

## **DERRAME DE PETRÓLEO EN LA COSTA DE UN ESTUARIO: EL CASO MAGDALENA**

Raúl A. Lopardo<sup>(1)</sup> y Carlos M. Angelaccio<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto Nacional del Agua, email rlopardo@ina.gov.ar [angelaccio@ciudad.com.ar](mailto:angelaccio@ciudad.com.ar)

### **RESUMEN**

El 15 de enero de 1999, en el río de la Plata, frente a las costas de Magdalena, colisionaron el buque tanque petrolero “B/T Estrella Pampeana” y el portacontenedores B/M Sea Paraná. A causa del impacto, se derramaron 5.300 metros cúbicos de petróleo, que derivaron hasta impactar con las costas de Magdalena contaminando treinta kilómetros de costa y generando el ingreso de hidrocarburo, particularmente en la zona de arroyos y humedales costeros, hasta dos kilómetros tierra adentro. El presente artículo tiene como objetivo general presentar las características del estudio realizado por el Instituto Nacional del Agua para efectuar la caracterización del estado de contaminación, la identificación y valoración cualitativa de impactos negativos sobre los factores bióticos y socioeconómicos de la región. La singularidad del presente trabajo se basa en dar a conocer, por una parte, el desarrollo de actividades técnicas con escasa cantidad de antecedentes por haberse desarrollado en ambientes de estuario de agua dulce, donde la dinámica de evolución de los contaminantes resulta singularmente compleja. Por otra, por el alto grado de sostenibilidad jurídica alcanzado por los resultados, que permitieron utilizar evidencia técnica no cuestionable.

### **ABSTRACT**

On January 15, 1999, near Magdalena's coast in the Rio de la Plata, the oil tanker "B / T Estrella Pampeana" and the container carrier "B / M Sea Parana" collided. Due to the impact, 5300 cubic meters light "Hydra" oil was spilled. The oil slick drifted until it impact the Magdalena shore line in approximately twenty miles, generating oil income, particularly in the area of streams and wetlands, up to two kilometers inland. This paper aims to present the work carried out by the National Water Institute to understand the pollution characteristics, identification and qualitative assessment of negative impacts on biological and socioeconomic factors in the region. The singularity of this work is based in showing the technical activities with poor references due that the spill occurred in freshwater estuary with tide influence, where the dynamics of the pollutants is uniquely complex. In the other hand, the high level legal sustainability obtained by the results, allowed the use of unquestionable evidence.

### **INTRODUCCIÓN**

A las 14 horas del día 15 de enero de 1999, a la altura del kilómetro 93 del canal intermedio de acceso al puerto de Buenos Aires en el Río de la Plata, aproximadamente a 23 kilómetros frente a las costas de la localidad de Magdalena, colisionaron el buque tanque petrolero “B/T Estrella Pampeana” de bandera liberiana, al servicio de la empresa Shell, procedente de Caleta Olivia, con destino a Dock Sud, con 35.000 metros cúbicos (tres mil toneladas) de crudo liviano tipo “Hydra” en sus tanques y el porta contenedores B/M Sea Paraná, de bandera alemana, proveniente del puerto de Buenos Aires con carga general destinada a San Pablo.

A causa del impacto se abrió un rumbo en la banda de babor sobre la línea de flotación en correspondencia con el tanque N° 4 del buque Estrella Pampeana, derramándose parte del crudo transportado (aproximadamente 5.300 metros cúbicos de petróleo, alrededor de 4.600 toneladas) sobre las aguas del Río de la Plata. Cuando se realizó el primer sobrevuelo del área, dos horas después del accidente, la mancha inicial se extendía en un área de 500 metros de largo por 200 metros de ancho, habiéndose contenido el derrame por trasvase del crudo restante en el tanque N° 4 a otro vacío de la misma nave. La mancha, por razones meteorológicas y estado de marea se dirigía hacia río afuera.

Como consecuencia de cambios en los vientos y mareas predominantes, el petróleo derivó hasta impactar con las costas del Municipio de Magdalena el día domingo 17 de enero de 1999, interesando aproximadamente treinta kilómetros de costa y generando el ingreso de hidrocarburo, particularmente en la zona de arroyos y humedales, hasta dos kilómetros tierra adentro de la costa (Fotografía N° 1). Simultáneamente, se iniciaron las operaciones de recolección y limpieza desde tierra.



Fotografía N° 1: impacto del derrame sobre la costa el 17 de enero de 1999

El día 18 de enero empeoraron las condiciones climáticas y la mancha principal aumentó su velocidad de traslación hacia la costa, desprendiendo manchas secundarias. El día 20 de enero se consideran ya afectados 20 kilómetros de costa, al sur de Punta Atalaya. Seis días después, la empresa Shell informó que se habían recuperado 1.281 m<sup>3</sup> de productos líquidos (crudo y material emulsionado), se habían desplegado más de 2.500 metros de barreras flotantes de contención y se utilizaban catorce tanques de recuperación, ocho camiones de vacío y doscientos cincuenta hombres.

Sin embargo, el día 1 de febrero se informó que por efecto de fuertes sudestadas, se habían roto las barreras de contención y se produjo una importante sobre elevación del nivel del río, ingresando material contaminante en el monte ribereño, en particular en

las costas de Berisso, dispersándose también un importante número de barriles con material ya recogido en el área de Punta Blanca.

El 10 de marzo de 1999 el Instituto Nacional del Agua fue convocado para realizar un estudio ambiental de gran envergadura cuyo objetivo general era la caracterización del estado de contaminación de un área geográfica expresamente definida, así como la identificación y valoración cualitativa de impactos negativos sobre los factores bióticos y socioeconómicos de la región.

Del informe producido por el Instituto Nacional del Agua surgió que los hidrocarburos contaminaron los ecosistemas costeros de la localidad de Magdalena, afectando de un modo relevante la flora, la fauna, las actividades productivas, culturales y de esparcimiento relacionadas con esos ecosistemas.

## **ANTECEDENTES**

No existen constancias de derrames de petróleo de la magnitud del analizado en el presente trabajo en un ámbito fluvial, con características muy particulares por tratarse de un estuario en zona de agua dulce, con humedales en la costa.

Es interesante observar que muy pocos grandes derrames son los responsables de un elevado porcentaje del total de petróleo derramado en los océanos y mares por causa del transporte en buques tanque. Citando el ejemplo de información de ITOPF, en un período de diez años comprendido entre 1990 y 1999 se han reportado trescientos cincuenta y ocho derrames que superan las siete toneladas, totalizando mil ciento treinta y ocho toneladas derramadas, pero el 73% de ese total fueron producto de sólo diez incidentes (por debajo del 3% del total reportado).

Cualquier análisis estadístico anual puede ser severamente distorsionado por un único gran derrame. Ello se puede demostrar analizando el año 1979, en el que se produjo el accidente del Atlantic Empress, con 287.000 toneladas derramadas, el año 1983, con el caso del buque Castillo de Bellver, que derramó 252.000 toneladas y el año 1991, en el que el ABT Summer produjo un derrame de 260.000 toneladas. Sin embargo, ITOPF concluye que el volumen de derrames debido a transporte en buques tanque ha disminuido en las últimas décadas (ITOPF, 2009).

La misma referencia permite apreciar la tabla siguiente, en la que se muestran los principales derrames de petróleo generados por embarcaciones desde 1967.

<b>N°</b>	<b>Embarcación</b>	<b>Año</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Derrame (toneladas)</b>
1	Atlantic Empress	1979	Mar afuera, Tobago, Indias Occidentales	287.000
2	ABT Summer	1991	700 millas mar afuera, Angola	260.000
3	Castillo de Bellver	1983	Mar afuera, Saldanha Bay, Sudáfrica	252.000
4	Amoco Cadiz	1978	Mar afuera, Bretaña, Francia	223.000
5	Haven	1991	Génova, Italia	144.000
6	Odyssey	1988	Canadá	132.000
7	Torrey Canyon	1967	Islas Scilly, Reino Unido	119.000
8	Sea Star	1972	Golfo de Omán	115.000
9	Irenes Serenade	1980	Navarino Bay, Grecia	100.000
10	Urquiola	1976	La Coruña, España	100.000
11	Hawaiian Patriot	1977	300 millas mar afuera, Honolulu	95.000
12	Indpendenta	1979	Bósforo, Turquía	95.000
13	Jakob Maersk	1975	Oporto, Portugal	85.000
14	Braer	1993	Islas Shetland, Reino Unido	80.000
15	Khark 5	1989	120 millas mar afuera, costa atlántica de Marruecos	74.000
16	Aegean Sea	1992	La Coruña, España	72.000
17	Sea Empress	1996	Milford Haven, Reino Unido	72.000
18	Katina P	1992	Mar afuera, Maputo, Mozambique	72.000
19	Nova	1985	Mar afuera, islas Kharg, golfo de Irán	70.000
20	Prestige	2002	Mar afuera, Galicia, España	63.000
35	Exxon Valdez	1989	Prince William Sound, Alaska, USA	37.000



Se ha agregado en la tabla el caso del Exxon Valdez pues es el que ha tomado mayor relevancia a través de los medios, por los efectos producidos sobre el medio ambiente. El Estrella Pampeana de Shell, derramó aproximadamente 4.600 toneladas de crudo en el Río de la Plata.

## **ALCANCES Y METODOLOGÍA**

Los trabajos e investigaciones efectuados por el INA pueden ser sintetizados en dos áreas fundamentales:

- a) Programación y ejecución de tareas de muestreo y análisis de aguas, sedimentos y suelos en un área geográfica requerida, con miras a determinar una imagen instantánea de la situación de contaminación de la misma. Las actividades de muestreo se desarrollaron desde junio a agosto de 1999, efectuándose a posteriori las determinaciones analíticas tendientes a definir las concentraciones de los tóxicos en cada una de las muestras y la interpretación de los resultados.
- b) Estudios complementarios con base en estudios científicos antecedentes sobre especies sensibles y resistentes a la contaminación en las costas de Magdalena y trabajos desarrollados “ad-hoc” sobre fauna bentónica, fauna libre, flora fúngica y comunidades vegetales, a efectos de determinar en forma preliminar e indicativa las posibles implicancias que el vuelco accidental de petróleo crudo puede haber tenido sobre el medio biológico de las costas de Magdalena. Del mismo modo, se ha procurado establecer las implicancias que pueden haber afectado los recursos socioeconómicos de los pobladores del municipio de Magdalena, relacionados exclusivamente con la dinámica funcional del río.

Los estudios complementarios sobre biota aportaron datos que permitieron apoyar los obtenidos a través de análisis de tóxicos en agua y suelo. Por su propiedad de perdurar más en el tiempo, reforzando las hipótesis de daño cuando las pruebas en agua no han podido efectuarse en el momento inmediatamente posterior al derrame. Por otra parte los estudios sobre biota permitieron establecer indirectamente los posibles daños sobre la salud humana debido a efectos no deseados por ingesta o contacto con organismos afectados.

Para desarrollar el trabajo se limitó un sector geográfico de la costa del partido de Magdalena, con especial énfasis en los balnearios de Atalaya, Magdalena y Playa Nueva y áreas de influencia directa. No se han tenido en cuenta los efectos de orden secundario o terciario sobre la economía total del partido, que pudiera afectar a pobladores de áreas internas, no vinculadas directamente con la dinámica del río de la Plata.

La coordinación general del trabajo realizado estuvo a cargo del Ing. Carlos Angelaccio, contando con la conducción del Ing. José Lobos en los aspectos de muestreo y laboratorio y del Ing. Carlos A. Gómez en las de control de calidad. El trabajo requirió de un meritorio esfuerzo de los profesionales y técnicos involucrados en el proyecto, provenientes de diversos centros del INA. Debido a la necesidad de obtener resultados en tiempos perentorios, el grupo se instaló en Magdalena por un período prolongado, utilizando embarcaciones, laboratorio móvil, equipamiento propio e instrumentos de muestreo de diseño y construcción específico original, desarrollado por los expertos del

INA para este trabajo. En tal sentido, se utilizaron diez muestreadores contruidos íntegramente en teflón, pues ese material, por su característica inerte, no permite que se produzca contaminaciones por degradación de los materiales propios de los instrumentos. Ellos estuvieron especialmente diseñados para utilizarse en cualquier condición que se presente en el río, aún en circunstancias de oleaje crítico.

Una parte importante de las muestras fue remitida para su análisis al Northern Testing Laboratory Inc. de Fairbanks, Estados Unidos, que tuviera a su cargo similar tarea para el derrame de más de 40.000 litros de petróleo crudo debido a la catástrofe del buque Exxon Valdez, producido el 24 de marzo de 1989 en el Pacífico Norte, frente a la costa de Alaska, ocasionando la contaminación de 1.600 kilómetros de costa.

## **ALGUNOS RESULTADOS OBTENIDOS**

Para el estudio se programaron y ejecutaron tareas de muestreo y análisis de aguas, sedimentos y suelos en la zona afectada, a efectos de establecer una imagen instantánea de la situación de contaminación de la misma y se efectuaron las determinaciones analíticas tendientes a definir las concentraciones de los tóxicos en cada una de las muestras.

Además se efectuaron estudios complementarios con la colaboración de la Unidad de Gestión Ambiental de la facultad de Ingeniería de la UNLP sobre especies sensibles y resistentes a la contaminación, que involucraron a la fauna bentónica, fauna libre, flora fúngica y comunidades vegetales. Se han procurado también establecer las implicancias que pueden haber afectado los recursos socio-económicos de los pobladores relacionados exclusivamente con la dinámica funcional del río. En breve síntesis, el informe del Instituto Nacional del Agua (INA) expuso los resultados que se enumeran a continuación.

- En agua se han encontrado concentraciones de metales 10 veces superiores a los límites máximos permitidos. En relación a los contenidos de BTEX en agua 50 veces los valores máximos permitidos e hidrocarburos totales de petróleo en agua entre 5 y 12 veces los valores máximos permitidos.

- En relación a los contenidos en suelo, se han encontrado concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo en más del 50% de las muestras, con un grado de contaminación apreciable y otro 23% un grado de contaminación muy severo. Además,, 55 muestras presentaron concentraciones de “rango diesel” superiores a su respectivo MRL, superando 29 de ellas los 100 mg/kg, en algunos casos con valores tan altos como 9900 y 11900 mg/kg, mientras que para “rango residual”, 37 muestras presentaron concentraciones superiores al MRL, 27 de ellas con valores de hasta 2.000 mg/kg y las otras 10 con valores superiores a los 2.000 mg/kg, con un máximo de 10.000 mg/kg. En definitiva, se han detectado niveles de contaminación por estos compuestos entre severo y muy severo para un número muy importante de muestras.

- En sedimentos la casi totalidad de las muestras (96 sobre 104) presentó contenidos de hidrocarburos totales de petróleo por encima del límite de detección. De ellas, 55 presentaron valores de hasta 50 mg/kg, otras 23 presentaron valores entre 1.000 y 46.497 mg/kg. En tal contexto, podría concluirse que un 25% de las muestras

presentaron un grado de contaminación apreciable y otro 20% un grado de contaminación muy severo. Asimismo, 55 muestras presentaron concentraciones "rango diesel" superiores a su respectivo MRL, superando 22 de ellas los 100 mg/kg, en algunos casos con valores tan altos como 21300 y 26100 mg/kg, mientras que para "rango residual", 37 muestras presentaron concentraciones superiores al MRL, superando 7 de ellas los 2.000 mg/kg, en algunos casos con valores tan altos como 13.600 y 14.900 mg/kg. De acuerdo a los resultados, puede estimarse que las concentraciones halladas para estos parámetros indican contaminación apreciable o muy severa de la matriz analizada.

Se destaca que la presencia de hidrocarburos en el agua significa un riesgo a la salud para el hombre por el contacto directo o ingesta accidental durante el desarrollo de actividades recreativas como la natación, pesca deportiva, actividades náuticas, etc, todas ellas de desarrollo ampliamente difundido en las costas de Magdalena. De hecho estas actividades fueron prohibidas por la Municipalidad de Magdalena durante la temporada posterior al evento del derrame. Sin embargo, dada la falta de control estricto, se han observado personas realizando actividades subestimando el riesgo al que están expuestas. Este impacto podrá modificar su magnitud y riesgo dependiendo de la dinámica de intercambio de componentes tóxicos generada por las condiciones hidrodinámicas imperantes y dependerá de las concentraciones de contaminantes en las aguas y sedimentos de las costas de Magdalena. La intoxicación de la fauna acuática afecta indirectamente a la actividad pesquera por disminución de la cantidad y calidad del recurso. Este impacto indirecto se considera de magnitud media en el corto plazo y leve en el largo plazo.

Por otra parte, el informe del INA destaca los efectos negativos del derrame sobre bentos, plancton y fauna ictica, así como sobre la vegetación y las especies acuáticas o terrestres vinculadas al medio acuáticos.

Se afirma que los sectores de juncal más severamente afectados por la contaminación directa con hidrocarburos coinciden con los sitios tradicionalmente utilizados por los junqueros locales para la obtención de esta materia prima, provocando una significativa disminución en la disponibilidad de este recurso, ya sea por disminución de la cantidad como por deterioro de su calidad para la comercialización.

Los ambientes acuáticos del área impactada con hidrocarburos, además de brindar muchos otros servicios ambientales, sirven de abastecimiento de agua al ganado de la zona, por lo que la contaminación de estos cuerpos representa un riesgo para la salud de estos animales, y en un estadio posterior, a los potenciales consumidores de los mismos.

La incidencia del petróleo sobre la vegetación ribereña es notoria a juzgar por las marcas observadas sobre los tallos, troncos y follaje de la flora, llegando a alcanzar una altura aproximada superior al metro en algunos sectores. Este efecto podría tener consecuencias negativas sobre la fisiología de la vegetación, dependiendo del ejemplar en cuestión, de los compuestos hidrocarbonados y de la concentración presente en los mismos. Cabe aclarar que los daños en la vegetación podrían repercutir negativamente en el ecosistema en virtud del papel que desempeña como productor, refugio y alimento de especies animales, entre otros. La afectación directa sobre biomasa y cobertura, productividad, entre otros, tendría efectos indirectos sobre el resto de los componentes



bióticos del sistema,

Se detallan también los impactos de la contaminación sobre los intereses privados la actividad turística, las actividades recreativas y de esparcimiento local y regional, el paisaje, la pesca deportiva y comercial, y particularmente la actividad de los junqueras, quienes perdieron la posibilidad de recolección durante la temporada 1999/2000 debido a que mayoritariamente el junco en condiciones de cosechar se encontraba manchado con petróleo, mas allá de la pérdida posterior de producción.

La figura N° 2 permite apreciar la ubicación de las transectas seleccionadas para la toma de muestras en la zona.



Figura N° 2: Ubicación de las zonas de medición

## IMPORTANCIA DEL ESTUDIO REALIZADO

Se destaca en este trabajo su extensión y profundidad, habiéndose realizado campañas de muestreo, custodia de muestras, análisis de muestras y elaboración de los informes que han consumido más de tres años de actividad que dieron como resultado más de 4.500 fojas de documentación específica. Esa actividad se inició materialmente, con la presentación del Plan de Monitoreo en Abril de 1999, pudiendo darse por finalizada recién luego de formular las respuestas a observaciones y críticas a lo actuado, en Mayo de 2002.

Durante la profunda investigación realizada por el INA se realizaron extracciones de muestras de suelo, agua y sedimento. En total, se obtuvieron ciento cuatro (104) muestras de sedimento, sesenta y cuatro (64) muestras de agua y sesenta y seis (66) muestras de suelo. A ello deben agregarse las 12 muestras de sedimentos, 8 muestras de suelo y 8 muestras de agua que se realizaron para conformar un informe parcial complementario.

Es decir se tomaron 116 muestras de sedimentos, 72 muestras de suelos y 72 muestras de aguas (260 muestras en total). En cada una de las muestras de Agua, Sedimentos y Suelo se efectuaron determinaciones de 34 parámetros químicos distintos: hidrocarburos totales de petróleo, compuestos orgánicos rango gasolina, compuestos orgánicos rango diesel, compuestos orgánicos rango residuales, benceno, etilbenceno, tolueno, xileno, acenaftileno, acenafteno, antraceno, benzo (a) antraceno, benzo (b) fluoranteno, benzo (k) fluoranteno, benzo (a) pireno, benzo (g, h, i) perileno, criseno, dibenzo (a,h) antraceno, fluoranteno, fluoreno, indeno (1,2,3-cd) pireno, naftaleno, fenanteno, pireno, PAH totales, cromo, cobre, cadmio, cinc, estaño, plomo, molibdeno, mercurio y oxígeno disuelto.

Esta labor analítica generó 8.840 resultados, con el único fin de determinar el alcance de los impactos producidos por el derrame. Una actividad pericial de tales dimensiones exigió, que previamente a la misma se realizaran las siguientes operaciones:

- inspección general del sitio de muestreo previo al comienzo del mismo a los efectos de ajustar las desviaciones del plan con respecto a las condiciones reales,
- identificación de los accesos a los puntos de muestreo,
- identificación específica los puntos de muestreo,
- preparación y coordinación de un programa/itinerario de trabajo con el personal afectado a las tareas,
- determinación de los métodos de muestreo a emplear, y definición de los equipos necesarios,
- verificación de la existencia y obtención de los recipientes o envases necesarios para la toma de muestras,
- limpieza y descontaminación de los equipos,
- verificación de que esos equipos estuviesen en condiciones óptimas de trabajo,
- preparación de planillas de campo, rotulación y etiquetado del material a utilizar.
- Organización de estudios ad hoc sobre fauna, flora y factores socioeconómicos

El principal efecto del derrame de petróleo sobre las comunidades vegetales fue la mortalidad de órganos aéreos en el juncal, con un efecto importante sobre la actividad de extracción y comercialización de junco, actividad que sustenta a un importante número de familias en el área.

Con relación al contenido de hidrocarburos totales de petróleo en suelos y sedimentos, que se asocia de manera directa con el derrame de crudo, puede considerarse que los mismos presentaron una condición de contaminación alta en toda el área analizada. Esta situación se vuelve crítica en las zonas del Arroyo El Gauchito, Juncal 1 y La Alborada, el sector de Juncal 2 y Playa Nueva e interior del Arroyo Juan Blanco.

Para los compuestos de “rango diesel” y “rango residual” se estima que las concentraciones halladas indican contaminación apreciable a muy severa.

## CONCLUSIONES

El principal efecto del derrame sobre las comunidades vegetales fue la mortalidad de órganos aéreos en el juncal, con un efecto importante sobre la actividad de extracción y comercialización del junco. En particular las áreas comprendidas entre el Balneario Magdalena y La Alborada han sido las más afectadas en cuanto a comunidades de juncal y césped ribereño.

El contenido de contaminantes en comunidades vegetales afectó en mayor medida a las estaciones Alberdi, Atalaya, Balneario Magdalena, juncal 2 y Playa Nueva. En términos de promedio, el sector correspondiente a la costa muestra en los vegetales mayor concentración de hidrocarburos aromáticos y alifáticos que las del humedal costero. Las especies acuáticas o terrestres vinculadas al medio acuático fueron las más afectadas en forma puntual e inmediata por el derrame, debido a su alteración de hábitats de alimentación y cría, así como de sus áreas de tránsito y descanso. La fauna anfibia también se vio seriamente afectada, debido a su restringida utilización del ambiente y su limitada capacidad para desplazarse hacia zonas no impactadas. Los efectos no visibles derivados de la contaminación, especialmente la afectación crónica de individuos, es otro factor que podría producir consecuencias negativas sobre las poblaciones y comunidades del área afectada.

Si bien el estudio de comunidades bentónicas realizado en el área representa una caracterización instantánea de la situación, ha podido inferirse un impacto entre moderado y alto sobre las mismas, en base a la composición faunística del microbentos y al análisis de poblaciones de corbícula fluminia. El valor ecológico del Biotopo permite comparar la situación del muestreo respecto de datos previos al derrame, apreciándose una disminución del mismo. Complementariamente, los estudios hispatológicos efectuados sobre *limnopema fortunei* ponen en evidencia un importante cambio en la estructura normal de los tejidos analizados, lo que produce modificaciones en la población de la especie afectando su reproducción, resistencia a enfermedades y tasa de mortalidad.

El análisis global de los resultados analíticos de las muestras obtenidas indica que en un número importante de casos los suelos presentaron concentraciones elevadas de hidrocarburos totales de petróleo, rango diesel y rango residual, vinculados a la contingencia del derrame. Estos resultados evidencian que las acciones de limpieza no fueron efectivas en la matriz de suelo para las áreas más críticas, como Juncal 1, El Gauchito y La Alborada. Por otra parte, un número importante de casos de sedimentos presentaron concentraciones elevadas de hidrocarburos totales de petróleo, rango diesel y rango residual. Esto permitió identificar áreas críticas, correspondientes a la zona intermareal e interior de arroyos y canales comprendidos entre Juncal 2 y Playa Nueva, El Gauchito y La Alborada.

Cabe mencionar que la documentación propia generada por el INA se complementa con estudios específicos ad hoc que, en calidad de antecedentes o de informes complementarios encomendados a la Universidad Nacional de La Plata, dan al trabajo ejecutado un amplio carácter transdisciplinario e integrador. En base a la totalidad de

estos documentos, todos ellos con un elevado grado de sustentabilidad técnica y además jurídica, se ha podido establecer la existencia y el alcance de los impactos ambientales, así como a determinar las obras y acciones necesarias para mitigar tales impactos.

Habiendo transcurrido ya diez años del hecho, resulta significativo que no se haya podido poner en tela de juicio la imparcialidad e idoneidad del Instituto, que debió asegurar la calidad de las muestras, la confiabilidad de las cadenas de custodia de las mismas, la seguridad de los ensayos de laboratorio y finalmente, la certeza de sus conclusiones. Estos hechos integrados en el contexto de la demanda judicial llevaron a que la empresa responsable del derrame propusiera a la comuna de Magdalena un arreglo extrajudicial materializado en un importante monto de resarcimiento, el cual si bien no revierte muchos de los daños generados, permite a la comunidad afectada la utilización de los mismos en su propio beneficio.

### ***AGRADECIMIENTOS***

*Los autores desean brindar su agradecimiento a las autoridades y pueblo de Magdalena por el irrestricto apoyo brindado durante los trabajos de campo. Asimismo los autores desean poner de manifiesto y agradecer a la totalidad del personal del INA el compromiso demostrado durante la ejecución de este estudio.*

### **REFERENCIAS**

ITOPF, 2009: ITOPF - Information Services - Data & Statistics - Statistics.htm