

La vida en una estación de la Vigilancia de la Atmósfera Global: vigilar el aire desde lo alto de los Andes

Marcos Andrade (Laboratorio de Física de la Atmósfera, Instituto de Investigaciones Físicas, Universidad Mayor de San Andrés), Paolo Laj (OMM)

En lo alto del monte Chacaltaya, a más de 5 200 metros sobre el nivel del mar, una pequeña estación científica lleva a cabo una misión vital. El Observatorio de Chacaltaya, en Bolivia, puede parecer un lugar remoto y aislado, pero desempeña un papel fundamental a la hora de ayudarnos a comprender el aire que respiramos y los cambios climáticos de nuestro planeta.

Chacaltaya albergó en su día un glaciar andino y fue una de las estaciones de esquí situadas a mayor altitud del mundo. Bajo la atenta vigilancia de los glaciólogos, desapareció por completo en 2009, convirtiéndose en uno de los primeros glaciares tropicales de los Andes centrales en desaparecer. Sin embargo, mucho antes de que se instalara la estación meteorológica, los científicos ya conocían ese lugar. Desde la década de 1940, acoge un laboratorio de alta montaña dedicado al estudio de los rayos cósmicos, donde los investigadores realizaron

algunas de las primeras observaciones de partículas subatómicas procedentes del espacio.

Hoy en día, este legado sigue vivo: Chacaltaya reúne la climatología, el monitoreo atmosférico y la física fundamental en uno de los centros de investigación más destacados del planeta. Desde 2010, la estación está administrada por un consorcio internacional encabezado por el Laboratorio de Física de la Atmósfera de la Universidad Mayor de San Andrés (LFA-UMSA), que colabora con instituciones de Francia, Alemania, Suecia, Suiza, Finlandia y los Estados Unidos.

Detrás de estas mediciones hay un equipo comprometido de científicos, técnicos y estudiantes bolivianos que se encargan del mantenimiento de los instrumentos, velan por la calidad de los datos y gestionan el flujo de información que se envía a las bases de datos



Autoría: Wara Eliana Carvajal Terrazas

Vista desde la cima, con el observatorio de Chacaltaya abajo. El observatorio forma parte de una red más amplia de estaciones de observación atmosférica de la región, entre las que se incluyen las instalaciones de monitoreo del aeropuerto de El Alto y de la ciudad de La Paz.

internacionales. A pesar de su ubicación relativamente remota en lo alto de los Andes, el observatorio cuenta con electricidad, conexión a Internet y seguridad las 24 horas del día, lo que le permite apoyar la investigación científica durante todo el año y acoger de forma periódica a investigadores y sus instrumentos procedentes de todo el mundo.

Una oportunidad única para estudiar la atmósfera

En todo el mundo, los científicos recurren a una red de estaciones de monitoreo para medir los gases de efecto invernadero, los contaminantes atmosféricos y las partículas minúsculas conocidas como aerosoles. Estas estaciones contribuyen al Programa de Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) al proporcionar observaciones a largo plazo de la atmósfera terrestre.

Sin embargo, gran parte del mundo, sobre todo en América del Sur, África y algunas zonas de Asia, sigue sin estar suficientemente monitoreada. La mayoría de las estaciones de observación atmosférica se encuentran en el hemisferio norte, lo que deja importantes lagunas en la cobertura mundial. Es en esa esfera donde estaciones como la de Chacaltaya desempeñan un papel fundamental.

Chacaltaya es una de las pocas estaciones de monitoreo de gran altitud en América del Sur. Su ubicación la hace única. A diferencia de las estaciones situadas en ciudades o en las llanuras, que miden principalmente la contaminación local, Chacaltaya se encuentra a una altitud suficiente como para recoger muestras de aire que ha recorrido largas distancias. A menudo capta lo que los científicos denominan la "atmósfera de fondo": el aire que refleja las condiciones regionales o incluso mundiales, en vez de las fuentes locales de contaminación.

Esto brinda a los investigadores una oportunidad única para observar cómo se desplazan la contaminación y los gases de efecto invernadero por los continentes. El aire que llega a Chacaltaya puede proceder de la cuenca del Amazonas, del océano Pacífico o del Altiplano. Por el camino, puede recoger humo procedente de incendios forestales, emisiones de las ciudades o partículas naturales como el polvo. No muy lejos de allí, las ciudades de La Paz y El Alto, donde viven casi dos millones de habitantes, también emiten sustancias contaminantes. Durante el día, el aire procedente de estas ciudades suele llegar a la estación de muestreo, lo que significa que las emisiones pueden detectarse a altitudes muy elevadas.

Al analizar este aire, los científicos pueden determinar de dónde proceden los contaminantes y cómo se

propagan, lo que resulta fundamental para comprender cuestiones como el humo de los incendios forestales, la contaminación urbana e incluso el ciclo global del carbono.

Medir lo que importa

En la estación, una amplia gama de instrumentos mide continuamente la composición de la atmósfera, a saber:

- Gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono y el metano, responsables del calentamiento global
- Contaminantes atmosféricos gaseosos, como el ozono, los óxidos de nitrógeno y el dióxido de azufre, que afectan la salud humana
- Aerosoles, partículas minúsculas que permanecen en suspensión en el aire e influyen tanto en el clima como en la calidad del aire, incluido el carbono negro (conocido comúnmente como hollín)
- Variables meteorológicas, como la temperatura, la humedad y el viento.

Diversos instrumentos proporcionan mediciones tanto a nivel del suelo como a lo largo de toda la columna atmosférica. Lo especialmente valioso de estas observaciones es su coherencia y el hecho de que puedan compararse de forma directa con las mediciones realizadas en otras estaciones.

La estación lleva ya más de 14 años en funcionamiento y suministra registros continuos que permiten a los científicos determinar tendencias y cambios a lo largo del tiempo. Una de las lecciones más importantes que nos enseña Chacaltaya es que la contaminación atmosférica puede llegar a grandes altitudes. Por ejemplo, la estación detecta con frecuencia partículas procedentes de la quema de biomasa y de incendios a gran escala relacionados con la agricultura y la deforestación. Estos incendios suelen producirse en lugares lejanos, pero su humo puede recorrer cientos o incluso miles de kilómetros hasta llegar a los Andes.

A través de la medición simultánea de múltiples variables atmosféricas, los científicos pueden identificar los indicios de las diferentes fuentes de contaminación. Por ejemplo, los incendios forestales se detectan con facilidad cuando el monóxido de carbono, el número de partículas y el carbono negro alcanzan su máximo nivel al mismo tiempo y el aire proviene de las tierras bajas.

Mantener en funcionamiento una estación en la cima de los Andes

El paisaje natural que rodea Chacaltaya es impresionante, pero la realidad de gestionar una estación a esa altitud es un asunto completamente



Autoría: Manuel Roca

La sala principal de instrumentos del Observatorio de Chacaltaya.

diferente. Aunque los datos se transmiten a través de Internet, el personal de Chacaltaya contratado por la UMSA debe desplazarse todas las semanas para inspeccionar y calibrar los instrumentos, así como para cambiar los filtros de aire situados un poco más arriba, en la cima de la montaña.

Muchas de las personas que visitan la estación viven en La Paz, a una altitud de unos 3 600 metros sobre el nivel del mar. Subir otros 1 600 m supone un esfuerzo considerable. Por lo general, cuatro horas de trabajo allí dejan a cualquiera agotado. Por este motivo, la jornada laboral media en la montaña no supera las cinco horas, aunque algunos veteranos de la estación pueden llegar a trabajar hasta seis sin ningún problema, para gran consternación de sus compañeros más jóvenes.

Entre las personas que participan en el funcionamiento de la estación se encuentra Fernando Velarde, el técnico encargado de los instrumentos. Visita Chacaltaya con regularidad para efectuar tareas de mantenimiento y supervisa tanto la estación principal como las instalaciones auxiliares de El Alto y La Paz. Además, controla el envío de observaciones a los repositorios de datos internacionales.

La estación cuenta con personal las 24 horas del día. Cuatro miembros se turnan a lo largo del mes y pasan varios días seguidos en la montaña. Además de vigilar las instalaciones, se encargan de realizar tareas básicas de mantenimiento de emergencia durante los cortes de electricidad y otras situaciones imprevistas. Bernardino Escobar, uno de los empleados de la estación, afirma que disfruta de la "paz y tranquilidad" que le proporciona trabajar en la montaña, aunque admite que a veces echa de menos a su familia.

Dado el desgaste físico que puede suponer para el cuerpo humano pasar varios días a 5 240 metros de

altitud, en Chacaltaya existe una regla no escrita: el cambio de turno debe realizarse pase lo que pase. Recientemente, los problemas de seguridad en La Paz impidieron la circulación por el área metropolitana, por lo que el Instituto no pudo enviar un vehículo para recoger al turno saliente. Le tocaba ir a Escobar, así que subió la montaña a pie.

El recorrido tuvo una longitud aproximada de 20 kilómetros y un desnivel de 1 600 metros, y duró unas cuatro horas. "Estaba agotado", recuerda, "pero me alegraba de que mi compañero pudiera irse a casa. ¡Por supuesto, también tuvo que bajar a pie!".

Una nueva generación de pioneros

En los últimos cinco años, los estudiantes universitarios del LFA y los jóvenes graduados han desempeñado un papel cada vez más importante en el funcionamiento de la estación. Fabricio Ávila, ingeniero de plantilla, se encarga del mantenimiento de los instrumentos y de la electrónica, mientras que una nueva generación de científicos ha asumido cada vez más responsabilidades. Por ejemplo, Laura Ticona se hace cargo de los instrumentos de medición de gases de efecto invernadero, mientras que Zarela Tuco contribuye ahora no solo al monitoreo de dichos gases, sino también al funcionamiento de otros instrumentos de la red.

Originaria de una pequeña localidad del Altiplano, cerca de La Paz, Laura fue la primera persona de su familia en estudiar en la universidad. Empezó en Chacaltaya como asistente estudiantil y, poco a poco, fue asumiendo mayores responsabilidades. "En un comienzo, se trataba de demostrarme a mí misma y a los demás que era capaz de hacerlo", afirma. "Hoy en día, me mueve un profundo vínculo con la ciencia y con la región de la que procedo".



Personal realizando trabajo de campo en Chacaltaya (izquierda y derecha) y en Ancohuma (centro). De izquierda a derecha: Fernando Velarde, Fabricio Ávila, Juan Marcos Calle, Wara Carvajal y Laura Ticona.

Trabajar a más de 5 200 metros sobre el nivel del mar no está exento de dificultades. "Al principio, la soledad y el silencio pueden resultar intimidantes", reflexiona Laura, "pero con el tiempo se convierten en una fuente de fuerza y conexión".

Fernando Velarde siguió un camino diferente. Se incorporó a Chacaltaya poco después de graduarse de la universidad y ahora se encarga del mantenimiento y la calibración de los instrumentos, de velar por la calidad de los datos y de prestar apoyo en los análisis científicos. La sensación de descubrir cosas nuevas lo mantiene motivado. "Es como trabajar en un laboratorio natural", afirma.

Muchos de los que se ganan la vida en Chacaltaya acaban enamorándose de las montañas. Laura llegó a la cima del Huayna Potosí (6 088 metros), mientras que Abigail Fito, una estudiante del LFA, dirige ahora las actividades de trabajo de campo en Ancohuma (6 400 metros) junto a sus compañeros británicos.

La primera generación de estudiantes que colaboraron en Chacaltaya son hoy en día expertos de reconocido prestigio en las ciencias de la atmósfera, tanto en América Latina como en otros lugares. En la actualidad, está surgiendo una nueva generación de científicos bolivianos especializados en la atmósfera, algunos de los cuales cursan estudios de posgrado en el extranjero, a menudo en Europa. Se espera que muchos regresen a Bolivia para contribuir a reforzar la investigación atmosférica y aprovechar las observaciones únicas a largo plazo recopiladas en Chacaltaya.

Por qué es importante el monitoreo a escala mundial

Cuando se utilizan datos atmosféricos, es fácil pasar por alto el enorme esfuerzo que supone recopilarlos, sobre

todo en países que se enfrentan a limitaciones económicas y logísticas. Menos visible aún es la determinación de los científicos, técnicos y administradores de mantener las mediciones en funcionamiento, independientemente de las huelgas o los bloqueos. Este compromiso nace de la comprensión de la importancia de documentar los cambios locales y globales.

Las estaciones situadas a gran altitud tienen especial valor, ya que proporcionan información que no se puede obtener en ningún otro lugar. Ayudan a distinguir entre la contaminación local y las condiciones de fondo a gran escala, lo que permite comprender mejor los procesos que dan forma a toda la atmósfera.

Estaciones como la de Chacaltaya son parte de una iniciativa mucho más amplia destinada a obtener una visión global de la atmósfera. Redes como la VAG recopilan observaciones de todo el mundo para crear una base de datos compartida que pueden utilizar tanto los científicos como los encargados de la formulación de políticas. Esta perspectiva global es esencial. El cambio climático y la contaminación atmosférica no son problemas locales, sino desafíos mundiales. Para abordarlos de forma eficaz, necesitamos datos precisos y comparables procedentes de muchas regiones distintas.

Desde su atalaya en los Andes, el Chacaltaya nos ofrece un poderoso recordatorio: para comprender nuestro planeta, hay que contemplarlo en su conjunto. En un mundo que se enfrenta a rápidos cambios medioambientales, ese conocimiento no solo es valioso, sino que resulta indispensable.