



CARACTERIZACION FISICA Y QUIMICA DE SUELOS DUNARIOS

Carlos Tavares Corrêa¹ y Nadia Gamboa²

¹*Pontificia Universidad Católica del Perú, Centro de Investigación en
Geografía Aplicada*

²*Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ciencias,
Sección Química
Apartado 1761. Lima 100 - Perú.*

RESUMEN

Los suelos de las dunas litorales varían desde arenosos, secos, disgregados y salinos en las zonas cercanas al mar hasta estables, ricos en materia orgánica y más ácidos en el interior. Estos suelos son aprovechados para actividades forestales. Así se estabilizan las dunas móviles, se desarrollan actividades económicas beneficiosas pero se interrumpe la sucesión vegetacional en estos ambientes. En el presente trabajo se comparan los resultados obtenidos de los análisis físicos y químicos de muestras de suelos de dunas naturales y estabilizadas artificialmente en el campo de dunas de Arauco en Chile.

Investigación

INTRODUCCION

La zona costera es la interfase entre la atmósfera, el océano y el continente. Es una zona de disipación de la energía marina y de cambios en los procesos atmosféricos y, en ambos casos, es debido a su interacción con el borde continental. En respuesta a esta interacción, la zona costera presenta una variedad de sistemas ambientales, entre los cuales se destacan las dunas litorales.

Las dunas litorales son acumulaciones de arena que se forman desde la playa como resultado de la disponibilidad de sedimentos, del régimen de vientos y de los factores que controlan la sedimentación tales como la topografía, la vegetación o la presencia de obstáculos. Las condiciones ecológicas de las dunas litorales son muy rigurosas para el desarrollo de la vegetación: su exposición a la acción de las olas y mareas, la gran movilidad de las arenas debido la acción eólica, y la pobreza del suelo en nutrientes y agua. Estas condiciones no son un obstáculo para el establecimiento de un gran número de especies que colonizan y son componentes característicos de la vegetación y del paisaje dunario.

Las especies pioneras, que inician la colonización de las dunas en la cercanía de la playa, presentan respuestas de adaptación a las condiciones extremas del hábitat. Así, la vegetación en la duna se desarrolla mediante un proceso de sucesión desde una etapa pionera hasta una etapa clímax, pasando por varios estados intermedios que se disponen en franjas contiguas y paralelas al litoral. El crecimiento de especies vegetales de mayor porte, como arbustos y árboles, se facilita conforme se aleja de la línea litoral.

En este sentido, los suelos en dunas litorales presentan una variabilidad que acompaña las etapas sucesionales de la vegetación. En las

etapas tempranas próximas al mar, el suelo es arenoso, seco, disgregado, salino y móvil. En las dunas más alejadas del litoral, el suelo arenoso se encuentra más estable, rico en materia orgánica y con mayor acidez.

Hay una tendencia a la estabilización de las dunas litorales para aprovechar el suelo en actividades forestales. Estas prácticas de estabilización incluyen la plantación de árboles para fines comerciales y ocasionan la interrupción de la sucesión natural de la vegetación y del suelo en este ambiente. Los objetivos del presente artículo son describir y comparar algunas características químicas y físicas del suelo dunarios en sectores naturales e intervenidos por el hombre.

AREA DE ESTUDIO

Ubicado en la zona costera de la provincia de Arauco (Chile), este campo de dunas es considerado el más extenso de la costa chilena (Figura 1). Ocupa una superficie de 30709 ha [1] y tiene 60 km de longitud, con orientación norte-sur, constituida por una amplia llanura costera de 6 km de ancho en promedio [2].

En esta zona, el clima es de costa occidental con influencia mediterránea [3] donde el régimen pluviométrico es invernal con un promedio anual de 1202 ± 300 mm, según los datos de la estación meteorológica de Isla Mocha (1927-1970). Los vientos dominantes son de W a N entre mayo y agosto, y de S a SW en los meses restantes (Figura 2). Esta alternancia se debe a las influencias anticiclónicas durante el verano y ciclónicas, con perturbaciones atmosféricas introducidas por el avance del Frente Polar, durante el invierno [4].

Por lo general, las características topográficas del ambiente son representadas mediante cortes transversales denominados perfiles. El perfil que aparece en la Figura 3 es representativo del área de estudio. Tiene 5242 m de extensión, iniciándose en la línea de costa, está a 47 m.s.n.m. y presenta orientación azimutal de 40° . Se caracteriza por el dominio de dunas manejadas con altitud de hasta 16 m.s.n.m. en una franja de 800 m a partir de la playa. Hacia el interior, predominan las dunas estabilizadas naturalmente, caracterizadas por cordones dunarios con altitudes entre 16 y 47 m.s.n.m., separados por superficies planas u onduladas de hasta 800 m de ancho.

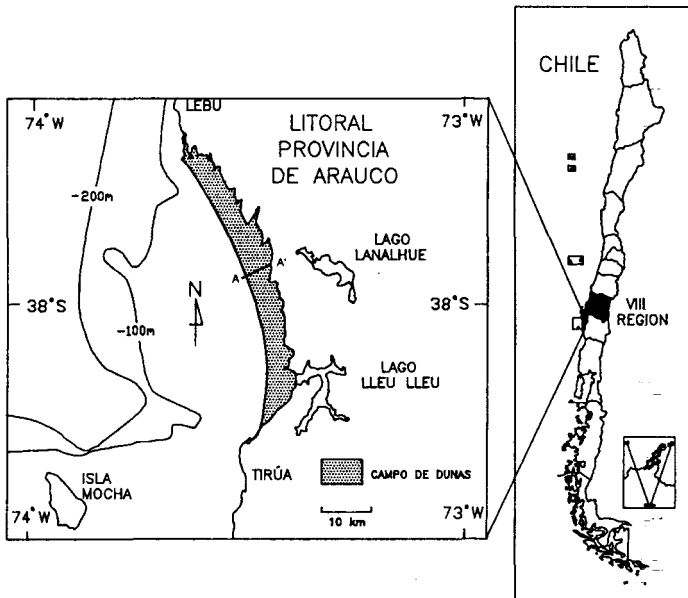


Figura 1. Localización del área de estudio y perfil topográfico.

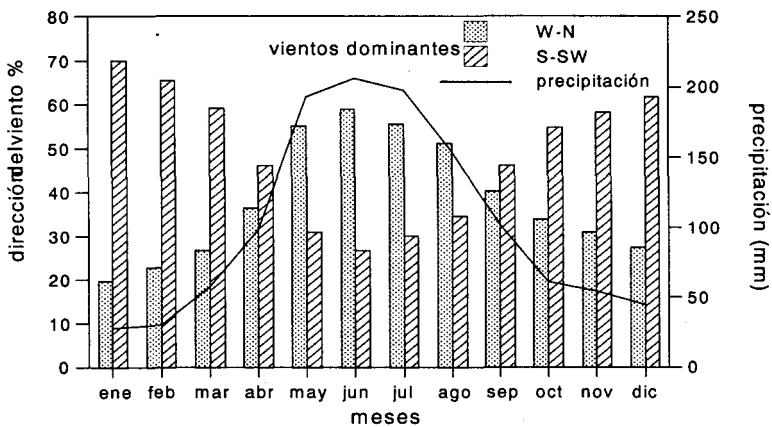


Figura 2. Frecuencia de los vientos dominantes y la distribución anual de la precipitación según los datos de la Estación Meteorológica de Isla Mocha (1927 - 1970).

PAICAVI

- DN - Cordón de dunas estabilizadas naturalmente
- SO - Superficie dunaria ondulada
- DA - Duna estabilizada artificialmente
- DI - Depresión interdunaria

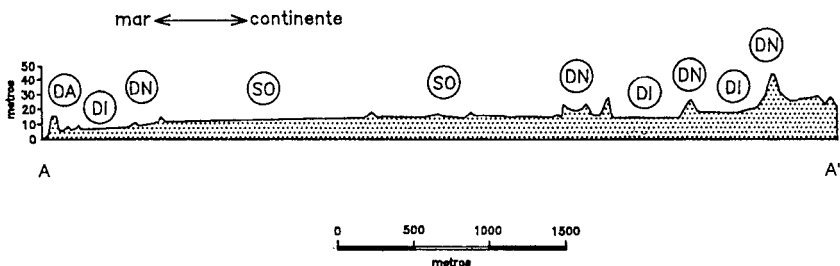


Figura 3. Perfil topográfico y unidades fisiográficas del campo de dunas.

METODOLOGIA

Se colectó 13 muestras en total a lo largo de un perfil transversal al campo de dunas, a profundidades de 15 cm (rotuladas como SA, S: 1, 2, ...9) y 40 cm (SB), en los cordones dunarios y en los respectivos llanos interdunarios a 15 cm de la superficie. El análisis físico consistió en la determinación del porcentaje de arena y fango en cada muestra mediante la separación húmeda de las fracciones a través de un tamiz de malla 0,062 mm.

En cuanto al análisis químico del suelo, se determinó pH, materia orgánica y nutrientes (N-NO₃, P, K, Ca, Mg, Na). Se utilizó métodos estándares de laboratorio: pH en la relación suelo/agua 1:2,5; materia orgánica según el método Springler-Klee; N-NO₃ por extracción acuosa y determinación colorimétrica con mezcla sulfosalicilica; P por extracción con bicarbonato de sodio 0,5 N a pH 8,5 y determinación colorimétrica (método Olsen); metales alcalinos y alcalino-térreos por extracción con acetato de amonio 1 N y determinación por espectrometría de emisión de K y Na, y absorción de Ca y Mg.

RESULTADOS

La composición granulométrica de las muestras de suelo se presenta en la Tabla 1. A excepción de las muestras S6 y S8, clasificadas como franco-arenosas, las demás se caracterizan como arenosas. El contenido de arena en estas últimas fue superior a 90%, alcanzando 100% en S5A. Se puede decir que el porcentaje de arena en las muestras de suelo tiende a disminuir hacia el interior alejándose de la línea de costa. Además, se identificó que la fracción arenosa disminuye con la profundidad, excepto en la muestra S4 que presenta la situación inversa. Los suelos de composición franco-arenosa se encuentran en la depresión interdunaria (DI) y la superficie dunaria ondulada (SO), mientras que los arenosos fueron más comunes en la duna estabilizada artificialmente o manejada (DA) y en el cordón de dunas estabilizadas naturalmente (DN) (Figura 3).

Tabla 1. Composición granulométrica de los suelos de dunas a lo largo del perfil

| muestra | arena, % | limo, % | arcilla, % | clasificación S.I. |
|---------|----------|---------|------------|--------------------|
| S1 | 97,8 | 0,5 | 1,7 | arena |
| S2 | 97,5 | 0,5 | 1,7 | arena |
| S3 | 94,6 | 5,4 | 0,0 | arena |
| S4A | 91,0 | 9,0 | 0,0 | arena |
| S4B | 97,3 | 2,7 | 0,0 | arena |
| S5A | 100,0 | 0,0 | 0,0 | arena |
| S5B | 99,0 | 0,5 | 0,5 | arena |
| S6 | 84,4 | 11,8 | 3,8 | franco arenosa |
| S7A | 98,8 | 1,2 | 0,0 | arena |
| S7B | 96,3 | 2,1 | 1,6 | arena |
| S8 | 81,4 | 15,7 | 2,9 | franco arenosa |
| S9A | 95,1 | 3,8 | 1,1 | arena |
| S9B | 94,8 | 2,1 | 3,1 | arena |

En la Tabla 2 se presenta la concentración de los nutrientes en muestras de suelo de las dunas manejadas, de cordones dunarios, superficies onduladas estabilizadas naturalmente y depresiones interdunarias húmedas a lo largo del perfil. En las dunas manejadas se observa un horizonte [5] orgánico poco espeso, la ausencia de un

Tabla 2. Parámetros químicos en los suelos de dunas a lo largo del perfil

| Unid | Prof. | Muestra | pH | N-NO ₃ ppm | P, ppm | M.O. % | K meq/100g suelo | Ca meq/100g suelo | Mg meq/100g suelo | Na meq/100g suelo |
|-------------------|-------|-------------|------|--------------------------|-----------|-----------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| DA ⁽¹⁾ | 10 cm | S1 | 7,39 | <1,0 | 6,70 | 0,24 | 0,43 | 3,86 | 1,88 | 1,32 |
| | | S2 | 6,96 | <1,0 | 3,60 | 0,88 | 0,22 | 1,26 | 1,57 | 0,59 |
| | | prom | 7,18 | <1,0 | 5,15 | 0,56 | 0,33 | 2,56 | 1,73 | 0,96 |
| | | | | | | | | | | |
| DN ⁽²⁾ | 10 cm | S4 | 6,18 | 2,30 | 2,70 | 8,76 | 0,14 | 10,40 | 2,19 | 0,68 |
| | | S5 | 5,84 | 1,30 | 3,80 | 7,27 | 0,17 | 3,24 | 1,05 | 0,26 |
| | | S7 | 6,11 | 3,30 | 4,50 | 9,08 | 0,44 | 6,17 | 1,73 | 0,34 |
| | | S9 | 5,30 | 1,50 | 3,10 | 4,78 | 0,22 | 2,79 | 0,68 | 0,31 |
| | | prom | 5,86 | 2,10 | 3,53 | 7,47 | 0,24 | 5,65 | 1,41 | 0,40 |
| | 40 cm | S4 | 6,53 | 1,50 | 1,80 | 2,69 | 0,18 | 2,00 | 0,52 | 0,31 |
| | | S5 | 6,58 | <1,0 | 2,50 | 0,84 | 0,12 | 2,06 | 0,83 | 0,21 |
| | | S7 | 6,42 | <1,0 | 7,80 | 1,81 | 0,18 | 0,58 | 0,56 | 0,23 |
| | | S9 | 6,30 | <1,0 | 4,00 | 1,65 | 0,13 | 2,44 | 0,52 | 1,00 |
| | | prom | 6,46 | 1,13 | 4,03 | 1,75 | 0,15 | 1,77 | 0,61 | 0,44 |
| DI ⁽³⁾ | 10 cm | S3 | 6,53 | <1,0 | 5,60 | 5,26 | 0,11 | 3,26 | 3,76 | 0,49 |
| | | S6 | 5,45 | 2,00 | 2,70 | 13,86 | 0,20 | 7,91 | 2,44 | 0,29 |
| | | S8 | 6,50 | 3,80 | 27,80 | 19,49 | 0,13 | 5,18 | 3,08 | 0,44 |
| | | prom | 6,16 | 2,27 | 12,03 | 12,87 | 0,15 | 5,45 | 3,09 | 0,41 |

⁽¹⁾ dunas estabilizadas artificialmente; ⁽²⁾ cordones de dunas y superficies onduladas estabilizadas con vegetación natural; ⁽³⁾ depresión interdunaria húmeda.

horizonte mineral y una textura rica en arena (>97%). Los parámetros químicos promedios de los 10 cm superficiales indican un suelo neutro a ligeramente básico (pH 7,18), bajos niveles en las concentraciones de nitratos (<1,0 ppm), fósforo (5,15 ppm), materia orgánica (0,56%), y potasio (0,33 meq/100g suelo), niveles medios de calcio (2,56 meq/100g suelo) y niveles altos de magnesio (1,73 meq/100g suelo) y sodio (0,96 meq/100g suelo).

En los cordones dunarios y superficies onduladas se observa la formación de suelo en los 10-15 cm superiores, con un horizonte orgá-

nico poco espeso sobre un horizonte mineral rico en arena (>95%), acidez moderada (pH 5,86), bajos niveles de nitratos (2,1 ppm), fósforo (3,53 ppm) y potasio (0,24 meq/100g suelo), niveles medios de materia orgánica (7,47%), calcio (5,65 meq/100g suelo) y sodio (0,4 meq/100g suelo), y niveles altos de magnesio (meq/100g suelo). En la base de ellos se encuentra un horizonte C espeso, rico en arena (>95,8%), ligeramente ácido (pH 6,46), niveles bajos de nitratos (1,12 ppm), fósforo (0,43 ppm), materia orgánica (1,75%), potasio (0,15 meq/100g suelo) y calcio (1,77 meq/100g suelo), y niveles medios de magnesio (0,61 meq/100g suelo) y sodio (0,44 meq/100g suelo).

En las depresiones interdunarias húmedas próximas al mar (S3), la textura es arenosa con 5,4% de fango, y en las situadas hacia el interior del continente (S6 y S8), la textura es franco-arenosa con porcentaje de fango inferior al 18,6%. Estos suelos son ligeramente ácidos (pH 6,16), con niveles bajos de nitratos (2,27 ppm) y potasio (0,15 meq/100g suelo), niveles medios de fósforo (12,03 ppm), calcio (5,45 meq/100g suelo) y sodio (0,41 meq/100g suelo), y niveles altos de materia orgánica (12,03%) y magnesio (3,09). En la Figura 4, se representa los niveles de concentración de cada muestra en el perfil.

En la Figura 5 se observa la tendencia en las concentraciones entre las unidades analizadas (sentido horizontal) y en profundidad (sentido vertical). En general, el pH tiende a ser mayor hacia el litoral, en las dunas estabilizadas artificialmente. Los menores valores fueron encontrados en los cordones dunarios estabilizados naturalmente y superficies dunarias onduladas. Se midió el menor valor de pH en la profundidad de 10 cm de los DN más antiguos (muestra S9A). Localmente, se observa una tendencia al aumento del pH desde los DN hacia las depresiones interdunarias (DI). El nitrógeno presenta concentraciones bajas a lo largo de todo el perfil y los mayores valores se midieron en la DI más interna (S8) y en las DN intermedia (S7) y más reciente (S4). En general, los niveles de fósforo fueron bajos, a excepción de aquéllos encontrados en la DI más interna (S8). La materia orgánica aumenta desde el litoral hacia el interior, donde se encuentran niveles bajos en las DA y altos en las DI. Este comportamiento indica la tendencia al aumento dirigida hacia estas últimas unidades. Los niveles de potasio oscilaron entre bajos y medios, y las mayores concentraciones fueron registradas en las DA y en la DN intermedia. El calcio presentó altos niveles en la DN más reciente y en la DI intermedia (S6) y, los niveles

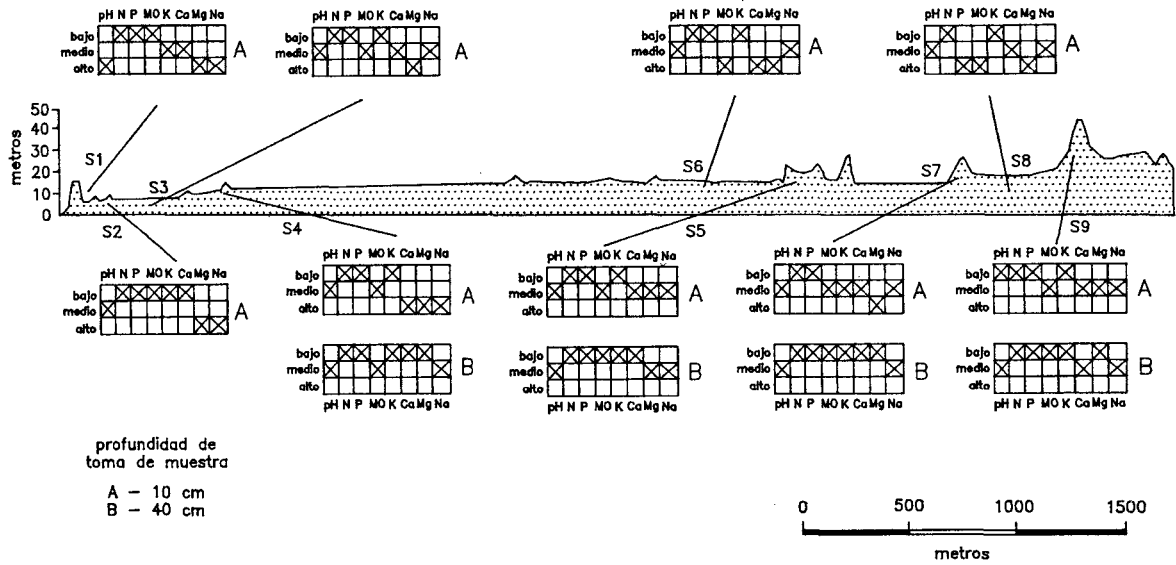


Figura 4. Niveles de concentración de los parámetros químicos en suelos de dunas.

PAICAVI

- DN - Cordón de dunas estabilizadas naturalmente
- SO - Superficie dunaria ondulada
- DA - Duna estabilizada artificialmente
- DI - Depresión interdunaria

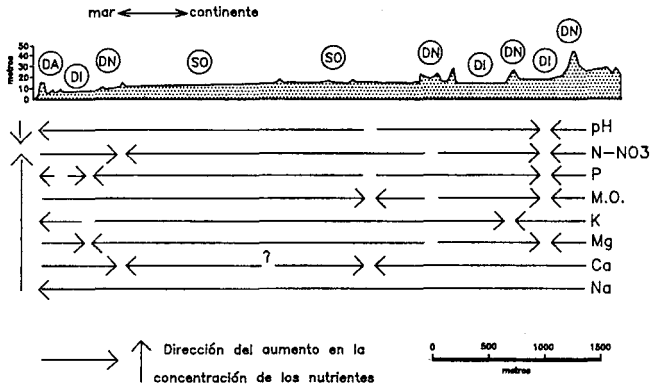


Figura 5. Tendencias entre los parámetros químicos en las muestras de suelos a lo largo del perfil.

más bajos de Ca se ubicaron en la DI próxima al litoral y en las DN más antiguas. El magnesio presentó niveles entre bajos a medios y altos, siendo los primeros encontrados en los DN y los segundos en los DA y DI. Finalmente, el sodio presentó niveles entre medios y altos, aumentando su concentración desde el continente hacia el mar.

Entre las muestras de los cordones dunarios estabilizados naturalmente (S4, S5, S7 y S9) tomadas en las profundidades A (15 cm) y B (40 cm), se observa que los contenidos de N-NO₃, materia orgánica, Ca, Mg y Na disminuyen con la profundidad, mientras que el pH aumenta. Por otra parte, el fósforo disminuye en las DN más antiguas y aumenta en la DN más reciente. El potasio disminuye con la profundidad en las DN más antiguas y aumenta en la más reciente. Los niveles de Ca, Mg y Na a 10 cm son altos en la DN más reciente y medios a bajos en las más antiguas.

DISCUSION

Las depresiones húmedas ocupan una fracción pequeña del campo de dunas (5,4%) y, en cambio, presentan suelos compuestos por

sedimentos franco-arenosos, tienden a presentar mayor riqueza en nutrientes y constituyen el ambiente de mayor biodiversidad tal como se ha observado en superficies de deflación antiguas del área [2].

En condiciones naturales, las dunas litorales tienden a su estabilización mediante un proceso sucesional con frecuente alternancia de fases estabilizadas y fases móviles. Durante este proceso sucesional se incrementa la cantidad de nutrientes en el suelo y su capacidad de retención de agua, fauna y flora, y se establecen comunidades con fisionomía y composición semejantes a las que se establecen tierra adentro, incrementando la cantidad y heterogeneidad de los hábitats disponibles [6]. El proceso de estabilización artificial en campos de dunas, tal como aquel realizado en el área de estudio, interrumpe las etapas sucesionales y los procesos pedogenéticos que conllevan a la formación de los ambientes de dunas estabilizadas naturalmente.

Comparando estos dos ambientes eólicamente estables, las dunas estabilizadas naturalmente presentan un mayor desarrollo de suelo. Las dunas estabilizadas naturalmente contienen mayores concentraciones de nitrógeno, materia orgánica y calcio, los niveles de magnesio y sodio son semejantes en ambos ambientes, y la duna estabilizada artificialmente tiene mayor pH.

La mayor antigüedad de las dunas estabilizadas naturalmente han permitido el desarrollo de suelo, con un horizonte húmico delgado y un horizonte mineral poco profundo. Debido a la poca edad de las dunas estabilizadas artificialmente (20-30 años), no se ha observado desarrollo pedogenético, y el perfil de suelo se presenta con una cubierta de materia orgánica no incorporada sobre un horizonte C que mantiene las características originales de los sedimentos.

AGRADECIMIENTO

Carlos Tavares Corrêa agradece a Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción por el apoyo financiero (Proyecto N° 94.310.09-6), al Centro EULA-CHILE de la misma casa de estudios por las facilidades prestadas en el trabajo de campo y laboratorios, y al Sr. César Sánchez por el apoyo en terreno.

BIBLIOGRAFIA

1. IREN. 1966. *Inventario de dunas de Chile*. Publicación 4. 24 pp.
2. Tavares Corrêa, C.H. 1996. *Propuesta de uso de suelo en las dunas litorales de la Provincia de Arauco, VIII Región, Chile*. Tesis Doctor en Ciencias Ambientales. Universidad de Concepción, Chile. pp. 215.
3. Fuenzalida, H. 1971. *Climatología de Chile*. Publ. Int. Fac. Cien. Fis. Mat., U. de Chile. pp. 73.
4. Devynck, J-L. 1970. Contribución al estudio de la circulación atmosférica en Chile y clima de la Región del Biobío. Universidad de Concepción. Departamento de Geofísica. pp. 164.
5. Para las definiciones de horizonte y perfil, Lazo, C. y N. Gamboa. 1997. Revista de Química PUCP, XI, 49.
6. Martínez, M.L., Moreno-Casasola, P. y S. Castillo. 1993. *Biodiversidad costera: playas y dunas*. En: Salazar-Vallejos, I. y N. E. González (Eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México. Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO. México. pp. 160-181.