

Paleomadrigueras

Cambio climático en el Atacama

Entre la cordillera de los Andes y el océano Pacífico se extiende el desierto de Atacama, uno de los lugares más áridos del mundo. Bordeando la costa, se prolonga desde el norte del Perú hasta la ciudad chilena Copiapó. Abarca más de 22 grados de latitud. Sus sierras y pampas constituyen un desierto de aridez tan extrema, que no permite el crecimiento de plantas, salvo las asociadas a ríos y oasis permanentes. Nos hallamos ante un desierto “absoluto”.

Con más de 25 millones de años de antigüedad, el desierto de Atacama persiste gracias a tres factores geológico-geográficos: la subsidencia de masas de aire, la surgencia de aguas frías de la corriente de Humboldt y la cordillera de los Andes.

Las masas de aire ascienden a la alta atmósfera, cerca del ecuador. Debido al giro del planeta, descienden en los subtrópicos e inhiben la evaporación y el transporte de masas de aire húmedo desde los océanos, produciendo zonas áridas en torno a la Tierra. La surgencia de aguas frías de la corriente de Humboldt (o del Perú) en la costa obstaculiza el transporte de aire húmedo desde el océano. Por fin,

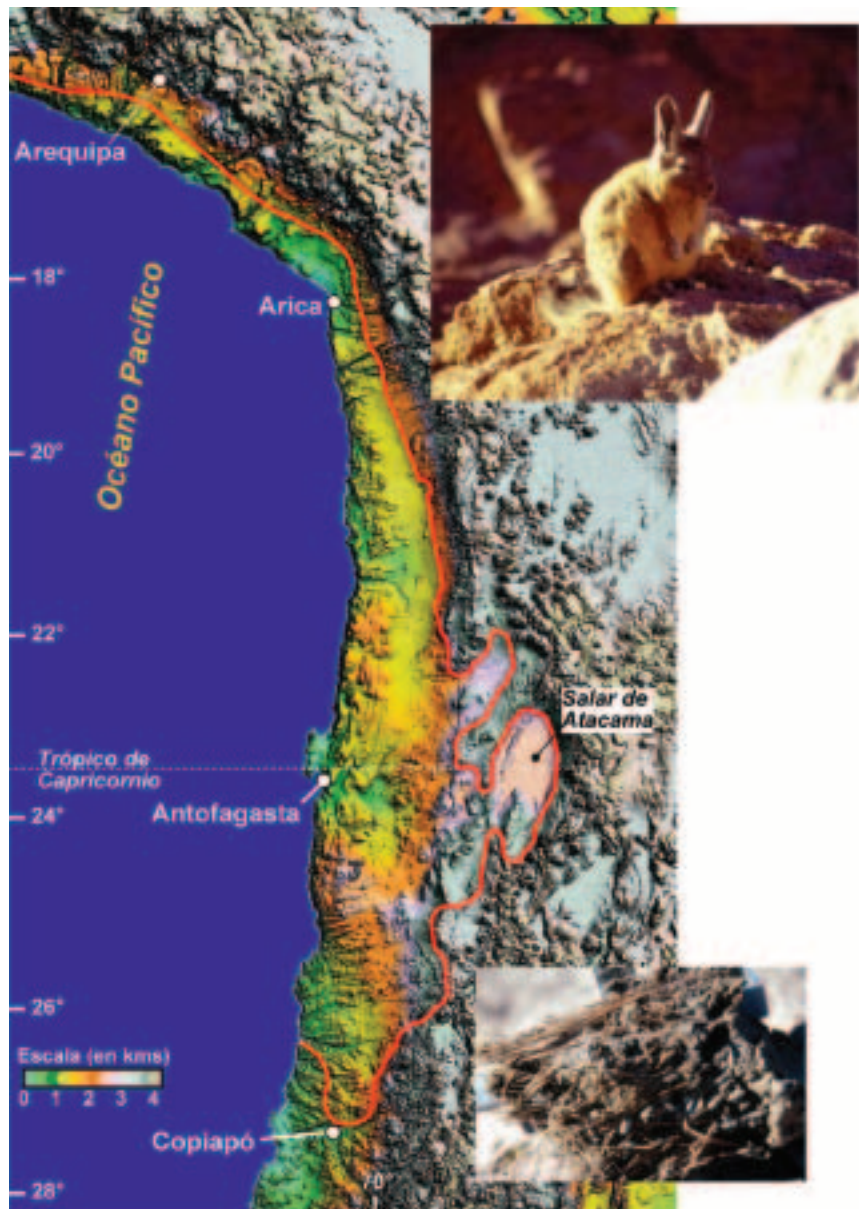
Modelo de elevación digital de la costa occidental de América del Sur con el límite superior de la porción del desierto de Atacama sin plantas (desierto absoluto) dibujado en rojo. Las pocas lluvias que aquí caen se concentran por sobre este límite y provienen del noreste. La presencia de numerosas paleomadrigueras (foto inserta inferior, nótese la presencia de numerosas gramíneas), acumulaciones hechas por vizcachas (foto inserta superior) nos revelan la ubicación precisa de plantas en el pasado

las altas cumbres de la cordillera de los Andes bloquean la humedad proveniente desde el Amazonas.

Las pocas precipitaciones que hoy caen en este desierto son lluvias torrenciales y nevazones del “invierno altiplánico” que llegan del Amazonas por el noreste durante el verano y afectan la vertiente occidental de los Andes. Pueden deberse también a incursiones invernales de frentes polares que se dan en forma de nieve sobre las altas

cumbres, con escasas lluvias a menor altura.

No obstante la extrema aridez hoy reinante, el registro geológico nos muestra un pasado más húmedo. La presencia de terrazas y playas elevadas sobre las superficies actuales de extensos salares y lagunas en el altiplano apunta a la existencia de vastos “paleolagos”, producto de períodos en que las precipitaciones quizá fueron mucho más intensas. Tales cambios ocurrieron cuando



la Tierra se encontraba saliendo de un extenso período glacial, en que las temperaturas fueron más bajas que en la actualidad.

No sabemos con exactitud si los paleolagos se formaron por aumento en las precipitaciones, por una menor evaporación acorde con las temperaturas más bajas o por combinación de ambos factores. ¿Cómo podríamos analizar la influencia de cada uno de estos factores por separado?

La vegetación del Atacama nos brinda una clave. El desierto absoluto establece un claro límite inferior, donde las plantas, que existen en altura gracias al invierno altiplánico, no pueden ya soportar la extrema aridez. Las plantas que residen en este límite son, por lo tanto, sumamente sensibles a la cantidad de precipitaciones, pero resisten mejor las temperaturas (el límite incluso desciende en altitud a medida que se acerca al ecuador). Encontrar restos de plantas en el pasado por debajo de este límite constituiría un indicio claro del aumento de las precipitaciones.

Recientemente, un equipo de investigadores del Servicio Geológico de los Estados Unidos, la Universidad de Arizona y la Universidad de Chile descubrió en el desierto de Atacama madrigueras que fueron habitadas por roedores. La vizcacha (*Lagidium viscacia*) y el lauchón orejudo (varias especies del género *Phyllotis*) acumularon en sus cubiles heces, fragmentos vegetales, insectos y huesos que el tiempo se encargó de sellar en una matriz de orina cristalizada. Las plantas que se encuentran en las paleomadrigueras siempre son locales, ya que el rango de forrajeo del roedor es menor a 100 metros.

De acuerdo con los análisis de radiocarbono, las paleomadrigueras se remontaban miles de años atrás. La aplicación de esa técnica de datación arrojó edades más allá del límite práctico de la misma (40.000 años). Gracias al óptimo estado de conservación de las paleomadrigueras, favorecido por el ambiente hiperárido, pudimos identificar semillas, flores y hojas de muchas especies.

El examen de estos restos vegetales rindió unos resultados sorprendentes. Se comprobó que entre

11.800 y 10.500 años atrás hubo un período de precipitaciones de una intensidad de tres a cinco veces por encima de la media anual actual. Esto marcó el período más fértil que se haya visto en el desierto de Atacama durante los últimos 40.000 años, lapso de tiempo que se caracterizó por un descenso de casi 1000 metros de la estepa Altoandina, la migración septentrional de especies hoy ausentes en la zona y la presencia de una gramínea desconocida ahora en Chile.

La flora, además, nos dio la clave para resolver una cuestión importante: ¿cuál fue el origen de las lluvias, tropical o polar? La flora fósil de las paleomadrigueras, que incluía muchas especies de crecimiento estival, mostraba sin ambigüedad que las lluvias tuvieron un origen tropical.

Sin embargo, como toda prueba paleoclimática, ésta siempre nos revela una parte minúscula de la totalidad del problema. Si bien nuestros datos coincidían en algunos aspectos con registros del altiplano de Bolivia y Perú, las investigaciones realizadas por otros autores indicaban condiciones más áridas para este período. Hace 10.000 años, la cantidad de radiación solar (insolación) se encontraba en su mínima expresión respecto al presente sobre el trópico al sur del ecuador. Puesto que la migración meridional del sol, durante el verano austral, induce en buena medida el calentamiento del continente sudamericano y proporciona el “motor” para las lluvias, estos investigadores proponen que la fase prolongada de sequía observada para dicho intervalo se debió a la falta de “motor”. Sin embargo, la fase lluviosa del Atacama indica que ocurrió lo contrario. ¿Cómo explicar, pues, esta fase?

Para nosotros, la solución ha sido recurrir a un motor de quizá mayor magnitud e impacto: el océano Pacífico. Es bien conocida la repercusión del fenómeno de El Niño en Sudamérica. Estas oscilaciones entre períodos cálidos y fríos del Pacífico producen déficits o excesos de lluvias según la región. En su fase fría, genera intensas lluvias sobre el altiplano y el alto Atacama. La fase lluviosa del Atacama duró más de 1000 años, un lapso de

tiempo considerablemente mayor que las oscilaciones subdecadales tipo El Niño/La Niña. Pero este tipo de interacciones océano-continente, en que se considera la atmósfera sobre grandes distancias, nos proporcionan una idea de cómo se pueden generar lluvias sobre el Atacama (y el altiplano). Una interacción parecida entre el océano Pacífico y Sudamérica, que actuó a escala de milenios, asociada a las condiciones peculiares de un planeta que finalizaba una glaciación, pudo desencadenar las lluvias pleistocénicas del desierto de Atacama.

CLAUDIO LATORRE HIDALGO
Departamento de Biología,
Universidad de Chile