



Documento:	DI/8
Item Agenda:	REAL 3c
Presentado por:	Uruguay

## **APROXIMACIÓN INICIAL AL MONITOREO BIOLÓGICO EN LA BASE URUGUAYA “ARTIGAS”**

**APROXIMACIÓN INICIAL AL MONITOREO BIOLÓGICO EN LA BASE URUGUAYA “ARTIGAS”****Odile Volonterio<sup>1</sup>, Aldo Felici<sup>2</sup> y Rodrigo Ponce de León<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Laboratorio de Zoología de Invertebrados, Facultad de Ciencias, Igué 4225, Piso 8 (Sur), Montevideo.

<sup>2</sup>Área Ambiental, Instituto Antártico Uruguayo, 8 de Octubre 2958, Montevideo 11600, Uruguay.

Una de las principales preocupaciones del Instituto Antártico Uruguayo es desarrollar un Programa de Monitoreo Ambiental que tiene una buena relación beneficio – costo y práctico, dadas las condiciones imperantes en la Antártida. Un Programa de Monitoreo inicial fue desarrollado basado en las recomendaciones emanadas del Taller de Texas sobre Monitoreo e Impacto Ambiental de la Ciencia y Operaciones en la Antártida, realizado en 1996. El Programa así creado incluía el monitoreo de variables físicas y químicas.

Más recientemente, un grupo de biólogos, han sido incorporados al equipo responsable por el desarrollo y la implementación de actividades de monitoreo, y por lo tanto Uruguay está actualmente recorriendo su camino de incluir el uso de organismos como indicadores biológicos de contaminación en el Programa preexistente. El objetivo de este nuevo, más comprensivo Programa de Monitoreo es optimizar los recursos del Área Medioambiental del Instituto Antártico Uruguayo, evitando duplicación de esfuerzos, y dirigir actividades específicas de monitoreo para apreciar las diferentes formas de eventual impacto humano que pudieran resultar en y próximas a la Base.

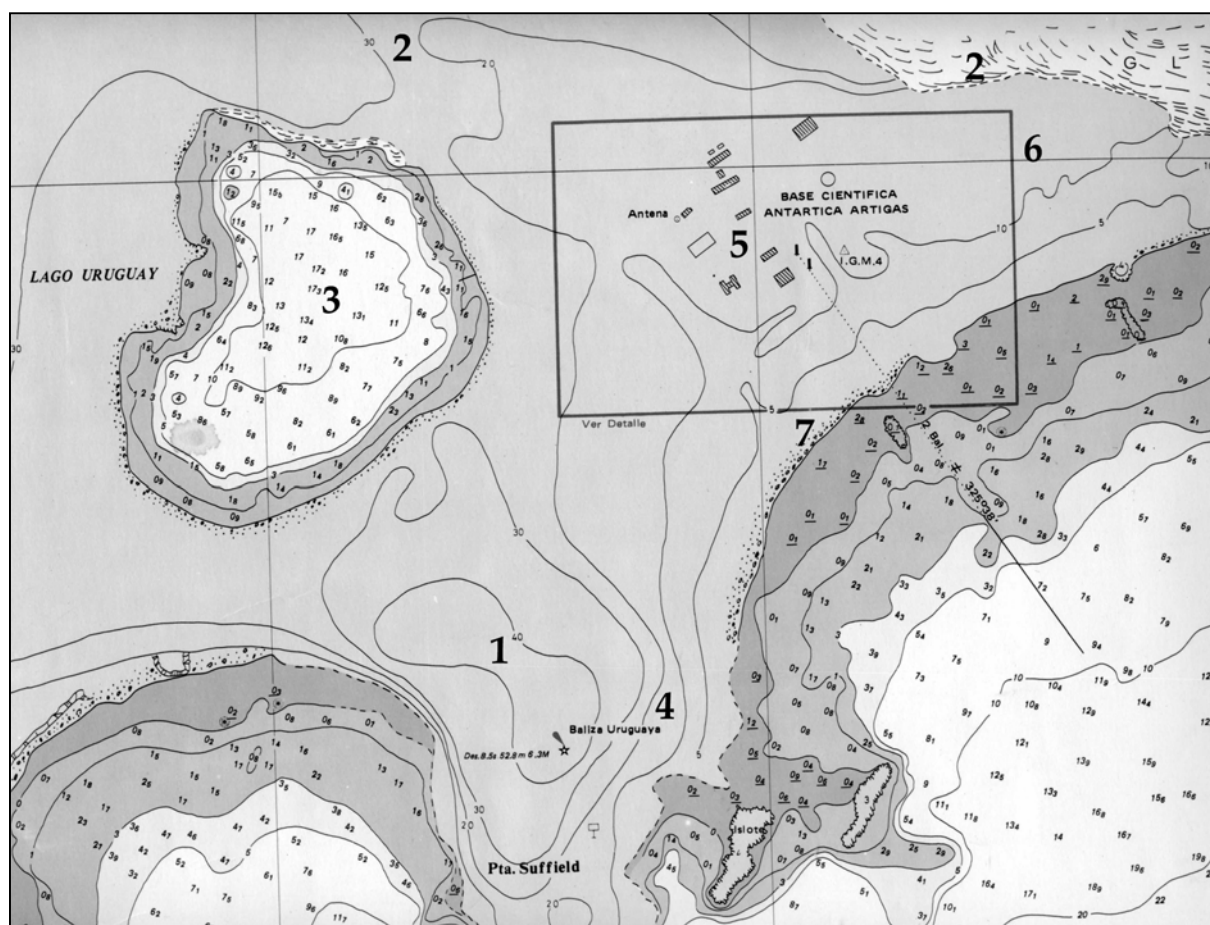
El enfoque biológico del Programa que está siendo desarrollado, involucra básicamente la aplicación de procedimientos estándar, los cuales han sido probados como útiles en climas templados, pero también contempla la evaluación de organismos autóctonos como potenciales indicadores de contaminación. En el futuro próximo, también involucrará la determinación del nivel de gatillo para cada indicador biológico, y el desarrollo de medidas de mitigación a ser aplicadas si un problema fuese detectado.

Desde nuestra perspectiva, a los efectos de implementar un Programa de Monitoreo de corte científico y de buena relación beneficio – costo, el cual incluya el uso de organismos como indicadores de contaminación, es esencial conocer primero las características específicas y algunas veces únicas de una Base dada y sus alrededores, y para evaluar las perturbaciones ambientales que puedan surgir como resultado de su funcionamiento. Una vez que este paso es completado, el enfoque biológico del Programa de Monitoreo está diseñado de tal forma que sólo aquellas variables susceptibles de ser afectadas por las potenciales perturbaciones sean monitoreadas, usando

indicadores cuidadosamente seleccionados sobre la base de su capacidad de dar información confiable y la practicidad de su monitoreo para el área en cuestión, teniendo en cuenta que los indicadores biológicos no siempre son la mejor opción.

Abajo damos un breve resumen de la aproximación que el Instituto Antártico Uruguayo está emprendiendo para el uso de indicadores biológicos de contaminación.

Primeramente, una Revisión de la Evaluación Medioambiental Inicial fue hecha en la Base Artigas y sus alrededores inmediatos, para evaluar el estado del medio ambiente y para identificar áreas susceptibles de diferentes tipos y niveles de eventuales impactos como una consecuencia de las actividades de Base. Los resultados de esta evaluación se resumen en la Revisión de la Evaluación Medioambiental Inicial de la Base Científica Antártica “Artigas”. Como resultado de esta evaluación, el área a ser monitoreada fue definida y dividida en siete sectores de acuerdo a sus atributos ambientales, y el potencial impacto humano en los diferentes componentes del ecosistema (Fig. 1):





- **Sector 1** corresponde principalmente a tierras altas (40-50 m sobre el nivel del mar) con pendientes abruptas, cubiertas por nieve y hielo durante la mayor parte del año excepto en el verano, cuando puede ser vista cobertura vegetal de nivel medio, dominada por líquenes del género *Usnea*. En esta área algunas skúas (*Catharacta spp*) aisladas y gaviotas cocineras (*Larus dominicanus*) pueden ser vistas, pero no están presentes nidos activos.
- **Sector 2** son tierras más bajas (20-30 m sobre el nivel del mar), caracterizadas por la presencia de cuerpos de agua de considerables dimensiones y las fuentes de arroyuelos originados por el derretimiento del hielo en las áreas más altas y el borde del Glaciar Collins. Esta área tiene algunos nidos activos de skúas y cubierta vegetal media. La porción noreste de este sector corresponde a las morrenas del Glaciar Collins.
- **Sector 3** incluye el lago Uruguay, el cual es uno de los más grandes cuerpos de agua en la Península Fildes. Aún cuando esta superficie permanece helada la mayor parte del año, nunca se congela completamente, y por lo tanto constituye un excelente reservorio de agua para la Base. La escasa flora en el sector se halla principalmente en el área rocosa circundante al lago. Diferentes especies de aves marinas pueden ser encontradas en esta área, pero no han sido registrados nidos activos.
- **Sector 4** comprende un área alta (40-50 m sobre el nivel del mar) correspondiente a la Península Suffield, separada de un sector más bajo (0 a 10 m sobre el nivel del mar) por un acantilado. La zona más alta está casi completamente cubierta por la comunidad vegetal, pero no se han encontrado sitios de nidificación activos. En el área más baja la cobertura vegetal también es importante, y aquí está una colonia reproductiva con aproximadamente 1000 nidos activos de petreles de Wilson (*Oceanites oceanicus*) y alrededor de 20 nidos activos de petreles de las tormentas (*Fregetta tropica*). Esta colonia ha sido monitoreada durante los pasados cinco años.
- **Sector 5** es el área de estricta influencia de la Base "Artigas". Esta área atravesada por dos arroyos los cuales reciben agua de deshielo de las regiones más altas cerca de la Base, y los cuales son un potencial vector para el transporte de eventuales contaminantes derivados de las actividades de Base. Hay también una cobertura vegetal de bajo nivel con distribución en parches, y no hay una comunidad animal permanente en este sector, con reportes sólo ocasionales de mamíferos y aves marinas durante el verano, principalmente pingüinos *Pygoscelis*.
- **Sector 6** es ambientalmente similar al Sector 5, pero está localizado al noreste de la Base, y por lo tanto no está bajo su influencia directa. La porción noreste de esta área está cubierta por las morrenas del Glaciar Collins, cuya área presenta variaciones anuales.
- **Sector 7** corresponde a la región costera de la Bahía Collins. El sedimento es heterogéneo, presentando granulometría variable. El sedimento rocoso está casi



enteramente cubierto por macrófitas. La comunidad animal está constituida principalmente por invertebrados bentónicos, los cuales han sido encontrados en ambas áreas, la de baja marea y la de intermareas.

Luego que esta evaluación fue completada, las potenciales fuentes de impacto humano, las cuales podrían derivar de las actividades de la Base “Artigas”, fueron identificadas para cada uno de los sectores mencionados arriba. Las perturbaciones potenciales están listadas en la Revisión de la Evaluación Medioambiental Inicial de la Base Científica Antártica “Artigas”, y pueden ser resumidas como sigue:

- **Emisión de gases y materiales particulados.** Hay fuentes localizadas en la Base, con vehículos constituyendo fuentes adicionales. La dispersión de la mayor parte de estos contaminantes es entonces determinada en gran medida por los vientos dominantes en el área de la Base, más una dispersión menor generada por los vehículos. Por lo tanto, la mayoría de los Sectores previamente definidos son susceptibles a este tipo de contaminación en algún grado, y la mayor incidencia debería ser encontrada en el Sector 5.
- **Derrames de hidrocarburos.** En caso de accidentes durante la manipulación o almacenamiento de combustible, podría ocurrir un directo ingreso de hidrocarburos en el ambiente. Esto podría afectar diferentes áreas dependiendo de la fuente del problema. Los principales puntos potenciales de derrame son: (a) el mar y la costa adyacente a los tanques de combustible, la cual es el área donde el combustible es transferido desde el buque ROU “Vanguardia” a su tanque principal de almacenamiento; (b) a lo largo del camino de conexión del tanque principal de almacenamiento con la Base; (c) Sector 5 del área de la Base, donde se mantienen los tanques de almacenamiento secundarios. El Instituto Antártico Uruguayo ha elaborado un plan de contingencia en el caso que dichos accidentes pudiesen ocurrir, el cual incluye las medidas preventivas, y las acciones de mitigación a ser tomadas, tanto como las actividades de monitoreo a ser implementadas para la evaluación de la magnitud y consecuencias del posible derrame.
- **Desechos sólidos.** Todos los residuos sólidos inorgánicos derivados del funcionamiento y mantenimiento de la Base, y también los residuos de la incineración de todos los componentes orgánicos son almacenados en contenedores apropiados en un espacio abierto delimitado de tal forma que la dispersión no es posible, hasta la remoción anual en el buque ROU “Vanguardia”, el cual los transporta de regreso a Uruguay. Por lo tanto, además de un impacto estético, la única perturbación está confinada al área de almacenamiento, en el Sector 5.



- **Desechos líquidos.** Estos pueden ser divididos en: (a) agua residuales (residuos Grupo I), y (b) lubricantes, pinturas y otros productos químicos comúnmente usados para actividades de mantenimiento (residuos Grupo II). Los residuos del Grupo II son almacenados en contenedores cerrados y mantenidos en el área de almacenamiento de desechos sólidos, desde la cual son removidos de la Base anualmente con los últimos. El único riesgo de contaminación con estas sustancias está por lo tanto en la eventualidad de un derrame, o por accidentes durante su manipulación. En estos casos los residuos se liberarían en el ambiente del Sector 5, y podrían alcanzar al Sector 7 a través del corrimiento pluvial. Los residuos del Grupo I son dirigidos a tanques sépticos; el barro resultante del proceso de decantación es removido una vez al año y almacenado con los residuos del Grupo I para su posterior remoción de la Base. Las aguas residuales y los residuos líquidos domésticos, una vez tratados por decantación, son descargados en el mar en el Sector 5. Considerando que el número promedio de personas en la Base es menor de 30 durante el verano (efectivamente para la Base Artigas este promedio es menor a 15) y 8 durante el resto del año, el ingreso de contaminantes en el mar es considerado menor a mínimo o transitorio. Sin embargo, en el caso de una falla estructural en los tanques sépticos, y/o si el suelo circundante se vuelve saturado con materia orgánica, existiría una posibilidad que el suelo cercano, y las aguas superficiales y subsuperficiales podrían ser afectados, elevando la posibilidad de esparcimiento de patógenos humanos y otros microorganismos asociados con humanos. Debido a estas características del área, si esto ocurriese los Sectores 5 y 7 serían los más probables de ser afectados.
- **Calor.** Hay diferentes fuentes de calor de las diferentes actividades en la Base y sus vehículos, aunque la incidencia de los últimos puede ser despreciable. Sin embargo, la rápida difusión del calor debido a las imperantes condiciones climáticas hace este impacto muy bajo.
- **Ruido.** La principal fuente de ruido en el Sector 5 son los motores de los generadores, pero dada la escasa presencia de fauna en esta área, el impacto es considerado que es menor a mínimo. Los vehículos representan una fuente adicional de ruido. Aunque la intensidad de ruido es más baja, en este caso el impacto podría ser más alto si los vehículos transitaran áreas con fauna permanente, en particular áreas de nidificación o de reproducción, dado que la huida temporal de los adultos a causa del ruido podría dejar las crías más expuestas a los depredadores. Esto ha sido manejado usando para los vehículos sólo senderos predeterminados que no cruzan áreas con fauna permanente.
- **Impacto mecánico e instalaciones.** Casi todas las acciones mecánicas sobre el substrato son el resultado del tráfico vehicular; este impacto es máximo en el Sector 5, y disminuye a medida que uno se aleja de la Base. Para este propósito, hay senderos específicos para la





circulación de todos los vehículos. Las construcciones pueden tener un bajo impacto alterando los patrones de drenaje.

Una vez que los problemas específicos fueron identificados para las áreas de interés, el próximo paso fue seleccionar los apropiados indicadores de contaminación. Hemos elegido los siguientes indicadores, basados en la experiencia previa en climas templados, y en el hecho que su monitoreo puede ser fácilmente implementado en la Base Artigas con nuestros recursos:

- Emisión de gases y materiales particulados. Estos deberán ser monitoreados
- APROXIMACIÓN INICIAL AL MONITOREO BIOLÓGICO EN LA BASE URUGUAYA**
- “ARTIGAS”** en todos los siete Sectores en los cuales el área de influencia de la Base Artigas fue dividida. Los indicadores biológicos elegidos fueron:

- *Usnea spp.* Dada su capacidad de acumular metales pesados en sus células, estos líquenes han probado ser útiles para detectar estos contaminantes en el medio ambiente. Su presencia en Sectores 1-6 permite su muestreo en casi toda el área de interés.
- Lapas marinas. Estos gasterópodos son conocidos por acumular estos contaminantes en sus tejidos, y son abundantes en el área de marea en Sector 7, donde los líquenes están ausentes.

Hidrocarburos. Estos deberán ser monitoreados a lo largo del camino en el Sector 3, y en Sectores 5 y 7.

- Para monitorear concentraciones de hidrocarburos de petróleo en el suelo a lo largo del camino en el Sector 3, y el Sector 5, un enfoque químico será usado, dado que de acuerdo a nuestro mejor conocimiento no hay indicadores biológicos prácticos de esta clase de contaminación en el suelo del área de interés. El mismo criterio se aplicará al estudio del sedimento del lago Uruguay; probable de ser afectado por su proximidad al camino, y, a diferencia de las muestras de suelo, el sedimento puede dar un registro histórico de cambios en estos parámetros.
- Lapas marinas. En el Sector 7, ellos también pueden ser usados para detectar hidrocarburos alifáticos y aromáticos acumulados en sus tejidos.



- La estructura de la comunidad de platelmintos y oligoquetos será estudiada, a efectos de evaluar si estos invertebrados pueden ser útiles como indicadores biológicos de esta clase de contaminación.
- **Residuos Líquidos**
  - Los residuos del Grupo II deberán ser monitoreados en los Sectores 5 y 7.
    - Las lapas marinas pueden ser usadas en el Sector 7 para buscar compuestos organoclorados antropogénicos en sus tejidos, tanto como los contaminantes mencionados arriba.
    - Dada la falta de indicadores biológicos prácticos, un enfoque químico aparece más factible para el monitoreo de residuos del Grupo II en el Sector 5.
  - Los residuos del Grupo I deberán también ser monitoreados en los Sectores 5 y 7.
    - A efectos de evaluar la cantidad de material orgánico en el agua, pueden ser monitoreados sólidos en suspensión, oxígeno disuelto, pH y conductividad en los arroyos en el Sector 5 y el agua de mar en el Sector 7.
    - La contaminación fecal de suelo y agua puede ser monitoreada usando coliformes fecales, coliformes totales y estreptococos en el Sector 5 y en el agua de mar en el Sector 7. El Sector 3, incluyendo el Lago Uruguay (el reservorio de agua de la Base), no es susceptible de contaminación humana fecal debido a su localización, pero es susceptible a la contaminación por aves, por lo tanto es también muestreado por estos organismos.
    - La estructura de la comunidad intermareal de platelmintos y oligoquetos será estudiada, a efectos de evaluar si estos invertebrados pueden ser útiles como indicadores biológicos de contaminación orgánica.
- **Calor e instalaciones.** En el Sector 5, será conducido un estudio para evaluar si las levemente más altas temperaturas y condiciones más estables generadas debajo los wannigans (i) alteran el normal desarrollo de la fauna y flora autóctona, y (ii) si estas condiciones favorecen el establecimiento de fauna y flora alóctona que no prosperaría en condiciones naturales.



**Bibliografía complementaria**

1. Ahn, I.Y., Chung, K.H., Choi, H.J. 2004. Influence of glacial runoff on baseline metal accumulation in the Antarctic limpet *Nacella concinna* from King George Island. Mar Pollut Bull. 49: 119-27.
2. Ahn, I.Y., Kim, K., Choi, H.J. 2002. A baseline study on metal concentrations in the Antarctic limpet *Nacella concinna* (Gastropoda: Patellidae) on King George Island: variations with sex and body parts. Mar Pollut Bull. 44: 424-31.
3. Bargagli, R., Sanchez Hernandez, J C, Monaci, F. 1999. Baseline concentrations of elements in the antarctic macrolichen. Chemosphere. 38: 475-487.
4. Bargagli, R. 1998. Trace elements in terrestrial plants. Springer Verlag.
5. Bargagli, R. Bargagli, R., Brown, D.H., Nelli, L. 1995. Metal biomonitoring with mosses: Procedures for correcting for soil contamination. Environmental Pollution 89: 169-175.
6. Beroza, M., Sherman, J. 1980. Manual of analytical methods for the analysis of pesticides in human and environmental samples. EPA.
7. Calvar, M., Fontana, N. 2001. Relevamiento ornitológico de aves marinas migratorias en las islas Shetland del Sur: Monitoreo y anillamiento de una colonia de petrel del Wilson (*Oceanites oceanicus*). Boletín de Actividades Científicas 1998-2000, Instituto Antártico Uruguayo, Vol. 7:5-29.
8. Estudio preliminar de la abundancia relativa de Criptógamas no vasculares en Punta Suffield (Isla Rey Jorge, Shetland del Sur). Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada. Actividad Científica 1993. Instituto Antártico Uruguayo.
9. Felici, A., Gutiérrez, N. 2002. Revisión Ambiental de la Base Científica Antártica Artigas. Instituto Antártico Uruguayo.
10. Felici, A., Gutiérrez, N., Caula, N. 2002. Formulario de Inspección a la Base Científica Antártica "Artigas". Instituto Antártico Uruguayo.
11. Fontana, N. & Calvar, M. 1998. Evaluación Medioambiental Inicial del Proyecto: "Relevamiento Ornitológico de Especies Marinas Migratorias en Islas Shetland del Sur (ANTARAVE)".
12. Fossi, M.C. 2000. Biomarkers: strumenti diagnostici e prognostici ambientale. Rosini Editrice.
13. Fossi, M.C., Depledge, H. 1994. The role of biomarkers in environmental assessment (2): Invertebrates. Ecotoxicology 3: 161-172.
14. Fossi, M.C., Leonzio, C. (Eds.) 1993. Nondestructive biomarkers in Vertebrates. Lewis Pbls.
15. Furness, R.W., Greenwood, J.J.D. 1993. Birds as monitor of environmental change. Chapman & Hall.
16. Goksoyr, A., Forlin, L. 1992. The P450 system in fish, aquatic toxicology and environmental monitoring. Aquatic Toxicology 22: 287-312.



17. Gutiérrez, N., Alvarez, B., Queirolo, D. 2001. Distribución, Abundancia y Éxito Reproductivo del Pingüino Papúa *Pygoscelis papua* en las Shetland del Sur. Actividad Científica del Instituto Antártico Uruguayo, Vol. 7: 29-36 p
18. Gutiérrez, N., Pochellú, A., Caula, N. 1998. Evaluación Medioambiental Inicial del Proyecto de Monitoreo de Pinnípedos Antárticos. Instituto Antártico Uruguayo.
19. Lineamientos para los Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental en la Antártida. CEP. 1999
20. Loeb, S.L., Spacie, A. 1993. Biological monitory of aquatic systems. Lewis Pbls.
21. Relevamientos topográficos efectuados en las Islas Shetland del Sur. Servicio Geográfico Militar. Actividad Científica 1985/86. Instituto Antártico Uruguayo.
22. Rosenberg, D.M., Resh, V.H. 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall.
23. Singh, A., Mcfeeters, G. 1992. Detection methods for waterborn pathogens. In: Environmental Microbiology, Mithchell, R. (ed.), pp.: 125-156. Wiley-Liss Pbl.
24. Von der Ohe, P., Liess, M. 2004. Relative Taxa Sensitivity (RTS) of aquatic invertebrates with respect to organic and metal compounds. Environmental Toxicology and Chemistry. 23, 150-156.