

Origen de las arenas dunares de la región de Copiapó, Desierto de Atacama, Chile

Roland Paskoff

Departamento de Geografía, Universidad
Lyon 2, C.P. 11, 69676 Bron Cedex, Francia
paskoff@club-internet.fr

Lucía Cuitiño

Servicio Nacional de Geología y Minería,
Casilla 10465, Santiago, Chile
lcuitino@sernageomin.cl

Hermann Manríquez

Instituto Geográfico Militar
Nueva Santa Isabel 1640, Santiago, Chile
hmanriquez@igm.cl

RESUMEN

Las extensas dunas de la región de Copiapó presentan formas vivas, pero son dunas remanentes ya que su fuente de abastecimiento en arena fresca está agotada. Según algunos autores, sus arenas habrían provenido por deflación de los depósitos de playa de las amplias terrazas marinas solevantadas que caracterizan la franja costera entre el río Copiapó y Caldera. Antecedentes sedimentológicos no confirman esta interpretación y sugieren un origen fluvial para las arenas. Éstas podrían provenir de formaciones detríticas acumuladas en el Neógeno cerca de sus desembocaduras por el río Copiapó y las quebradas situadas inmediatamente al norte.

Palabras claves: Dunas, Arenas eólicas, Neógeno, Desierto de Atacama.

ABSTRACT

Origin of sand dunes in the Copiapó region, Atacama Desert, Chile. Extensive areas of active dunes are found in the Copiapó region. However, their sand supply is presently depleted. It has been proposed that deflated uplifted marine terraces of the coastal belt between the Copiapó River and Caldera were the source of the dune sand. Such a hypothesis is not supported by sedimentologic data, which suggest a fluvial origin for the aeolian sands. They could be related to Neogene alluvial accumulations built up at the mouth of the Copiapó River and the ephemeral streams located to the north of it.

Key words: Dunes, Aeolian sands, Neogene, Atacama Desert.

INTRODUCCIÓN

En el desierto de Atacama, las dunas de la región de Copiapó ($27^{\circ}22'S$) son las de mayor extensión en Chile (Fig. 1). Según Araya Vergara (2001) cubrirían una superficie de 240 km^2 . Son dunas que aparecieron en la costa. Sin embargo, con el tiempo, han avanzado tierra adentro, a través de un sistema interno de cuencas y serranías, hasta el cerro Medanoso, sobre una distancia de 60 km y

hasta una altura de 1.643 m sobre el nivel del mar (Fig. 2). La ausencia en este sector del acantilado costero continuo que caracteriza la costa del norte de Chile y la existencia de corredores topográficos transversales permitieron la migración de las arenas eólicas hacia el este. Su desplazamiento fue favorecido, también, por las condiciones climáticas de tipo desértico que han imperado en estas latitudes desde fines del Cenozoico. Actualmente, predominan en dirección, frecuencia y fuerza los vientos del oeste-suroeste, cuya eficacia es incrementada por la escasez de las precipitaciones (promedio anual inferior a 30 mm) y la discontinuidad de una vegetación baja de tipo jaral. Las dunas de la región de Copiapó ya no son alimentadas de arenas frescas. Su fuente de abastecimiento se agotó, por lo que su masa arenosa representa una herencia. Sin embargo, los vientos siguen modelando su topografía, restringiéndose principalmente a mantener vivas las formas, más que a trasladarlas (Fig. 3). Por presentar tales características son dunas que se pueden calificar de remanentes. En la región de Copiapó, además de este tipo de dunas, se encuentran pequeñas dunas activas que en la actualidad son alimentadas de arena desde la costa y que no se alejan mucho de ella. No tienen comparación por su extensión y su volumen con las dunas remanentes. El sistema más desarrollado puede verse a poca distancia al norte de Caldera, asociado a la playa Ramadas. Está constituido por dunas longitudinales continuas, paralelas entre sí, de 1 a 2 m de alto, que llegan a avanzar hasta ca. 7 km tierra adentro y que forman un conjunto de algunos cientos metros de ancho.

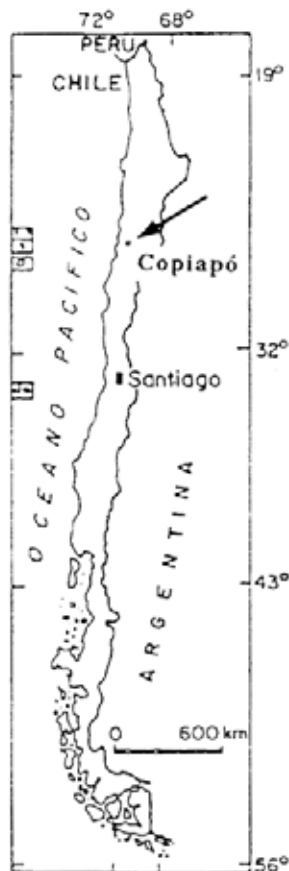


Fig. 1. Mapa de ubicación de la región de Copiapó.

HIPÓTESIS SOBRE EL ORIGEN DE LAS ARENAS DE LAS DUNAS

Diferentes puntos de vista han sido expresados al respecto. Mortensen (1927) había supuesto que las arenas que constituyen las extensas dunas de la región de Copiapó provenían del desierto situado más al norte. Brüggen (1950) rechazó esta hipótesis, arguyendo que los vientos predominantes en el

área soplan, actualmente, desde el oeste-suroeste y que, por lo tanto, era imposible que las arenas eólicas hayan sido desplazadas desde el norte. Este mismo autor sostuvo que se trataba de arenas esencialmente de origen fluvial que habían sido acarreadas hacia la costa tanto por el río Copiapó

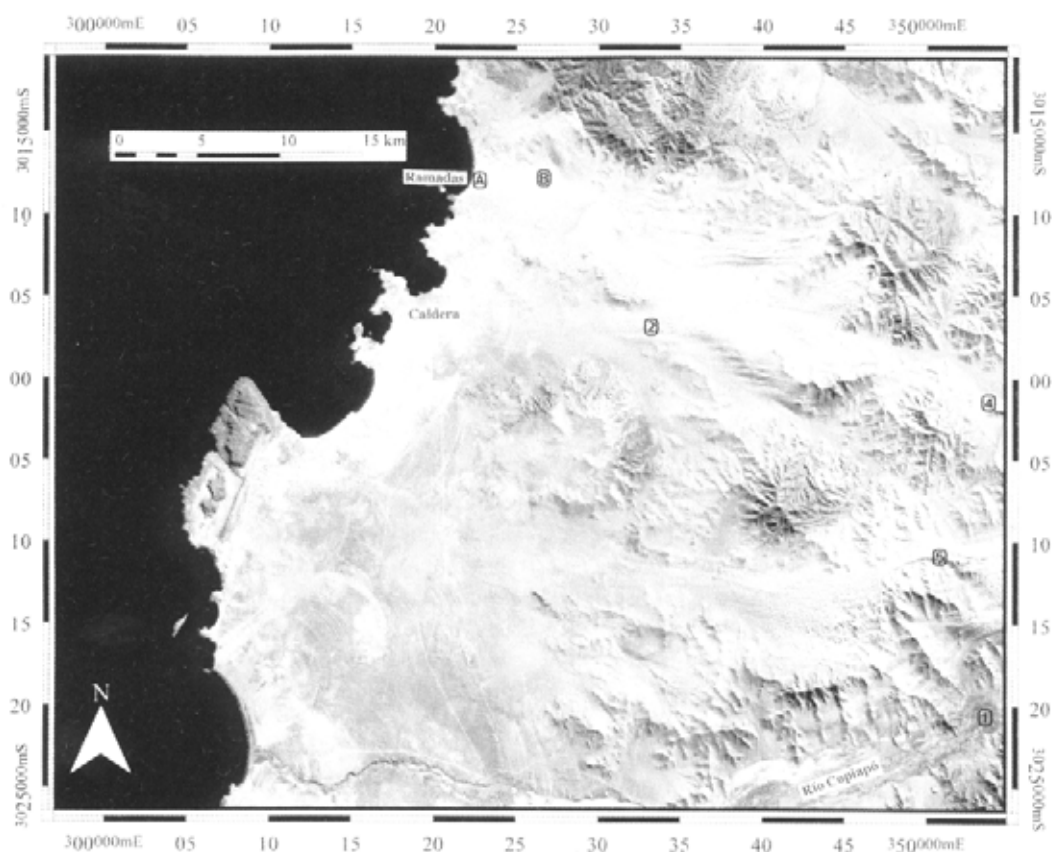


FIG. 2. Extracto de una imagen del satélite Landsat 7 ETM mostrando la parte occidental de las dunas de la región de Copiapó y la localización de las muestras analizadas (letras y números encerrados en círculos). El cerro Medanoso donde fue recolectada la muestra 5 está ubicado a ca. 30 km al este del borde de la imagen (composición coloreada tratada por O. Geffray y L. Menanteu Geolittomer Nantes).



FIG. 3. Duna remanente de la región de Copiapó.

como por las quebradas situadas inmediatamente más al norte, y en seguida arrastradas tierra adentro por procesos eólicos. Según Segerstrom (1962), las arenas de las dunas remanentes deberían su origen principalmente, si no en su totalidad, a la deflación sobre los depósitos de playa que cubren las amplias terrazas marinas soleantadas, especialmente las más altas, que caracterizan la franja costera entre el río Copiapó y Caldera. El mismo

autor notó que la formación de las dunas es posterior a la mayor parte de los depósitos aluviales y que resultó, a veces, en un entorpecimiento del drenaje. Similarmente, Araya Vergara (2001) indicó que las arenas de las dunas son esencialmente de origen marino. Según él, su fuente principal se localizaría en las antiguas playas de las terrazas costeras y la deflación habría actuado, principalmente, en el Pleistoceno durante épocas más áridas y ventosas.

CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS DE LAS ARENAS

Se realizaron estudios de laboratorio sobre siete muestras de arena (Fig. 2). Cuatro corresponden a arenas recolectadas en las dunas remanentes, una a arenas recolectadas en el lecho actual del río Copiapó en su curso inferior, una a arenas recolectadas en las dunas longitudinales activas relacionadas con la playa Ramadas, una a arenas recolectadas en aquella playa.

Las arenas de las dunas remanentes (muestras 2, 3, 4 y 5) presentan, en la mayoría de sus componentes, características semejantes que demuestran claramente que pertenecen a una misma familia (Tabla 1 y 2; Fig. 4). Se trata, fundamentalmente, de arenas feldespáticas, cuyo color pardo claro refleja una moderada alteración del material a smectitas y caolinita. Su grado granulométrico modal corresponde a arenas finas a medias (mediana comprendida entre 218 y 465 μm). Desde un punto de vista morfológico, predominan los granos subangulosos a subredondeados. Su clasificación es buena, ya que el índice de Trask (S_p) no es superior a 1,7. Los componentes se reparten, fundamentalmente, en proporciones variables, entre clastos líticos y monominerales. Los primeros están constituidos, preferentemente, por andesitas y ro-

cas plutónicas. Los segundos corresponden esencialmente a feldespatos (plagioclasa y ortoclasa), y en menor proporción, a cuarzo (10-20%), con la presencia escasa de piroxeno y anfíbola. Raras veces, se observan fragmentos carbonatados, en los cuales se reconocen muy escasas formas bioclásticas que podrían identificarse con trozos de gastrópodos terrestres. El porcentaje de carbonato de calcio es muy bajo, inferior a 1%.

Una muestra (muestra 1) tomada en el lecho actual del curso inferior del río Copiapó (Tablas 1 y 2; Fig. 4) corresponde a una arena media (mediana: 532 μm), bien clasificada (S_p : 1,5), con granos de bordes angulosos, dominando (más de 60%) los clastos líticos constituidos por granitoides, ignimbritas y andesitas. En menor cantidad (30%), se observan clastos monominerales de plagioclasa y cuarzo. Se reconocen, también, escasos clastos calcáreos indiferenciados. El porcentaje de carbonato de calcio es de 1,1%.

Las arenas de las dunas longitudinales actuales (muestra B) que nacen de la playa Ramadas se identifican con un sedimento híbrido, constituido por componentes clásticos calcáreos muy abundantes, a veces dominantes, y componentes funda-

TABLA 1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE MUESTRAS DE ARENA RECOLECTADAS EN LA REGIÓN DE COPIAPÓ.

Muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	C	S	CO ₂	H ₂ O	Suma
1	67,94	13,59	0,56	3,23	0,74	3,89	1,36	0,06	3,62	3,06	0,15				1,38	99,58
2	68,75	13,48	0,81	3,75	0,86	3,45	1,20	0,06	3,56	2,90	0,14				0,96	99,92
3	71,27	13,67	0,45	2,23	0,50	2,72	1,02	0,04	3,77	3,07	0,13				0,88	99,74
4	65,30	13,15	1,13	5,95	1,16	4,60	1,57	9,09	3,50	2,39	0,15				0,90	99,90
5	73,07	13,34	0,34	1,92	0,33	2,31	0,79	0,04	3,73	2,98	0,12				0,79	99,75
A	37,13	9,05	0,56	0,66	1,28	24,33	1,38	0,04	2,39	0,70	0,35	>0,01	0,09	19,72	1,34	99,93
B	38,33	9,05	0,56	0,66	1,28	24,33	1,38	0,04	2,39	0,70	0,66	>0,01	0,06	19,10	1,14	99,67

TABLA 2. CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS Y PORCENTAJE DE CARBONATO DE CALCIO EN MUESTRAS DE ARENA RECOLECTADAS EN LA REGIÓN DE COPIAPO.

Muestra	Md (μm)	S_w	Sk	K	%CO ₃ Ca
1	532	1,5	0,119	0,660	1,1
2	465	1,7	0,523	0,94	0,8
3	223	1,2	0,511	0,126	0,1
4	218	1,2	2,376	11,59	0,3
5	297	1,2	0,147	0,169	0,3
A	364	1,5	1,303	1,483	38,2
B	229	1,2	2,464	11,23	39,5

Md: mediana; S_w : índice de clasificación; Sk: índice de asimetría; K índice de agudeza.

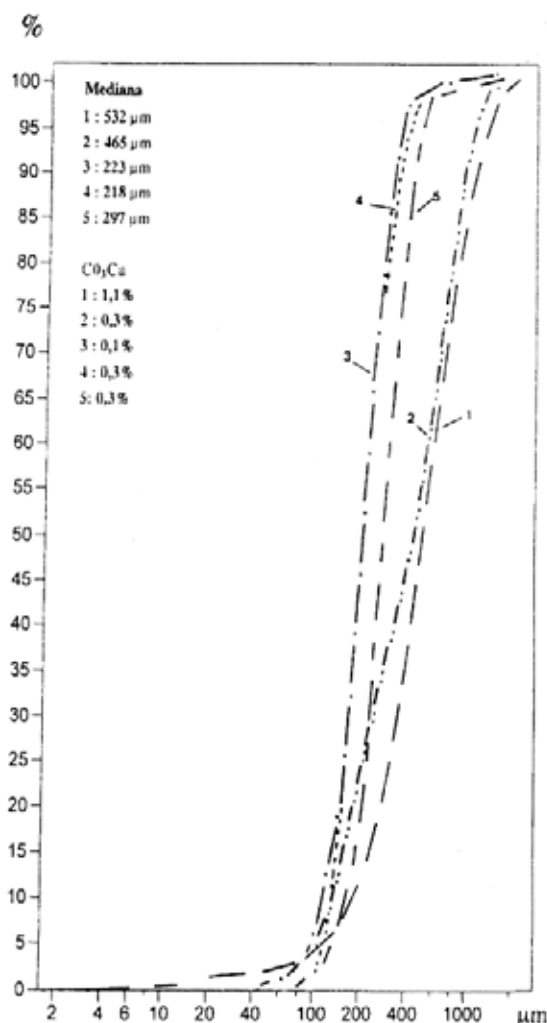


FIG. 4. Curvas granulométricas de muestras de arena recolectadas en la región de Copiapó. 1- lecho del curso inferior del río Copiapó; 2, 3, 4, 5- dunas remanentes.

mentalmente monominerales, mientras que los líticos se notan por su escasez (Tablas 1 y 2; Fig. 5). Los primeros corresponden, en la gran mayoría de los casos, a fragmentos bioclásticos aragoníticos de origen marino en los cuales se reconocen fragmentos de gastrópodos, de pelecípodos, de crinoides y de algas. Los componentes monominerales son primeramente feldespáticos (plagioclasa y, sobre todo, ortoclasa), en forma secundaria, cuarzo y, en pequeña cantidad, anfíbola y piroxeno. El porcentaje de carbonato de calcio es alto (39,5%). Las arenas son finas (mediana: 229 μm), la clasificación es muy buena (S_w : 1,2). Los granos presentan un redondeamiento moderado.

En las arenas de la playa Ramadas (muestra A) se observa un grano medio (mediana: 364 μm), son bien clasificadas (S_w : 1,5), con diferentes grados de redondeamiento (Tablas 1 y 2; Fig. 5). Están constituidas por clastos calcáreos (70%) de tipo

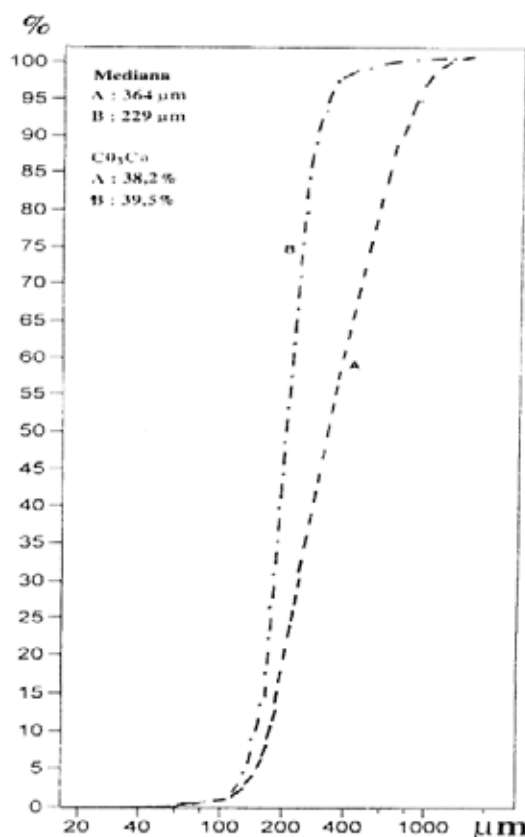


FIG. 5. Curvas granulométricas de muestras de arena recolectadas en las dunas de Ramadas. A- playa; B- duna longitudinal.

bioclástico marino (fragmentos de gastrópodos, pelecípodos, equinodermos). Los clastos monominerales (30%) corresponden a cuarzo,

feldespatos y, en menor cantidad, a piroxeno y anfíbola.

DISCUSIÓN

Las características sedimentológicas más arriba mencionadas permiten determinar el origen de las arenas que constituyen las dunas remanentes de la región de Copiapó. Aparece un parentesco claro entre aquellas arenas (muestras 2, 3, 4, 5) y las arenas del lecho actual del río Copiapó (muestra 1) tanto en el análisis químico (Tabla 1) como en el estudio petrográfico. Existe en particular una gran similitud en lo que se refiere al contenido en SiO_2 , Al_2O_3 y CaO . En ambos casos, la cantidad de carbonato de calcio es ínfima (menos de 1%) y la proporción de los feldespatos importante aun cuando varía según las muestras. En cambio las diferencias son enormes cuando se comparan las arenas de las dunas remanentes con las arenas de las dunas que se forman actualmente a partir de la costa (muestra B). Las segundas son arenas calcáreas con un porcentaje muy elevado de carbo-

nato de calcio que se debe a un alto contenido en bioclastos de origen marino (más de 35%), tantos rasgos que caracterizan igualmente las arenas de la playa (muestra A) con la cual se relacionan. Si las arenas que componen las dunas remanentes hubieran provenido de las terrazas litorales de la región que son riquísimas en fósiles de playa (Herm, 1969; Guzmán *et al.*, 2000), deberían tener características sedimentológicas similares a las dunas que se forman actualmente, por lo menos en las vecindades de la costa. No es el caso. Por lo demás, una simple observación del terreno apoya este resultado de laboratorio. Todavía existen aquí condiciones anemométricas suficientes para que acciones de deflación de importancia se produzcan, hoy día, sobre los depósitos fosilíferos superficiales del Llano de Caldera, y de hecho, no se manifiestan.

CONCLUSIONES

Las arenas de las dunas remanentes de la región de Copiapó tienen características sedimentológicas de orden químico y petrográfico que conducen a proponer una proveniencia no marina sino fluvial, como ya lo había sospechado Brüggén (1950). Por lo tanto, es lógico pensar que deben tener su origen en extensos depósitos detríticos continentales acumulados cerca de las desembocaduras del río Copiapó y de las quebradas situadas inmediatamente al norte. Éstos han sido recientemente descritos y mapeados (Marquardt, 1999; Godoy *et al.*, 2003): se trata de las Gravas del Copiapó, unidad a la cual se otorga una edad neógena (Mioceno-Plioceno) y que está constituida

por clastos, arenas y limos. Tales depósitos fueron cubiertos cerca de la costa por una transgresión marina que dejó hasta una altura de 350 m los Estratos de Agua Amarga, atribuidos al Plioceno (Marquardt *et al.*, 2000). De esta forma, se puso término a una fase activa de deflación originando las grandes dunas de la región de Copiapó que han sobrevivido como dunas remanentes en un ambiente árido. Estas dunas ofrecen un interesante caso de formaciones eólicas que, a pesar de haber tenido una proveniencia litoral, pertenecen, por sus características tanto sedimentológicas como morfológicas, a la categoría de dunas continentales de medios desérticos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan, de manera especial, sus agradecimientos a C. Marquardt (SERNAGEOMIN), quien con sus comentarios constructivos y

sus valiosas sugerencias contribuyó de manera efectiva a mejorar una primera versión del manuscrito.

REFERENCIAS

- Araya Vergara, J.F. 2001. Los ergs del desierto marginal de Atacama, Chile. *Investigaciones Geográficas Chile*, Vol. 35, p. 27-66.
- Brüggen, J. 1950. Fundamentos de la geología de Chile. *Instituto Geográfico Militar*, 374 p. Santiago.
- Godoy, E.; Marquardt, C.; Blanco, N. 2003. Carta Caldera, Región de Atacama. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica*, No. 76, 39 p.
- Guzmán, N.; Marquardt, C.; Ortlieb, L.; Frassinetti, D. 2000. La malacofauna neógena y cuaternaria del área de Caldera (27°-28°S): especies y rangos bioestratigráficos. *In Congreso Geológico Chileno, No. 9, Actas*, Vol. 1, p. 476-481. Puerto Varas.
- Herrn, D. 1969. Marines Pliozän und Pleistozän in Nord- und Mittel-Chile unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung der Mollusken-Faunen. *Zitteliana*, No. 2, p. 1-159.
- Marquardt, C. 1999. Neotectónica de la franja costera y aportes a la geología regional entre Caldera y Caleta Pajonal (27°00'-27°45'), III Región de Atacama, Chile. Tesis de Magister (Inédito). *Universidad de Chile, Departamento de Geología*, 297 p.
- Marquardt, C.; Blanco, N.; Godoy, E.; Lavenu, A.; Ortlieb, L.; Marchant, M.; Guzmán, N. 2000. Estratigrafía del Cenozoico Superior en el área de Caldera (26°45'-28°S). *In Congreso Geológico Chileno, No. 9, Actas*, Vol. 2, p. 588-592. Puerto Varas.
- Mortensen, H. 1927. Der Formenschatz der nordchilenischen Wüste. *Abhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse*, Vol. 12, No. 1, p. 1-191.
- Seegerstrom, K. 1962. Defflated marine terrace as a source of dune chains, Atacama Province, Chile. *U.S. Geological Survey, Professional Paper*, No. 450C, p. 91-93.