MORFOLOGIA DE LAS ACUMULACIONES CALCAREAS EN ALGUNOS PALEOSUELOS DE PATAGONIA ORIENTAL (CHUBUT)

Héctor F. del Valle y Carlos A. Beltramone

Centro Nacional Patagónico (CENPAT-CONICET). 28 de Julio Nº 28
(9120) Puerto Madryn (Chubut) Argentina

RESUMEN

Los horizontes cálcicos y petrocálcicos de once perfiles entre Pampa del Castillo y Puerto Madryn, fueron estudiados mediante observaciones de campo y determinaciones físicas, químicas y mineralógicas. La manifestación de procesos de origen paleoclimático, como los criogénicos, se evidencian por las cuñas fósiles de hielo encontrados en Pampa de Malaspina, Meseta de Montemayor y Puerto Madryn.

Los tipos de acumulaciones calcáreas son pulverulentas: criogénicas y no criogénicas, y masivas muy duras, de génesis desconocida. La composición mineralógica de la muestra total está constituída por: minerales arcillosos, feldespatos, cuarzo, pirofilita, y calcita como componente mayoritario. El yeso se presenta muy variable y fuera de las acumulaciones calcáreas criogénicas. La fracción fina presenta: montmorillonita, ilita-montmorillonita en menor grado, calcita, dolomita, caolinita desordenada y analcima. La datación del carbonato de calcio para el área de Puerto Madryn indicaría que existió un tiempo criogénico de varios miles de años y que culminó probablemente hace 25.000 años.

Palabras clave: Acumulaciones calcáreas, morfología, paleosuelos.

THE MORPHOLOGY OF CALCAREOUS ACCUMULATION IN SOME PALEOSOLS OF EASTERN PATAGONIA (CHUBUT)

ABSTRACT

Calcic and petrocalcic horizons of eleven profiles between Pampa del Castillo and Puerto Madryn were studied by means of field observations and physical, chemical and mineralogical analyses. The manifestations of paleoclimatic processes such as cryogenic processes, are evidenced by fossil ice wedges, found at Pampa de Malaspina, Meseta de Montemayor and Puerto Madryn. The types of calcium carbonate accumulation are soft powdery: Cryogenic and non-cryogenic, and massive very hard, of unknown origin. Total mineralogical analyses indicate the presence of clay minerals, feldspar, quartz, pyrophyllite and calcite which is the principal component. Gypsum shows high variation and is found out of the calcareous cryogenic accumulation.

The fine fraction is composed of montmorillonite, illite-montmorillonite in low amounts, calcite, dolomite, disordered kaolinite and analcime. Radiocarbon dating of carbonates indicates that cryogenic conditions prevailed during several thousands of years, until aproximately 25.000 years ago in the Puerto Madryn area.

Key Words: Calcareous accumulation, morphology, paleosols.

INTRODUCCION

La presencia de acumulaciones calcáreas es un rasgo frecuente en suelos y paleosuelos de la Patagonia Extraandina.

Diversos autores han sido los que se han ocupado de estudiar en la provincia de Buenos Aires la sedimentita designada genéricamente con el término de "tosca", empleando un sinnúmero de argumentos para explicar su origen. Pero en el medio patagónico hay escasos autores que precisan esta línea debido a que la ocurrencia y distribución del calcáreo ofrece características muy particulares que obligan a no realizar generalizaciones, siendo además la Pedología por sí sola insuficiente para explicar su génesis.

Gile *et al.* (1965) definen el proceso de carbonatación mediante una serie de estadios que se inicia con revestimientos calcáreos delgados y discontinuos hasta alcanzar a formar, con el progresivo aumento de carbonato, un horizonte petrocálcico. Las diferentes expresiones morfológicas son diagnósticas de cada etapa, pero no de una edad determinada, debido a que un mismo estadio puede alcanzarse según la composición granulométrica del suelo, en diferentes lapsos de tiempo.

De acuerdo a las consideraciones de Ferrer (1981), en función de los conceptos de Jenny (1974) y Daniels *et al.* (1971), las relaciones entre superficies geomórficas de diferente edad, contenido y forma de la acumulación calcárea, constituyen una cronosecuencia, sólo si el resto de los factores de formación son constantes. Es decir, que no es de esperar siempre una relación literal entre la edad y las características carbonáticas. Sin embargo, aquel autor encuentra una relación entre la edad relativa de los suelos y el mayor contenido en calcáreo en las posiciones elevadas del paisaje de Sta. Cruz.

Varios autores han asignado a las costras calcáreas un origen pedogenético (Gile *et al.*, 1965; Aristarain, 1971; Wright, 1983), dentro del esquema de la teoría *"per descensum"*. Vogt (1984) aporta puntos de vista interesantes en los tipos y génesis de las costras calcáreas, asignándoles un origen diagenético.

La formación de calcáreo estaría ligada íntimamente a variaciones climáticas durante el cuaternario. En el área de estudio, más precisamente en las cercanías de Puerto Madryn, los cambios climáticos estarían evidenciados por la manifestación de procesos criogénicos, a través de seudomorfas cuñas de hielo, ya mencionados por Liss (1960), Haller (1981) y Corte y Beltramone (1984). Las crioturbaciones sugieren un ambiente periglacial antes o al iniciarse la depositación de la cubierta de "rodados patagónicos" (Haller, *op. cit.*).

Mazza y Grazán (1971) afirman que el origen de la "tosca" es la resultante de una formación compleja, a menudo de facies múltiples, no solamente polimórficas sino también poligenéticas y donde cada una debe ser estudiada detalladamente; considerando además del material litológico, el ambiente geomórfico en que se originó.

El presente trabajo analiza los horizontes cálcicos y petrocálcicos a fin de analizar sus propiedades y modelo de distribución.

MATERIALES Y METODOS

El estudio comprende un conjunto de perfiles, ubicados a lo largo de la Ruta Nacional Nº 3, desde Pampa del Castillo a Puerto Madryn, Prov. de Chubut. Se eligieron sistemáticamente perfiles representativos situados a distintas alturas topográficas.

De las muestras de las costras calcáreas se separó el material clástico para luego fraccionarlas en un molino de martillos.

Cuando fue necesario, los carbonatos se eliminaron mediante un buffer ácido-acetato de sodio, pH 5. También se trabajó sobre muestras naturales sin producir la remoción de los mismos.

Después de la dispersión física y química se separó la fracción gruesa (gravas y arena: 8 cm - 50 μm) por tamizado y la fracción fina (limos y arcillas: < 50 μm) por centrifugación.

Para la determinación de carbonato y yeso se utilizaron los métodos propuestos por el Laboratorio de Salinidad de USA (1973). El gravimétrico de bióxido de carbono para las muestras con altos contenidos y por efervescencia con ácidos para las muestras con bajos contenidos de carbonatos. Para la evaluación del yeso se utilizó el método cualitativo por precipitación con acetona.

Se determinó óxidos totales por espectrofotometría de fluorescencia de rayos X, siguiendo las recomendaciones para métodos estandarizados. Se utilizaron patrones de rocas y suelos de Canadá (Geological Survey, 1977). La mineralogía se apoyó en el análisis de rayos X, por difractometría, para la muestra total (< 2 μm) y la fracción fina, (2 - 50 μm).

Se utilizó para estos fines un difractómetro Philips, con radiación de Cu y filtro de Ni, incrementándose la constante de tiempo y la amplificación del registrador, obteniéndose de esta manera una mejor resolución de los picos. Las muestras fueron calentadas a 550°C, solvatadas con etilenglicol y sin tratamiento.

Las difractometrías se realizaron con muestras orientadas obtenidas a partir de suspensiones y polvo para muestra total. Para la interpretación se siguieron los criterior de Besoain (1985) y de Thorez (1976).

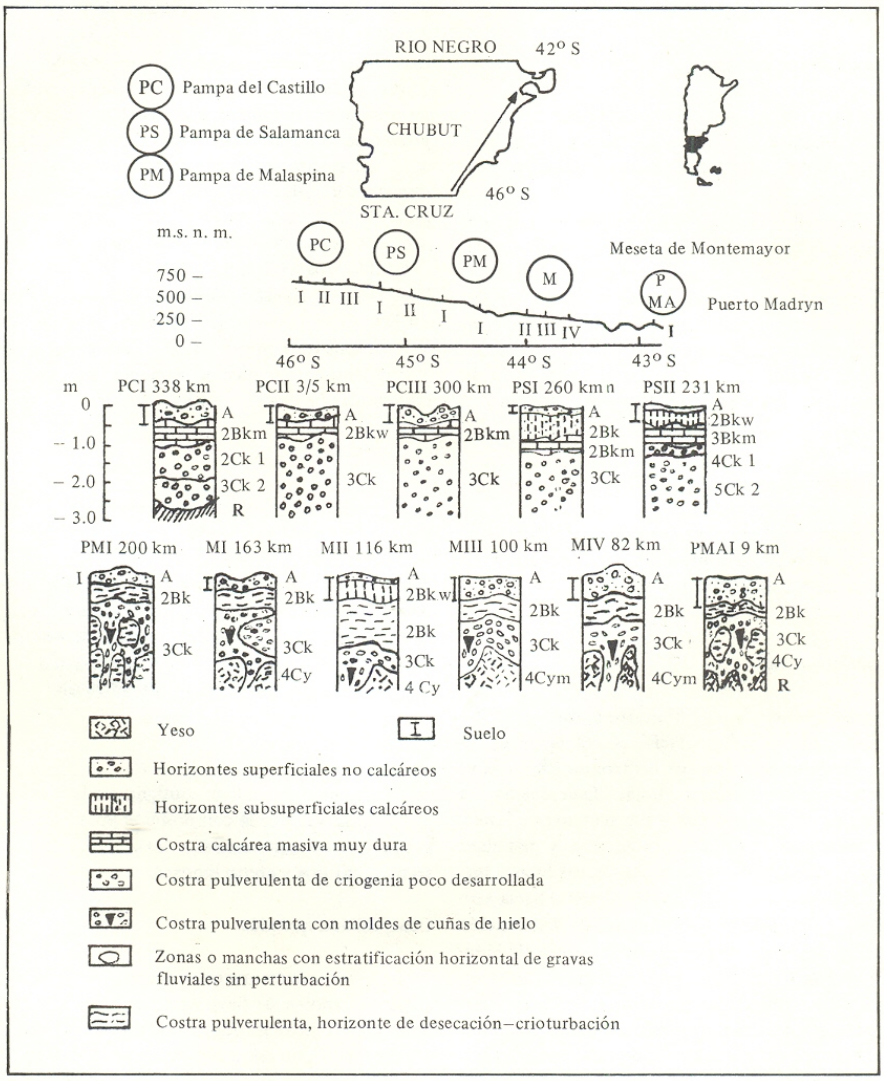

Fig. 1: Transecta Pampa del castillo - Puerto Madryn. Perfiles analizados y morfología de las acumulaciones calcáreas.

Se incluyen algunas detaciones realizadas por el INGEIS (Rostagno, comunicación personal).

RESULTADOS

Morfología de los perfiles

En la Fig. 1 se presenta la transecta que integra los perfiles estudiados, indicando su ubicación y la variación morfológica del calcáreo a diferentes niveles mesetiformes.

Los horizontes superficiales (A) presentan diferenciaciones en su color. La textura es areno-franca, sin estructura y de espesor y pedregosidad variables dentro del relieve general. A veces se presenta un horizonte vesicular o un horizonte E (A2) de manifestación localizada en los relieves bajos.

Entre el horizonte A y la acumulación calcárea del paleosuelo aparece a veces un horizonte B o un C, a menudo cálcios, no criogénicos.

Morfología de acumulaciones calcáreas

A lo largo de la transecta analizada hay variaciones morfológicas de las acumulaciones calcáreas y se pueden distinguir los siguientes tipos:

Costra pulverulenta:

Se presenta con variaciones morfológicas. A menudo se observan dos diferenciaciones morfológicas, correspondiéndose cada una con horizontes Bk y Ck. El horizonte superior presenta "hojas" fisuradas de 2 a 10 cm de espesor, moderada y fuertemente endurecido, de color blanco (10YR8/2) en seco y gris claro (10YR7/2) en húmedo, a veces con gravas finas y medias. Es discontínuo lateral y verticalmente hacia acumulaciones principalmente nodulares. La distribución de este horizonte en los perfiles de la Meseta de Montemayor y Puerto Madryn es seudoplegada. Probablemente este horizonte corresponda a un frente de desecación asociado a una anterior crioturbación. Se observan características de transporte de esta costra en ambientes de paleocanal. En los perfiles corresponde al horizonte Bk.

El horizonte inferior presenta variaciones de colores que pasan por pardo muy pálido (10YR6/3), blanco (10YR8/2) y gris pardo claro (10YR6/2) en seco y pardo pálido (10YR6/3), gris claro (10YR7/2) y pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo. Es friable, aunque suele presentar cementación heterogénea, con estructura masiva y concrecional dominantes. Presenta gravas abundantes en más del 60% en peso. En este horizonte se observan manifestaciones criogénicas poco expresadas y cuñas de hielo fósiles muy bien conservadas, rellenadas por gravas y cemento carbonático en forma de columnas endurecidas con segregación lateral de calcáreo. Hay zonas o manchas donde los carbonatos son escasos o están ausentes, con acumulación de sales y yeso variable, además de la precipitación horizontal de hierro. Fuera de las cuñas se presenta un conglomerado con grava media a gruesa cementada parcialmente por calcita y yeso (Puerto Madryn) y por yeso solamente, incluso conformando un horizonte petrogipsico (Meseta de Montemayor). Este tipo de horizonte representa el Ck. En la figura 2 se representa una sección esquemática del depósito con moldes de cuñas de hielo.

Costra masiva:

Es muy dura, continua con estratificación subhorizontal, a veces acuñada color blanco (10YR8/1) y pardo muy pálido (10YR8/3) en seco y pardo pálido (10 YR6/3) y pardo amarillento claro (10YR6/4) en húmedo. La distribución de gravas es muy homogénea con más del 50% en peso. Se manifiesta a partir de la Pampa de Malaspina. Los espesores varían de 40 a 110 cm. Se corresponde con horizontes Bkm.

Textura

El análisis textural se consigna en la Tabla 1. Se puede observar que la composición granulométrica de los horizontes carbonatados varía desde limo a limo areno arcillosos y areno limosos.

Composición química

La composición química total (Tabla 2) muestra elevados tenores de SiO_2 en las acumulaciones calcáreas. Esto evidencia que el carbonato de calcio está acompañado por minerales silicatados. Los valores de la relación molecular SiO_2/Al_2O_3 señalan la presencia de material pelítico, denotando el dominio de minerales filíticos 2:1 (relación mayor de 4).

Los datos de CaO son superiores a los de MgO, al ser la calcita el mineral dominante (Fig. 3).

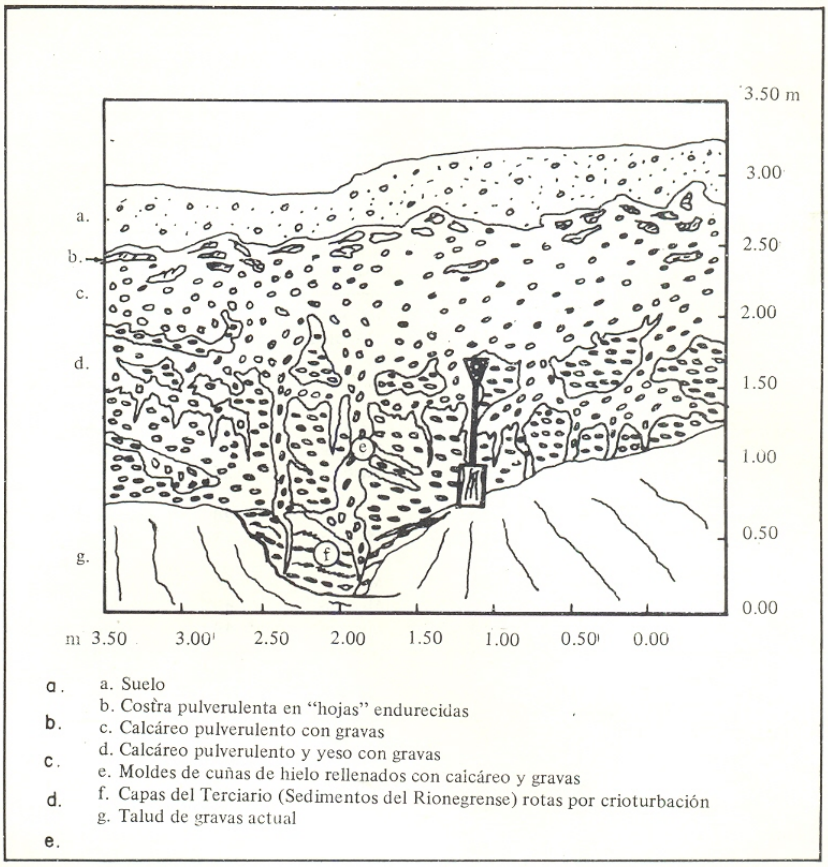

Fig. 2: Sección esquemática del paleosuelo del área de Puerto Madryn.

Los valores de Fe_2O_3 confieren un color pardo pálido al material cementante arcilloso.

Los contenidos de fósforo, titanio y sodio se presentan casi constantes en profundidad. Con ligeras variaciones se presenta el potasio.

Mineralogía

La mineralogía de la muestra total (Tabla 3) muestra una tendencia composicional casi constante en las costras calcáreas.

La cantidad de minerales filíticos 2:1 (0.445 nm) es mayor en los horizontes calcáreos superiores. Los feldespatos (0.320 nm), todos de tipo plagioclasa, se presentan en menor cantidad en los calcáreos más superficiales.

Se destaca la presencia de cuarzo (0.333nm), evidenciado también por los análisis químicos. La calcita (0.303 nm) es el componente mayoritario, detectándose trazas de anfíboles (0.310 nm), pirofilita (0.308 nm) y piroxenos (0.842 nm). La presencia de pirofilita estaría asociada a alteraciones hidrotermales, su tamaño de partícula corresponde a la fracción limo.

En la mineralogía de la fracción fina (Tabla 4) se destaca la presencia de montmorillonita (1.70 nm) al solvatar las muestras con etilenglicol.

La respuesta obtenida tras el calentamiento de la muestra indica un carácter abierto de la ilita en vías de alteración, correspondiendo a un interestratificado ilita-montmorillonita (1.17 nm). El hecho de que aparezcan algunos minerales de este tipo indicaría cierta "evolución" de la montmorillonita o viceversa.

TABLA 1: Análisis textural de la fracción menor de la fracción menor de 2 mm.

PERFIL	HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	ARENA		LIMO		ARCILLA %
			%	FRACCION DOMINANTE	%	FRACCION DOMINANTE	
PCI	A	0-50	60	Gruesa	25	Gruesa	15
	2Bkm	50-90	37	Muy fina	45	Medio	18
	2Ck 1	90-170	45	Muy fina	35	Fino	20
	3Ck 2	170-270	70	Gruesa	20	Grueso	10
PCII	A	0-40	73	Gruesa	16	Grueso	11
	2Bkm	40-70	46	Muy fina	35	Medio	19
	3Ck	+70	53	Media	29	Grueso	18
PCIII	A	0-40	62	Media	20	Medio	28
	2Bkm	40-80	35	Muy fina	45	Medio	20
PSI	A	0-20	64	Media	21	Grueso	15
	2Bk	20-90	49	Muy fina	40	Fino	11
	2Bkm	90-110	40	Muy fina	49	Fino	11
	3Ck	+110	68	Gruesa	19	Medio	13
PSII	2Bkw	5-40	50	Media	25	Fino	25
	3Bkm	40-100	38	Muy fina	41	Medio	21
	4Ck 1	+100	70	Gruesa	20	Grueso	10
PMI	A	0-40	59	Media	28	Grueso	13
	2Bk	+40	44	Fina	39	Fino	17
MI	A	0-40	70	Gruesa	15	Medio	15
	2Bk	+40	42	Muy fina	43	Fino	10
MII	2Bkw	10-50	50	Fina	25	Fino	25
	2Bk	50-130	52	Muy fina	30	Medio	18
	3Ck	+130	78	Media	12	Grueso	10
MIII	A	0-40	65	Gruesa	20	Grueso	15
	2Bk	40-100	55	Fina	32	Fino	13
MIV	2Bk	40-100	49	Fina	40	Fino	11
PMAI	A	0-40	69	Fina	25	Fino	7
	2Bk	40-47	37	Muy fina	40	Fino	23
	3Ck	47-90	42	Media	38	Fino	20
	3Cy	+-90	72	Gruesa	17	Grueso	11

TABLA 2. Composición química.

PERFIL	HORIZ.	COMPOSICION TOTAL EN % (MUESTRA TOTAL)											SiO_2 / Al_2O_3	CaO/ MgO	CO_3Ca %
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	P_2O_5	TiO_2	OCa	OMg	Na_2O	K_2O	TOTAL			
PCI	A	56.13	9.78	3.70	0.01	0.20	1.25	3.78	0.08	1.12	2.11	78.16	5.74	7.88	9.4
	2Bkm	40.76	5.87	2.34	0.02	0.18	1.34	41.13	1.07	0.69	1.00	94.40	6.94	38.44	79.10
	2Ck 1	34.80	–	–	–	–	–	30.40	1.00	–	–	–	–	30.40	60.00
	3Ck 2	65.12	13.89	0.67	0.01	0.09	1.18	14.51	0.82	1.00	1.81	99.05	4.69	17.70	30.20
PCII	A	60.27	12.72	4.73	0.05	0.17	1.35	4.40	0.77	1.14	1.89	87.49	4.74	5.71	10.40
	2Bkm	41.53	6.76	3.80	0.05	0.18	1.25	20.80	1.90	0.97	2.60	79.84	6.14	10.95	43.50
	3Ck	62.47	12.37	2.44	0.05	0.05	1.40	15.70	1.21	0.78	1.97	99.44	5.13	12.98	30.00
PCIII	A	54.65	9.62	0.66	0.01	0.15	1.51	3.63	0.71	1.54	1.65	74.14	5.68	5.11	7.40
	2Bkm	34.77	4.22	2.74	0.02	0.11	1.20	30.45	1.10	1.04	1.90	77.55	8.24	27.68	66.70
PSI	A	67.00	12.15	4.55	0.05	0.15	1.30	4.99	0.58	1.12	1.53	98.42	5.60	8.60	7.50
	2Bk	43.31	5.02	3.38	0.01	0.25	0.89	23.24	1.71	1.08	2.17	86.06	9.62	13.59	42.20
	2Bkm	49.89	9.68	3.74	0.01	0.11	1.40	29.00	1.28	0.62	1.95	97.68	5.15	22.66	55.00
	3Ck	60.38	10.20	1.46	0.01	0.13	1.30	7.01	1.70	0.50	2.25	84.94	5.92	4.12	15.00
PSII	2Bkw	54.83	9.79	5.17	0.03	0.17	1.40	3.75	0.69	1.67	1.55	79.05	5.60	5.44	9.70
	3Bkm	36.92	4.86	4.49	0.01	0.19	1.14	40.07	0.90	1.40	2.65	92.63	7.60	44.52	76.70
	4Ck 1	60.87	11.78	2.04	0.03	0.15	1.37	10.15	0.79	1.03	2.07	90.37	5.17	12.85	25.00
PMI	A	62.71	12.89	5.23	0.04	0.10	1.34	4.97	1.19	1.53	2.27	92.27	4.87	4.18	9.80
	2Bk	43.60	5.30	3.20	0.04	0.22	0.90	33.77	1.46	0.36	1.90	90.69	8.23	23.09	73.00
MI	A	62.17	12.81	5.60	0.05	0.16	1.17	3.43	0.25	1.00	1.50	88.14	4.85	13.72	7.10
	2Bk	37.41	3.99	2.47	0.01	0.18	1.33	36.80	1.90	0.97	2.05	85.71	0.38	19.37	79.00
MII	2Bkw	50.33	7.95	4.77	0.01	0.20	1.25	5.42	1.22	1.50	2.34	74.99	6.33	4.44	14.00
	2Bk	39.00	–	–	–	–	–	20.42	1.72	–	–	–	–	11.87	37.60
	3Ck	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	18.30
MIII	A	54.44	9.56	5.90	0.04	0.24	1.09	5.58	1.60	1.50	2.54	82.49	5.70	3.49	8.00
	2Bk	42.00	5.20	3.02	0.02	0.18	1.39	20.01	2.00	1.04	1.73	76.59	8.08	10.01	40.00
MIV	2Bk	40.00	–	–	–	–	–	18.70	1.90	–	–	–	–	9.84	44.00
PMAI	A	58.48	9.79	5.70	0.01	0.20	0.95	3.78	0.48	1.10	2.54	82.83	5.97	7.88	7.60
	2Bk	51.20	5.80	1.80	0.00	0.11	0.21	30.22	1.55	0.00	2.42	92.29	8.83	19.50	57.10
	3Ck	49.10	5.74	3.96	0.01	0.11	0.23	23.00	0.90	0.00	2.42	85.47	7.68	25.56	36.00
	4Cy	60.14	12.40	2.22	0.02	0.11	0.90	4.46	0.48	0.14	2.15	83.02	4.85	9.29	8.90

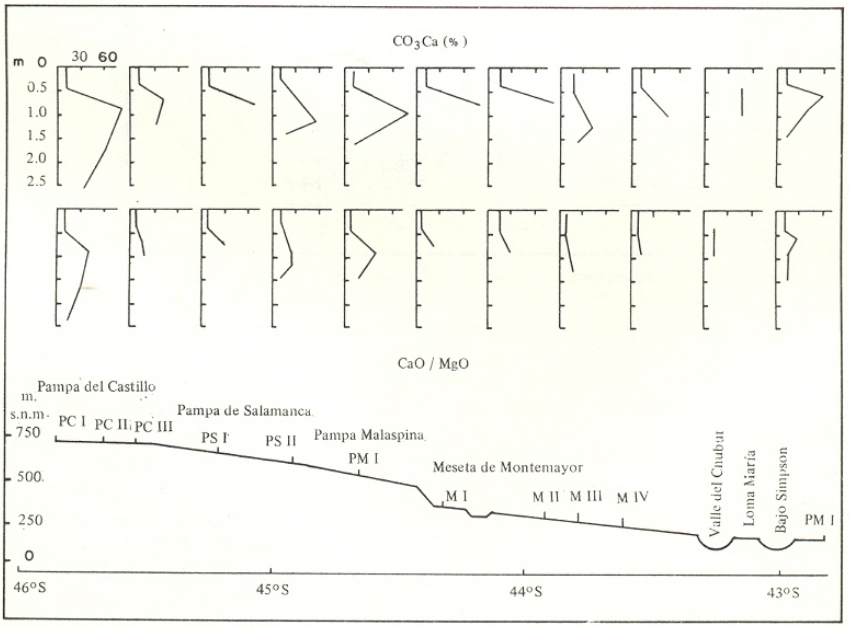

Fig. 3: Contenido de CO_3Ca y relación OCa/OMg.

TABLA 3: Abundancia estimada de minerales en la muestra total.

PERFIL	HORIZONTE	COMPONENTES PRINCIPALES							
		Arc	F	Q	C	An	Pir	Y	PIROF.
PCI	A	+	++	++	+	–	+	–	T
	2Bkm	++	+	+	+++	T	T	–	T
	2Ck 1	+	+	+	+++	T	T	–	T
	3Ck 2	+	++	++	++	+	T	T	–
PCII	A	+	+++	++	+	T	+	–	T
	2Bkm	+++	+	+	++	–	T	–	–
	3Ck	++	+++	++	++	T	T	–	–
PCIII	A	+	+++	++	+	T	T	–	T
	2Bkm	+++	++	+	+++	T	T	–	T
PSI	A	+	+++	++	T	T	+	–	T
	2Bk	++	++	+	++	T	T	–	T
	2Bkm	++	+	+	+++	T	T	–	–
	3Ck	+	+++	++	+	T	+	T	–
PSII	2Bkm	+++	+++	++	+	–	T	–	–
	3Bkm	++	+	+	+++	–	T	–	T
	4Ck 1	+	+++	++	++	T	T	–	–
PMI	A	+	+++	++	+	T	+	–	T
	2Bk	+++	+	+	+++	–	T	–	T
MI	A	+	+++	++	+	T	+	–	T
	2Bk	+++	+	+	+++	–	T	–	–
MII	2Bkw	++	++	++	+	+	T	–	–
	2Bk	+++	+	+	+++	–	T	–	T
	3Ck	+	++	++	++	T	T	T	–
MIII	A	+	+++	++	+	T	+	–	T
	2Bk	++	+	+	+++	–	T	–	T
MIV	2Bk	++	+	+	+++	–	T	–	T
PMAI	A	+	+++	++	+	–	+	–	T
	2Bk	+++	+	+	+++	–	–	–	T
	3Ck	++	+	+	+++	–	T	–	T
	4Cy	+	+++	++	T	+	+	++	–

Arc: Minerales filíticos 2:1. F: Feldespatos. Q: Cuarzo. C: Calcita. An: Anfíboles. Pir:Piroxenos. Y: Yeso. Pirof: Pirofilita. T: Trazas. +: Contenido bajo. ++: Contenido medio. +++: Contenido alto.

La presencia de analcima (0.676 nm) evidencia una alteración hidrotermal con expresión diferente en los horizontes analizados. De acuerdo a los trabajos recientes de Berticevic *et al.*, citado por Besoain (1985), este mineral no sería autigénico, en sentido pedológico, sino que provendría de sedimentos transportados desde venas hidrotermales, frecuentes en la zona de Chile, en los que se encuentran rocas con los mismos componentes.

La presencia de caolinita desordenada (0.720 nm) estaría favorecida en las costras calcáreas por la contaminación de sílice. Esto puede deberse a substituciones Si/Al, repulsión, o a simple diferencia de tamaño entre las capas tetra y octaédrica. La caolinita mejor cristalizada se detectó en los 0.712 nm.

La evidencia de calcita se manifiesta otra vez en la fracción fina evidenciando facies cristalinas movilizadas que indicarían cristalizaciones de soluciones muy ricas en carbonatos (Mazza *et al*, 1971).

Se considera significativa la presencia de dolomita (0.289 nm - 0.288 nm) acompañando a la calcita en muestras con contenidos altos de CO_3Ca (Tabla 5).

Algunos datos cronológicos del carbonato de calcio

Los valores de la Tabla 6 indican que el aumento de la edad aparente con la profundidad se debe a contaminación por carbono moderno, dentro del concepto de la teoría "per descensum".

Los valores de $\partial\ ^{13}C$ evidencian que si estos carbonatos fueran de origen marino han sufrido sin duda, alguna perturbación en sus relaciones isotópicas (contaminación, recristalización, etc.).

Estos datos para el área de Puerto Madryn, indicarían que existió un tiempo criogénico de varios miles de años y que culminó probablemente hace 25000 años. Se recomienda hacer fechar otras cuñas de hielo fósiles para ver si hubo otros tiempos criogénicos.

CONCLUSIONES

En base a lo expuesto, podemos establecer las siguientes conclusiones:

Los perfiles demuestran un origen poligenético, en parte detrítico y en parte químico, lo que determina distintos tipos de acumulaciones calcáreas.

La calcita es el componente esencial, aunque no se presente a veces como único dominante. Los tipos de textura del carbonato son: pulverulentos y masivos.

TABLA 4: Abundancia estimada de minerales en la fracción fina (<2 μm).

PERFIL	HORIZONTE	COMPONENTES						
		Mo	L	K	Kd	IMo	C	D
PCI	A	T	++	++	–	++	T	–
	2Bkm	+	+	–	++	–	+++	T
	2Ck 1	+	–	–	++	–	+++	T
	3Ck 2	+	++	++	–	T	++	–
PCII	A	+	++	T	+	–	T	–
	2Bkm	+	–	–	++	T	++	–
	3Ck	++	++	+	–	+	+	–
PCIII	A	+	++	+++	–	T	T	–
	2Bkm	++	+	–	+	–	+++	–
PSI	A	T	+++	–	++	–	T	–
	2Bk	+	–	–	++	T	++	–
	2Bkm	++	+	–	+	–	+++	T
	3Ck	+	+++	–	++	–	T	–
PSII	2Bkw	++	T	–	+++	–	+	
	3Bkm	++	+	–	+	+	+++	T
	4Ck 1	–	+++	–	+	+	+	T
PMI	A	+	+++	+	–	+	T	–
	2Bk	++	–	–	++	+	+++	T
MI	A	+	+++	++	–	–	T	–
	2Bk	++	+	–	+	++	+++	T
MII	2Bkw	++	++	–	+	+	+	–
	2Bk	++	–	–	++	–	+++	–
	3Ck	–	+++	++	–	T	+	–
MIII	A	+	++	+	–	++	T	–
	2Bk	++	+	–	+	–	+++	–
MIV	2Bk	++	–	–	++	+	+++	–
PMAI	A	–	+++	+	–	++	T	–
	2Bk	+	+	++	–	+	+++	T
	3Ck	–	+	–	++	+	+++	–
	4Cy	–	++	+++	–	+	T	–

Mo: Montmorillonita. L: Analcima. K: Caolinita. Kd: Caolinita desordenada. IMO: Interestratificados: ilita–montmorillonita. C. Calcita. D: Dolomita. T: Trazas. + Contenido bajo. ++: Contenido medio. +++: Contenido alto.

TABLA 5: Abundancia estimada de minerales carbonatados

PERFIL	HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	CALCITA % (1)	DOLOMITA % (2)	CaO/MgO	$CaCO_3$ %
PCI	2Bkm	50 90	65	<5	38.44	79.10
PCI	2Ck 1	90-170	52	<5	30,40	60.00
PCII	2Bkm	40-70	35	–	10.95	43.50
PCIII	2Bkm	40-80	59	–	27.68	66.70
PSI	2Bk	20-90	55	–	13.59	42.20
PSI	2Bkm	90-110	60	<5	22.66	55.00
PSII	3Bkm	40-100	71	<5	44.52	76.70
PMI	2Bk	+40	61	<5	23.09	73.00
MI	2Bk	+50	64	<5	29.11	79.00
MII	2Bk	50-130	30	–	11.87	37.60
MIII	2Bk	40-100	35	–	10.01	40.00
MIV	2Bk	50 90	36	–	9.84	44.00
PMA. I	2Bk	40-47	60	<5	19.50	57.10
PMA. I	3Ck	+47	36	–	12.00	36.00

(1) y (2). Calculada por integración de áreas de picos en los difractogramas. La relación CaO/MgO se incluye para comparación.

TABLA 6: Datos cronológicos del perfil. Puerto Madryn (PMAI).

HORIZONTE	EDAD	$\delta 13\ C$
A	5.440 ± 160	– 4,8 ± .2
2Bk *	24.300 ± 950	– 8,7 ± .2
3Ck 1 **	36.500 ± 2.500	– 3,7 ± .3
1. Interior cuña **(Ck)	22.700 ± 500	
1. Exterior cuña (Ck)	27.200 ± 800	

1. Corte-Beltramone (1984). * Horizonte de desecación asociado a una crioturbación anterior (?). ** Horizonte perturbado por crioturbación. Analistas: M. C. Albero y F. Angiolini (INGEIS).

En los horizontes descriptos se observa una relación entre la morfología del carbonato, proporción de gravas, relación matriz-cemento y tenores carbonato de calcio. La composición mineralógica depende fundamentalmente del material calcáreo cementante.

Se considera significativa la manifestación de dolomita, acompañando a la calcita en muestras con contenidos altos de CO_3Ca.

El carbonato de calcio, de acuerdo a los valores hallados de SiO_2 estaría acompañado de filosilicatos inmersos en la calcita. La presencia del material fino dispuesto en bandas o manchas y rellenando intersticios puede acompañar o no a la calcita y sílice.

La presencia de la montomorillonita es destacada; el hecho de que aparezcan algunos minerales interestratificados indica cierta "evolución" de la misma hacia otros minerales o viceversa. La manifestación de caolinita desordenada estaría favorecida en las costras calcáreas por la contaminación de sílice. La presencia de analcima y pirofilita estarían asociadas a alteraciones hidrotermales, siendo producto de sedimentos transportados de venas hidrotermales cercanas.

Las existencias de cuñas de hielo fósiles en Puerto Madryn, Meseta de Montemayor y Pampa de Malaspina constituyen un buen indicador paleoclimático. Para el área de Puerto Madryn, los datos cronológicos permiten establecer la época del período frío o de deposición del carbonato. Los valores de los datos muestran el aumento de edad aparente con la profundidad debido a la migración vertical u oblicua de los carbonatos transportados en medio ácueo.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su sincero agradecimiento a la empresa Aluar S. A. de Puerto Madryn, por la utilización de los equipos de Fluorescencia y Difracción de Rayos X.

REFERENCIAS

Aristarain, L. F., 1971. Characteristics and genesis of caliche deposits. Bol. Soc. Geol. Mexicana. 32 : 117-141.

Besoain, E., 1985. Mineralogía de Arcillas de Suelos. IICA Serie de Libros y Materiales Educativos. Nº 60, 1205 p.

Corte, A. y C. A. Beltramone, 1984. Edad de las estructuras geocriogénicas de Puerto Madryn, Chubut, Argentina. Anales de la Segunda Reunión del Grupo Periglacial Argentino. p. 66-71.

Daniels, R.; E. Gamble y J. Cady, 1971. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. Advances in Agronomy New York Academic Press. 23: 51-88

Ferrer, J. A., 1981. Geografía y propiedades de los suelos de Patagonia. Actas Primeras Jornadas Regionales de Suelos de Patagonia. Neuquén - San Carlos de Bariloche, p. 11-65.

Geological Survey of Canadá. 1977. Studies in standard samples for use in the general analysis. Part 5: Edition of usable values, 31 p.

Gile, L. H.; F. F. Peterson y R. B. Grossman, 1965. The k horizon: a master soil horizon of carbonate accumulation, Soil Science, 99: 74-82.

Gile, L. H.; J. W. Haroley y R. B. Grossman, 1981. Soils and geomorphology in the Basin and Range area of Southern New Mexico. Guidebook to the Desert Proyect. Memoir 39. A division of New Mexico Institute of Mining & Technology, 222 p.

Haller, M., 1981. Descripción geológica de la hoja 43h, Puerto Madryn (Chubut). Servicio Geológico Nacional, 41 p.

Jenny, H., 1974. Factors of Soil Formation, Edit. Mc Graw Hill, New York.

Laboratorio de Salinidad de USA, 1973. Diagnóstico y rehabilitación de Suelos salinos y sódicos. Editorial Limusa, 172 p.

Liss, C., 1969. Fossile Eiskeile an der Patagonischen Atlantikküste Zeitschrift f. Geomorphologie, Neu Folge, 13, 1 Berlin, Stuttgart.

Mazza, A. y A. M. Grazán, 1971. Contribución al conocimiento de las costras y encostramientos calcáreos del sur de la Provincia de Buenos Aires. Revista de la Asoc. Geológica Argentina. XXVI: 475-485

Thorez, J., 1976. Practical identification of clay minerals. Editions G. Lelotte E. 4820 Dison (Belgique).

Vogt, T., 1984. Croûtes calcaries types et genèse. Université Louis Pasteur. Strasbourg, Institut de geographie, 240 p.

Wright, V. P.,1983. A rendzina from the Lower Carboniferous of South Wales. Sedimentology. 30: 159-179.