

**COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN EN PRIMAVERA Y VERANO  
(PERÍODO DE 1984-2001)  
CIUDADES DE SANTA CRUZ DE LA SIERRA Y TROMPILLO EN BOLIVIA**

Nuri O de Calbete  
Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos-CPTEC  
nuri@cptec.inpe.br  
Mário Quintanilla  
Aeroporto Internacional de ViruViru-Santa Cruz de la Sierra  
MQMmario@aasana.bol  
David Mendes  
Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos-CPTEC  
david@cptec.inpe.br

**RESUMEN**

La precipitación es uno de los elementos meteorológicos más importantes para el medio ambiente. Las lluvias, cuando no son bien distribuidas, pueden acarrear daños de grandes dimensiones en áreas de ingeniería, turismo, educación, energía, transporte y en la actividad agrícola donde afecta el desempeño de la productividad dificultando de este modo, la vida y la sociedad. Por esa razón se hace necesario monitorar, conocer y caracterizar el régimen de lluvias en determinada región.

El objetivo de este trabajo es verificar los períodos lluviosos y secos en las estaciones de primavera y verano, ocurridos en el período de 1984 a 2001 en las ciudades de Trompillo y del Aeropuerto de ViruViru en Santa Cruz de la Sierra en Bolivia. En el período de estudio se pudo observar que no siempre en los períodos de sequía o lluvioso en estas estaciones hubo influencia del fenómeno El Niño o la Niña. En la ciudad de Trompillo la primavera es más lluviosa que en ViruViru, principalmente en los meses de octubre y noviembre y en el verano en el comportamiento de las lluvias es similar en ambas ciudades.

**Introducción**

En estas estaciones del año, primavera y verano la región es afectada por sistemas meteorológicos tales como: los sistemas frontales, las ZCAS (Zona de Convergencia del Atlántico Sur) etc. Estos sistemas organizan fuerte convección causando líneas y áreas de inestabilidades, responsables por las fuertes lluvias en la región en estudio. En la primavera y verano de 1998/1999 y 1999/2000, hubo un déficit de lluvias en el Aeropuerto de ViruViru en Santa Cruz de la Sierra y en la primavera/verano de 1998/1999 en la ciudad de Trompillo.

A seguir ubicaremos las ciudades en estudio, el aeropuerto de ViruViru en Santa Cruz de la Sierra se sitúa en 17°38'S/63°08'W con una altitud de 373 mts. y Trompillo en 16°22'S/60°57'W con una altitud de 410 mts en Bolivia. La fig 1 muestra la localización de las ciudades (puntos rojos) en el mapa. Ambas ciudades se encuentran al este de la Cordillera de los Andes, siendo que la ciudad de Trompillo queda hacia el norte de Santa Cruz de la Sierra.



Fig 1 - El mapa muestra ( puntos rojos) la localización de Aeropuerto de ViruViru en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra y Trompillo en Bolivia.

**Materiales y Métodos:**

Fueron utilizados datos mensuales de precipitación referentes a los años de 1984 a 2001, de la estación meteorológica del Aeropuerto de ViruViru en Santa Cruz de la Sierra y de la estación de Trompillo en Bolivia. Los datos mensuales observados fueron organizados en tablas, se cálculo los promedios mensuales y posteriormente se calculo los desvios de promedios para las estaciones de primavera y verano. Para la elaboración de los mapas mensuales de las anomalias con relación al promedio de las estaciones en estudio, se utilizó los datos de climatología del período desde 1979 a 2000 de CMAP/XIE ( CENTER MERGER ANALYSIS OF PRECIPITACIÓN). Con datos observados, se calculó una climatología del periodo 1984 al 2001 de las ciudades del Aeropuerto de ViruViru en Santa Cruz de la Sierra y de Trompillo.

A seguir haremos una analise del comportamiento de la precipitación en las estaciones primavera y verano de las ciudades de Santa Cruz de la Sierra ( Aeropuerto ViruViru) y de Trompillo en Bolivia.

**PRIMAVERA**

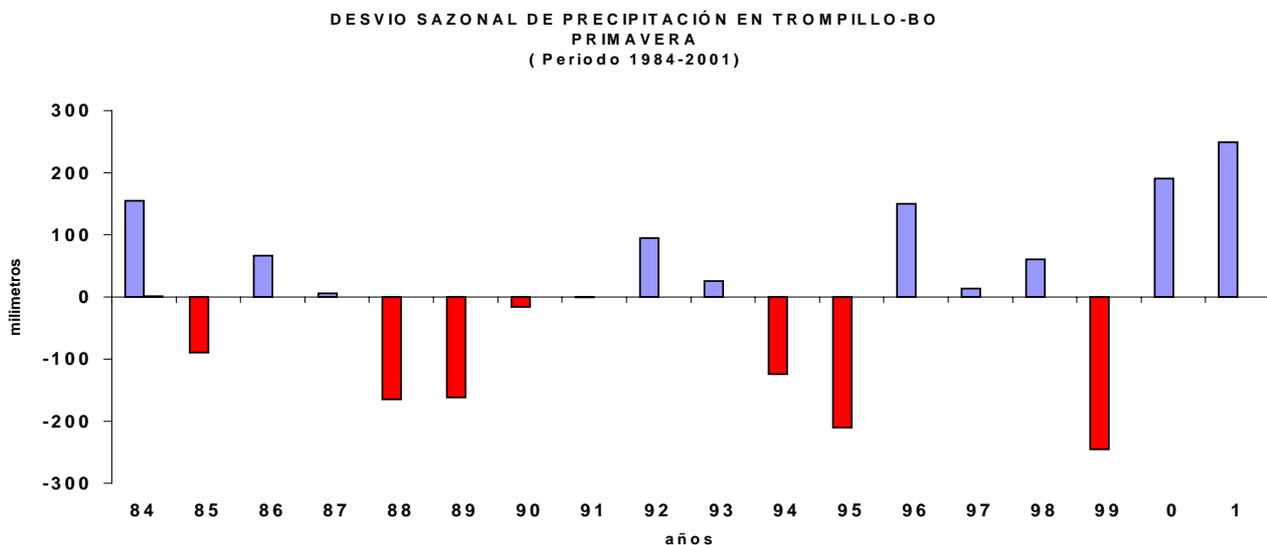


Fig2 – muestra el desvío sazonal de las lluvias en la primavera, utilizando datos observados en Trompillo-BO.

De acuerdo a la fig 2, se puede observar que en las primaveras de los años 85,88,89,94,95 estuvieron con lluvias por debajo del promedio climatológico, sin embargo en el año 1999, fue la primavera que presentó desvíos negativos superiores a 200 mm con relación al promedio histórico. Anomalías positivas ocurrieron en los años de 84, 86, 87, 92, 93, 96 al 98. La primavera más lluviosa fue en los años 2000/2001, con valores entre 180 a 220 mm superiores del promedio climatológico.

Analizando mes a mes con los datos observados en la ciudad de Trompillo durante la estación del año, el promedio mensual para el mes de setiembre es de 85 mm., octubre 104 mm y noviembre 171mm. Los años más secos del mes de setiembre fueron en 1987 - 19,1 mm, en el año 2000 - 25,9 mm. Y para los años más lluviosos para el mismo mes fueron en 1986- 177,2 mm. En octubre el año más lluvioso fue 2000/2001 con total mensual de lluvias superiores a 200 mm, en 1984, registro 291,6 mm. Los años más secos para este mes fueron 1989, con registro de 12,5 mm, siguiendo el año 1998/1999 con valores registrados de 30 a 40 mm. En noviembre, en el año 2000/2001 hubo registro total de lluvias de 295,7 mm y 257,7 mm respectivamente. Los años más secos fueron en 1994, 1995 y 1999, con registros entre 30 a 40 mm.

En el aeropuerto de ViruViru en Santa Cruz de la Sierra-BO, los promedios para cada mes de la primavera son: setiembre es de 87mm, para octubre 84 mm y para noviembre 136 mm. En setiembre, el año más lluvioso fue 1992 con total mensual de lluvias de 203,8 mm. El mes más seco del periodo fue en 1987 con 4,7 mm y el año 2000- 23,9 mm. En el mes de octubre más lluvioso fueron 1996 y 2001, con valores superiores a 100 mm y el menos lluvioso fue en los años de 1985- 29,1 mm y 1999 - 20,7 mm.

En las figuras abajo se utilizó la climatología del período desde 1979 a 2000 de CMAP/XIE (CENTER MERGER ANALYSIS OF PRECIPITACIÓN) para elaborar los mapas. En la fig 3, muestran el comportamiento en la primavera de 1984 (lluviosa) y la del año de 1989 (seca) que ocurrió en las ciudades de Trompillo y en ViruViru en Santa Cruz de la Sierra- BO. En el año de 1984 en setiembre las lluvias en la región de estudio quedarón de normales a un poco arriba del promedio mensual, mientras los meses de octubre y noviembre los desvíos estuvieron con promedios superiores a 150 mm.

Una de las primavera menos lluviosa del período de 1984-2001 fue en el año de 1989.

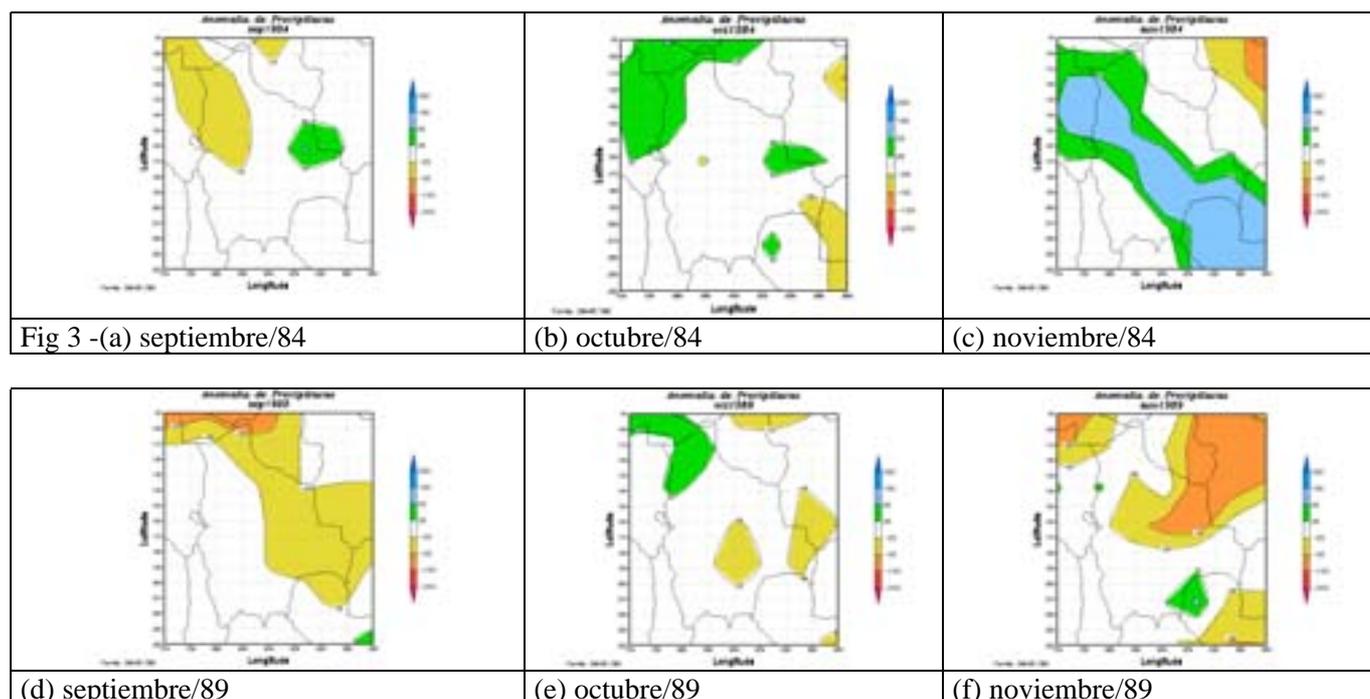


Figura 3 – As figuras del (a) al (c) muestran las anomalias positivas en la Primavera 1984 y del (d) al (f) la estación de primavera de 1989 (seca).

Los mapas de la Fig.3 – (a al f) muestran el comportamiento en la primavera de 1984 (lluviosa) y la del año de 1989 (seca) que ocurrió en las ciudades de Trompillo y en ViruViru en Santa Cruz de la Sierra en Bolivia. En el año de 1984 en setiembre y octubre las lluvias en la región de estudio quedarón de normales a un poco arriba del promedio mensual, mientras en el mês de noviembre los desvios positivos estuvieron con promedios 150 mm superiores al promedio mensual.

## VERANO

Para el período de 1984 a 2001 se observó através de los datos de las estaciones meteorológicas de Trompillo en Bolivia, que para diciembre el promedio mensual es de 214 mm y para los meses de enero y febrero 170 mm. En este período durante el mês de diciembre los años mas lluviosos fuerón el 1984 y en 2000, con totales mensuales de 330 mm, 397 mm respectivamente. Los meses menos lluvioso en diciembre fuerón el año de 1992 y 1998 donde los totales de lluvia mensuales fuerón 58 mm y 51 mm. Para el mês de enero el promedio mensual climatológico es de 170 mm. El mês mas lluvioso de febrero fué el año 1984 y 1998. La precipitación total del mês de estos años fué 49,7 y 46,5 mm.

En el aeropuerto de ViruViru localizado en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra los promedios mensuales para los meses de verano para diciembre son 217 mm, enero 179 mm y para febrero 176 mm. De acuerdo com el periodo estudiado 1984-2001, se observó que en diciembre 1984 y 1992 los totales mensuales fueron superiores a 400 mm, mientras los años más secos fueron 1990, 1998 y 2001, con valores entre 70 a 190 mm. En el mês de Enero los años de 186 – 361 mm, el año de 1990- 385,6 mm. Los años más secos fueron 1984- 64 mm, 1998- 65,4 mm, 1999- 74 mm y por ultimo el año de 2001 registró um totoal mensual de 59,9 mm. Los años mas lluviosos del mês de febrero fueron 1994 y 2001 com valores 296,3 mm y 371,5 mm respectivamente. En el periodo de 1991 a 1995 los desvios fueron casi que 50% por encima de promedio historico.

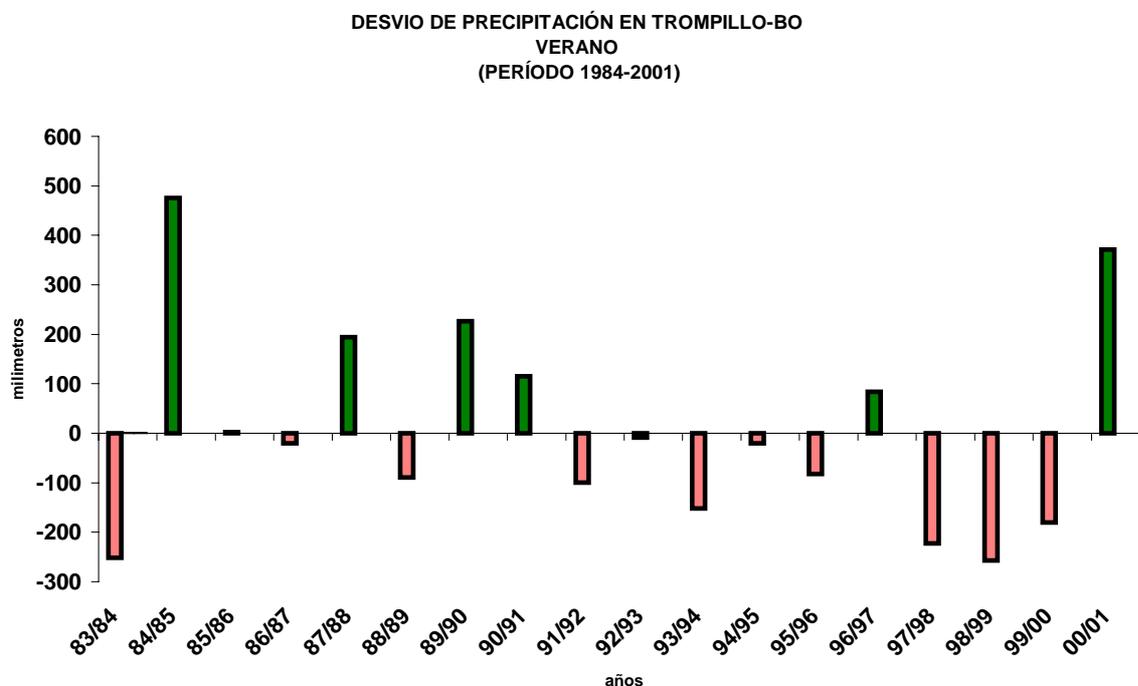


Fig 4 – muestra las anomalias de lluvias en el verano en el período de 1984- 2001 utilizando datos observados en la ciudad de Trompillo-Bo.

A seguir analizaremos la estación del verano en el período de 1984 a 2001 en las ciudades de Trompillo y en el Aeropuerto de ViruViru en Santa Cruz de la Sierra en Bolivia, utilizando la climatología CMAP/XIE.

Durante este período se pudo observar (fig. 4) que en la mayor parte del período en estudio, las anomalias de lluvias fueron negativas, siendo los veranos de 1997 al 2000 los menos lluviosos.

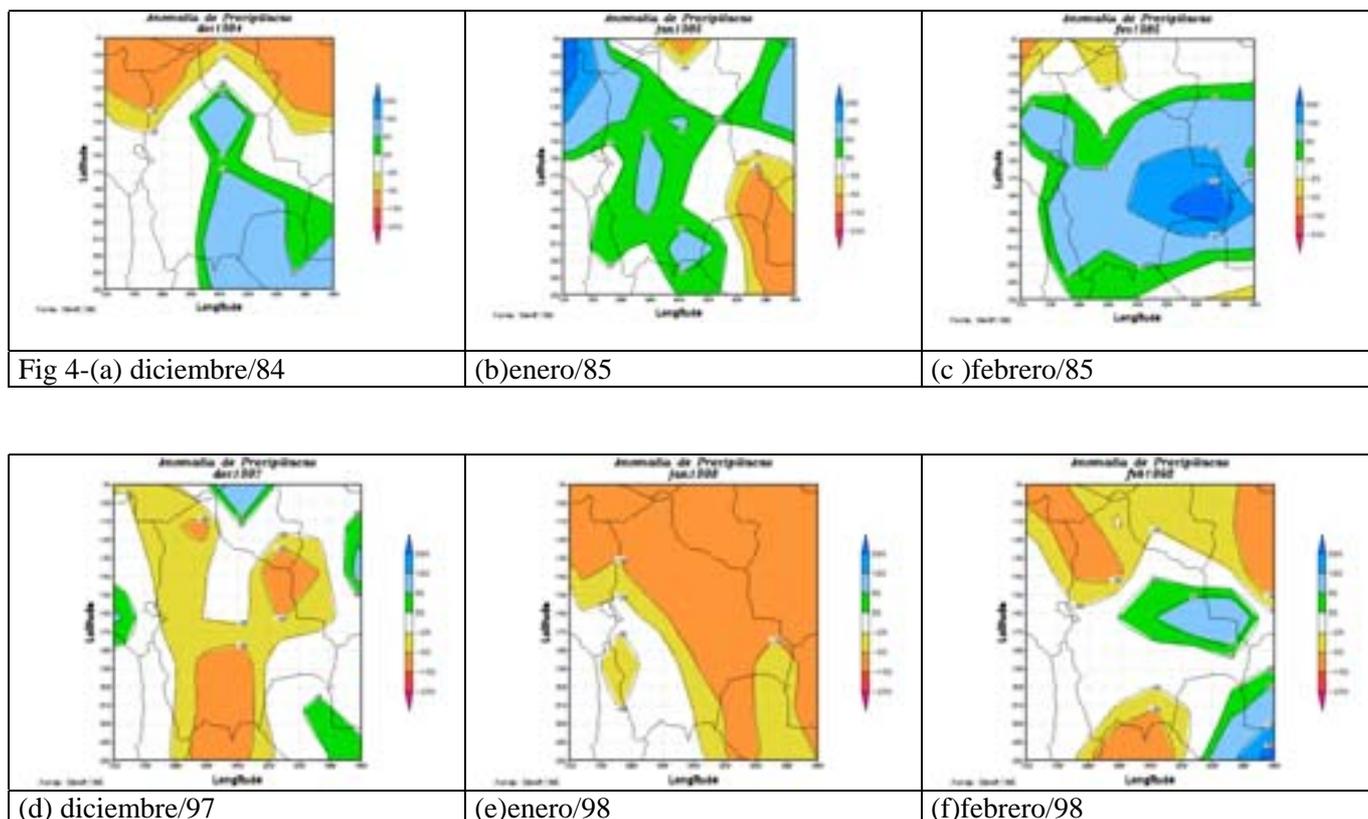


Fig 5 – muestran la estación lluviosa (a-b-c) y ( d-e-f) una estación seca durante el verano.

La fig 5, muestra el comportamiento del verano 84/85. En Enero/85 el promedio de lluvias fué de normal a un poco por debajo del promedio mensual, sin embargo los meses de diciembre/84 y febrero/85 fueron los meses donde los desvios estuvieron por encima de los valores climatologicos, presentando haci un verano lluvioso. El verano de 97/98, se puede observar que en la región en estudio hubo anomalias negativas en los meses de diciembre/97 y enero/98 presentaron anomalias negativas de 50 a 100 mm por debajo del promedio climatologico. sin embargo el mês de febrero/99, el total acumulado mensual de lluvias supero el promedio climatologico. No verano 2001/2002, o mês de febrero apresentou anomalias positivas , con relación a los otros meses de verano. El maximo de precipitación fué registrada en el día 19 de febrero de 2002.

La mayor parte de las lluvias que ocurre en la región durante las estaciones de primavera y verano, muchas veces son por la atuación de los sistemas frontales que al ingresar en el sur del Brasil, se asocian con la Baja del Chaco( sistema de baja presión), organizando instabilidades en la región de estudio. La ZCAS ( Zona de Convergência del Atlântico Sur) es también uno de los sistemas que puede ser responsable de las lluvias en la estación de verano, tanto en las Regiones Sudeste y Central de Brasil como al Este de Bolivia.

De forma ilustrativa, mostramos en la fig.6 la imagen infraroja del satélite GOES-8 del día 18 de enero de 1999, donde se puede ver una banda de nebulosidad convectiva (color blanco), afetando el Amazonas, Región Central del Brasil, parte Este de Bolivia, estendiendo-se para el Oceano Atlantico. En la fig 7 muestra el mapa de anomalías de lluvias de Enero/1999 sobre America del Sur, en la cual se puede observar anomalias negativas desde la setor central de Bolivia, Paraguay y sul de Brasil .

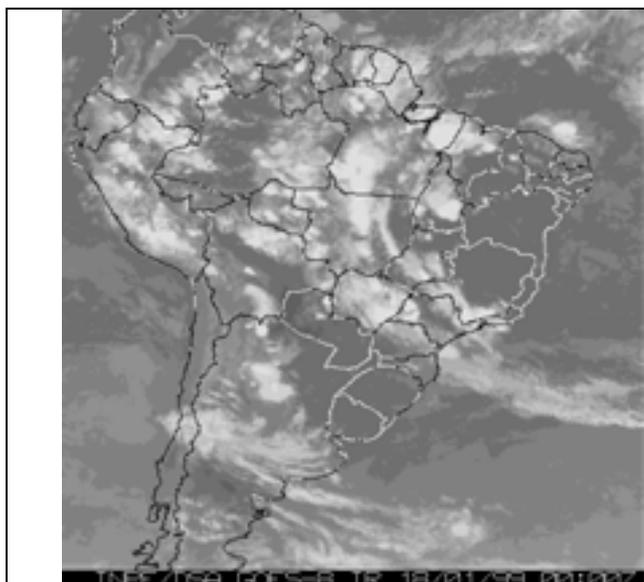


Fig 6 – Imagen infrarrojo del satélite GOES-8 del día 18 de enero de 1999

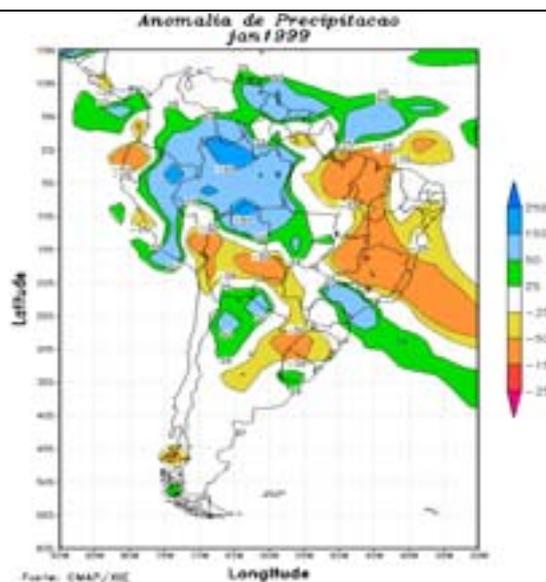


Fig 7 – Mapa de los desvios de lluvia en Enero/1999 en la America del Sur.

### Conclusiones:

Despues de analizar el periodo en estudio, los resultados obtenidos fueron que el comportamiento de la precipitación se concluyo que en la ciudad de Trompillo la primavera es más lluviosa que en ViruViru, principalmente en los meses de octubre y noviembre, y en el verano el comportamiento de las lluvias no presento variabilidad significativa en ambas ciudades. Mientras tanto, se trato de asociar las estaciones seca y lluviosa con los fenomenos El Niño o la Niña, pero ni siempre estos fenomenos estuvieron asociados a la actividad convectiva y por supuesto lluvias, o sequia en estas regiones.

### Referencias Bibliográficas

Xie, P., and P. A. Arkin, 1997: Global Precipitation: A 17-year montly analysis gauge observations, satellite estimates, and numerical model outputs. Bull. AmerSoc ., 78, 2539-2558.

Janowiak, J . , and P. XIE , 1999: CAMS-OPI : A Global Satellite-Rain Gauge Merged Product for Real-Time Precipitation Monitoring Applications. J. Climate, 12, 333.

Spencer , R. W ., 1993 : Global oceanic precipitation from the MSU during 1979-91 and comparisons to other climatologies . J. Climate , 6, 1301-1326.

Horel, J.D., A N Hahmann and J.E.Geisler, 1989 Na invertigation of the annual cycle of convectiveactivity over the tropical Americas Journal of Climate, 2, 1388-1403.

