: none">• Factor de condición* (peso corporal en relación con la longitud: $k = 100 \times Pt / L^3$)• Peso del hígado en relación con el peso corporal• Peso del hígado en relación con la longitud• Tamaño de los huevos (tamaño medio de los huevos en función del peso corporal; tamaño medio de los huevos en función de la edad)
Supervivencia	<ul style="list-style-type: none">• Distribución de frecuencia de edades*• Distribución de frecuencias de longitud

* Relaciones utilizadas (endpoints) para la determinación de efectos. Las otras relaciones se utilizan en análisis complementarios.

TAMAÑO DE LA MUESTRA

El tamaño muestral para detectar una diferencia específica, se estimará a partir de la variabilidad de la muestra y el poder estadístico aceptable para el proceso de toma de decisiones. Se fijará un número de ejemplares suficiente para la detección de diferencias del 20 al 30 % en las variables medidas. El mínimo muestral será de 20 machos y 20 hembras sexualmente maduros, de dos especies testigo seleccionadas (sedentarias o relativamente sedentarias y al menos una de ellas de hábitos bentófagos).

ÁREAS DE EXPOSICIÓN Y DE REFERENCIA

TAMAÑO DE LA MUESTRA

El tamaño muestral para detectar una diferencia específica, se estimará a partir de la variabilidad de la muestra y el poder estadístico aceptable para el proceso de toma de decisiones. Se fijará un número de ejemplares suficiente para la detección de diferencias del 20 al 30 % en las variables medidas. El mínimo muestral será de 20 machos y 20 hembras sexualmente maduros, de dos especies testigo seleccionadas (sedentarias o relativamente sedentarias y al menos una de ellas de hábitos bentófagos).

ÁREAS DE EXPOSICIÓN Y DE REFERENCIA

El monitoreo se llevará a cabo en sitios representativos del *área de exposición* (ambientes frecuentados por peces expuestos al efluente) y del *área de referencia*

MOMENTOS DE MUESTREO

De acuerdo con los resultados de los relevamientos previos, el monitoreo se realizará la época del año que maximice la posibilidad de capturar ejemplares expuestos de las especies testigo, coincidiendo, en lo posible, con el o los períodos de madurez gonadal, para facilitar la determinación de los posibles efectos sobre la reproducción.

PLAN DE TRABAJO

Antes de la entrada en operación de la planta se evaluará la información biológica e hidrológica (batimetría, circulación, efectos de mareas, aportes de afluentes, etc) disponible, y se realizarán dos campañas de relevamiento de 6 días durante la primavera y el verano. Las campañas tendrán como objeto reconocer las áreas aguas arriba y aguas abajo del emprendimiento, ensayar los métodos de captura, determinar la estructura de la comunidad de peces, seleccionar las especies testigo, medir los parámetros individuales y poblacionales a utilizar, evaluar su variabilidad y establecer una línea de base de referencia en el área, previo a su eventual afectación.

Durante la fase de operación de la planta se prevé realizar dos campañas anuales (primavera y verano), cuya duración se estima entre 2 y 6 días, en función del tiempo requerido para completar las muestras mínimas de peces previstas en el diseño del monitoreo.

Después de cada campaña se elaborará un informe comparando los indicadores evaluados en el área de exposición y de referencia, con el correspondiente análisis estadístico e interpretación de los resultados.

evidenciarse efectos atribuibles a la operación de la planta, se diseñarán los relevamientos correspondientes para evaluar su intensidad, extensión geográfica y la eventual incidencia en otras especies.

Referencias

Environment Canadá. 2003. National Assessment of Pulp and Paper Environmental Effects Monitoring Data: A Report Synopsis. National Water Research Institute, Burlington, Ontario. NWRI Scientific Assessment Report Series No. 2. 28 p.