

# IDENTIFICACIÓN DE CASOS DE JETS EN NIVELES BAJOS, DEL NORTE (SALLJ) Y DEL SUR (SJ) AL ESTE DE LOS ANDES DURANTE EL VERANO Y OTOÑO 1999

José A. Marengo<sup>1</sup>, Matilde Nicolini<sup>2</sup>, Michael W. Douglas<sup>3</sup>, y Pedro L. Silva Dias<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos(CPTEC/INPE), SP, Brasil  
Rodovia Dutra km. 40-12630-000 Cachoeira Paulista, SP, Brasil

Email: [marengo@cptec.inpe.br](mailto:marengo@cptec.inpe.br)

<sup>2</sup>CIMA-CONICET/UBA–Depto. de Ciencias de la Atmósfera -UBA. Argentina

<sup>3</sup>NOAA/National Severe Storms Laboratory, Norman, Oklahoma, USA

<sup>4</sup>Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, SP, Brasil

## INTRODUCCIÓN

Existen antecedentes tanto observacionales como de modelos numéricos que documentan la presencia de un transporte meridional de vapor de agua durante los meses de primavera y verano, el cual puede extenderse desde la Amazonia hasta el sur de Brasil y norte de Argentina en la cuenca del Rio de la Plata (Nogues Paegle and Mo, 1997, Berbery and Collini, 1999, Saulo et al., 2000, Seluchi and Marengo, 2000, Misra et al., 2000 y Lau and Zhou, 2000, entre otros). Este flujo de vapor con una dominante componente norte, se origina en una deflexión y canalización de los vientos alisios del noreste por la presencia de los Andes. Inmerso en esta corriente existen evidencias de un máximo en la velocidad del viento en un perfil tipo jet en la troposfera baja (LLJ) a lo largo de las estribaciones orientales de los Andes (denominado SALLJ en este trabajo). Paegle (1998) hizo una revisión sistemática de LLJ en las Américas, con énfasis en el continente Sudamericano. Entre los trabajos que documentan evidencias observacionales del SALLJ están los de Fernández y Necco (1982), Inzunza y Berri (1990), Sugahara et al. (1994), Douglas et al. (1998, 1999, 2000), Saulo et al. (2000), Marengo et al. (2001a), Silva Dias et al. (2001), así como Nicolini y Saulo (2000) y Saulo y Nicolini (2000) caracterizan episodios intensos de SALLJ extendidos al sur (denominados Chaco jets). La red operativa de estaciones aerológicas en la región sudamericana no es capaz de resolver ni espacial ni temporalmente la escala de estos jets de bajos niveles. Los sondeos de altura son particularmente escasos o inexistentes en Bolivia, Paraguay y oeste de Brasil donde las evidencias indican que se localizaría el núcleo del jet. En comparación, el LLJ al este de las Montañas Rocallosas sobre Norte América ha sido extensamente documentado y estudiado (Bonner, 1968, Bonner and Paegle, 1970, Arritt et al., 1997, entre otros). Antecedentes tales como Velasco y Fritsch (1987), Silva Dias (1987), muestran la relación existente entre la formación de sistemas convectivos organizados en la mesoescala y la convergencia de vapor de agua corriente abajo de los LLJs. Esto ha motivado investigaciones para entender los mecanismos que originan el LLJ, su ciclo diurno, y su rol de modulador de la convección organizada.

Una corta campaña de observación con globo piloto en Santa Cruz, Bolivia en el marco del proyecto Pan American Climate Studies-Sounding Network (PACS-SONET 1998) permitió documentar claramente la existencia de episodios de LLJ intensos (velocidades máximas medias que superan los 19 m/s) en 12 días de la muestra y caracterizar la estructura vertical de la misma en dicha localidad (Douglas et al. 1998). Asimismo, un examen de los perfiles de viento durante esta campaña, muestran que además de los eventos SALLJ se verifican situaciones de vientos fuertes en capas bajas con una componente sur dominante (incursiones de aire frío, en adelante denominadas jets del sur o SJ).

Durante el período comprendido entre enero y abril 1999 se obtuvieron mediciones con globos piloto y radiosondeo en la red PACS-SONET que ha comenzado a operar en Bolivia, así como

radiosondeos dentro del proyecto Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA) Wet Season Atmospheric Mesoscale Campaign (WET AMC) realizado conjuntamente con el Tropical Rainfall Measuring Mission-LBA (TRMM-LBA) en el estado de Rondonia (Brasil) (Silva Dias et al., 2001) durante el período enero-febrero 1999.

El objetivo del presente trabajo es de utilizar estas observaciones de verano 1999, e investigar algunas características observacionales de casos identificados como SALLJ y SJ, así como su variabilidad temporal durante el período enero-abril 1999 y el análisis de algunos episodios individuales. Si bien los resultados representan un avance importante si se tiene en cuenta la ausencia de observaciones en la región, deben considerarse preliminares dado la existencia de datos faltantes y la cobertura parcial tanto del núcleo del SALLJ como del SJ.

## METODOLOGÍA Y MATERIAL

Como se mencionó en la introducción, si bien la campaña LBA-WET AMC y TRMM-LBA tuvo lugar durante el período enero-febrero 1999, los estudios relativos al SALLJ y SJ basados en las observaciones en la red de estaciones de sondeos PACS-SONET en Bolivia por su iniciación tardía continuaron hasta abril de 1999. En el mapa incluido en la Figura 1 se ha indicado la ubicación de las estaciones de sondeo de PACS-SONET (4 estaciones de globo piloto:Trinidad, Roboré, Uyuni y en el aeropuerto internacional de Santa Cruz donde además se operó una estación de radiosondeo) y de radiosondeo en la red LBA-WET AMC. Las observaciones con globo piloto en Bolivia fueron realizadas dos veces por día alrededor de las 0630-0700 hora local (HL) y 1700-1730 HL.

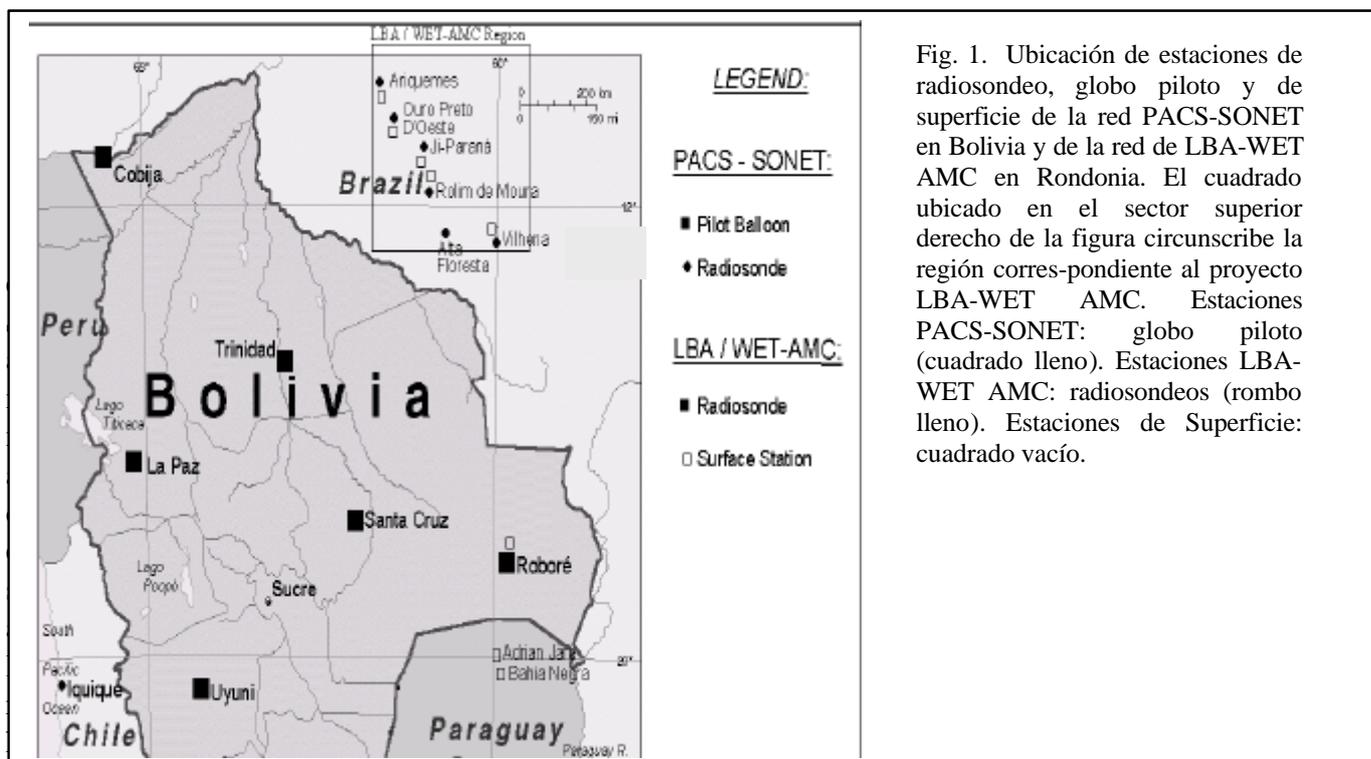


Fig. 1. Ubicación de estaciones de radiosondeo, globo piloto y de superficie de la red PACS-SONET en Bolivia y de la red de LBA-WET AMC en Rondonia. El cuadrado ubicado en el sector superior derecho de la figura circunscribe la región correspondiente al proyecto LBA-WET AMC. Estaciones PACS-SONET: globo piloto (cuadrado lleno). Estaciones LBA-WET AMC: radiosondeos (rombo lleno). Estaciones de Superficie: cuadrado vacío.

Con el objetivo de identificar los casos de SALLJ y de SJ se aplicó a los perfiles de viento observados, el *criterio 1 de Bonner*, utilizado inicialmente sobre las Grandes Planicies de Norteamérica (Bonner 1968). Este criterio impone una condición a la intensidad del viento y otra a la cortante vertical

del mismo: especifica que el perfil vertical de vientos debe presentar velocidades de por lo menos 12 m/s en los primeros 1.5 km y disminuir en la vertical desde el máximo por lo menos 6 m/s hasta el mínimo más cercano al máximo o bien hasta 3 km si este mínimo se encuentra por encima de este nivel. Si bien resulta arbitrario utilizar este criterio a la región al este de los Andes tiene la ventaja de permitir la comparación de estadísticas con las obtenidas en otras regiones geográficas en las que ha sido ampliamente utilizado. Douglas et al. (1998) y Saulo et al. (2000) lo han empleado a fin de identificar los eventos más intensos de SALLJ en Santa Cruz, encontrando en la composición de 12 casos, máximos medios en la velocidad de ~20 m/s en 1.7 km sobre superficie en un flujo del NW, velocidades de ~7 m/s en superficie y cortantes de ~5m/s/km por encima del máximo y por debajo de los 3 km. Saulo et al. (2000) aplicó este criterio a las salidas operativas del modelo regional Eta producidas por el CPTEC, dado su capacidad para proveer una descripción realista de la circulación local y para detectar patrones de mesoescala, lo cual ha permitido progresar en la caracterización del SALLJ durante la primavera y el verano de 1997-1998. Estos resultados han justificado el uso del mismo criterio de identificación del SALLJ en el presente trabajo.

## RESULTADOS

Los resultados que se presentan a continuación pretenden esclarecer algunas de las características de la circulación y de los eventos SALLJ y SJ y su variabilidad temporal durante el período enero-abril 1999.

El campo medio mensual de la circulación en niveles bajos obtenido de los reanálisis de NCEP (no se muestra) presenta un núcleo de vientos máximos ubicado sobre el este de Bolivia durante los meses de enero a abril de 1999. La variabilidad sinóptica del flujo resulta en un desplazamiento del núcleo en el flujo del NW (o en las incursiones de vientos del SE) ubicados sobre una región más extensa que abarca desde el W de Brasil, se puede extender hasta Paraguay y en algunos casos hasta el SE de Brasil y el N de Argentina. Resulta claro que si bien durante la estación cálida son más frecuentes los jets del norte, ocurren situaciones, en estas latitudes relativamente bajas, caracterizadas con fuertes vientos del sur aún en plena estación cálida, si bien estos eventos tienden a ser más frecuentes e intensos durante la estación fría.

La Figura 2 muestra una serie temporal de la componente meridional del viento ( $v$ ) en 850 hPa de los registros de radiosondeo en Santa Cruz y en el punto de grilla más cercano de los reanálisis de NCEP durante el período enero-abril 1999. El ciclo diario en  $v$  a partir de los reanálisis indica un máximo entre las 0000 (~20 HL) y 1200 UTC (~8 HL) y un mínimo alrededor de 18 UTC (~14 HL). Por su parte las observaciones indican una componente meridional más intensa a las 6:30 a 7:00 HL respecto a la correspondiente a las 17:00 a 17:30 HL. Douglas et al. (1998) muestran en su Figura 5 que el número de observaciones en Santa Cruz (verano 1998) por debajo de 2 km en horas de la tarde más que duplican las correspondientes en horas de la mañana. Las observaciones matutinas durante el período 1999 han sido realizadas más temprano que durante el período 1998 lo cual ha reducido el problema de nubosidad y la consecuente imposibilidad de seguir el globo en el sondeo de la mañana. Este cambio torna más confiable la comparación de la magnitud del viento meridional ( $v$ ) en las horas matutinas respecto de las de la tarde. Si bien existe un desajuste de ~1 hora entre las horas del radiosondeo y las horas sinópticas más cercanas de los reanálisis, se observa un consenso en la dirección de la componente meridional y una tendencia en los reanálisis a subestimar la intensidad de los extremos de ( $v$ ), especialmente en el flujo del sur con un mejor acuerdo en el flujo del norte. En esta comparación es importante tener en cuenta que la circulación resultante de los reanálisis en esta región de Sudamérica está fuertemente dominada por la física del modelo del NCEP utilizado en producir los

reanálisis, dadas las limitaciones de la red observacional y pocas observaciones asimiladas por el modelo.

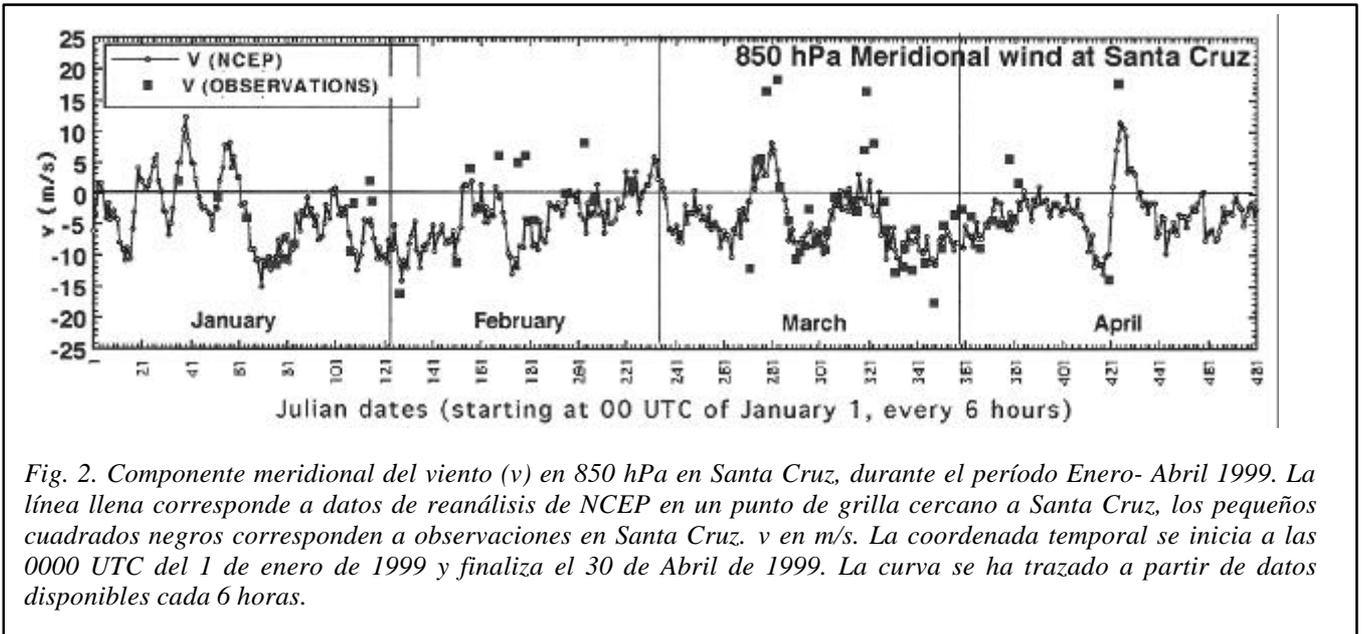


Fig. 2. Componente meridional del viento ( $v$ ) en 850 hPa en Santa Cruz, durante el período Enero- Abril 1999. La línea llena corresponde a datos de reanálisis de NCEP en un punto de grilla cercano a Santa Cruz, los pequeños cuadrados negros corresponden a observaciones en Santa Cruz.  $v$  en m/s. La coordenada temporal se inicia a las 0000 UTC del 1 de enero de 1999 y finaliza el 30 de Abril de 1999. La curva se ha trazado a partir de datos disponibles cada 6 horas.

#### a) Evidencia observacional de los eventos SALLJ y SJ al este de los Andes

La siguiente es una lista de las fechas de eventos SALLJ identificados a partir de las observaciones de altura en Santa Cruz y Trinidad. Los períodos subrayados corresponden a los eventos analizados en detalle.

##### **Estación: Trinidad**

Enero: 19-20, 31

Febrero: 3-5, 7, 12, 14\* (SJ), 21, 24

Marzo: 1, 4-8, 11-12 (SJ), 18, 25, 28-29

Abril: 13-15, 16-18 (SJ), 26

\*Vientos máximos a las 2200 UTC

**Estación: Santa Cruz** Enero: 15, 20, 27 (observaciones faltantes durante 1-12, 17-19, y 29-31)

Febrero: 5, 6-7, 12, 15, 23, 24 (SJ) (observaciones faltantes durante 1-3, 16-17, 22, 25 y 27-28)

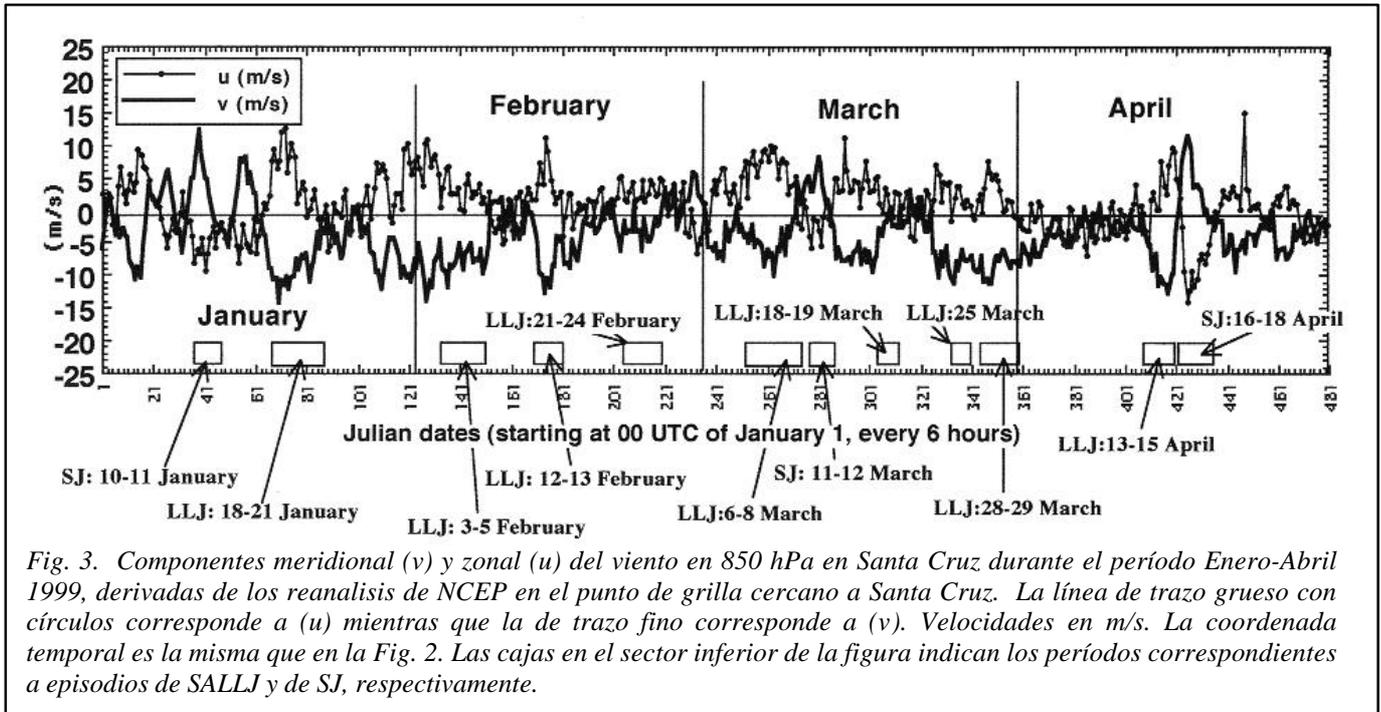
Marzo 1999: 11 (SJ), 18, 21 (observaciones faltantes durante 1-9, 15, 17, 25-26 y 28-29)

Abril 1999: 13-15, 16-19 (SJ) (observaciones faltantes durante 7-12, 17-30)

La Figura 3 muestra fluctuaciones en la escala sinóptica en la componente meridional del viento en 850 hPa (NCEP reanálisis para una grilla localizada sobre Santa Cruz) con 9 picos con dirección norte y 3 picos con dirección sur, ambos que superan los 10 m/s. Todos los episodios de SALLJ están caracterizados por flujo del NW mientras los SJ por flujo del SE.

Tanto el listado como la Figura 3 indican una tendencia a una mayor ocurrencia de eventos SALLJ durante Febrero y Marzo (enero tiene períodos más largos de datos faltantes) y si se compara el número de ocurrencia de casos SALLJ y SJ se encuentra que los primeros ocurren entre 3 a 4 veces más frecuentemente que los segundos, resultado que concuerda con lo señalado por Douglas et al. (1998)

para el verano 1998 en Santa Cruz. Se verificaron valores máximos de velocidad del viento en 850 hPa de 25-27 m/s durante febrero y marzo 1999. Los vientos medios en niveles bajos durante 1999 fueron ~50% más débiles (diferencias de ~3-4 m/s en 1.7 km) y la duración de los episodios SALLJ y SJ más corta que en 1998. Esta señal de variabilidad interanual ha sido indicada por Lau and Zhou (2000) y Misra et al. (2000).



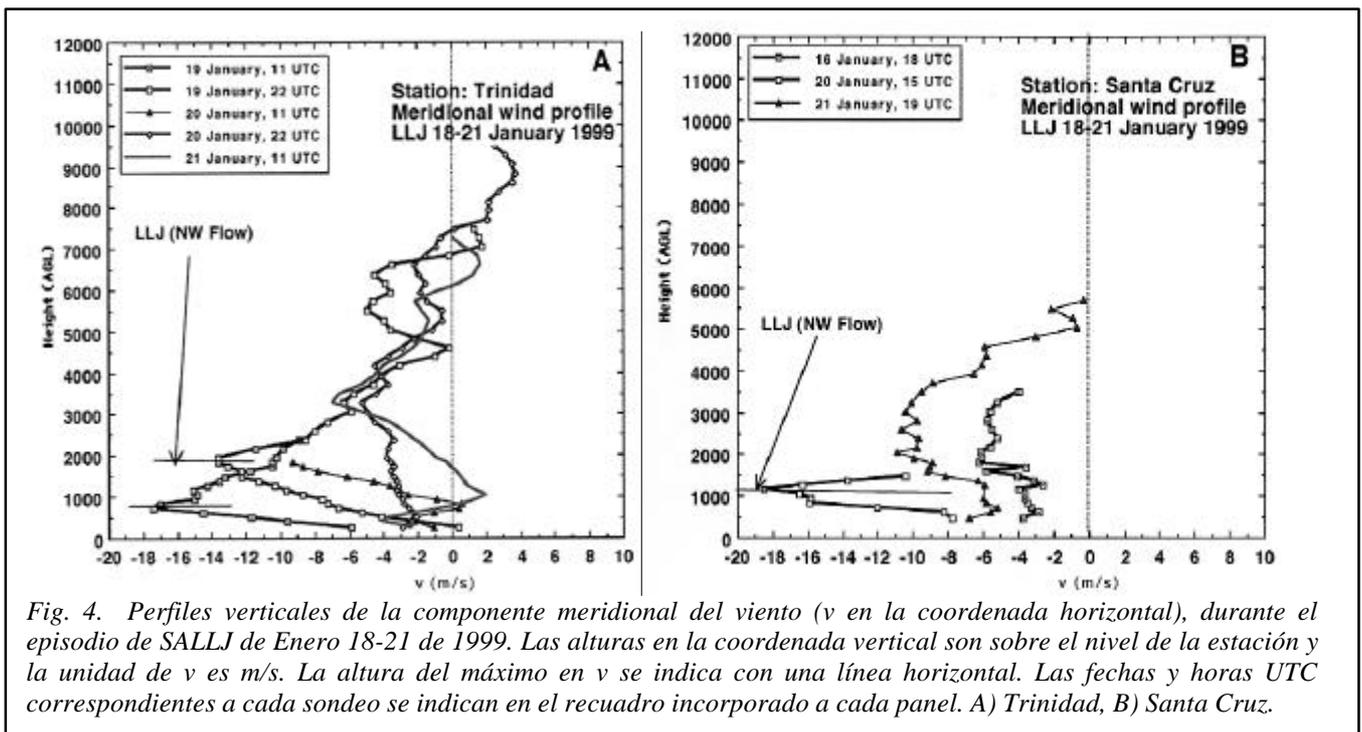
La variabilidad temporal observada en el viento en 850 hPa en Bolivia también se encuentra en un análisis de los perfiles del viento en Rondonia (no incluidos) si bien la intensidad del viento es menor que cerca del núcleo del SALLJ (Santa Cruz). En Ouro Preto d'Oeste la máxima velocidad alcanza 16 m/s en enero 1999, entre 0600 y 1500 UTC. La condición de cortante vertical impuesta por el criterio de Bonner no se cumple en las estaciones de Rondonia y la no simultaneidad de observaciones en Bolivia y Rondonia durante gran parte del período estudiado dificulta un análisis comparativo sistemático entre las estaciones de la región. Sin embargo, la variabilidad diaria indica una mayor probabilidad de SALLJ en circulaciones con componente del oeste cuando la precipitación es más intensa en horas de la tarde en el área de Rondonia mientras que algunos episodios de SALLJ ocurridos en un régimen de vientos del este se asocian con máxima precipitación tanto en horas nocturnas y primeras horas de la mañana como en horas de la tarde (Marengo et al. 2001b).

### b) Análisis de algunos episodios de SALLJ o SJ

A continuación se analizan en detalle tres eventos incluidos en la lista de eventos SALLJ y SJ. Estos eventos son: (a) episodio de SALLJ de enero 18-21 (durante la campaña WET-AMC/LBA); (b) episodio de marzo 5-6, y (c) episodio de SALLJ de abril 13-15 seguido por un intenso episodio de SJ 16-18 de abril.

#### -Episodio SALLJ durante Enero 18-21 1999

Durante el período 18-21 de enero 1999 se detectó un fuerte episodio de SALLJ en las estaciones Trinidad, Santa Cruz y Roboré y los sondeos de altura en Ouro-Preto d'Oeste, Rolim de Moura, y Reserva Biologica Jaru en Rondônia si bien no verifican el criterio de Bonner, al presentar un fuerte flujo del NW en capas bajas evidencian que el SALLJ puede haberse extendido hacia el este de los Andes alcanzando el area de LBA-WET AMC Rondonia. Se observaron vientos en superficie del NW superando los 15 m/s desde Santa Cruz hasta Mariscal Estigarribia (oeste de Paraguay). En Trinidad (Figura 4 a) el sondeo de viento del día 19 a las 1100 UTC muestra a 900 m de altura vientos del norte de ~18 m/s mientras que este máximo asciende a 2000 m y se debilita a 14 m/s a las 2200 UTC. El flujo del norte reduce su intensidad al día siguiente, manteniendo su dirección del NW por encima de 3000 m. En Santa Cruz (Figura 4 b) la velocidad máxima observada en 1100 m es de ~18 m/s el día 20/1 a las 15 UTC. Se detecta una cortante severa entre 1000 m (~800 hPa) y 3000 m (~600 hPa) sobre superficie y vientos débiles entre 3000 y 6000 m (600-550 hPa). Roboré (no se muestra) presenta vientos del norte máximos entre 1000 y 2000 m y una mayor variabilidad en el perfil vertical respecto de las otras estaciones. El SALLJ comienza a formarse el día 16, se intensifica durante el 19 y 20 y se debilita a partir del día 21. Un análisis de la estructura termodinámica en días previos y durante el día 19 (no se incluye figuras) revela el contraste de masas de aire con aire relativamente más seco tanto sobre Santa Cruz como sobre Rolim de Moura (Rondonia) en los sondeos previos al día 19 en que aire más húmedo ha ingresado y se halla presente en 1500 m a las 1300 UTC.



#### -Episodio SALLJ durante 4-8 marzo 1999

Este evento ocurrido fuera del período del experimento LBA-WET AMC estuvo caracterizado por un intenso flujo del norte con una marcada extensión meridional el día 7 (desde el Caribe hasta las llanuras argentinas). Los vientos del NW en superficie sobre estaciones bolivianas registraron velocidades superiores a 20 m/s. No se realizaron sondeos de viento en Santa Cruz durante este período. La Figura 5 indica que este episodio fue casi tan intenso como el del 18-21 enero. En Trinidad y en Roboré (no se ilustra) los perfiles de viento muestran flujo del norte desde el 3 al 8 de marzo, con

un máximo de ~16 m/s ubicado entre 900 y 1500 m, especialmente el 7 de marzo a las 1100 UTC. Durante los días 4-6 las velocidades máximas ocurren a las 2200 UTC en un flujo del NW alcanzando 23 m/s a las 2200 UTC y 21 m/s a las 1100 UTC. Los días 7 y 8, los vientos son más fuertes (también del NW) y alcanzan máximas velocidades a las 1100 UTC con cortantes verticales máximas de ~13.5 m/s por km. La componente norte permanece hasta 5000 m. En Roboré el perfil de vientos (no se muestra) es más irregular con un máximo en la componente meridional de alrededor de 10 m/s a ~1500 m el día 7 a las 1100 UTC. Para el 11 de marzo los vientos rotaron al SE.

**-Episodio SALLJ(13-15 de abril) seguido por un episodio SJ (16-19 de abril 1999)**

Las observaciones en Santa Cruz documentaron el pasaje de un intenso frente frío el día 17 de abril de 1999, que puso fin a un episodio intenso de SALLJ ocurrido entre el 14 y el 16 de abril. Este evento puede considerarse el más intenso de los identificados durante el período de estudio. La secuencia y la intensidad de estos dos eventos (SALLJ inmerso en un flujo del NW que se revierte dos días después en un SJ inmerso en un flujo del SE) fueron bien detectados por los reanálisis de NCEP (Figuras 2 y 3), (también señalado en Marengo y Soares 2001). El 15 de abril se evidencia en los sondeos un flujo del NW de casi 30 m/s en 850 hPa con una fuerte cortante entre 800 y 600 hPa y vientos débiles entre 600-550 hPa. Por encima de 550 hPa los vientos se intensifican nuevamente pero con una componente más del W (perfiles en Santa Cruz y Trinidad). La Figura 6 muestra los perfiles de la componente v en Trinidad para el período completo 13-19 de abril 1999. Los sondeos de la mañana en Santa Cruz (no se muestra) muestran en el día 15 de abril (día de vientos del NW más fuertes) máximos de 29 m/s a las 1200 UTC a unos 1800-2000 m con una cortante de ~6 m/s/km entre 800 y 600 hPa. El perfil de vientos en Trinidad a las 22 UTC del día 15 de abril (no se realizaron mediciones a las 1200 UTC) muestra velocidades máximas que superan los 16 m/s a 1600-2000 m que se debilitan el día 16. En la mañana de los días 17 y 18 se observaron vientos del SE de ~25 m/s a 1 km que se debilitan el 19 de abril. El máximo en la componente sur en el SJ (18 m/s) es algo mayor que el correspondiente máximo en la componente norte (14 m/s) y es menos profunda (1000-1200 m). Uyuni, al oeste de Santa Cruz y a mayor altura no presenta una estructura de SALLJ o de SJ en capas bajas.

El sondeo de temperatura y de temperatura de rocío en Santa Cruz a las 1100 UTC (Marengo y Soares 2001) muestran el aire húmedo en la capa 970-850 hPa que caracteriza al flujo del norte en ~1500 m. Durante la tarde (2200 UTC) cuando la intensidad del jet del NW se debilita a 21 m/s el contenido de humedad también disminuye, en tanto que el episodio SJ esta caracterizado por aire más seco y frío en capas bajas.

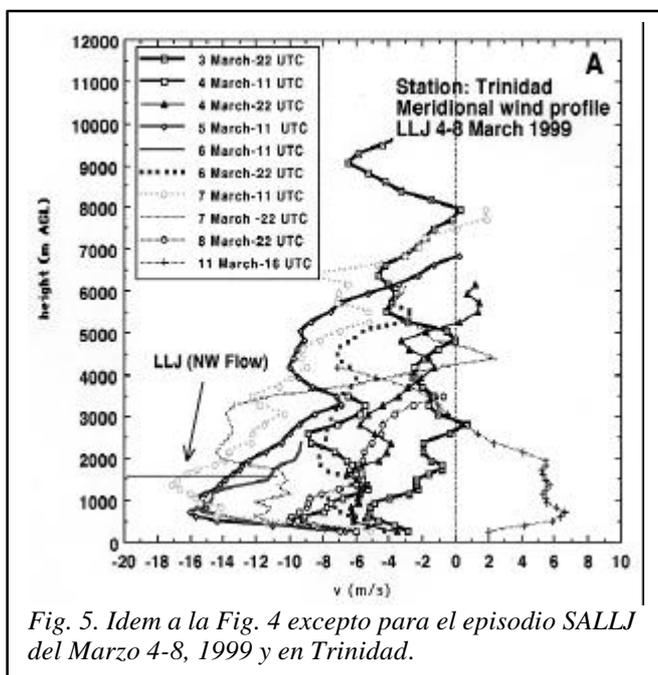


Fig. 5. Idem a la Fig. 4 excepto para el episodio SALLJ del Marzo 4-8, 1999 y en Trinidad.

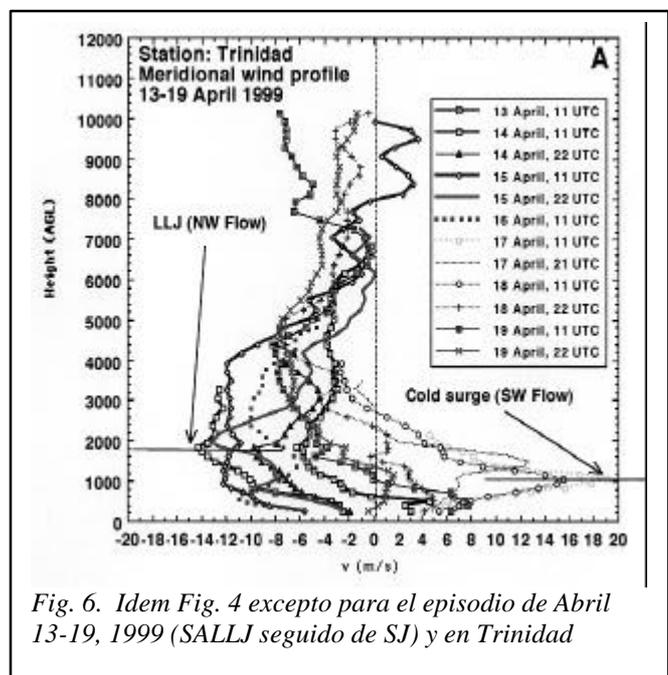


Fig. 6. Idem Fig. 4 excepto para el episodio de Abril 13-19, 1999 (SALLJ seguido de SJ) y en Trinidad

## CONCLUSIONES

Los reanálisis globales sugieren la existencia de un LLJ del norte en la troposfera baja e inmediatamente al este de los Andes (SALLJ) extendiéndose desde el oeste de la Cuenca del Amazonas y alcanzando en episodios intensos las llanuras argentinas. Por su parte los modelos regionales progresan en su caracterización. Este jet está ubicado al este de una elevada barrera montañosa como es los Andes al igual que el LLJ al este de las Montañas Rocallosas en Norte América, durante el verano del Hemisferio Norte que ha sido extensamente documentado y estudiado. En América del Sur, las observaciones in situ en han sido escasas debido a que la red observacional es prácticamente incapaz de cubrir la región que abarca esta corriente y existe por lo tanto la necesidad de identificar características tales como la ubicación del núcleo del jet, su estructura vertical, su extensión horizontal, su variabilidad en distintas escalas temporales y el transporte de humedad asociado. Mientras los SALLJ cumplen un rol importante en el transporte de humedad y calor desde bajas latitudes los SJ transportan aire relativamente frío y seco desde el sudeste (que algunos han denominado “Surazos”).

Los estudios basados en las observaciones durante el LBA-WET AMC y TRMM-LBA, así como los sondeos del PACS-SONET y los reanálisis de NCEP contribuyen a un mejor conocimiento de la climatología del SALLJ y del SJ en la región, y permitieron el análisis de episodios individuales caracterizados por su mayor intensidad y una mejor cobertura por parte de las estaciones de sondeo de altura.

Se ha confiado en los campos de viento en 850 hPa (reanálisis de NCEP) a los fines de ubicar el núcleo del jet en el este de Bolivia y Paraguay y consecuentemente se ha supuesto que las localidades de Santa Cruz, Trinidad y Roboré se ubican en el núcleo del jet mientras que las correspondientes a Rondonia corresponden a los bordes del mismo. Se ha utilizado el criterio 1 de Bonner a fin de identificar la presencia del SALLJ o del SJ a partir de los sondeos de altura en Bolivia y en el sudoeste de Amazonia. Un total de 187 sondeos con globo piloto (frecuencia de dos veces por día) y radiosondeos fueron lanzados en Santa Cruz y Trinidad mientras que se realizaron 8 radiosondeos diarios en los lugares de la red de LBA-WET AMC (estos últimos operaron sólo durante enero y febrero). Una vez analizados los sondeos se identificaron aproximadamente 16 episodios de SALLJ y 4 de SJ. El contraste en el contenido de humedad de las masas de aire características de los dos tipos de jets (seco y frío en el SJ y cálido y húmedo en el SALLJ) es una figura distintiva que ha podido ser claramente reconocida en los sondeos de temperatura y temperatura de rocío durante los eventos tanto en Bolivia como en Rondonia.

Tanto las observaciones como los reanálisis muestran fluctuaciones en la escala sinóptica con una frecuencia de ~3 veces más casos de SALLJ que de SJ. Se observan diferencias en intensidad en los dos tipos de jets (los SJ son más intensos). Si bien existe un avance en el número de puntos de medición, frecuencia diaria y número total de observaciones respecto a la temporada anterior, dos observaciones/día (mayoritariamente a las 1100 y 2200 UTC) en las estaciones ubicadas en Bolivia (considerando además que existieron períodos con datos faltantes), no permite una correcta caracterización del ciclo diurno. En efecto, se observa una gran variabilidad antes, durante y después del episodio LLJ. Sin embargo, se ha encontrado que tanto los episodios SALLJ como los SJ muestran: a) vientos más fuertes a las 1100 UTC (~0700 HL) en las estaciones de Bolivia asociadas al SALLJ, b) el máximo del SALLJ se ubica ~1600-2000 m sobre superficie, más elevado que su contraparte sobre Norte América, c) el SJ presenta su máximo a la misma hora que el SALLJ, si bien los vientos del sur

pueden ser más intensos que los del norte, d) el núcleo del SJ es menos profundo (~1200 m) que el del SALLJ, e) los vientos medios en niveles bajos durante 1999 fueron ~50% más débiles (diferencias de ~3-4 m/s en 1.7 km) y la duración de los episodios SALLJ y SJ más corta que en 1998.f) Se identificaron menos episodios de LLJ comparado con 1998, así como un evento fuerte de LLJ seguido de un SJ en el período 14-17 Abril 1999 (Marengo y Soares 2001).

Por su parte el reanálisis de NCEP muestra un máximo entre las 0000 y las 1200 UTC (primeras horas de la mañana), resultado análogo al encontrado en el LLJ de las Grandes Planicies. Un avance en el conocimiento del ciclo diurno del LLJ y de la precipitación en las laderas orientales de los Andes o en el SW de Amazonia, que podrían estar asociadas a su origen, presentar distintos regímenes durante los episodios de LLJ o bien ser forzadas en la zona de desaceleración y corriente abajo del mismo, requiere una mayor frecuencia diaria y cobertura espacial de radiosondeos en la región. Dado el impacto en la economía de la región del SALLJ por su rol efectivo de transporte de humedad entre las cuencas del Amazonas y del Paraná-Plata, el estudio del SALLJ y de su predecibilidad han sido el foco de un futuro experimento de campo para la medición (componente SALLJ planeada para la estación lluviosa de 2003) dentro del programa VAMOS/CLIVAR (Mechoso, 2000) y ha sido incluido en el proyecto PROSUR (Program on climate variability over the Mercosur area, Nuñez, 1999). La campaña futura LBA DRY-TO-WET AMC también proveerá datos útiles para la caracterización del SALLJ y para validar y mejorar los modelos en uso en la región, durante la estación seca y de inicio de lluvias del 2002-2003

#### ***Agradecimientos:***

Los autores desean agradecer a la Oficina de Programas Globales de la NOAA por financiar el programa de observación PACS-SONET, una de cuyas componentes estuvo a cargo de la operación de la estación de sondeo ubicada en Santa Cruz, Bolivia. Asimismo se agradece a la Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo FAPESP (Brasil) que contribuyó a la financiación del experimento LBA-WET AMC durante el período enero-febrero 1999 y a la Oficina de Hidrología de la NASA por financiar los sondeos en Santa Cruz en apoyo a LBA-WET AMC y al programa de validación TRMM. Se agradece a Ramiro Villalpando de AASANA, Bolivia por proveer datos de altura, a José Meitin de NCAR/UCAR-JOSS por facilitar el acceso a los radiosondeos de Santa Cruz y a Daniel Yoshida y Regina C. S. Alvala de INPE por procesar parte de los radiosondeos de Rondonia. Ha contribuido a la concreción de este trabajo la discusión de resultados y el intercambio de datos realizada entre investigadores que integran la Red de Investigación Cooperativa del IAI CRN 055 dentro del proyecto PROSUR.

Por último se agradece a Jan y Julia Paegle, V. Kousky, M. Silva Dias, W. Petersen, T. Rickenbach, E. Williams, C. Mechoso, C. Saulo, S. Chou y otros de la Universidad de Utah, California-Los Angeles, Buenos Aires, São Paulo, Colorado State University, NASA-GSFC TRMM Office, y CPTEC por enriquecedoras discusiones científicas.

#### **REFERENCIAS**

- Arritt, R. W. and collaborators, The Great Plains low-level jet during the warm season of 1993. *Mon. Wea. Rev.*, 9, 2176-2192, 1997.
- Berbery, H., and E. Collini, Springtime precipitation and water vapor flux over southeastern South America. *Mon Wea Rev.*, 1999.
- Bonner, W. D., Climatology of the low level jet. *Mon. Wea. Rev.*, 96, 833-850. 1968.

- Bonner, W. D., and J. Paegle, Diurnal variations in boundary layer winds over the south-central United States in summer. *Mon. Wea. Rev.*, 98, 735-744, 1970.
- Douglas, M. W., M. Peña, and R. Villarando, Special observations of the low level flow over eastern Bolivia during the 1999 atmospheric mesoscale campaign. Extended Abstracts of the 6<sup>th</sup> *Inter. Conf. on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography*. 3-7 April 2000. Santiago, Chile, 157-158, 2000.
- Douglas, M., W., M. Nicolini, and C. Saulo, Observational evidences of a low level jet east of the Andes during January-March 1998, *Meteorologica*, 3, 63-72, 1998.
- Fernandez A. y G. Necco, Características del campo de viento en la atmósfera libre en estaciones Argentinas. *Meteorologica*, 13, 2, 7-21, 1982.
- Inzunza, B. J. y G. J. Berri, Comportamiento del viento y transporte de vapor de agua en la baja troposfera en el norte de Argentina. *Meteorologica*, 17, 17-25, 1990.
- Lau, W., and J. Zhou, Rainfall regimes and interannual variability of South American summer monsoon. In Extended Abstracts of the 6<sup>th</sup> *International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography*. 3-7 April 2000. Santiago, Chile, pp. 153-154, 2000.
- Marengo, J. Douglas, M. and P. Dias, (a) Towards an identification of the South American low-level jet east of the Andes during the LBA-TRMM and LBA-WET AMC campaign of the summer of 1999. *Submitted to J. Geophys Research*, 2001.
- Marengo, J., G. Fisch, I. Vendrame, P., Cervantes, and C., Morales, C., (b) On the diurnal and day-to-day variability of rainfall in Southwest Amazonia during the LBA-TRMM and LBA-WET AMC Campaigns of summer 1999. *Submitted to J. Geophys Research*, 2001.
- Marengo, J., Soares, W., Case study of northerly and southerly low level jets east of the Andes during April 13-19 1999. *Submitted, Int. J. Climatol*, 2001.
- Mechoso, C. R., Introduction to VAMOS. *CLIVAR Exchanges*, 5, N°2, 4-6, 2000
- Misra, V., P. Dirmeyer, B. Kirtman, H. Huang, and M. Kanamitsu, Regional simulation of Interannual Variability over South America. *COLA Technical Report 85*, 42 pp. 2000.
- Nicolini, M. and C. Saulo, ETA characterization of the 1997-98 warm season Chaco jet cases. In Extended Abstracts of the 6<sup>th</sup> *International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography*. 3-7 April 2000. Santiago, Chile, pp. 330-331, 2000.
- Nogués-Paegle, J. and K.-C. Mo, Alternating wet and dry conditions over South America during summer. *Mon. Wea. Rev.*, 125, 279-291, 1997.
- Núñez, M. N., Desarrollo de una Red de Investigación Cooperativa para el Estudio de la Variabilidad Climática Regional y sus Cambios, su Predicción e Impacto, en el área del MERCOSUR, *IAI Newsletter*, 21, 16, 1999.
- Paegle, J., A comparative review of South American low level jets. *Meteorologica*, 3, 73-82, 1998.
- Saulo, C., and M. Nicolini, The atmospheric conditions preceding the occurrence of strong low level jets east of the Andes during January 1998, In Extended Abstracts of the 6<sup>th</sup> *Inter. Conf. on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography*. 3-7 April 2000. Santiago, Chile, pp. 336-337, 2000.
- Saulo, C., M. Nicolini, and S. C. Chou, Model characterization of the South American low-level flow during the 1997-98 spring-summer season. *Climate Dynamics*, Vol. 16, 867-881.
- Seluchi, M., and J. Marengo, J., Tropical-Mid Latitude Exchange of Air Masses during Summer and Winter in South America: Climatic aspects and extreme events, *Int. J. Climatol*, 20, 1167-119, 2000.
- Silva Dias, M. F., Sistemas de mesoscala e previsão de tempo a curto prazo. *Rev Bras Meteor*, 2, 133-150, 1987.
- Silva Dias P., M. A. Silva Dias, J. Marengo, and M. Douglas, Mesoscale reanalysis of the LLJ along the Andes during the WET AMC/LBA-TRMM: Comparisons with observations. In Extended Abstracts of the 15<sup>th</sup> *Conf. on Hydrology*, 9-14 January 2000. Long Beach, California, USA, pp. 309-310, 2000.

Sugahara, S., R.P. da Rocha and M.L. Rodrigues, Condiciones atmosféricas asociadas al jet de capas bajas en Sudamérica (en portugués). *Proceedings of the VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Belo Horizonte, 2, 573-577, 1994.

Velasco, I., and J. M. Fritsch, Mesoscale convective complexes in the Americas. *J. Geophys. Res*, 92, 9591-9613, 1987.