

## LOS SUELOS DE BAHIA ESPERANZA, PENÍNSULA DE TABARÍN, ANTARTIDA ARGENTINA

**GODAGNONE, Rubén Edgardo<sup>1</sup>, DE LA FUENTE, Juan Carlos<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto de Suelos, Centro de Investigaciones de Recursos Naturales. Las Cabañas y Los Reseros s/n. Villa Udaondo 1686 Hurlingham, Buenos Aires. Argentina.

rgodagnone@cnia.inta.gov.ar

### RESUMEN

Se presentan las investigaciones en suelos realizadas en Bahía Esperanza, Península Tabarín (63° 30'S y 57° 00'O), extremo suroriental de la Península Antártica. La metodología utilizada en este trabajo es la que propone el Soil Survey Manual, Handbook N° 18, 1993. Se discute algunos procesos de formación, ampliando los conocimientos sobre las propiedades físicas, químicas y taxonómicas expresadas por algunos autores. Nuestros estudios muestran una variedad de suelos con propiedades diferentes, dentro de complejas formas del paisaje, reafirmando que la formación y desgaste químico se produce en mayor magnitud confirmando la formación de suelo en la Antártida continental. La formación de suelos ornitogénicos evolucionados por efecto de la fauna a partir de la actividad biológica son reconocidos en este trabajo.

**Palabras clave:** Antártida - formación de suelo - Soil Taxonomy.

## THE SOILS OF ESPERANZA BAY, TABARIN PENINSULA, ARGENTINE ANTARTIC

### ABSTRACT

The soil investigations conducted at Hope Bay, Tabarin Peninsula (63°30'S, 57°00'W), southeastern end of the Antarctic Peninsula, are presented. The methodology used in this study is based on the guidelines proposed in Soil Survey Manual (USDA Handbook No.18, 1993). Some forming processes are discussed, expanding the knowledge of physical, chemical and taxonomic characteristics expressed by other authors. Our studies show a variety of soils with different properties and developed in complex landscape forms, indicating that the formation of soils and chemical weathering are higher than expected under the climatic conditions of the continental Antarctica. Ornitogenic soils developed from the influence of biological activity of seabirds are recognized in this work.

**Keywords:** Antarctica - soil formation - Soil Taxonomy.

## Introducción

Bahía Esperanza se encuentra localizada en la Península Tabarín ( $63^{\circ} 30'S$  y  $57^{\circ} 00'O$ ), extremo suroriental de la Península Antártica (Figura 1). Algunas investigaciones sugieren que la formación y desgaste químico se produce en menor magnitud y que la formación de suelo en la Antártida es relativamente lenta (Campbell y Claridge, 1987; Blume et al. 1997; Bockheim, 1997; Beyer, L. Bölter, M., 1998; Beyer, L., et al., 2000). Otras se refieren a suelos evolucionados por efecto de la fauna a partir de la actividad biológica que produce la acumulación de materia orgánica en el suelo (Tatur, A., 1989, 1997, Beyer, et al., 1995).

Investigaciones realizadas a través del Proyecto Suelos Antárticos INTA-IAA reconoce suelos con diferente estado de evolución y en concordancia con las diferentes formas del paisaje (Godagnone, 1997, 2001; Godagnone y de la Fuente, 2010).

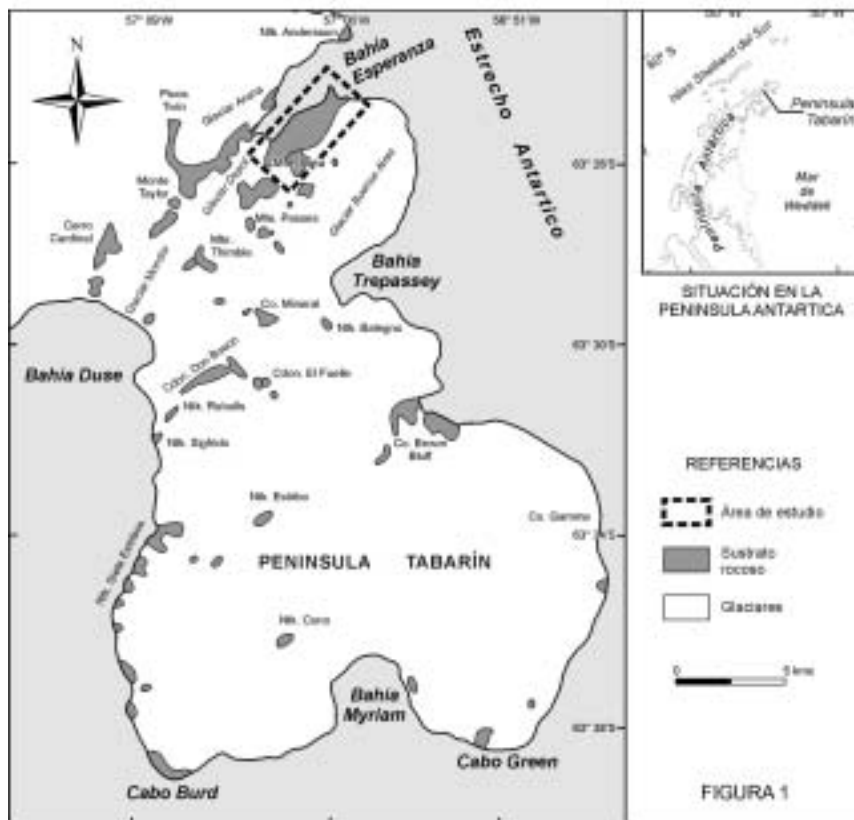


FIGURA 1

## **Materiales y métodos**

Se trabajó con la metodología propuesta por el Instituto de Suelos del INTA, Castelar según las normas del Soil Survey Manual (Soil Survey Staff, 1993) y los suelos se clasificaron con el sistema taxonómico Soil Taxonomy a nivel de subgrupo con indicación de la familia textural (Soil Survey Staff, 1999, 2010). Se realizaron descripciones morfológicas y se extrajeron muestras de los diferentes horizontes que forman el suelo, para realizar determinaciones físicas y químicas. Se utilizó la información Geológica y Geomorfológico producida por el Instituto Geológico y Minero de España (Montes, M. et al., 2007, Martín-Serrano, A. et al., 2004), Imagen Satelital Landsat y fotografías aéreas escala 1:30.000.

## **Caracterización general del área**

### **Geología**

Geológicamente el área de estudio pertenece al arco magmático Península de Tabarín con afloramientos metasedimentarios del grupo Trinity Península y roca detrítica y volcánica de la formación Mount Flora y grupo Antártic Península (del Valle et al, 2001, Montes, M. et al., 2007).

### **Geomorfología**

Si bien los estudios geomorfológicos en la Antártida no son muy abundantes, investigadores del Instituto Geológico y Minero de España elaboraron la Geomorfología de la Bahía Esperanza (Serrano, M. A. et al., 2004). La geomorfología de esta zona está basada en las formas y procesos glaciares y periglaciares, como también por el viento y la actividad estival de arroyos y lagunas, a saber:

### **Geomorfología glaciar**

Predomina los sistemas morfogenéticos glaciar y periglaciar. El glaciario esta sujeto a fusiones estivales y a la dinámica regresiva general de la zona. Durante la época estival se reconocen importantes fenómenos de fusión como regueros supraglaciares, cascadas, caudalosos arroyos proglaciares, coladas y conos de barro que dan origen a los suelos de esta geoforma.

### **Geomorfología litoral**

El litoral es relativamente bajo, con pequeños cantiles de cuatro o cinco metros y calas con playas angostas de cantos y bloques. Los cuerpos sedimentarios que constituyen las playas o terrazas marinas se apoyan sobre un sustrato duro y muy bien estratificado (formación Trinity Península).

### **Rasgos proglaciares**

La actividad de las aguas de fusión tiene poca influencia en el modelado, el viento, que es muy intenso, es en parte el modelador del paisaje y transporta los materiales

erosionados acumulándolos en sectores protegidos. Estos materiales juntamente con los transportados por los chorrillos del deshielo que redistribuye el sedimento morrénico, dan origen a los suelos existentes en estas geoformas.

#### Modelado periglaciario

Tiene una importante actividad morfogenética durante el verano. La gelifracción es muy intensa sobre la formación Trinity Península cuyo afloramiento se encuentra totalmente triturado. Existe un desarrollo incipiente de enlosados y de suelos poligonales en toda la zona, siendo espectacular sobre el material morrenico. Los arcos morrenicos propiamente dicho contienen importantes ejemplares de suelos estructurados (formas poligonales y círculos de piedras).

### Clima

La Antártida se caracteriza por presentar temperaturas extremadamente bajas y cobertura de hielo permanente en casi todo su territorio. Al ser un territorio continental circundado por océanos, las diferencias climáticas dependen esencialmente de la latitud, la altura sobre el nivel del mar y la distancia a la costa.

Los predominios de las temperaturas para enero se encuentran entre los 0 °C en la costa y -30 °C sobre la meseta inferior. La temperatura tiende a ser más elevada sobre la costa oriental, contribuye posiblemente a esto su mayor penetración geográfica hacia el norte, lo que permite una mayor frecuencia al oeste de inversiones térmicas, en especial durante el invierno, contrastando con el este debido a la interacción entre los fuertes vientos del interior y las tormentas marinas. Si bien las temperaturas mensuales medias registradas en la costa son siempre por debajo del punto de congelamiento, las condiciones de vida son más benignas como consecuencia de breves períodos, en verano, donde la temperatura aumenta por encima de dichos valores provocando la fusión de la nieve.

Siendo históricamente escasas las precipitaciones en la Antártida, en la última década se han incrementado, posiblemente por los efectos del cambio climático. La presencia de nieve está relacionada con el lugar y su profundidad no solo con la precipitación sino por la influencia de los vientos locales y la topografía. La información climática fue obtenida de la Estación Meteorológica que el Servicio Meteorológico Nacional tiene instalada en el lugar. Considerando que durante 8 meses continuos del año los suelos se encuentran con temperaturas por debajo de 8 grado, la temperatura edáfica corresponde al Cryico (Van Wambeke y Scoppa, 1980).

### Vegetación

La vegetación es escasa, encontrándose algunos ejemplares de líquenes en la superficie de los bloques o afloramientos rocosos. En pequeños sectores de acumulación de materiales minerales finos protegidos por los bloques rocoso y en sectores depri- midos se puede reconocer musgos dispersos.

Cuadro 1

Orden	Sub Grupo	Grelisols										Mellisols						Inceptisols		
		Psammentic Fluvisols		Fluvisols		Haplisols		Type Haplisols		Glasse Mollisols		Glasse Haplisols		Libic Haplisols		Libic Haplisols		Lithic Haplisols		
		AC	C	A	2C	C	2AC	A	C1	C2	AC	C	AC	C	A	2AC	R	AC	C	R
	Horizonte o Capa	0-7	7-15	0-12	12-28	0-5	5-11	0-10	10-24	24-40	0-18	18-44	0-15	15-50	0-13	13-20	-	0-10	10-20	-
	Profundidad	0,80	0,38	0,58	0,52	1,60	5,30	0,38	0,24	0,19	1,00	0,44	0,05	0,08	3,6	2,1	-	6,26	6,15	-
	Materia orgánica	1,38	0,65	1,00	0,90	2,70	9,10	0,65	0,41	0,33	1,70	1,02	0,08	0,14	6,2	3,6	-	10,7	10,6	-
	Nitrógeno orgánico	0,13	0,06	0,07	0,07	0,19	0,56	0,02	0,02	0,06	0,15	0,13	0,02	0,01	0,9	0,7	-	2,95	2,80	-
	C/N	6,15	6,30	8,28	7,41	8,42	8,46	4,22	1,20	1,00	6,7	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pasim.	271,4	275,6	30,9	39,1	61,1	104,6	52,28	28,5	28,5	320,9	94,3	12,9	13,4	316,8	320,1	-	316,6	93,7	-
	Areilla	17,50	9,96	5,75	5,00	-	6,82	24,5	2,46	17,0	3,6	8,4	2,75	6,25	14,75	16,5	-	32,06	15,25	-
	Llano	43,94	39,48	43,04	46,25	-	36,56	27,3	38,8	28,3	28,3	23,2	42,98	36,56	27,32	24,85	-	53,01	31,30	-
	Areira	39,56	50,56	51,21	47,81	-	56,62	48,2	59,74	68,1	68,1	68,4	54,29	57,19	57,03	58,65	-	14,03	53,45	-
	Calcáreo (CaCO <sub>3</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C.E. (mS/cm)	0,11	0,10	0,02	0,04	0,44	0,14	0,07	0,03	0,03	0,09	0,04	0,29	0,13	0,33	1,37	-	-	-	-
	pH en agua	5,0	5,2	3,6	6,1	5,2	5,5	4,5	4,8	4,8	4,1	4,0	6,3	6,7	4,3	3,9	-	4,1	4,1	-
	pH en 1N KCl (1:2,5)	4,2	4,2	4,8	4,9	5,0	4,4	3,9	3,8	3,7	2,9	2,9	6,1	6,1	3,7	3,2	-	4,1	4,4	-
	pH en F/Na	-	-	-	-	-	-	8,8	9,0	9,2	9,4	9,6	-	-	8,9	9,2	-	-	-	-
	Cationes de catión, m.e./100g.																			
	Ca <sup>++</sup>	1,1	0,9	0,7	0,9	0,6	4,4	1,2	1,5	1,1	0,6	0,5	0,5	1,5	2,1	2,6	-	0,6	0,7	-
	Mg <sup>++</sup>	3,2	2,0	1,2	1,2	1,5	3,8	3,8	4,9	2,9	2,2	1,8	4,1	6,5	4,1	5,4	-	3,5	2,1	-
	Na <sup>+</sup>	0,5	0,5	0,5	0,7	0,2	0,9	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	0,6	0,5	0,5	2,7	-	1,8	1,1	-
	K <sup>+</sup>	0,7	1,1	0,8	1,0	1,0	1,6	1,4	0,9	1,0	1,3	1,8	0,4	0,5	1,3	1,8	-	0,7	0,7	-
	Suma de Bases, m.e./100g (S)	5,5	4,5	3,3	3,8	3,3	10,7	6,6	7,6	5,4	4,7	4,8	5,5	8,9	8	12,4	-	6,6	4,6	-
	ClC	9,9	6,1	4,9	5,3	5,0	17,20	12,2	13,4	13,0	14,5	16,8	26,3	59,6	12,2	14,9	-	6,5	3,8	-
	Saturación de Bases, %	55,9	71,7	66,5	70,8	66,5	62,0	54,5	56,8	60,7	59,4	64,7	204,6	34,0	65,9	83,5	-	101,5	95,7	-
	PSL, %	5,1	8,0	10,6	13,5	4,2	5,2	2,0	2,0	4,5	6,8	9,4	2,1	1,9	4,0	17,9	-	27,7	22,9	-
	Gravos, %	42,90	21,90	30,40	21,10	77,2	14,8	54,7	54,2	47,1	30,7	56,3	34,4	51,2	71,9	59,5	-	63,8	64,6	-

## Resultados

Las investigaciones realizadas en Bahía Esperanza aportan información sobre algunos procesos de formación, ampliando los conocimientos sobre las propiedades físicas, químicas y taxonómicas expresadas en otros trabajos (Godagnone, 1997, 2001, Godagnone y de la Fuente, 2010; Beyer y Bölter, 1993; Bockheim, 1997; Beyer y Bölter, 1998; Beyer et al., 2000) (Cuadro 1).

Bockeiman y Ugolini 1990 y Bockeiman 1997 consideran que los porcentajes de materia orgánica son muy bajos (0,2, 0,3 %), sin embargo Godagnone (1997, 2001 y 2010) ha encontrado porcentajes considerables en suelos reconocidos en Península Potter, Cabo Spring, Punta Armonía e Isla Marambio, en climas relativamente diferentes y una vegetación de musgos, líquenes y algunas gramíneas que, en algunos casos, es abundante (Cyihortents 3,30 %, Haplocryolls 6,68 %, Cyaquepts 19,3 %, Haplorthells 2 %, Molliorthells 4,1 %, Argiorthells 2,1 %, Cryaquolls 9%, Haploborol 4,2 % y Cryohemists 74,5 %).

La mayoría de los suelos reconocidos en Esperanza muestran procesos de crioturación, si bien se puede observar un desarrollo incipiente de los horizontes diagnósticos superficiales y subsuperficiales, el enriquecimiento en materia orgánica en el horizonte superficial y en algunos suelos una curva discontinua a profundidad, muestra que su formación es más rápida de lo que se suponía en trabajos anteriores. Presentan porcentajes elevado de fósforo asimilable, 12 y 450 pm., responsabilizando esto a procesos ornitogénicos (Cuadro 1).

Los suelos del área permanecen congelados durante el invierno y se descongelan en verano, en la mayoría de los casos se encuentra el Permafrost dentro del metro de profundidad pero aquellos suelos que tienen roca subsuperficial dentro del metro, se descongela en su totalidad.

Las geoformas tienen una variada composición de suelos que si bien, como se menciona anteriormente, no tienen desarrollo importante, distintas características físicas y químicas permiten ubicarlos dentro de diferentes niveles taxonómicos (Soil Survey Staff, 2010). El material originario a partir del cual evolucionaron los suelos corresponden a depósitos fluvio-glaciales, redistribuidos por procesos hídricos y/o eólicos que fueron depositados en las diferentes formas del paisaje. Entre estos materiales se destacan aquellos de características amorfas. Se reconoció los Ordenes Gelisol, Mollisols y Inceptisols.

En los Gelisols la influencia pedogenética del Permafrost por lo general actúa como una barrera al movimiento descendente de la solución del suelo (Soil Survey Staff, 1999). Se ha comprobado procesos de crioturación con la presencia de horizontes irregulares, clastos de roca orientada y fragmentadas, y revestimiento de limo sobre fragmentos de roca. Los horizontes y características diagnósticas encontrados en estos suelos corresponden al ocrico, mólico, crioturación, materiales géllicos, capa glácica y permafrost. La importancia de estos horizontes diagnósticos, sin embargo, se caracteriza por las propiedades de los materiales géllicos y el permafrost asociados, pudiéndose observar formaciones poligonales y círculos de piedra. Los Psamentic

Aquorthels muestran colores gley (2,5 y 5/4), texturas franca y sin estructura definida, en superficie se encuentran clastos y gravas. Los Glacic Psammorthels tiene colores 10YR4/4, son franco arenosos, estructurados en bloques sub angulares finos y débiles y con gravas en superficie. Fluventic Haplorthels es un suelo poligenético, presenta una curva discontinua de materia orgánica, colores 10YR4/2 en superficie y 10YR3/2 a profundidad, textura franco arenosa y sin estructura definida. El Typic Haplorthels tienen colores 10YR3/4 en superficie y 10YR5/4 en profundidad, textura franca, estructurado en bloques finos y débiles, todo el perfil presenta clastos finos y medios. Los Glacic Molliorthels tienen epipedón mólico, colores 10YR3/2, textura franco arcillo arenosa y estructurado en bloques finos. Los Glacic Haplorthels corresponde a los denominados “suelos poligonales”, muestran colores 7,5YR4/2 y estructurado en bloques sub angulares finos.

Si bien los Mollisols de temperaturas muy frías recién fueron incorporados al Soil Taxonomy en la Second Edition, 1999 como Gelolls, Godagnone en la Campaña Antártica 1993 reconoció estos suelos en la Península Potter (Godagnone, 1997). Originalmente se pensó que estos suelos podrían ser Gelisols con epipedón mólico pero debido a la presencia de roca subsuperficial a menos de un metro de profundidad que favorece el descongelamiento del suelo por cinco meses en época estivaes (temperaturas superiores a 0 grado), no presentan permafrost.

Los Mollisols presentan un epipedón mólico con estructura pedogenética en bloque y porcentajes elevados de materia orgánica (3 y 10 %), la cantidades elevadas de fosforo provienen de los depósitos de excrementos de pájaros que anidan y crían a sus pichones, siendo estos componentes importantes en la formación de suelos ornitogénicos (IUSS-WRB). La presencia de ácido úrico en algunos suelos (Beyer et al., 1997a; Tatur, 1989) sugiere proceso de podsolización encontrados y ya reconocidos por algunos autores en otros sectores de la Antártida (Godagnone, et al., 2010). El Lithic Haplogelolls muestra colores oscuros 10YR3/2, estructurado en bloques sub angulares débiles, interrumpiéndose el perfil por la presencia de la roca a los 20 cm. (Cuadro 1).

Respondiendo al concepto central de los Inceptisols estos suelos presentan en superficie altos contenido de materia orgánica que a partir de los 10 cm de profundidad se mezcla con material mineral. El Lithic Halaquepts muestra colores 7.5YR4/6, textura franco arcillo arenosa y estructura en bloques finos. Es un suelo salino con elevado porcentaje de sodio de intercambio, la roca interrumpe el perfil a los 20 cm de profundidad.

## **Conclusiones**

Los estudios sugieren que la formación de suelos y desgaste químico en los ecosistemas terrestres de las regiones costeras del continente antártico son de mayor magnitud que el esperado.

La formación de materia orgánica y de horizontes del suelo es importante, demostrados en todas las investigaciones realizadas en la región.

El aporte de nutrientes derivados de sectores de anidamiento es uno de los factores que favorecen a la formación de suelos omotogénicos definidos en la clasificación de la WRB (IUSS).

Pese a la cercanía al mar lo que supone la existencia de suelos con pH elevado y/o salinos, estos son de características ácida en sus horizontes superficiales, sugiriendo algún tipo de influencia del aumento y disminución de temperatura (cambio climático) en la producción de materia orgánica. Sin embargo en algunos suelos el pH se incrementa en los horizontes inferiores presentando un elevado porcentaje de sodio de intercambio. Esta característica es común en la Antártida y es debido a discontinuidad de los materiales, el más antiguo es de origen marino, mientras que el nuevo material que forma los horizontes superficiales corresponde a aportes de procesos erosivos. Estos casos los hemos analizados en Punta Armonía (Godagnone y de la Fuente, 2010) donde se reconocieron a 30 cm de profundidad esqueletos de Pingüinos de 6.000 años de antigüedad cubiertos por materiales nuevos, edafizados.

Los resultados obtenidos en este trabajo nos confirman las marcadas diferencias encontradas en la evolución de los suelos en la Antártida: Bahía Esperanza e Isla Marambio presentan climas fríos rigurosos escasa vegetación, mientras que Cabo Primavera, Punta Armonía y Península Potter nos muestra clima relativamente benigno y una nutrida y variada vegetación.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Antártico Argentino por apoyar el proyecto "Atlas de Suelos de la República Argentina-Suelos Antárticos". A la Lic. Alicia Alexa por la lectura del trabajo.

## Referencias

- Beyer, et al. (1995). Soil formation in coastal continental Antarctica (Wilkes Land). *Geoderma* 95. p 283-304.
- Beyer, et al. (1997a). Humus composition and transformation in Pergelic Cryohemist of coastal Antarctica. *Arctic and Alpine Research* 29, 358-65.
- Beyer, L. y Bölter, M. (1998). Formation, ecology, and geography of Cryosol of an ice free oasis in Coastal East Antarctic near Casey Station (Wilkes Land). *Aust. J. Soil Res.*, 37, pp. 209-244.
- Beyer, L., Bölter, M., Seppelt, R. D. (2000). Thermal regime, microbial biomass and vegetation pattern of soils in the coastal region of Antarctica (Wilkes Land). *Actic, Antarctic Alpines Res.* 32, (in press).
- Bockheim, J. G., Ugolini, F. C. (1990). A review of pedogenic zonation in well-drained soils of the southern circumpolar region. *Quat. Res.* pp. 34, 47-66.



- Bockheim, J. G. (1997). Properties and classification of cold desert soil from Antarctica. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61, pp. 224-231.
- Blume, H. P. et al. (1997). Pedogenic zonation in soils of the Southern Circum-Polar Region. *Advances in GeoEcology*, pp. 60-90.
- Campbell, B. I., Claridge, G. G. (1987). Antarctica: Soils, Weathering processes and Environment. Elsevier: Amsterdam.
- Valle del R. A. et al., 2001. Geology of news localities on Tabarin Peninsula, northern. *Antarctic Science*, 13, pp. 323-328.
- Del Valle, R. A.; Morelli, J. R. y Rinaldi, C. A. (2001). Geology of news localities on Tabarin Peninsula, northern. *Antarctic Science*, 13, pp. 323-328.
- Godagnone, R. E. (1997). Península Potter (Isla 25 de Mayo). Antártida Argentina. Mapa Detallado de Suelos, escala 1:10.000. Contribución N° 448. Instituto Antártico Argentino. p. 45.
- Godagnone, R. E. (2001). Suelos Antárticos. Clasificación Taxonómica y Cartografía. Publicación N° 30. Instituto Antártico Argentino. p. 92.
- Godagnone y de la Fuente (2010). Los suelos de Punta Armonía, Islas Shetland, Antártida Argentina. *Contribuciones Científicas GEA* 22, pp. 267-277.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB (2007). Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelo.103. FAO, Roma.
- Serrano, M. A., et al. (2004). Mapa Geomorfológico de España a escala 1:50.000. Guía para su elaboración. IGME. p. 120.
- Montes, M. y Martín-Serrano, A. (2007). Mapa geomorfológico de la costa austral de Bahía Esperanza y del Monte Flora. Península Antártica. Inédito. IGME. p. 6 .
- Servicio Meteorológico Nacional (1981-1990). Estación Meteorológica Base Esperanza. Estadísticas Climatológicas. pp. 670-674.
- Soil Survey Staff (1993). Soil Survey Manual. Unites State Departament of Agriculture. p. 437.
- Soil Survey Staff (1999). Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. United State Department of Agriculture. p. 869.
- Soil Survey Staff (2010). Keys to Soil Taxonomy, Eleventh Edition. Unites State Departament of Agricultura. p. 437.
- Tatur, A., (1989). Ornithogenic soils of the maritime, Antarctica. *Polish Polar Research* 10, pp. 481-532.
- Tatur, A. (1997). Ornithogenic Ecosystems in the Taritime Antarctic-Formation, Development and Disintegration. Department of Antarctic Biology. Polish Academy of Sciences. Warszawa. pp. 297-299 .
- Van Wambeke, A., Scoppa C. (1980). Las Taxas Climáticas de los Suelos Argentinos. INTA. Publicación N° 168. p. 40.