



**UNSAM**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTÍN

INSTITUTO DE  
INVESTIGACIÓN  
E INGENIERÍA  
AMBIENTAL

Doctorado en Ciencia y Tecnología

Mención Química

**ANÁLISIS DE VARIABLES AMBIENTALES EN EL  
TERRITORIO ANTÁRTICO**

Autor: Claudio Alberto Parica

Director: Carlos Alberto Rinaldi

2008

## RESUMEN.

Basado en las técnicas isotópicas desarrolladas en nuestro país para el análisis de oxígeno 18, hidrógeno, carbono y estroncio, se llevaron a cabo análisis de agua, nieve, hielo y rocas en distintos ambientes dentro del Territorio Antártico. Estos han alcanzado a las bases Cámara, Jubany, Decepción, Primavera, el témpano A-22-A del proyecto AMIGOS, y se analizó información isotópica del Programa GNIPs (**G**roundwater **N**etwork **I**sotope **S**ystem) del OIEA (Organismo internacional de Energía Atómica), de las bases Halley Bay, Rothera y Vernadsky, además del perfil del Domo Taylor, ubicado en la Antártida Oriental. Las características paleomambientales y paleogeográficas de la cuenca cretácica de la península Byers. Además fueron analizados los problemas de contaminación del agua de consumo en las bases Primavera y Esperanza.

Se establecieron las Rectas Meteóricas Locales para todas las localidades citadas; en las Bases Cámara y Jubany se observa una fuerte incidencia del océano en las rectas, y sobre la base de los datos de  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$  se logra establecer que el origen de las nubes que dan lugar a las precipitaciones en las islas Shetland del Sur, tiene lugar en áreas más septentrionales, lo que es coherente con los vientos dominantes del NO circulantes desde el Océano Pacífico Sur y el Paso de Hoces (Pasaje de Drake). En la base Primavera los análisis se realizaron sobre agua circulante y espejos, en los que se pudo establecer, para el período estival, una fuerte incidencia de procesos de evaporación.

En el perfil de hielo del Témpano A-22-A, de 10.5 metros de profundidad, representante de aproximadamente los últimos 42 años de historia, la evolución de los datos de  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$ , mantienen ciclicidad durante su permanencia en la barrera de Ronne, existiendo un cambio abrupto, haciéndose menos negativos los valores isotópicos al momento de fractura y deriva hacia el norte del cuerpo de hielo, los valores isotópicos son representativos de temperaturas entre los  $-17^\circ\text{C}$  y  $-12^\circ\text{C}$  para los niveles

inferiores del testigo y entre  $-9.42^{\circ}$  y  $-9.23^{\circ}\text{C}$  para tiempos de deriva y posición actual.

En la isla Decepción se analizaron distintas variables que hacen a la relación ambiente-volcán. Isotópicamente se estableció que las fumarolas cuentan con aportes tanto de agua meteórica como marina. El pozo de agua de la base está alimentado exclusivamente por agua meteórica, producto del deshielo y precipitaciones. Utilizando isótopos del Sr se estableció, analizando vidrios volcánicos hidratados y no hidratados, que la principal fuente de agua en las erupciones hidromagmáticas proviene fundamentalmente del mar.

Los datos isotópicos de la Base Halley Bay permitieron la determinación de una recta meteórica local muy cercana a la Recta Meteórica Mundial (LAM), con una fuerte depresión en los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$  en el mes de agosto, coherente con las bajas temperaturas de la época invernal. Sí ha resultado interesante la tendencia decreciente en las temperaturas al momento de efectuar el análisis temporal de la secuencia isotópica.

Las bases Rothera y Vernadsky, ambas sobre el mar de Bellingshausen cuentan con información que en la confección de las rectas meteóricas locales que sustenta una fuerte incidencia del mar sobre las precipitaciones. A diferencia de lo observado para Halley Bay, la tendencia determinada por los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$  en la temperatura de las precipitaciones de la Base Vernadsky, es creciente.

El mega testigo del Domo Taylor, representa aproximadamente 150.000 años de la historia de nuestro planeta en la Antártida. La secuencia en su conjunto, presenta isotópicamente una tendencia estable a ligeramente creciente, otros autores analizan el contenido de  $\text{CO}_2$ , marcando el incremento en los últimos 200 años (17 ppm-v). Por otra parte se observó un fuerte incremento en el  $\delta^{13}\text{C}$  en el período que va desde los 16.500 años hasta los 9.000 años antes del presente, hecho que es atribuido al aumento de actividad en la biota.

La cuenca continental cretácica de la península Byers en la isla Livingston fue analizada en sus condiciones paleogeográficas y paleoambientales, en la que se pudo establecer un rango de temperaturas basado en oxígeno-18 que oscila entre los 16° y los 24°C, en tanto que por carbono-13 sobre precipitados de carbonatos se confirmó la continentalidad de la cuenca.

El análisis del agua de consumo de las bases Primavera y Esperanza dio como resultado que el recurso es NO APTO para consumo humano, a causa de la contaminación proveniente de las pingüineras existentes en cada una de las áreas cercanas a las bases. Se proponen soluciones, que en el caso de la Base Primavera es simple, cambiando solamente la fuente para la captación de agua, mientras que Esperanza presenta mayores inconvenientes, sugiriéndose la implementación de filtrado con ósmosis inversa del agua proveniente de la laguna Boeckella, desalinización para el agua de consumo humano, o bien captar agua antes del paso por la pingüinera, teniendo en cuenta que esta última opción puede estar afectada por el congelamiento invernal de los cursos de agua.

ÍNDICE	Nº Página
ÍNDICE.	01
RESUMEN.	04
ABSTRACT	07
1. INTRODUCCIÓN.	10
2. OBJETIVOS.	12
3. LA PRESENCIA ARGENTINA EN LA ANTÁRTIDA	13
3.1. LA REPÚBLICA ARGENTINA EN LA ANTÁRTIDA.	13
3.2. EL TEMA DE LA SOBERANÍA.	24
3.3. EL MARCO LEGAL DE LAS ACTIVIDADES EN LA ANTÁRTIDA.	26
4. GEOLOGÍA ISOTÓPICA.	27
4.1. DEFINICIÓN E HISTORIA.	27
4.2. FRACCIONAMIENTO ISOTÓPICO.	32
4.3. EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS. DEFINICIÓN DE $\delta$ .	34
4.4. ISÓTOPOS DEL HIDRÓGENO.	36
4.4.1. Fraccionamiento isotópico del hidrógeno.	37
4.4.2. Materiales de referencia para la medición de $\delta^2\text{H}$	38
4.4.3. Técnicas experimentales.	38
4.4.4. Medición de $^2\text{H}/^1\text{H}$ por espectrometría de masas.	39
4.5. ISÓTOPOS DEL CARBONO	44
4.5.1. Fraccionamiento isotópico.	45
4.5.2. Materiales de referencia para la medición de $\delta^{13}\text{C}$	52
4.5.3. Técnicas experimentales.	52
4.5.4. Medición de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ por espectrometría de masas.	53
4.6. ISÓTOPOS DEL OXÍGENO.	55
4.6.1. Fraccionamiento isotópico.	55
4.6.2. Materiales de referencia para la medición de $\delta^{18}\text{O}$ .	58
4.6.3. Técnicas experimentales.	60
4.6.4. Medición de $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ por espectrometría de masas.	62
4.6.5. Primeros resultados en la República Argentina.	63
4.7. ISOTOPOS DEL ESTRONCIO	67
4.7.1. Isótopos del estroncio y del rubidio. Generalidades.	67
4.7.2. La medición del Estroncio. Técnicas experimentales.	68
4.7.3. Espectrometría de masas.	69
4.8. ISÓTOPOS DEL HIDRÓGENO Y DEL OXÍGENO EN EL CICLO DEL AGUA.	78
4.8.1. Relación entre $\delta^2\text{H}$ y $\delta^{18}\text{O}$ .	78
4.8.2. El ciclo hidrológico y el fraccionamiento isotópico.	79
4.8.3. Exceso de deuterio.	85
4.8.4. Estratigrafía en hielo y nieve.	89
4.9. Las variaciones naturales del $^{13}\text{C}$ . El ciclo global del Carbono.	90
4.9.1. $\text{CO}_2$ atmosférico	90

4.9.2. Agua salada y carbonato marino.	91
4.9.3. CO <sub>2</sub> procedente de la vegetación y del suelo.	91
4.9.4. Combustible fósil	92
4.9.5. La biosfera	93
4.9.6. Agua subterránea y agua de los ríos.	94
<b>5. ESTUDIOS EN LA ANTÁRTIDA</b>	<b>98</b>
5.1. ISLA MEDIA LUNA	99
5.1.1. El agua de la isla Media Luna.	99
5.2. BASE JUBANY	103
5.3. ISLA DECEPCIÓN.	106
5.3.1. Acuíferos y aguas superficiales analizados.	107
5.3.2. Isótopos estables. Manifestaciones analizadas.	109
5.3.3. Isótopos del Estroncio.	113
5.3.4. Discusión de los resultados.	121
5.4. BASE PRIMAVERA-REFUGIO COBBETT.	123
5.4.1. Interpretación de los resultados isotópicos.	125
5.5. Témpano A 22 A. (Proyecto AMIGOS - Automated Met-Ice Geophysics Observing System).	127
5.5.1. Extracción del testigo de hielo.	129
5.5.2. Interpretación de los resultados.	136
5.6. OTRAS LOCALIDADES.	138
5.6.1. Halley Bay (Reino Unido de la Gran Bretaña).	139
5.6.2. Rothera (Reino Unido de la Gran Bretaña).	143
5.6.3. Vernadsky (Ucrania) (ex base Faraday-UK).	146
5.6.4. El Domo Taylor.	149
5.7. PALEOGEOGRAFÍA DE LA PENÍNSULA BYERS. ISLA LIVINGSTON.	158
5.7.1. La asociación sedimentación-vulcanismo del paleoambiente lacunar de península Byers en las islas Shetland del Sur.	158
<b>6. LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA DE CONSUMO EN BASES ANTÁRTICAS.</b>	<b>171</b>
6.1. EL AGUA DE CONSUMO EN LA BASE ESPERANZA.	171
6.1.1. Metodología.	172
6.1.2. Generalidades, descripción y análisis	172
6.2. EL AGUA DE CONSUMO EN LA BASE PRIMAVERA.	180
6.2.1. Recursos hídricos.	180
6.2.2. Consideraciones sobre la calidad del agua en la zona de la base Primavera y el Refugio Cobbett.	190
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>193</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>198</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>200</b>

<b>ANEXOS</b>	214
Tratado Antártico	215
Tabla de valores $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ témpano A-22A	223
Tablas de valores GNIPs "Halley Bay"	224
Tablas de valores GNIPs "Vernadsky"	226
Tablas de valores GNIPs "Rothera"	228
Tablas de valores "Domo Taylor"	230