

# Circulación atmosférica asociada a veranillos en el valle del Mantaro

## Atmospheric circulation during the dry spell events in the Mantaro valley

Juan Carlos Sulca Jota<sup>1</sup>, Yamina Silva Vidal<sup>2</sup>  
Ken Takahashi Guevara<sup>2</sup>, Kobi Mosquera Vásquez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos

<sup>2</sup> Instituto Geofísico del Perú

### RESUMEN

En esta investigación nuestro interés está centrado en la identificación de los eventos de veranillos en el valle del Mantaro y la circulación atmosférica regional asociada a ellos. Para la identificación de los veranillos se usan dos métodos: el índice de anomalías estandarizadas (IAE) y el método del decil. Para la identificación de los patrones de circulación atmosférica, se usan los compuestos secos menos normales (CSN) y el compuesto de anomalías diarias (CAD). Estos dos últimos permitirán diferenciar la circulación durante un veranillo y un día normal, así como si fuesen afectados por la variabilidad intraestacional del verano austral (enero, febrero y marzo). Durante el periodo 1992 al 2009, se identificaron 14 veranillos en el valle del Mantaro con una duración promedio de 9,2 días. La circulación atmosférica predominante durante estos eventos ha sido las anomalías de vientos del oeste en la parte central de América del Sur en todos los niveles de la atmósfera.

**Palabras clave:** veranillos, compuestos secos, circulación atmosférica en América del sur, valle del río Mantaro.

### ABSTRACT

In this paper our interest is focused primarily on identifying dry spell events in the Mantaro valley and regional atmospheric circulation associated with them. For the identification of dry spell two methods were used: the standardized anomalies index (IAE) and the method of the decile. For the identification of atmospheric circulation patterns, the dry minus normal composite (CSN) and the daily anomalies composite (CAD) were used, this two composites will permit to difference the circulation between the normal days and days with dry spell events, and also how the dry spells is affected by the intraseasonal variability of the austral summer (January, February and March). During the period 1992 to 2009, 14 days spell events were indentified in the Mantaro valley with an average duration of 9,2 days. The predominant atmospheric circulation during these events is the westerly anomalies in the central part of South America at all levels of the atmosphere.

**Keywords:** Dry Spell, Dry Composite, Atmospheric Circulation over South America, Mantaro valley.

## 1. Introducción

La cordillera de los Andes es una de las características topográficas más importantes de Sudamérica y se encuentra ubicada en la parte occidental de dicho territorio y abarca desde la parte norte del Ecuador hasta la parte

sur de Chile y Argentina. En los Andes sudamericanos existen dos zona particularmente interesantes para estudiar las variaciones climáticas en diversas escalas de tiempo: la zona del Altiplano y la cuenca del Mantaro, sin embargo, la zona con mayor registro de estudios sobre la variabilidad intraestacional de lluvias es El Altiplano, que se ubica

<sup>1</sup> Email: sulcaf5@gmail.com

**TABLA 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas en el valle del Mantaro.**

ESTACIÓN	LONGITUD (°)	LATITUD (°)	ALTURA (MSNM)	DATOS (AÑOS)
HUAYAO	75,32	12,04	3 308	1971-2009
JAUJA	75,47	11,78	3 322	1971-2009
INGENIO	75,26	11,88	3 450	1971-2009
VÍQUES	75,23	12,16	3 186	1971-2009
SANTA ANA	75,22	12,00	3 295	1992-2009

entre los (15° S-22° S) a una elevación promedio de 3800 m (aproximadamente 620 hPa) con un ancho de 250km (Garreaud, 1999 y Vuille, 1999).

En los estudios realizados por Garreaud et al. (2003) se indica que el mecanismo de las lluvias en el Altiplano se debe fundamentalmente al transporte de la humedad de la cuenca amazónica. Asimismo, Takahashi (2004) muestra una buena correlación entre la intensificación de los vientos del Este y el aumento de las lluvias en el valle del río Mantaro durante la estación lluviosa, lo que se podría entender, siguiendo su teoría, como que la intensificación de las lluvias se debe a un mayor flujo de aire cálido y húmedo desde la Amazonía hacia el valle. Por otro lado, Takahashi (2004) muestra que la precipitación y la humedad específica tienen una correlación insignificante, lo que indicaría que el mecanismo de lluvias, por mayor ingreso de humedad desde la Amazonía al valle de Mantaro, no es tan importante como lo es para el Altiplano. Según Trasmonte (comunicación personal), las observaciones a escala de tiempo sinóptico indican que la incursión de aire desde el Este tiene mayor importancia en las lluvias en la sierra central. Esto sugiere que el mecanismo de lluvias, en esta región, debe ser estudiado con mayor detalle y utilizando datos de otras estaciones ubicadas, no solo en el valle, como el caso de Huayao, sino a mayores altitudes.

En este trabajo, se pretende estudiar uno de los fenómenos de escala intraestacional que ocurre con bastante frecuencia en el valle del río Mantaro durante la estación lluviosa (enero, febrero y marzo). La zona de estudio se ubica en el valle del río Mantaro, entre las latitudes 11,5° S y 12,5° S y longitudes 75,5° W y 75° W a una altura promedio de 3330 msnm (aproximadamente 688 hPa). La longitud aproximada del valle es de 53 km.

## 2. Datos

Para el estudio de la circulación atmosférica a gran escala usaremos los datos de vientos (viento zonal y viento meridional) del Reanálisis I pertenecientes al NCEP -NCAR, descritos en Kalnay et al. (1996). Los datos originales son dados cada 6 horas (00UTC, 06UTC, 12UTC y 18UTC) con una resolución de 2,5° x 2,5° longitud-latitud para diferentes niveles de presión, que van desde 1000 a 100 hPa. Aquí se usan los datos correspondientes a las 00UTC (7 pm. hora local), representativo de las horas de la tarde-noche, pues es cuando ocurre la mayor cantidad de lluvias en el valle del río Mantaro.

Se usaron datos de lluvias acumuladas diarias de cinco estaciones meteorológicas que se describen en la tabla 1

(Sulca, 2010). La mayoría de estaciones pertenece a la red del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y Huayao al IGP.

## 3. Metodología

### 3.1. Identificación de fechas de ocurrencia de veranillos en el valle del río Mantaro

Para la identificación de las fechas de ocurrencias de veranillos, se usan dos métodos: el índice de anomalías estandarizadas (IAE) y el método de los deciles descritos en detalle en Sulca (2010). En este artículo se ha realizado un control de calidad más exhaustivo de los datos utilizados de lluvias (tabla 1) por lo que se definirá un veranillo cuando el 60% de las estaciones meteorológicas en el valle registren lluvias menores a 0,3 mm.

### 3.2. Definición de los compuestos

Un compuesto es definido como el promedio de todos los eventos de un fenómeno a tratar, ya que representa las características promedio de un fenómeno (Satyamurty et al., 2007). Al compuesto seco lo definen como un equivalente al de veranillos, y al compuesto normal lo definen como el promedio de los días (más de cinco) en los cuales no se registra un evento de veranillo o de lluvia intensa.

#### 3.2.1. Compuestos de secos menos normales (CSN)

Este compuesto es definido como la diferencia del compuesto seco (compuesto de veranillos) menos el compuesto normal. Este método nos permitirá distinguir la diferencia existente entre un evento de veranillo y periodo de días normales.

#### 3.2.2. Compuestos de anomalías diarias (CAD)

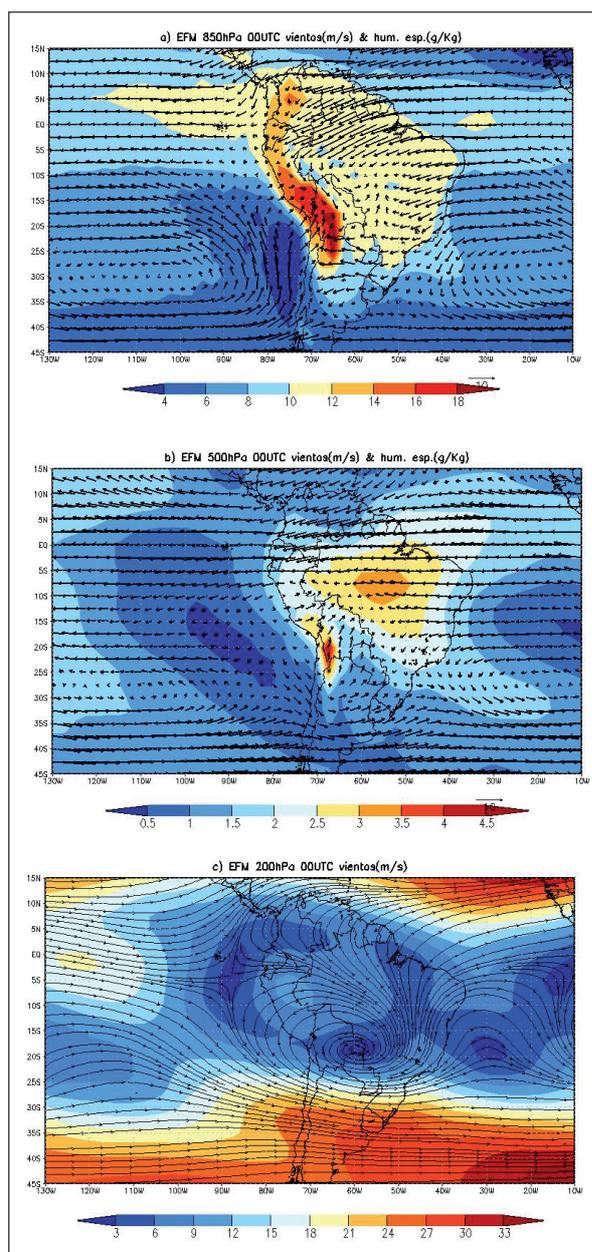
Se calcula como cualquier compuesto (seco o normal), pero la diferencia radica en que se toma como elementos las anomalías diarias de las fechas en las que ocurren los veranillos. En este caso se usarán las anomalías de los vientos zonal y meridional. Para el cálculo de la climatología diaria, primero se calcula la climatología mensual (el promedio de las medias mensuales durante el periodo 1971-2000; al mes de febrero se le considera solo con 28 días; no se consideran los años bisiestos). En segundo lugar se aplica el método de interpolación llamado spline cubica a la climatología mensual antes calculada. La climatología del día 29 de febrero (año bisiesto) se considera igual al del día 28.

### 3.3. Identificación de la circulación atmosférica de América de sur durante los veranillos

Para la identificación de los patrones de circulación atmosférica se aplica el método de los compuestos de los vientos (componentes zonal y meridional): CSN y CAD a diferentes niveles de presión (850 hPa, 700 hPa, 500 hPa, 200 hPa). Después de la obtención de los distintos compuestos, se aplica una prueba de significancia estadística de dos colas a un 95% de confiabilidad. Esto se hace para identificar los vientos anómalos más representativos. La prueba de significancia estadística se aplica a cada uno de las componentes de los vientos y se toma como viento significativo si uno de ellos pasa la prueba de significancia (Ken Takahashi, comunicación personal).

<sup>1</sup> National Center for Environmental Prediction.

<sup>2</sup> National Center for Atmospheric Research.



Fuente de datos: Reanalysis NCEP-NCAR.

Figura 1. Climatología de los vientos (m/s) en el verano austral (EFM) y humedad específica (g/kg) en: a) 850 hPa, b) 500 hPa y c) 200 hPa.

## 4. Resultados

### 4.1. Climatología de la circulación atmosférica en América del sur durante el verano

#### a. Nivel de 850 hPa

En la figura 1a, se observa que los vientos ingresan por el norte de Sudamérica provenientes del Atlántico norte, y fluyen hacia el Oeste, sobre el continente donde se encuentran con los Andes, entre Colombia y Perú, lo cual bloquea su avance. A partir de allí, se torna en un flujo del norte y noreste con dirección a Bolivia, Paraguay y el norte de Argentina. En esta última región es frecuente la presencia de

un sistema de vientos muy intensos conocido como Corriente de Chorro a Bajo Nivel (LLJ), el cual se intensifica durante el verano y permite un importante intercambio de energía y humedad (colores rojizos) desde la cuenca amazónica hasta el sur de Brasil y las planicies argentinas (IGP, 2005).

#### b. Nivel de 500 hPa

A este nivel (figura 1c), se observa la presencia de dos circulaciones anticiclónicas, ubicados uno sobre el océano Pacífico, y el otro sobre el océano Atlántico, centralizados aproximadamente en las coordenadas 16° S, 80° W y 23° S, 22° W respectivamente, que generan un área bastante extensa de divergencia sobre Bolivia, asociada con la formación de la Alta de Bolivia en niveles más elevados, lo cual favorece el desarrollo generalizado de lluvias en gran parte del centro del continente sudamericano (IGP 2005). La zona de mayor convección y, por consiguiente, de más lluvias se observan sobre Brasil (color crema), sobre la amazonía peruana y boliviana, y en el sur de Colombia. En el Perú, el incremento y concentración de humedad se verifica en gran parte del territorio y en la sierra central.

#### c. Nivel de 200 hPa

En los niveles altos de la troposfera (ver figura 1d), sobre Sudamérica, predomina una circulación anticiclónica, conocida como la Alta de Bolivia (AB), cuyo centro se ubica en promedio en las coordenadas (18° S, 58° W). Se atribuye a este sistema la función de hacer converger, sobre el Perú y otros países de Sudamérica, la inestabilidad y la humedad necesarias para la generación de lluvias, en particular sobre las zonas andinas. En este nivel también se puede mencionar a la corriente de chorro subtropical, que define la transición de la zona tropical y subtropical ubicada en el Atlántico. En el sector central del Perú, los vientos predominan en la dirección Este/Oeste, es decir, son flujos de aire húmedos y cálidos (celeste claro) provenientes de la Amazonía (IGP 2005).

## 4.2. Identificación de eventos de veranillos

### 4.2.1. Veranillos identificados según el IAE

En la figura 2, se muestran veintinueve eventos de veranillos identificados en el periodo 1992-2009 (dos ó más pentadas, píxeles azules). De todos ellos, se descartarán seis que corresponden a los años 2003 y 2004, debido a que en esos años solo se cuentan con los datos descritos de lluvias acumuladas en las estaciones del Huayao y Santa Ana.

Figura 2. Valores del IAE de lluvias en el valle del río Mantaro para los meses de verano en el periodo 1992-2009 (color azul indica valores de IAE menores a -1).

En la tabla 2, se muestra que la frecuencia promedio de ocurrencia de veranillos en el valle es de 0,83 casos por año (quince eventos en dieciocho años). La duración promedio de un veranillo es de 10,6 días. Se observa que el 60% de los veranillos identificados se caracteriza por pertenecer al grupo de dos por año (1993, 2002, 2005, 2007 y 2008), y el 40% restante, al grupo de un evento por año. Finalmente, se observa que este método registra el veranillo más intenso con tres pentadas consecutivas en los años 1993 y 2002.

### 4.2.2. Veranillos identificados mediante el método de los deciles

Con este método, se han identificado catorce veranillos (tabla 3). Se observa que la frecuencia promedio de ocurrencia es de 0,77 casos por año (trece eventos en dieciocho años). La duración promedio de un veranillo es de 9,2 días.

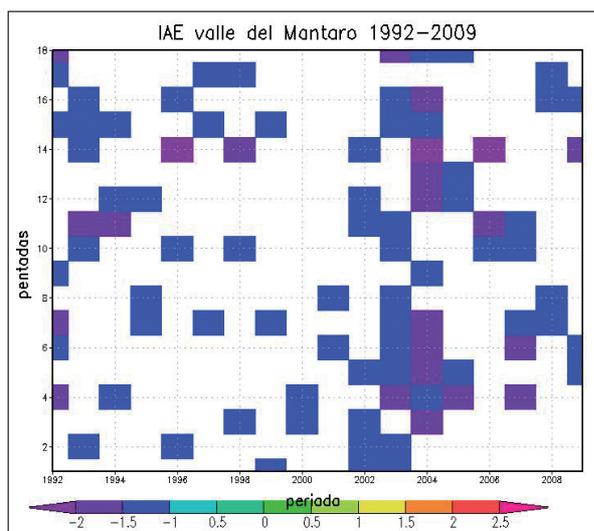


Figura 2. Valores del IAE de lluvias en el valle del Mantaro para los meses de verano en el periodo 1992-2009 (color azul indica valores de IAE menores a -1).

**TABLA 2. Veranillos identificados en el valle mediante el método del IAE.**

EVENTO	FECHA DE INICIO DEL EVENTO	Nº DE PENTADAS	DURACIÓN (DÍAS)
1	26-01-1992	6-7	10
2	22-03-1992	17-18	10
3	15-02-1993	10-11	10
4	07-03-1993	14-15-16	15
5	11-01-2000	3-4	10
6	01-01-2002	1-2-3	15
7	20-02-2002	11-12	10
8	16-01-2005	4-5	10
9	25-02-2005	12-13	10
10	15-02-2006	10-11	10
11	26-01-2007	6-7	10
12	15-02-2007	10-11	10
13	31-01-2008	7-8	10
14	17-03-2008	16-17	10
15	21-01-2009	5-6	10

Asimismo, con este método se distingue un porcentaje casi semejante en la cantidad de veranillos moderados e intensos. Además, el 29% que fue identificado, se caracteriza por pertenecer al grupo de dos por año (1992, 1993, 1998, 2002, 2007), y el 71% restante al grupo de un veranillo por año. Finalmente, observamos que el evento más intenso fue de 15 días consecutivos en el año 2008.

#### 4.3. Circulación atmosférica de América de Sur durante los veranillos

##### 4.3.1. Circulación atmosférica según compuestos secos menos normales (CSN)

A 850 hPa (figura 3a), sobre la parte central de Sudamérica (5° N-10° S, 85° W-10° W) se observan vientos anómalos del Noroeste, lo cual evidencia la disminución

**TABLA 3. Veranillos identificados en el valle mediante el método de los deciles.**

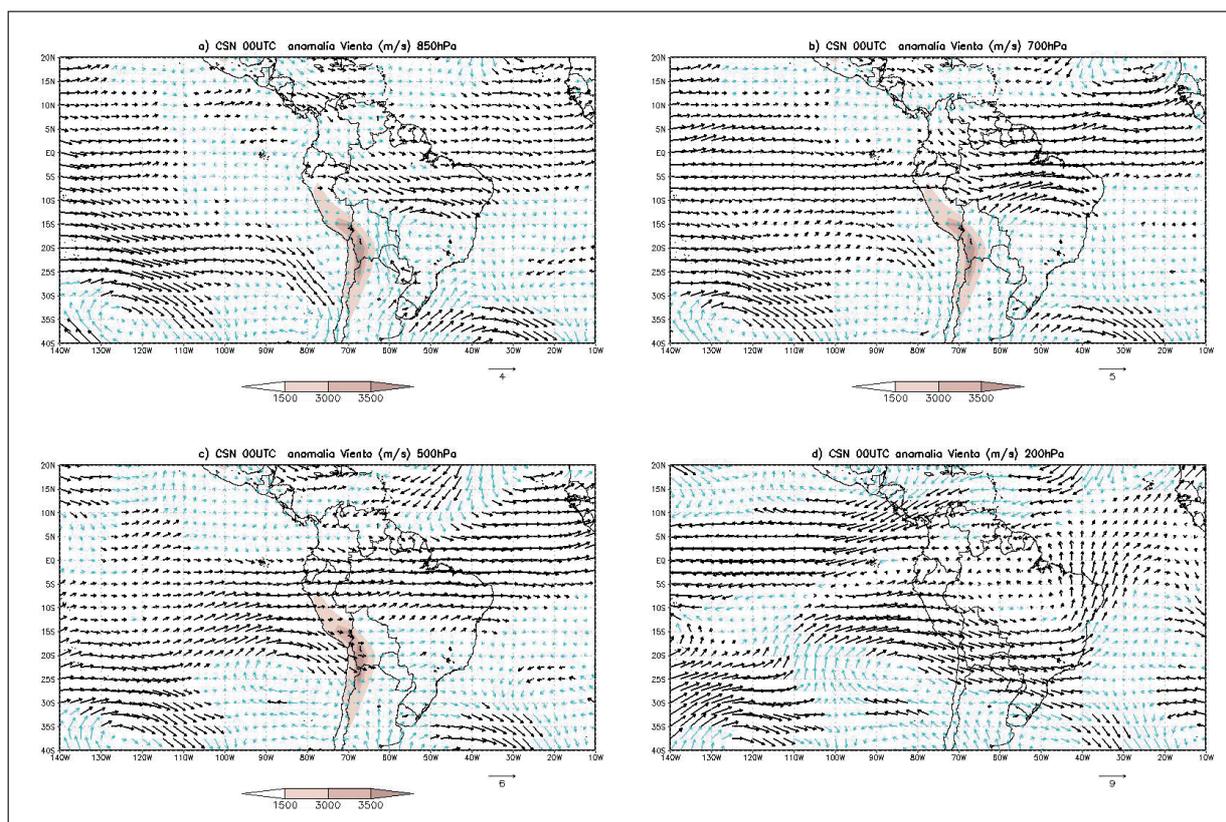
EVENTO	FECHA DE INICIO DEL EVENTO	DURACIÓN (DÍAS)	CLASIFICACIÓN
1	15-01-1992	7	Moderado
2	21-03-1992	11	Intenso
3	03-01-1993	10	Intenso
4	13-02-1993	11	Intenso
5	22-03-1997	7	Moderado
6	12-02-1998	9	Moderado
7	22-03-1998	7	Moderado
8	01-01-2002	10	Intenso
9	21-03-2002	9	Moderado
10	16-01-2005	10	Intenso
11	16-02-2006	8	Moderado
12	29-01-2007	7	Moderado
13	16-02-2007	9	Moderado
14	16-03-2008	15	Intenso

de la intensidad de los vientos del Este. Esto generaría un menor ingreso de aire cálido y húmedo de la cuenca del Amazonas y afectaría las lluvias en la parte central y sur de los Andes peruanos (Garreaud, 1999; Vuille, 1999). También se identifica una anomalía ciclónica al sur de Brasil centrada en el punto 16° S; 52°W, que pudiera estar asociado a una disminución de los vientos del Este y una disminución de la intensidad de la Corriente de Chorro de Bajo Nivel.

Las anomalías de vientos a 700 hPa (ver figura 3b) nos da más confianza en lo identificado a 850 hPa, debido a que hay mayor predominio de anomalías del Oeste en una región más extensa (7,5° N-12° S; 140° W-10° W), lo que reafirma la disminución de los vientos del Este, así la anomalía ciclónica sobre el sur de Brasil se desplaza más al Sur en el punto 20° S; 50° W), y estarían favoreciendo las condiciones secas en el valle del río Mantaro.

A 500 hPa (ver figura 3c), el patrón de vientos anómalos es análogo a los dos niveles anteriores, pero la diferencia radica en que, en este nivel, no se identifica la anomalía ciclónica sobre el sur de Brasil, pero sí la del océano Pacífico al norte de Chile, centrada aproximadamente en el punto 26°S; 86°W, que evidencia el ingreso de aire seco desde el océano Pacífico y que cruza los Andes (sur de Perú, Bolivia y norte de Chile) hasta llegar a Paraguay. Este nivel está por encima de la altura promedio del valle, por lo que estos vientos anómalos estarían corroborando el mecanismo propuesto por Garreaud et al. (2003).

A 200 hPa se ve que la anomalía ciclónica observada en los niveles más bajos en el océano Pacífico al norte de Chile (24°S, 82°W) se mantiene. Durante los eventos secos en el Altiplano, se observa una anomalía similar, pero más al Este (25°S; 60°W), según Garreaud (1999). En el Altiplano, esta anomalía ciclónica está relacionada con una disminución de intensidad de la Alta de Bolivia, lo que le generaría una disminución de aire húmedo y una convergencia de mayor estabilidad. Esto afecta la ocurrencia de lluvias en dicha región; para el valle del río Mantaro, esta anomalía ciclónica genera ingreso de aire seco sobre la parte central y sur del Perú, norte de Chile, Paraguay, norte de Argentina y la parte sur de Brasil. Ello generaría las condiciones secas sobre el valle del río Mantaro y zonas cercanas a él.



Fuente: Reanalysis del NCEP/NCAR.

Figura 3. Anomalías de vientos (m/s), calculado por el método CSN durante un veranillo en el valle del río Mantaro a diferentes niveles de presión 850 hPa (a), 700 hPa (b), 500 hPa (c) y 200 hPa (d). Las anomalías que pasan la prueba de significancia estadística de dos colas al 95% son remarcadas. Los Andes a diferentes alturas (sombras grises que van desde 1500 a más de 3500 m).

#### 4.3.2. Circulación atmosférica según compuestos de anomalías diarias (CAD)

Los niveles de 850 hPa y 700 hPa (figura 4a y figura 4b, respectivamente) se caracterizan, en gran parte del continente, por una predominante disminución de los vientos del Este y también se identifica una anomalía ciclónica de vientos sobre la parte sur de Brasil, centrada aproximadamente en el punto 18° S; 54° W); así como vientos anómalos del Oeste que recorren lo largo de la línea ecuatorial y que cruzan por la parte norte del Perú y Brasil. Finalmente observamos vientos anómalos significativos que ingresan por la zona sur del Perú, considerados dado que los Andes, en esta parte, tienen una altitud superior a 2000 m (mucho mayor que la altura de los 850hPa).

En 500hPa (ver figura 4c) se observan vientos anómalos de dirección Oeste que recorren longitudinalmente la parte central y norte del Perú y la parte centro-norte de Brasil. En la parte sur de las costas del Perú solo se observan vientos anómalos significativos del Noroeste debido a una anomalía ciclónica centrada en 22° S, 83° W), lo que implica el ingreso de aire seco del océano Pacífico que cruza los Andes.

Finalmente, a 200 hPa (ver figura 4d) se observa una anomalía ciclónica centrada en el punto 20° S, 90° W, la cual es más significativa sobre las costas centro y sur del Perú. Esto generaría, en este nivel, un ingreso de aire seco del océano Pacífico en dirección oeste hacia la parte central y sur del Perú, lo que produciría una disminución de aire húmedo y una convergencia de mayor estabilidad. Esto implicaría, pues, menos lluvias en dicha región.

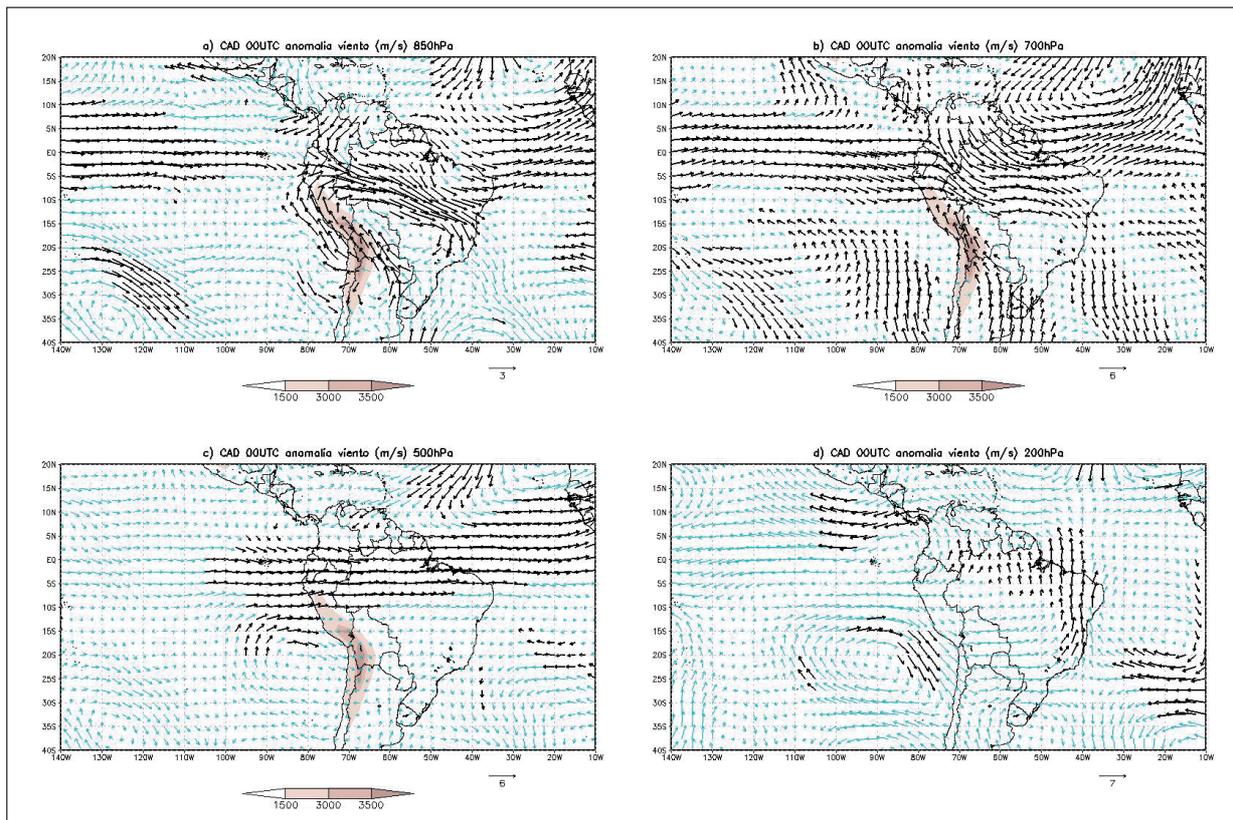
## 5. Discusión

### a. En la identificación de eventos de veranillos

Tanto los aportes de ambos métodos en la identificación de veranillos, así como sus diferencias más resaltantes son descritas en Sulca (2010), donde se muestra que el método de IAE es una buena primera aproximación en la identificación de veranillos. Ello ese da debido a que la variabilidad de una pentada puede ser enmascarada por la existencia de uno o más días de lluvias intensas, por lo que no registra bien su variabilidad, pues pueden generar valores que tiendan a o sean mayores a cero, por tanto, no son registrados como posibles fechas de veranillos. El método de deciles lo tomamos como una segunda aproximación en la identificación de veranillos, debido a que verificamos si las pentadas cumplen con la definición de veranillo (Sulca 2010). Con todo lo anterior se realizó una tabla de los catorce veranillos identificados en la estación lluviosa del valle (enero, febrero y marzo) para el periodo 1992-2009.

### b. En la identificación de la circulación atmosférica de América del Sur durante un veranillo

En ambos métodos (CSN y CAD) se observa un patrón de circulación casi análogo, como la ubicación de los centros de anomalías ciclónicas sobre el sur de Brasil (850 hPa y 700 hPa). En gran parte de dicho país se observan vientos anómalos en dirección Oeste, lo que evidencia una disminución de los vientos del Este e implica menos capacidad de ingreso de aire cálido y húmedo de la Amazonía hacia las regiones andinas. A 500 hPa (sobre el valle del río Mantaro) se observan vientos



Fuente: Reanalysis del NCEP/NCAR

Figura 4. Anomalías de vientos (m/s), calculado por el método CAD durante un veranillo en el valle del río Mantaro a diferentes niveles de presión 850 hPa (a), 700 hPa (b), 500 hPa (c) y 200 hPa (d). Los vientos anómalos que pasan la prueba de significancia estadística de dos colas al 95% son remarcados. Los Andes a diferentes alturas (sombas grises que van desde 1500 a más de 3500 m).

anómalos en dirección Oeste, y también son reforzados con la presencia de una anomalía ciclónica sobre la costa norte de Chile que hace ingresar aire seco. Al otro lado de los Andes (Brasil) se observan anomalías del Oeste, lo que reafirma la disminución de los vientos del Este. Finalmente, a 200hPa, se identificará una anomalía ciclónica centrada aproximadamente en el punto 20° S; 90° W que transporta vientos secos que están sobre el océano Pacífico y ello produciría una disminución de lluvias en las zonas centro y sur de los Andes.

## 6. Conclusiones

Para la identificación de los veranillos se usa en primera aproximación el método de anomalías estandarizadas y el método de deciles. En el valle del río Mantaro se registran trece veranillos en los meses de enero, febrero y marzo para el periodo 1992-2009; además se muestra que los veranillos son independientes de la variabilidad intraestacional, pues se registran casi la misma cantidad de veranillos en los meses de enero, febrero y marzo.

El método de compuesto seco menos normales (CSN) nos evidencia grandes zonas de vientos anómalos significativos. Esto se debe al realizar la distinción de dos clases de compuestos (secos y normales). La principal causa de ello sería la superposición de diferentes fenómenos meteorológicos en dichas fechas de ocurrencia de veranillos y periodos secos. Principalmente, este método nos permitió una distinción de un veranillo de un periodo de días normales.

El método de compuesto de anomalías diarias (CAD) nos

muestra menor cantidad de vientos anómalos significativos con respecto al método de CSN, debido principalmente a que los compuestos secos se le retiro su variabilidad intraestacional (climatología). Este método nos permite verificar que un veranillo es un evento anómalo de la variabilidad intraestacional, de la circulación atmosférica de escala regional.

A 500 hPa, ambos métodos (CSN y CAD) muestran vientos anómalos en dirección Oeste. Están asociados a una anomalía ciclónica que hace ingresar aire seco hacia la zona del valle del río Mantaro, y por otro lado a la disminución de los vientos del Este (menos flujo de vientos húmedos y cálidos). Todo ello estaría en concordancia con el mecanismo propuesto por Garreaud. Finalmente a 200 hPa se observa una anomalía ciclónica ubicada en (20° S; 90° W) que también estaría contribuyendo con más ingreso de aire seco sobre la zona de estudio, y con ello aumentaría la ocurrencia de los veranillos.

## 7. Trabajos futuros

En trabajos a futuro se seguirá estudiando los posibles mecanismos para la ocurrencia de veranillos y la realización de simulaciones de estos eventos con el modelo climático regional RegCM3.

## 8. Referencias bibliográficas

- **Garreaud, R., (1999).** Multiscale Analysis of the Summertime Precipitation over the Central Andes. Mon. Wea. Rev., 127, 901-921.

- **Garreaud, R., Vuille, M., Clement, A. (2003).** The climate of the Altiplano: Observed current conditions and mechanisms of past changes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194, 5-22.
- **Instituto Geofísico del Perú (2005).** Atlas climático de precipitaciones y temperatura en la cuenca del río Mantaro. Lima: Fondo Editorial del CONAM.
- **Kalnay et al. (1996).** The NCEP/NCAR 40-Years Reanalysis Projects. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437-472.
- **Satyamurty, P. et al. (2007).** Warm and Dry spell (WDS) in Austral Winter over Central South America. *Ann. Geophys.*, 25, 1049-1069
- **Sulca, J. C. (2010).** Identificación de veranillos en el valle del río Mantaro. Compendio de trabajos de investigación realizado por estudiantes durante el año 2009. Instituto Geofísico del Perú.
- **Takahashi, K. (2004).** Statistical downscaling of rainfall in the Mantaro basin. Scientific report to PROCLIM.
- **Vuille, M. (1999).** Atmospheric circulation over the bolivian Altiplano an during dry and wet periods and extreme phases of the southern oscillation. *Int. J. Climatol.*, 19, 1579-1600.