

## LAS CARACTERÍSTICAS DEL VIENTO EN EL VALLE DEL RÍO DE LA PAZ EN EL PERIODO 2003-2004: PARTE I, DESCRIPCIÓN

R. Torrez, F. Ghezzi, E. Palenque

*Laboratorio de Física de la Atmósfera  
Instituto de Investigaciones Físicas. Carrera de Física  
Universidad Mayor de San Andrés  
La Paz—Bolivia*

### RESUMEN

En el marco del proyecto: “Circulación atmosférica en el Altiplano Andino”, realizado en cooperación con el Instituto Meteorológico de Munich, de la Universidad de Munich (Alemania), se vienen registrando con una estación automática, una serie de parámetros meteorológicos en la región de Milluk’atu, en el valle del Río de La Paz, a una tasa de adquisición de 12 datos por hora. Con datos desde julio del año 2003 hasta junio de 2004 se han elaborado una serie de gráficos, que describen el comportamiento de los flujos de aire entre las regiones tropicales y el valle, y de este con la región altiplánica. El análisis muestra un influjo neto de masas de aire caliente y húmedo en ascenso por el valle durante el día, y un reducido reflujos de masas de aire seco y frío durante la noche.

### 1. INTRODUCCIÓN.

El valle de La Paz es el curso natural del Río Choqueyapu, que se origina en el monte Chacaltaya al norte de la ciudad, y que atraviesa ésta por la región de Aranjuez en la zona sud. Desde allí toma el nombre de Río de La Paz, y se interna por un estrecho valle de solo algunos kilómetros de ancho por los poblados de Valencia, Avirk’atu, Milluk’atu, etc. hasta confluir con otros ríos de origen andino similar, denominándose río Beni, y posteriormente río Madera, constituyéndose finalmente en un importante afluente del río Amazonas. El valle de La Paz, se torna entonces en un canal de interacción entre la región tropical y las tierras altas.

El proyecto “Circulación Atmosférica en el Altiplano Andino – Juipit’aya”, iniciado el año 2003, con una campaña de mediciones y sondeo atmosférico en varios pasos de montaña al oriente y occidente del altiplano, ha permitido detectar un importante influjo diurno de masas de aire tropicales hacia la región altiplánica, y un pequeño flujo de retorno en dirección opuesta durante la noche. Las mediciones que se efectuaron con globos sonda y aviones de aeromodelismo han permitido establecer un flujo de origen convectivo, localizándose la capa límite superficial aproximadamente a la altitud de los cerros que determinan el valle.

### 2. LAS SERIES TEMPORALES DE DATOS

El registro de datos se inicia con la campaña de mediciones en la región de Río Abajo, durante el inicio de la fase principal del proyecto; julio de 2003. En esta región, próxima al pueblo de Milluk’atu se instala una estación meteorológica con una tasa de adquisición de un registro por cada 5 minutos. Con pequeñas correcciones al tiempo del “datalogger” y algunos interrupciones por efecto

de mantenimiento, las series temporales son continuas hasta el presente, sin embargo, para este análisis sólo se ha considerado una serie anual, es decir hasta junio de 2004.

Las estaciones meteorológicas provienen de Fisher Instruments Co. de la República Federal de Alemania, son totalmente automáticas, constan de sensores de temperatura y humedad Vaisala, un radiómetro Kipp and Zonen, anemómetro y veleta Fisher, así como los sistemas de control de carga, adquisición de energía fotovoltaica, datalogger, caja recinto, soporte y sujeción del sistema de la misma compañía. El sistema tiene una autonomía de operación de 120 días para la tasa de adquisición mencionada, de manera que las descargas de datos se efectúan cada tres meses.

Las datos obtenidos han sido depurados, ordenados y compactados, habiéndose desarrollado un software específico para la observación y presentación de los registros. Una muestra de este trabajo permite observar las series temporales anuales de la temperatura y la velocidad del viento.

Así, por ejemplo, la figura 1 permite observar la variación de la temperatura diaria durante el periodo de observación. Puesto que el proyecto se inicia en el periodo invernal. La gráfica permite observar un ascenso regular de la temperatura hasta octubre, donde se presentan los máximos valores de la temperatura en todo el periodo. A partir de este mes y durante el verano, que en esta región es lluviosa, la temperatura oscila apreciablemente, y desciende ligeramente hasta el mes de marzo, que marca el fin de la época húmeda. Finalmente desciende hasta alcanzar sus valores mínimos durante el próximo invierno, en este caso, junio de 2004.

Se puede observar también las fluctuaciones de la

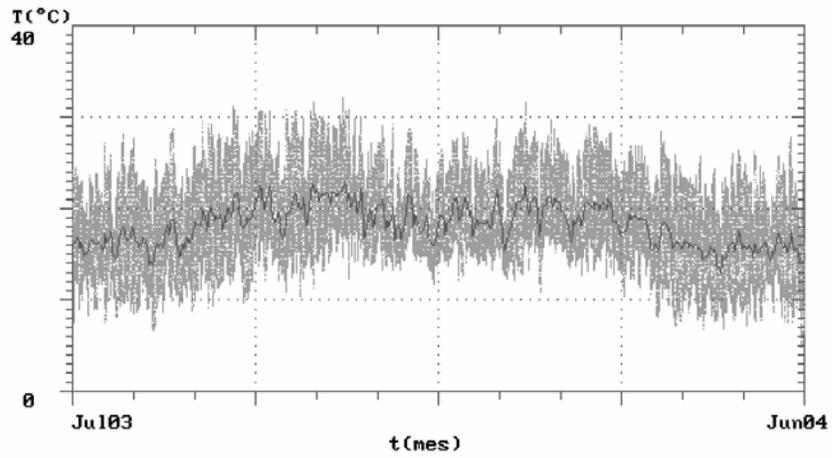


Figura 1. Registro de la temperatura en Milluk'atu durante el periodo julio 2003-junio 2004. El trazo remarcado corresponde a los valores medios diarios.

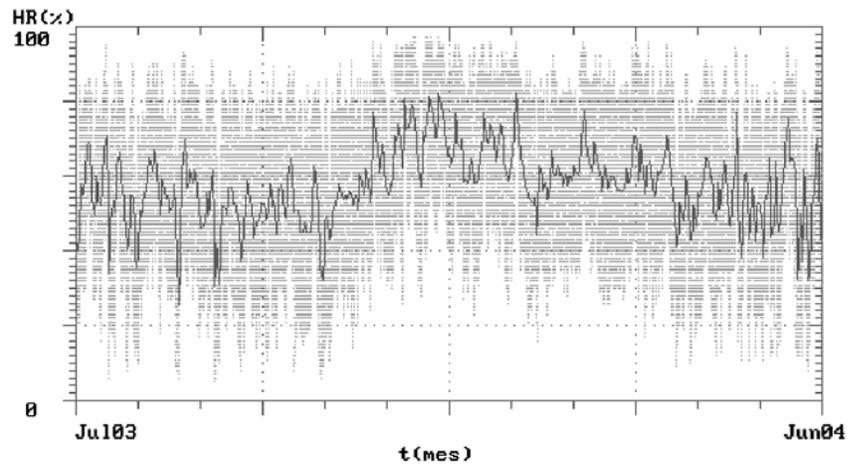


Figura 2. Registro de la humedad relativa. Se puede observar mayor variabilidad y el comportamiento inverso a la temperatura.

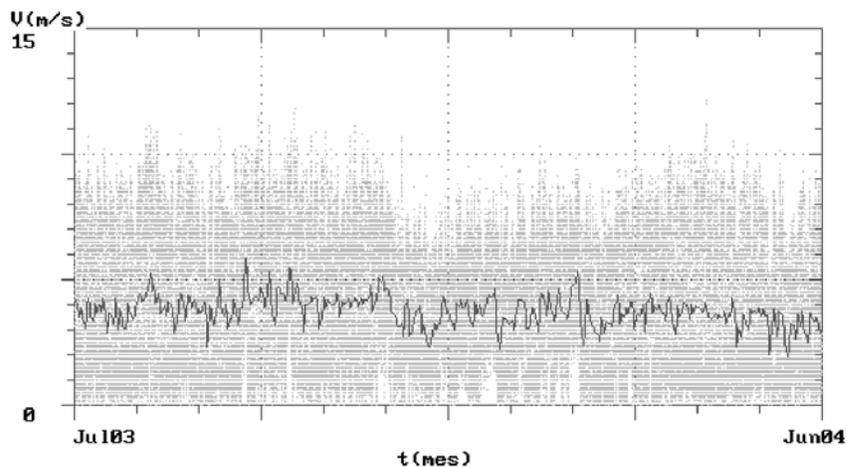


Figura 3. Variación de la velocidad del viento a lo largo del año, se puede observar una ligera reducción hacia el final del invierno.

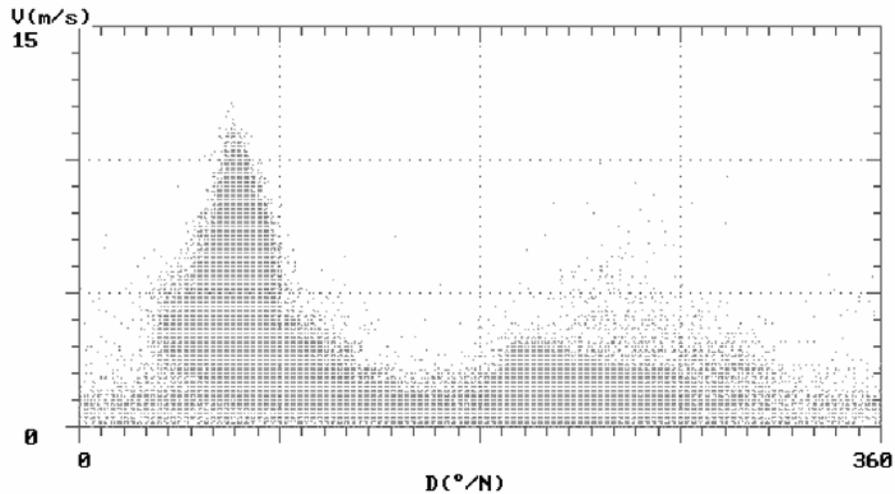


Figura 4. Velocidad del viento según su dirección. Se puede observar la predominancia del influjo diurno de viento hacia arriba del valle.

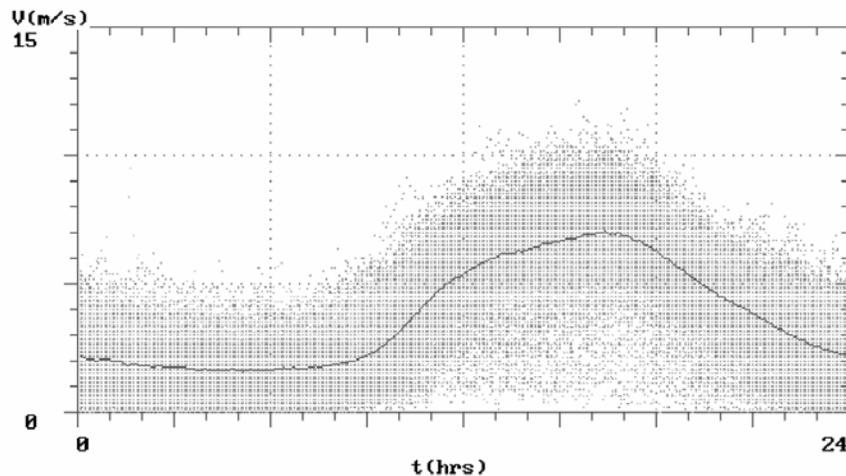


Figura 5. Variación de la Intensidad de viento diaria. Se puede observar que predomina el flujo diurno. El trazo continuo muestra la media instantánea de todo el periodo.

temperatura diaria en todo el periodo. Estas se presentan más o menos constantes en alrededor de  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con excepción del verano donde la fluctuación disminuye hasta aproximadamente  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Por el contrario la humedad relativa presenta un comportamiento inverso, disminuye en el periodo primaveral hasta alcanzar sus valores mínimos estacionales, y sube rápidamente al iniciarse el verano alcanzando pronto sus valores máximos. A partir de este punto nuevamente desciende paulatinamente hasta valores similares a los iniciales. Sin embargo, la variabilidad de su comportamiento es más o menos constante y se sitúa alrededor del 10%.

En cuanto al comportamiento de los vientos; tal como se presentó en una primera evaluación (1), se observan dos flujos nítidamente diferenciados. Uno saliente del va-

lle hacia el altiplano, y otro de retorno muy débil.

Situaciones similares ya han sido caracterizados en varios lugares, por ejemplo: en el Gran Cañón en USA, en el altiplano Tibetano, y en algunas mesetas de menores dimensiones geográficas como la cuenca del lago Tekapo en Nueva Zelanda, y la meseta Zugspitzplatt en los Alpes. (2) También se han presentado explicaciones al respecto, por ejemplo; J. Hann (3) lo explica como resultado del calentamiento de la superficie adyacente a las elevaciones, las que aumentarían la presión en la columna de aire, dando lugar a un gradiente de presión hacia la meseta. H. Flohn empleando radiosondas determina un flujo hacia la meseta tibetana a una velocidad  $3.6\text{ m/s}$ , con una altura de capa de mezcla entre  $600$  y  $500\text{ hPa}$ .

La figura 3 muestra la variación de la intensidad de viento durante el periodo de análisis, se puede obser-

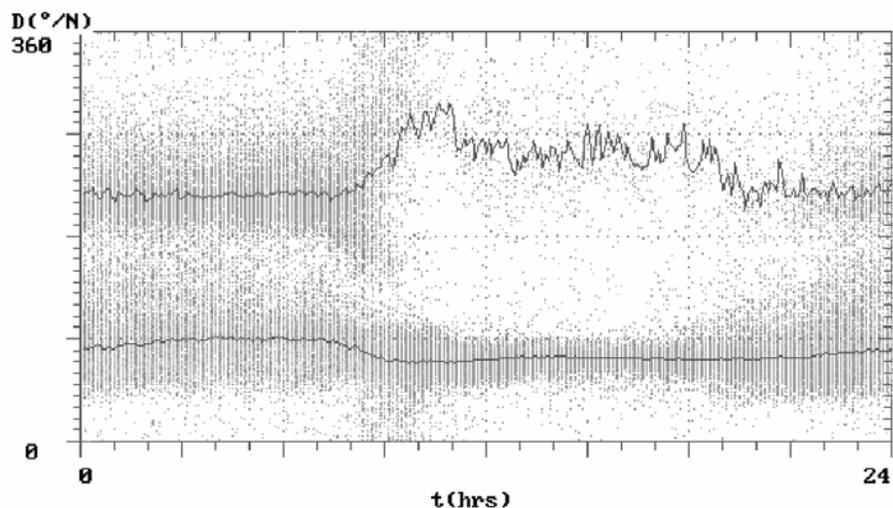


Figura 6. Direcciones predominantes del viento diario en la región de río Abajo. Se puede observar la predominancia del influjo saliente.

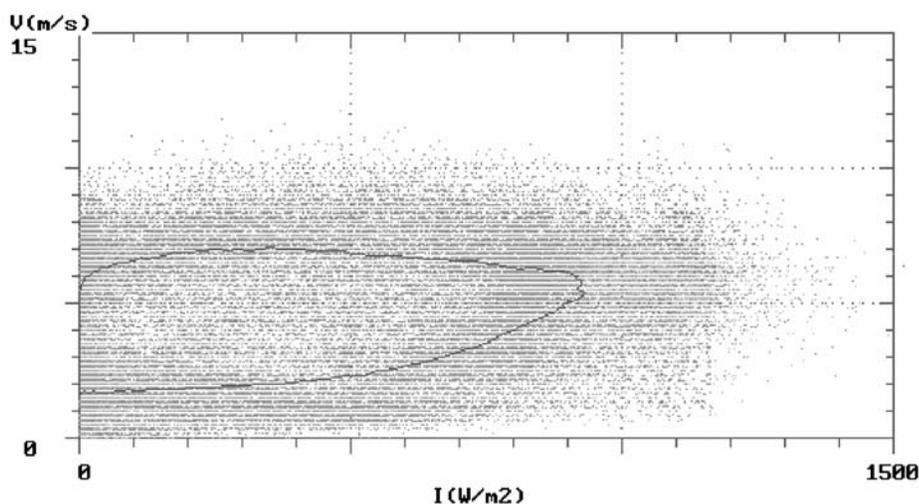


Figura 7. Variación de la velocidad del viento en función de la intensidad de la radiación solar incidente. El trazo continuo corresponde al comportamiento de sus valores medios.

var un régimen de viento casi constante durante todo el año con una media anual aproximada de 3 m/s, con una ligera disminución durante el verano, naturalmente este régimen de viento comprende las peculiares variaciones diarias en intensidad y dirección, de acuerdo a lo explicado anteriormente, de ahí que la variabilidad de la intensidad se extiende hasta aproximadamente los 8 m/s.

El régimen diario de la intensidad de viento es tal que se inicia con la salida del sol, por efecto del calentamiento de las capas inferiores, lo que ocasiona una inestabilidad de la capa superficial. Por los resultados de los experimentos de sondeo vertical de temperatura y humedad en esta región en los inicios del proyecto, Egger et.al (4). determinaron que la capa de mezcla se sitúa aproxima-

damente a 600 m de altitud sobre el fondo del valle, de tal manera que el régimen de viento sigue aproximadamente el curso del valle de este a oeste a nivel de valle, cambiando de orientación a la altitud aproximada de 600 m, para dirigirse hacia el sudoeste.

La variación diaria de intensidad del viento muestra claramente que la dirección predominante del viento corresponde al ciclo diurno. Mientras que el flujo inverso, se manifiesta por la noche, se puede observar que este reflujo no es exactamente contrario al influjo de subida, al parecer por efectos de subsidencia de nevado Illimani.

Se puede observar que las direcciones predominantes están centradas alrededor de 70 °N para el flujo saliente, mientras que el reflujo se sitúa alrededor de 120 °N. Por otra parte, como muestran las figuras 5 y 6, el flu-

jo saliente se manifiesta durante las 24 horas, aunque con menor intensidad durante la noche, mientras que el reflujó tiene carácter únicamente nocturno, y con una intensidad aún mucho menor. Un análisis simple permite determinar que no siendo la dirección del flujó inverso contrario al flujó diurno, se establece que puede estar siendo afectado por el descenso de las masas de aire proveniente de la cordillera del Illimani. Este pequeño flujó local debería estar orientado aproximadamente a 250 °N, y tener una intensidad aproximada de 2.5 m/s.

Observando las gráficas de correlación entre la radiación solar y las otras variables meteorológicas, se puede establecer una dependencia directa de estas últimas, respecto de la primera.

Así por ejemplo la gráfica cruzada de la velocidad del viento contra la intensidad de la radiación solar muestra nítidamente una forma geométrica perfectamente definida, al igual que la humedad y la presión contra la radiación solar, en especial para los días claros.

Por la ley de números grandes, el comportamiento estadístico de una muestra sometida a perturbaciones aleatorias, dará como resultado en el límite de grandes datos, un comportamiento cada vez más próximo al comportamiento libre de perturbaciones.

Este el caso de los días de cielo completamente limpio. El flujó de viento es completamente regular, la temperatura sigue una variación uniforme, lo mismo que la humedad relativa.

### 3. CONCLUSIONES

Por todo lo analizado, se establece que el influjo de viento de las tierras bajas hacia el valle y posteriormente hacia la meseta altiplánica, tiene como causa principal, a la radiación solar.

Se establece asimismo la existencia de un débil flujó de retorno, como un efecto posterior aún no bien determinado.

### REFERENCIAS

- [1] Torrez R., et.al. Microclima de la región de Rio Abajo. Periodo Invierno-Primavera de 2003
- [2] Wagner A. Hangwind Ausgleichsstromung Berg und Talwind. Meteorzeitschrift, 49.209-217, 1932
- [3] Hann J. Lehrbuch der Meteorologie. Tauchnitz, Leipzig, 446-453, 1915
- [4] Egger J. Valley wind and the diurnal circulation over Plateaus. Monthly Wether Review, 115,2177'