

TEFROCRONOLOGIA DE MAGALLANES: NUEVOS DATOS E IMPLICACIONES

CHARLES B. STERN •

RESUMEN

En Tierra del Fuego y a lo largo de las costas noroeste del Estrecho de Magallanes se observan niveles de tefras derivados de siete erupciones volcánicas distintivas. Se identificó al volcán Reclus como la fuente de las dos tefras más antiguas datadas en 14.570 ± 420 y 12.480 ± 470 años A.P. El monte Burney fue identificado como el volcán a partir del cual se derivaron tres tefras datadas en 7.920 ± 385 , 3.770 ± 200 y 505 ± 60 años A.P. El volcán Hudson, situado a más de 900 km al norte, en Aysén, se identificó como la fuente de una tefra de color característico gris verde datada como 8.775 ± 150 años A.P. Se sugiere al volcán Aguilera como la fuente de una tefra datada con una edad algo menor que 3.345 años A.P. En la precordillera Andina, al noroeste del Estrecho de Magallanes se encuentran presentes muchos otros niveles de tefras debido a la cercanía de las fuentes volcánicas.

La tefra descrita por Massone en la cueva Tres Arroyos en Tierra del Fuego fue identificada como ceniza de 12.480 años A.P. proveniente del volcán Reclus. Esto sugiere que la más antigua de las dos edades de Massone para esta tefra, de >11.880 años A.P., se aproxima más cercanamente a la edad correcta de la ocupación humana de esta cueva. Esto es consistente con la evidencia de fuego inducido por el hombre en Tierra del Fuego, datada en 13.200 años A.P. y una edad de 12.390 años A.P. para la ocupación de Cueva del Medio, y de 12.990 años A.P. para la Cueva 1 del Lago Sofía, inmediatamente al norte del Estrecho de Magallanes.

SUMMARY

Tephra layers derived from seven distinct volcanic eruptions are observed in Tierra del Fuego and along the northwest shore of the Straits of Magellan. The following volcanoes are identified as the source of the indicate tephra: the Reclus for the two oldest tephra dated as $14,570 \pm 420$ and $12,480 \pm 470$ years B.P.; Monte Burney for three tephra dated as $7,920 \pm 385$, $3,770 \pm 200$, and 505 ± 60 years B.P.; the Hudson more than 900 km to the north in Aysén, for a characteristically grey to green tephra dated as $8,775 \pm 150$ years B.P.; the Aguilera for a tephra dated as just younger than 3,345 years B.P. In the Andean foothills northwest of the Straits of Magellan many other tephra occur due to the

• Department of Geological Sciences, University of Colorado, Boulder, Colorado, 80309 USA.

proximity with the source volcanos.

The tephra described by Massone in the Tres Arroyos cave on Tierra del Fuego is identified as the 12,480 years B.P. Reclus ash. This suggests that the older of Massone's two age dates for this tephra, which is >11,880 years B.P., more closely approaches the correct date for the human occupation of this cave. This is consistent with evidence for human induced fire on Tierra del Fuego dating back to 13,280 years B.P. and an age of 12,390 years B.P. for the occupation of the Cueva del Medio and of 12,990 year B.P. for the occupation of the Cueva 1 del lago Sofía, both just north of the Straits of Magellan.

INTRODUCCION

Auer (1984) presentó una tefrocronología para la Patagonia meridional que ilustró por una sección representativa de los Altos de Boquerón, al sureste de Porvenir, Tierra del Fuego (Fig. 1A). Stern (1990) revisó las incertidumbres tanto sobre la extensión regional y la base cronológica de la tefrocronología de Auer, concluyendo, como había sido sugerido por Porter et al. (1984), que "el trabajo en unidades de tefra en turbales y perfiles de suelo en Magallanes indica que hay numerosas capas derivadas de diferentes fuentes; su estratigrafía, cronología y cráteres de origen son todavía insuficientemente bien conocidos como para que ellas puedan ser horizontes útiles de demarcación de tiempo-estratigrafía en esta amplia región".

Este trabajo presenta 22 nuevas edades carbono-14 para materiales orgánicos asociados con capas de tefra en Magallanes, al igual que los datos geoquímicos usados para la identificación de los volcanes fuentes de estas tefras. Se presenta una tefrocronología actualizada para Magallanes (Fig. 1B), basada tanto en estos datos como en una revisión crítica de toda la información cronológica previamente publicada.

DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS

Las muestras de tefra fueron inicialmente limpiadas por medio de repetidas inmersiones en agua potable, vibración ultrasónica y decantación. Estas operaciones que removieron una cantidad significativa de arcilla y materia orgánica, fueron seguidas por baños durante 20 a 30 minutos, primero en 2N HCl, para disolver la arcilla y carbonatos y después en una solución al 5,25% de NaO Cl (agua de cubas) para disolver las materias orgánicas restantes (Steem-McIntyre, 1977). Estos pasos remueven también la fracción más fina de la tefra y pueden disolver algunos componentes minerales tales como granos de

apatita. Las muestras de tefra así limpiadas fueron harneadas para separar la fracción de las mallas 80 a 120, lo que fue también efectivo para la remoción de fragmentos extraños líticos grandes.

Se analizaron por técnicas de fluorescencia por rayos X muestras de tefra en bruto (vidrio + minerales) para el contenido de elementos traza (Rb, Sr, Nb e Y) y muestras elegidas fueron analizadas para la composición isotópica de Sr (Tablas 1-4). Stern (1990 y 1991) demostró que los volcanes fuentes de tefra en Magallanes pueden ser identificados únicamente en un esquema de contenido de Rb versus composición de isótopos de Sr (Fig. 2). Los elementos traza y los datos isotópicos sugieren que los volcanes Monte Burney, Reclus y Aguilera en los Andes australes y el volcán Hudson en Aysén son las fuentes para las capas de tefra encontradas en Magallanes. Las diferentes erupciones de un determinado volcán no pueden ser diferenciadas entre sí, a base a la presencia de elementos traza y series de datos isotópicos. Esto debe ser hecho con controles estratigráficos y/o absolutos de edad. Las Tablas 1 - 4 presentan nuevas fechas C14 determinadas por Geochron Laboratories of Krueger Enterprises, USA, tanto como datos de edad publicados previamente para tefras seleccionadas. Estos, junto con los datos geoquímicos, constituyen la base para la determinación de la tefrocronología presentada en Fig 1B. A continuación se discuten, volcán por volcán, estos datos químicos y cronológicos.

Hudson

Stern (1991) discute en detalle las características químicas, incluyendo el contenido de $TiO_2 > 1$ en porcentaje de peso, contenido de $Zr > 350$ ppm y $Sr87/Sr86$ igual a 0,7045 (Fig. 2), esto sugiere que la tefra gris a verde de Magallanes que Auer (1974) llamó Tefra II (Fig. 1) se deriva

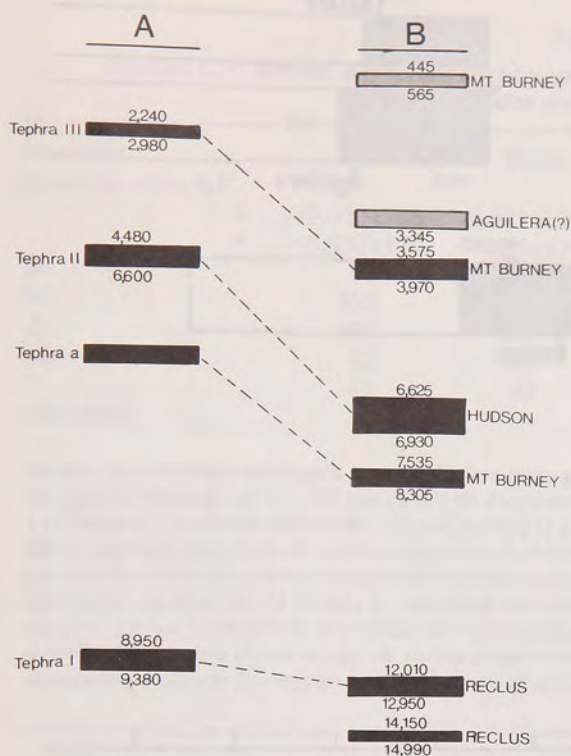


Fig. 1.- A. Tefrocronología de un único perfil de los Altos de Boquerón, Tierra del Fuego, según Auer (1974), quien lo consideró como representativo de toda la Patagonia meridional. Solamente las fechas de la Tefra I fueron determinadas en este perfil específico. B. Tefrocronología esquemática para las mayores erupciones volcánicas del Holoceno de las que se mantienen capas de tefra en las pampas de Magallanes, basada en los datos presentados en las Tablas 1-4, incluyendo tefras encontradas en Tierra del Fuego (en negro) y otras restringidas al norte del Estrecho de Magallanes (sombreadas).

del volcán Hudson en Aysén. En la Tabla 1 se compilan datos sobre elementos traza, isotópicos y de edad de esta tefra en cinco localidades en Magallanes (Fig. 3). La Fig. 3 también indica las localidades donde Auer describió la verde-parda Tefra II.

Las cinco capas de tefra indicadas en la Tabla 1 tienen de 6 a 15 cm de espesor y son distintivamente grises a verde-pardas comparadas con las otras de Magallanes, generalmente blancas. Auer (1974) describe capas de esta tefra distintivamente verde-pardo hasta de 40 cm de espesor. El característico color de estas capas se

debe tanto al color de los fragmentos de vidrio que forman esta tefra, como a su baja proporción de granos blancos de plagioclasa. Stern (1991) atribuye el color oscuro del vidrio volcánico que forma esta tefra a su gran contenido en hierro y titanio. Estas características químicas son típicas del volcán Hudson pero distintas de los otros de los Andes más australes.

Auer (1974) determinó una edad entre 4.480 y 6.600 años A.P. para la Tefra II (Fig. 1A). Nuevas determinaciones de edad, presentadas en la Tabla 1, indican que es probablemente más antigua que 6.625 años A.P., pero más joven que 6.930 años A.P. Sugiero para ella una edad de 6.775 ± 150 . En Aysén se conoce tefra más joven del volcán Hudson (Stern, 1991), pero ninguna sección en Magallanes es más antigua que aquella de 6.775 años A.P., que provino de una erupción de una magnitud inusual (Stern, 1991).

Aguilera

El volcán Aguilera se identifica, como la fuente de una capa de tefra blanca encontrada a lo largo de las costas de los lagos Viedma y Argentino, en la Cordillera Baguales y en Paine y tan al sur como en la costa noroeste del estrecho de Magallanes (Fig. 3, Tabla 2), a base a un contenido de Rb entre 50 a 70 ppm y Sr87/Sr86 de 0,70507 a 0,70521 (Fig. 2). Mineralógicamente esta tefra contiene mica biotítica, como las lavas erupcionadas del volcán Aguilera. El Lautaro y el recientemente documentado volcán Viedma al este del cerro Viedma (R. Kilian, com. pers., 1990) han eruptado también lavas con biotita y Rb similarmente altos, pero las relaciones isotópicas del Sr de las lavas del Lautaro son $>0,7054$. No hay datos isotópicos de Sr disponibles de muestras del volcán Viedma y la muestra 109, del lado norte del lago Viedma (Fig. 3, Tabla 2), de la cual no hay datos isotópicos ni control cronológico, podría ser un producto de este volcán. Sin embargo, las otras muestras indicadas en la Tabla 2 se creen derivadas de una erupción del volcán Aguilera. Todas ellas parecen similares en edad y se sugiere tentativamente una fecha de algo menos que 3.345 años A.P. para la erupción que produjo esta tefra (Figs. 1 y 2), que hasta el presente no ha sido identificada en Tierra del Fuego.

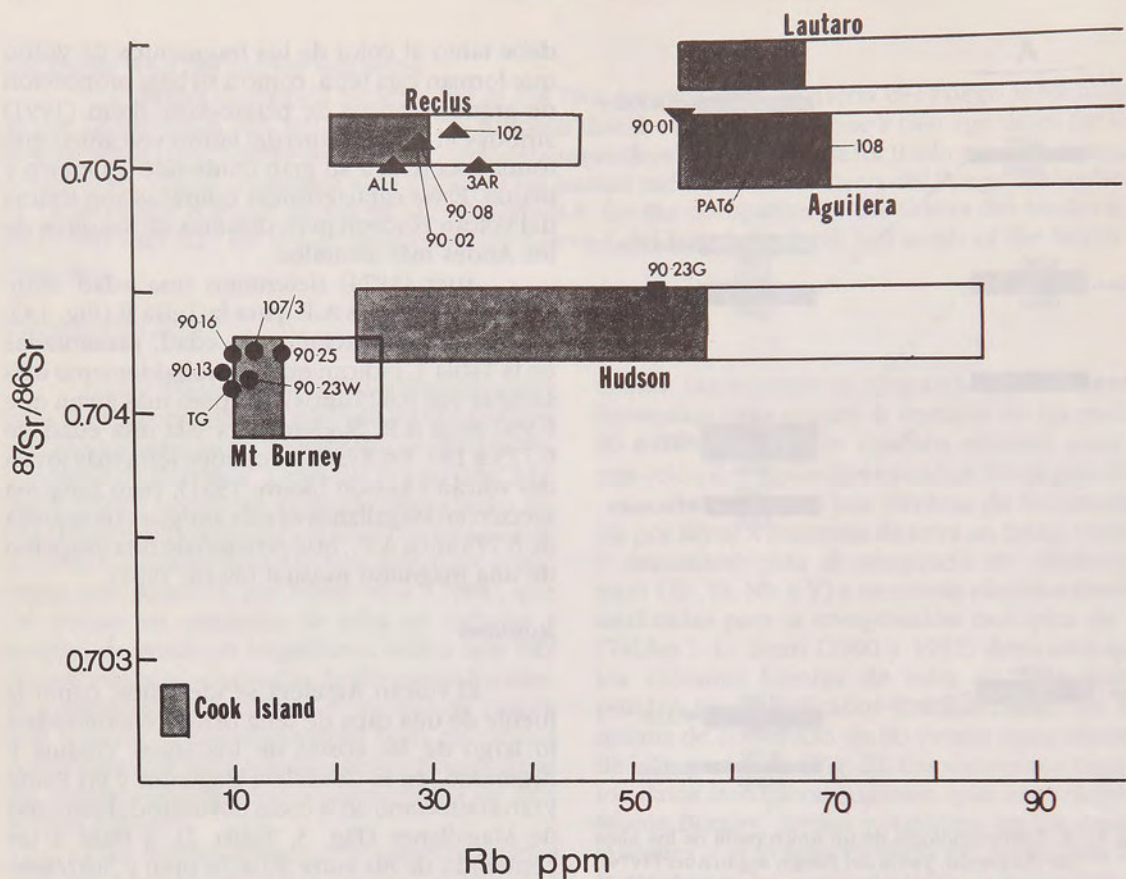


Fig. 2. Concentración de Rb, en partes por millón (ppm) versus relación $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ de muestras de tefra indicadas en las Tablas 1-4 (símbolos sólidos), comparada con la de roca sólida (áreas sombreadas) y separados de vidrio (áreas en blanco) del volcán Hudson en la Zona Volcánica del Sur (Stern, 1991) y los diferentes volcanes en la Zona Volcánica Austral (Stern, 1990), excepto para el Viedma para el cual no hay datos disponibles de la relación $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$. Estos datos se usan para identificar la fuente volcánica de cada capa de tefra en Magallanes.

Reclus

En la Tabla 3 se compilan datos geoquímicos y cronológicos tanto nuevos como previamente publicados para muestras de tefra de Tierra del Fuego y las costas norte del estrecho de Magallanes (Fig. 4) que han sido determinadas como derivadas del volcán Reclus, basándose en su composición de elementos traza y composición isotópica del Sr (Fig. 2; Stern, 1990). Estas tefras tienen $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ similar a las derivadas del volcán Aguilera, pero un menor contenido en Rb. Mineralógicamente carecen también de mica biotítica. Basándose en los datos químicos de los elementos mayores, Stern (1990) identificó la

Tefra I de Auer de Tierra del Fuego como perteneciendo a este grupo de tefras tardi-glaciales derivadas del Reclus (Fig. 1). No se discuten aquí numerosas otras derivadas del Reclus, que se presentan más cercanas a ese centro volcánico, en las vicinidades de Torres del Paine (Stern, 1990). Aunque estas tefras atestiguan muchas pequeñas erupciones del volcán Reclus durante el Holoceno, no han sido controladas cronológicamente.

Todas las tefras indicadas en la Tabla 3 son distintivamente blancas, forman capas de 5 a 15 cm de espesor y son de indudable edad tardiglacial en base, ya sea, a edades radiocarbónicas o a consideraciones estratigráficas. Como fue dis-

TABLA 1

Edades C14 límites, elementos traza y composición de isótopos de Sr de tefras en Magallanes derivadas del volcán Hudson.

Muestras	90-04	90-12	90-14	90-22	90-23G
Edad en años A.P.					
>	>6.040±205	>6.625±110	>6.575±110	-	-
<	<6.930±120	<7.435±120	<7.550±120	<7.015±215	<7.535±250
Rb	50	50	50	54	52
Sr	368	361	392	351	374
Zr	393	386	380	390	356
Nb	20	21	21	21	19
Y	43	42	41	43	37
Sr87/Sr86	-	-	-	-	0,70451

90-94: De trinchera excavada como bebedero para ganado al oeste de la Ruta 9 al pasar el borde occidental de Laguna Blanca. 90-12: Del banco del río Rusphen, 30 km al sur de Cameron, Tierra del Fuego. La tefra 90-13 (Tabla 4), derivada del volcán Monte Burney se encuentra más arriba en este mismo perfil de suelo. 90-14: De un depósito disectado de turba en los Altos de Boquerón, a 23 km al sur este de Porvenir. 90-22: De un corte por río a la orilla del camino a mitad del camino norte desde el extremo este de Bahía Inútil a Bahía Azul, Tierra del Fuego. La tefra 90-21 (Tabla 4), derivada del volcán Burney se encuentra más abajo en este mismo perfil. 90-23G: De un corte por río a la orilla del camino (figura 2 en Stern, 1991), a cerca de 3 km al norte de 90-22, a orilla del camino desde el este de Bahía Inútil a Bahía Azul, Tierra del Fuego. La tefra 90-23W (Tabla 4), derivada del Monte Burney se encuentra más abajo en este mismo perfil.

cutido por Stern (1990), representan tanto una, como un número de distintas erupciones de magnitudes significativas, manifestadas por su espesor y distancia desde su fuente volcánica. Todos los datos cronológicos disponibles para las tefras derivadas del Reclus indicadas en la Tabla 3, al igual que los datos de edades de Auer (1974), se resumen en la Fig. 5. Estos datos sugieren que quizás más de una erupción del volcán Reclus fue responsable de la formación de esas tefras durante un período desde antes de 9.380 A.P. a después de 14.150 A.P. Sin embargo, una importante observación concierne a estas tefras es que en ninguna localidad conocida hasta la fecha se encuentran juntas en el mismo perfil dos tefras tardiglaciales derivadas del Reclus. Stern (1990) discutió también el hecho que si bien fue posible, sin embargo, es baja la probabilidad que el volcán Reclus haya tenido erupciones suficientemente grandes como para extender tefras sobre Tierra del Fuego a 300 km hacia el sur a intervalos separados por menos de 2.000 años.

Una interpretación alternativa del rango

de edades presentado en la Tabla 3 e ilustrado en Fig. 5 es que éste proviene, ya sea, total o parcialmente, de incertidumbres en las edades radiocarbónicas, posiblemente debidas a errores analíticos, problemas de contaminación tales como la introducción de raicillas en la materia orgánica que rodea la tefra y/o disturbios de los perfiles causados por animales o por el hombre. Las inconsistentes edades de la localidad de Pampa Alegre, tanto como las de la cueva Tres Arroyos, parecen claramente ser de esta naturaleza. Las inconsistencias dentro de series independientes de edades en estas dos localidades sugieren que pueden presentarse diferencias de hasta 1.500 años en el proceso de fechamiento de edades, aún cuando las muestras sean cuidadosamente colectadas por un mismo investigador y analizadas en un mismo laboratorio, como fue hecho para las muestras 90-05 y 90-06 de Pampa Alegre (Tabla 3.)

Si se descarta la serie de edades más jóvenes de la tefra derivada del Reclus de la cueva Tres Arroyos, que previamente consideramos correcta ya que incluyen a esta tefra (Stern, 1990),

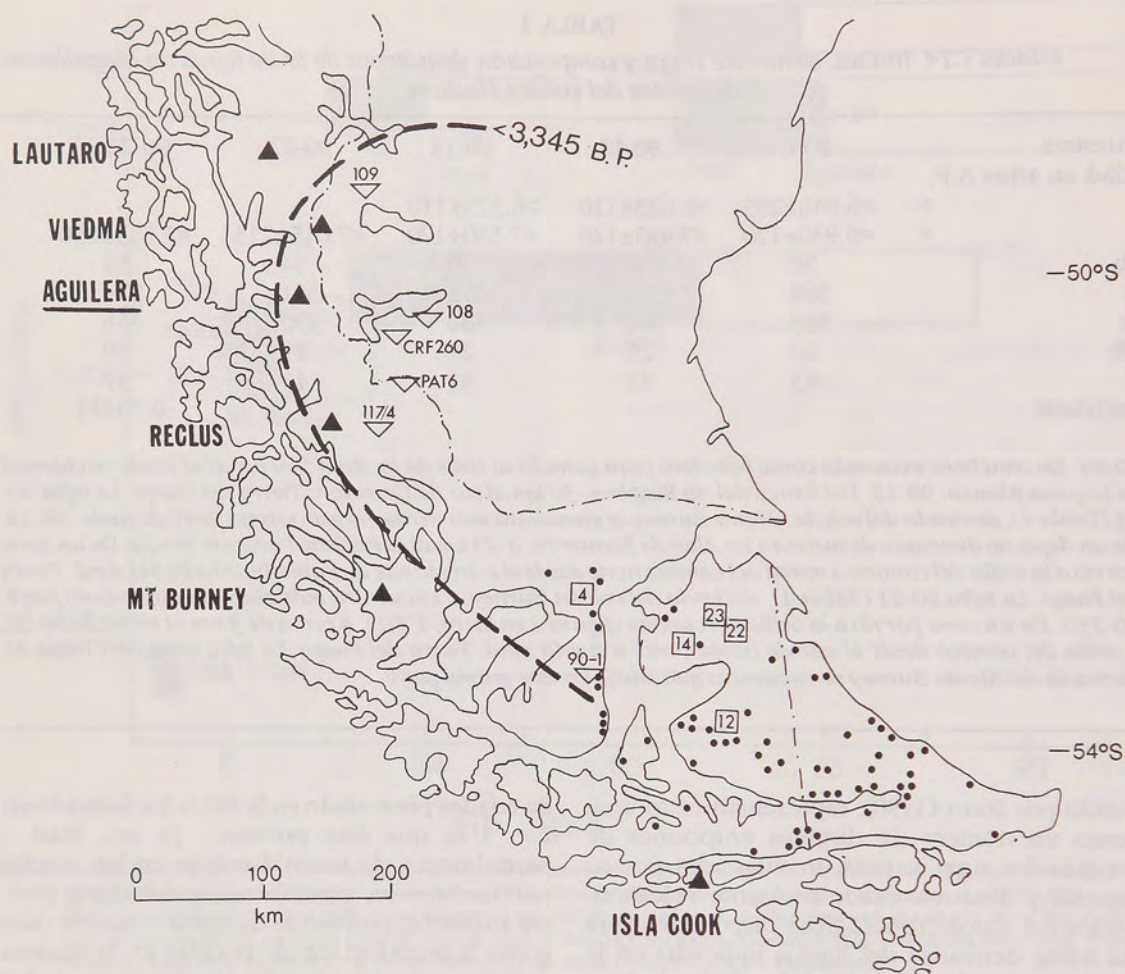


Fig. 3. Localización de las capas de tefra en Magallanes identificadas, a base del contenido de Rb y la relación $\text{Sr}87/\text{Sr}86$ (Fig. 2), como derivadas del volcán Hudson (cuadrados, Tabla 1) en la Zona Volcánica del Sur a 46°S (Stern, 1991) y el volcán Aguilera (triángulos invertidos, Tabla 2). Los pequeños puntos negros indican la distribución indicada por Auer (1974) para su Tefra II. La línea gruesa cortada indica la distribución regional general de la erupción de $< 3,345 \text{ A.P.}$ del volcán Aguilera.

la información disponible sobre edades en esta localidad, Pampa Alegre, Bahía Inútil y Río Tres Brazos, al igual que una edad de $> 11,960$ años A.P. indicada para una tefra en una sección cercana a Punta Arenas (Fig. 5 en Heusser *et al.*, 1989), todas son $> 11,795$ años A.P. y dentro de un rango inferior a 2.000 años. Basándonos en ésto y en la observación que sólo una única tefra tardiglacial derivada del Reclus se presenta en cualquier perfil conocido hasta la fecha en Magallanes, se sugiere que todas las incluidas en la

Tabla 3, con la posible excepción de la muestra de POR-560, que de hecho puede ser más antigua, fueron formadas en una erupción del volcán Reclus a $12,480 \pm 470$ años A.P. Esto implica que la determinación de edad por Auer para su Tefra I, que estuvo plagada por numerosos problemas discutidos por Stern (1990), estuvo errada en más de 3.000 años (Figs. 1 y 5).

Monte Burney

En la Tabla 4 se indican las tefras determi-

TABLA 2

Edades C14 límites, elementos traza y composición isotópica de Sr de tefras de Magallanes derivadas más probablemente del volcán Aguilera.

Muestras	1091	1081	CRF-2601	PAT-61	117/41	90-1
Edad en años A.P.						
>	-	-	-	-	-	-
<	-	-	<<10.390	<3.345±195	<<6.300	<3,930±340
Rb	67	67	52	64	57	55
Sr	450	399	393	405	387	301
Zr	144	150	142	130	134	121
Nb	15	20	14	16	16	20
Y	15	12	9	15	12	10
Sr87/Sr86	-	0,70507	-	0,70516	-	0,70521

1 Edades y datos químicos indicados en Stern (1990)

109: Orilla sur del río Fitz Roy, 1 km al este del Refugio del Automóvil Club, en la cabecera noroeste del lago Viedma. 108: Costa sur del lago Argentino, 22 km al oeste de Calafate. CRF-260: A 2,6 m de profundidad en un testigo tomado por V. Markgraf (Universidad de Colorado, USA) en Estancia 9 de Julio, cerca de Cerro Fraile, al este del Brazo Rico del lago Argentino. La base de este testigo de 6 mt fue fechada como 10.390 años A.P. (V. Markgraf, com. pers., 1990) y la tefra se estima como <4.000 A.P. (Stern, 1990). PAT-6: De un corte por río en estancia Las Cumbres (Fig. 3 en Stern, 1990), cordillera Baguales. 117/4: A 138-143 cm de profundidad en el testigo 80-17-3 tomado por S. Porter (Universidad de Washington, USA) y C. Heusser (Universidad de New York, USA) a 200 mt al suroeste del lago Nordenskjöld, Parque Nacional Torres del Paine. La base de este testigo de 1,9 mt está fechada como 6.300 A.P. (C. Heusser, com. pers., 1990), sugiriendo una edad de <4.500 A.P. para esta tefra. 90-01: En el portón de Estancia La Discordia, 5 km al oeste de la costa a lo largo del camino paralelo al río Tres Brazos al sur de Punta Arenas.

nadas como derivadas del volcán Monte Burney en base de su contenido de Rb desde 8 a 16 ppm y una relación Sr87/Sr86 de 0,70414 a 0,70426 (Fig. 2). Estas capas de tefra son típicamente amarillo-blanquecinas, más que el blanco muy brillante que caracteriza las tefras de los volcanes Reclus y Aguilera.

Aunque todas son químicamente similares aparece claro, por la evidencia estratigráfica, que ha ocurrido más de una erupción del Monte Burney; tefras derivadas de este volcán se encuentran tanto arriba (muestra 90-13, Tabla 4) como abajo (muestras 90-21 y 90-23W, Tabla 4) de la tefra verde-pardo del Hudson en Tierra del Fuego. La fechación radiocarbónica indica tres erupciones del Monte Burney a 7.920 ± 385 , 3.770 ± 200 y 505 ± 60 años A.P. La tefra de la erupción más reciente ha sido descrita solamente en la vecindad de Punta Arenas y esta erupción puede no haber sido tan grande como las previas a ella. Stern (1990) sugirió, basándose en la química de los elementos mayores, que la Tefra II de Auer en

Tierra del Fuego se derivó del Monte Burney (Fig. 1). Esta debe corresponder a la erupción de 3.770 años A.P., indicando que como en el caso de sus otras tefras, las determinaciones de edad de Auer estuvieron erradas hacia el lado más joven. Se cree que la Tefra a de Auer que él identificó en los Altos de Boquerón (Fig. 1A), es la más antigua del Monte Burney. Esta tefra no ha sido encontrada al sur de Bahía Inútil, pero se presenta en un depósito muy grueso en la excavación arqueológica en la laguna Tom Gould (Massone, 1989).

DISCUSION

Es importante notar que la tefrocronología resumida en la Fig. 1B no es aplicable en las siguientes situaciones: 1) Los faldeos andinos al noroeste del estrecho de Magallanes, donde debido a la proximidad de los volcanes se presentan numerosas otras tefras derivadas de pequeñas erupciones y 2) más hacia el norte de

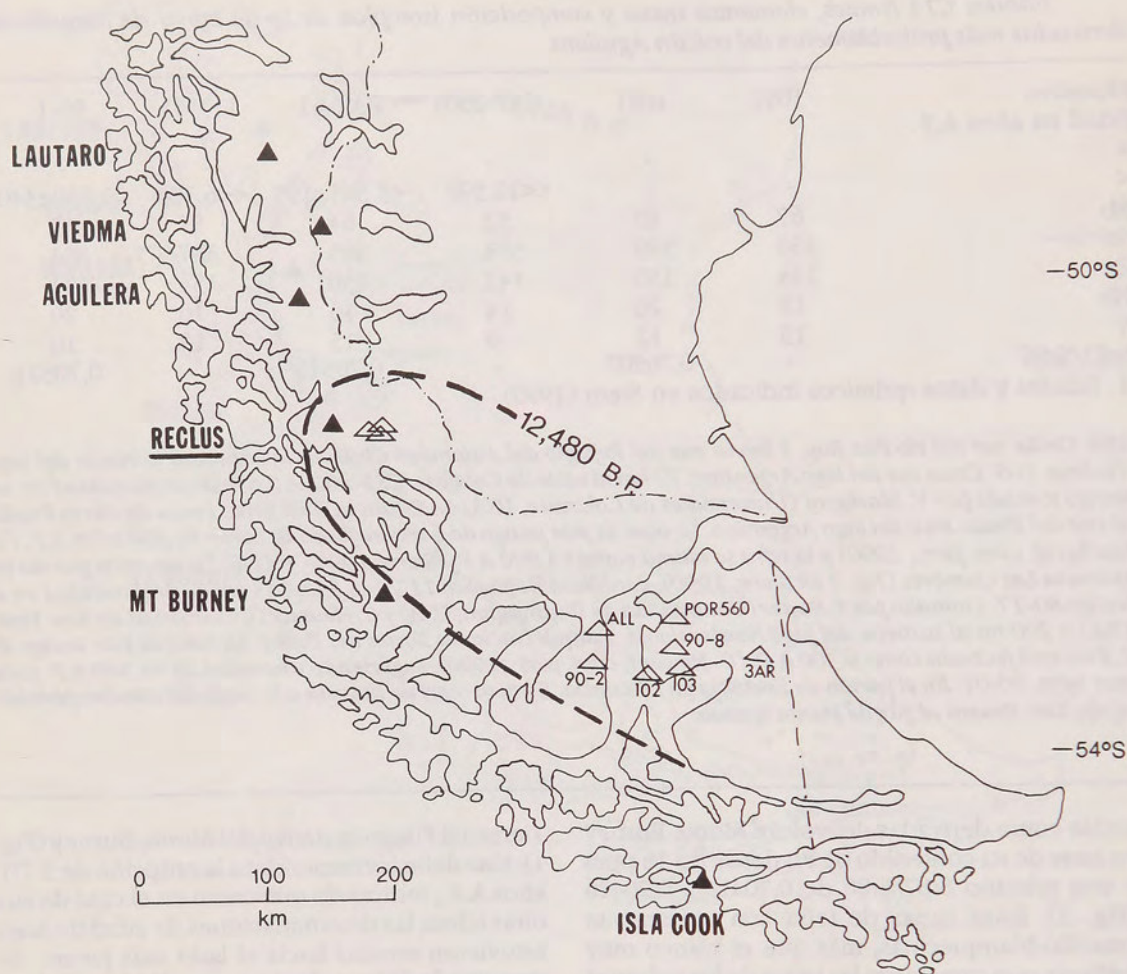


Fig. 4. Localización de tefras en Magallanes, identificadas, a base de su contenido en Rb y la relación Sr87/Sr86 (Fig. 2), como derivadas del volcán Reclus (triángulos, Tabla 3). Un número de tefras cronológicamente distintas localizadas cerca de este volcán, que han sido descritas por Stern (1990), se indican por una agrupación de triángulos no numerados. Las muestras 90-05 y 90-06 en la Tabla 1 se encuentran en la misma posición de ALL. La línea gruesa cortada indica la distribución regional de la tefra derivada de la erupción de 12.480 A.P. de este volcán.

la Patagonia, donde otros volcanes han producido diferentes tefras en diferentes tiempos. Sin embargo, en el extremo sur de Patagonia existe al presente una base suficiente de datos cronológicos que permite que algunas de estas tefras, si pueden ser correctamente identificadas por medios químicos, puedan ser usadas con confianza como marcadores estratigráficos regionales de tiempo. En particular, la relativamente gruesa y ampliamente difundida tefra verde-pardo del

volcán Hudson tiene un gran potencial como un marcador estratigráfico del Holoceno medio en el extremo austral de Patagonia (Stern, 1991).

Se cree que las Tefras de Auer I, a, II y III de Tierra del Fuego corresponden respectivamente a las erupciones de 12.480 años A.P. del Reclus, la de 7.920 años A.P. del Monte Burney, la de 6.775 años A.P. del Hudson y la de 3.770 años A.P. del Monte Burney (Fig. 1). Los datos de edad de Auer para cada una de estas tefras son

70.

TABLA 3
Edades C14 límites, elementos traza y composición isotópica de Sr de tefras de Magallanes derivadas del volcán Reclus.

Muestra	90-02	90-05	90-06	ALL1,2	90-08
Edad en años A.P					
>	>12.900±205	>12.870±200	>11.795±365	>11.940±110	-
<	<12.950±190	<13.580±215	<13.255±205	<11.940±110	-
Rb	28	24	22	26	28
Sr	406	544	505	435	347
Zr	118	146	158	134	136
Nb	9	8	10	11	9
Y	9	8	7	9	10
Sr87/Sr86	0,70507	-	-	0,70494	0,70507
Muestra	1021	1031,3	3AR1,4	POR-5601,5	
Edad en años A.P					
>	-	>12.010±080	>10.280±110 >11.880±250	>14.150±190	
<	-	<12.060±080	<10.420±100	<14.990±300	
Rb	32	27	35	32	
Sr	350	414	303	303	
Zr	111	125	95	84	
Nb	10	11	11	9	
Y	11	10	11	11	
Sr87/Sr86	0,70513	-	0,70499	-	

1. Datos químicos de las muestras masivas de tefra de la tabla 4 de Stern (1990). 2. Edad de Uribe (in letteris, 2/2/1982 y 8/5/1992) en las que describe el material fechado como "una mezcla" de "arriba y abajo" de la capa de ceniza, mientras que en Uribe (1982) el material fechado es descrito como de debajo de la capa de ceniza, como se cita en Stern (1990). 3. Edades según Heusser et al. (1989). 4. Edades según Massone (1987). 5. Edades según Markgraf (com. pers., 1990)

90-02: En el portón de estancia La Discordia, 5 km al oeste de la costa a lo largo del camino paralelo al río Tres Brazos, al sur de Punta Arenas. 90-05, 90-06 y ALL: De la única capa en la sección descrita por Uribe (1982) en Pampa Alegre, al norte de Punta Arenas. 90-08: En loess tardiglacial (Heusser et al., 1989) en el puente que cruza el Río del Oro, Altos de Boquerón, Tierra del Fuego. 102: En suelo sobre lecho de roca terciaria (Fig. 2 en Stern, 1990), no en till glacial como sugerí previamente (Stern, 1990), a 22 km al sur de Porvenir en el camino costero. 103: Tefra de una secuencia lacustrina tardiglacial (Fig. 3 en Heusser et al., 1989), fechada y descrita por Heusser et al., (1989) cerca de Chorrillo Rosario a 35 km al sur este de Porvenir en el camino costero. 3AR: De cueva Tres Arroyos, Tierra del Fuego, descrita por Massone (1987). POR-560: Tefra de 560 cm bajo la superficie en testigo tomado por V. Markgraf (Universidad de Colorado, USA) en la Represa de Porvenir, 6 km al este de Porvenir en el camino a los Altos de Boquerón.

significativamente más jóvenes, tal vez debido a contaminación del material fechado por él por sistemas radicales jóvenes (Heusser et al., 1989).

Heusser et al. (1989) sugieren períodos de formación para tefras tardiglaciales entre 14.990 a 14.150 años A.P., cerca de 12.000 años A.P. y al rededor de 10.330 años A.P. Basándonos en la discusión concerniente a las fechas disponibles para las tefras tardiglaciales resumida en la Fig 5, llegamos a la conclusión que solamente dos

erupciones tardiglaciales, ambas del volcán Reclus, produjeron tefras en Tierra del Fuego; una entre 14.990 a 14.150 años A.P. y la otra entre 12.950 a 12.010 años A.P.. Heusser et al. (1989), basándose en edades de tefras de otros perfiles holocénicos de Magallanes, sugieren que estas tefras fueron formadas en períodos entre 8.195 - 7.900, 7590 - 5.640, 5.520 - 3.520 y 3.970 - 2.240 años A.P. Aunque no hay información química disponible para correlacionar correctamente es-

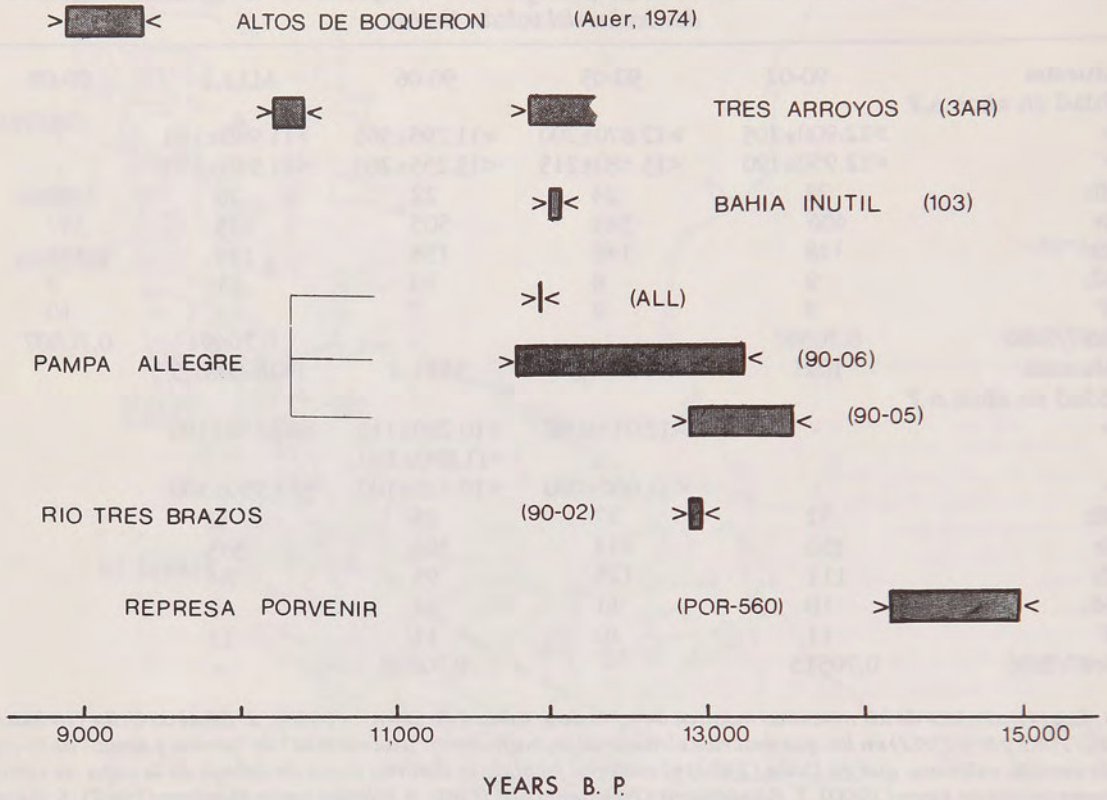


Fig. 5. Determinación de edad C14 de tefras tardiglaciales derivadas del volcán Reclus, incluyendo de arriba a abajo: Tefra I de Auer (1974); dos edades mutuamente inconsistentes publicadas por Massone (1987) para una capa en la cueva Tres Arroyos (muestra 3AR, Tabla 3); una edad publicada por Heusser et al. (1989) de un perfil en la costa norte de Bahía Inútil (muestra 103, Tabla 3); tres edades de la misma capa en Pampa Alegre en la costa norte del estrecho de Magallanes (All (Uribe, 1982), 90-05 y 90-06, Tabla 3); otra muestra de la costa noroeste del estrecho de Magallanes en el río Tres Brazos (90-02, Tabla 3) y una muestra de un testigo barrenado en la Represa de Porvenir en Tierra del Fuego (POR-560).

tas tefras con las respectivas erupciones documentadas en las Tablas 1-4, el primer período traslapa el marco de tiempo sugerido para la erupción de 7.920 años A.P. del Monte Burney, la segunda al marco de tiempo para la erupción de 8.775 años A.P. del Hudson y las dos últimas, que se traslapan entre sí, al marco de tiempo para la erupción de 3.770 años A.P. del Monte Burney.

Una importante aplicación de la tefrocronología de Tierra del Fuego, resumida en la Fig. 1B, concierne con la edad de la más antigua evidencia directa de ocupación humana de la región, que ha sido documentada justamente

debajo de la tefra derivada del volcán Reclus en la cueva Tres Arroyos (muestra 3AR, Tabla 3, Massone, 1987). Massone determinó dos edades que son mutuamente inconsistentes para esta tefra, una entre 10.280 - 10.420 años A.P. y otra de >11.880 años A.P. (Fig. 5). Debido a: 1) la relativamente joven edad de la Tefra I de Auer, que consideramos que fue formada por la misma erupción del volcán Reclus que produjo la tefra en la cueva de Tres Arroyos (Fig. 1; Stern, 1990); 2) el hecho que las edades más jóvenes determinadas por Massone representan un par que abarca esta tefra de una manera consistente; 3) la

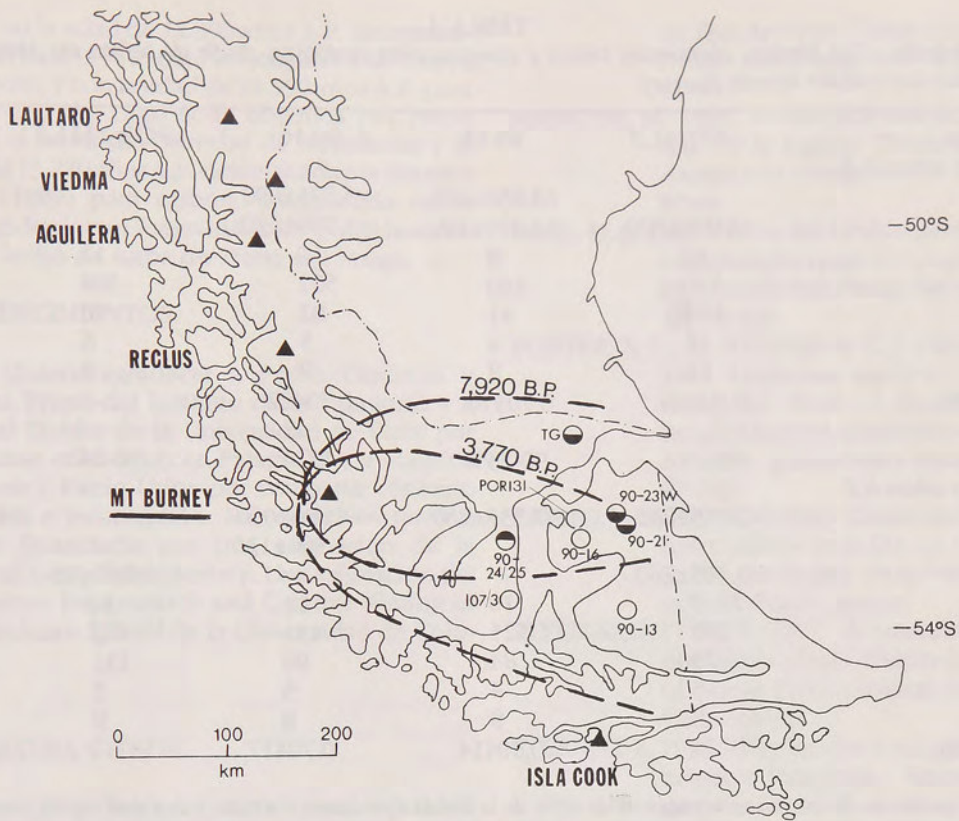


Fig. 6. Localización en Magallanes de tefras identificadas a base al contenido de Rb y relación Sr87/Sr86 como derivadas del volcán Monte Burney (círculos, Tabla 4). Los círculos con el fondo relleno corresponden a la tefra derivada de una erupción más antigua, mientras que aquellos con la parte superior rellena corresponden a la derivada de una erupción muy joven. Las líneas gruesas cortadas indican la distribución regional de dos diferentes tefras del Holoceno identificadas. La distribución de las más joven, identificada solamente cerca de Punta Arenas, permanece incierta.

propia mala lectura de la edad más antigua de Massone que entendimos que implicaba una edad menor en vez de una mayor que los 11.880 años A.P. para esta tefra (Stern, 1990); y 4) la indicación de Uribe (1982), que la tefra de Pampa Alegre tenía <11.940 años A.P., aceptamos previamente 10.280 a 10.420 años A.P. como la edad correcta de la tefra tardiglacial del Reclus en la cueva Tres Arroyos y en cualquier otra parte en Tierra del Fuego (Stern, 1990). Sin embargo, ahora, debido a: 1) las nuevas edades obtenidas en muestras de esta misma tefra del Río Tres Brazos y Pampa Alegre (Fig. 5, Tabla 3), tanto como de Bahía Inútil y en otro perfil cerca de

Punta Arenas (Heusser *et al.*, 1989); 2) una re-lectura de la correspondencia personal de Uribe en 1982, que indica que el material fechado en Pampa Alegre era realmente una mezcla de tanto arriba como abajo de esta tefra (Tabla 3); y 3) una re-lectura de Massone (1987) que reveló lo errado de la interpretación original del significado de su edad más antigua, llegamos ahora a la conclusión que la edad más antigua de Massone de >11.880 años A.P. es la más apropiada para la tefra del Reclus en la cueva de Tres Arroyos. Esto implica que la ocupación humana del Tierra del Fuego tuvo lugar algún tiempo antes de 11.880 años A.P. Esta edad más antigua es más consis-

TABLA 4
Edades C14 límites, elementos traza y composición isotópica de Sr de tefras en Magallanes derivadas del volcán Monte Burney

Muestras	107/31,2	90-13	90-16	POR-1311,3	
Edad en años A.P.					
>	-	>3.830±095	>3.575±090	-	
<	<3.970±070	<4.470±100	<3.700±090	-	
Rb	12	8	10	11	
Sr	320	530	501	398	
Zr	105	91	82	98	
Nb	5	4	5	6	
Y	11	8	9	8	
Sr87/Sr86	0,70426	0,70416	0,70422	-	
Muestra	90-21	90-23W	TG4	90-24	90-25
Edad en años A.P.					
>	>7.015±215	>7.535±250	>4.280±050 >4.560±130	-	>445±110
<	<8.305±260	-	-	<565±75	-
Rb	9	10	11	14	15
Sr	505	525	481	462	498
Zr	79	84	96	131	98
Nb	5	4	5	5	6
Y	8	9	8	9	9
Sr87/Sr86	-	0,70414	0,70417	-	0,70425

1. Datos químicos de las muestras masivas de tefra de la Tabla 4 de Stern (1990). 2. Edad según Porter et al. (1984) 3. Edad según Markgraf (Com. pers., 1990) 4. Edad según Massone (1989)

107/3: De 2,45 a 2,48 m en un testigo tomado por Porter et al. (1984) en Puerto del Hambre, 60 km al sur de Punta Arenas. El fechado es sobre una capa basal de turba a 2,8 m en el testigo. 90-13: De orillas del río Rusphen, 30 km al sur de Cameron, Tierra del Fuego. La tefra 90-12 (Tabla 1), derivada del volcán Hudson, se encuentra más abajo en el mismo perfil. 90-16: De orillas del Río del Oro, Altos de Boquerón, Tierra del Fuego. POR-131: De 1,31 a 1,33 mt de profundidad en un testigo tomado por V. Margraf (Universidad de Colorado, USA) en la Represa de Porvenir, 6 km al este de Porvenir en el camino a los Altos de Boquerón. Material de este testigo a 5,75 mt ha sido fechado como 14.990 años A.P., sugiriendo una edad de <4.000 años para esta tefra (Stern, 1990). 90-21: De un corte por río a orillas de la Ruta 257, a medio camino entre el extremo este de Bahía Inútil y Bahía Azul, Tierra del Fuego. Equivalente a la muestra 106 en Stern (1990). La tefra 90-22 (Tabla 1), derivada del volcán Hudson, se encuentra más arriba en el mismo perfil. 90-23W: De un corte por río a orilla del camino (Fig. 2 en Stern, 1991) cerca de 5 km al norte de la localidad de la muestra 90-21, a lo largo de la Ruta 257, entre el extremo este de Bahía Inútil y Bahía Azul, Tierra del Fuego. La tefra 90-23G (Tabla 1), derivada del volcán Hudson, se (Cont. Tabla 4) encuentra más arriba en el mismo perfil. TG: De la excavación arqueológica en el extremo oeste de la laguna Tom Gould en el campo volcánico de Pali-Aike (Massone, 1990). 90-24: En el extremo norte de Punta Arenas, en un corte del camino en la prolongación de la calle Enrique Abello. 90-25: En el borde noroeste de Punta Arenas, en corte del camino en la curva hacia Laguna Lynch del camino al Club Andino.

tente con la edad de 12.390 años A.P. determinada por Nami (1987) para la ocupación de Cueva del Medio, y con la edad de 12.990 años A.P. para la Cueva 1 del Lago Sofía obtenida por Prieto (1991) al norte del Estrecho de Magallanes y la edad de 13.280 años A.P. determinada por Heusser *et al.* (1989) para carbón, interpretado como producido por un fuego inducido por el hombre en un lecho de turba de Tierra del Fuego.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Pedro Cárdenas y Ximena Prieto del Instituto de la Patagonia y a Michael Dobbs de la Universidad de Chile por ayudarme en terreno en Patagonia y a Mauricio Massone y Pablo Uribe por compartir conmigo muestras e información. Mi trabajo en terreno estuvo financiado por una asignación de la National Geographic Society. Una asignación del Committee for Research and Creative Writing of the Graduate School de la Universidad de Colorado.

LITERATURA CITADA

- AUER, V. 1974. The isorhythmicity subsequent to the Fuego-Patagonian and Fenoscandian ocean level transgressions and regressions of the last glaciation. *Annales Acad. Scientiarum Fennicae*. Ser. A III, 115: 1-188.
- HEUSSER, C. J., L.E. HEUSSER & A. HAUSSER, 1989. A 12,000 yr B.P. tephra layer at Bahía Inútil (Tierra del Fuego, Chile). *Anales Inst. Patag.* Ser. Cs, Nats. 19: 39-49.
- MASSONE, M. 1987. Los cazadores paleoindios de Tres Arroyos (Tierra del Fuego). *Anales Inst. Patag.* Ser. Cs. Socs. 17: 47-60.
- MASSONE, M. 1989. Investigaciones arqueológicas en la laguna Thomas Gould. *Anales Inst. Patag.* Ser. Cs. Socs. 19: 87-99.
- NAMI, H. g. 1987. Cueva del Medio: perspectivas arqueológicas para la Patagonia Austral. *Anales Inst. Patag.* Ser. Cs. Socs. 17: 73-106.
- PORTER, S. C., M. STUIVER & C. J. HEUSSER. 1984. Holocene sea-level changes along the Strait of Magellan and Beagle Channel, southernmost South America. *Quaternary Research* 22: 67-785.
- PRIETO I., ALFREDO (1991) Cazadores tempranos y tardíos en la Cueva 1 del lago Sofía. *Anales Inst. de la Patag.* v. 20, p.75-99 Punta Arenas.
- STEEN-McINTYRE, V. 1977. A manual for Tephrochronology. Colorado School of Mines Press. Golden, Colorado, USA. 166 pp.
- STERN, C. R. 1990. The tephrochronology of southernmost Patagonia. *National Geographic Research*. 6: 110-126.
- STERN, C. R. 1991. Mid-Holocene tephra on Tierra del Fuego (54° S) derived from the Hudson volcano (46° S): evidence for a large explosive eruption. *Revista Geológica de Chile*. 18: 139-146.
- URIBE, P. 1982. Deglaciación en el sector central del Estrecho de Magallanes; consideraciones geomorfológicas y cronológicas. *Anales Inst. Patag.* 13: 103-111.