

## Vulnerabilidad en ciudades en Bolivia [DRAFT]

*"The environment in which all storms form has changed owing to human activities."  
Kevin Trenberth, 2011.*

En la región de la Amazonia en Bolivia ocurren frecuentemente inundaciones, debido a fuertes e intensas precipitaciones en las zonas montañosas y valles que generan acumulación de caudales en tierras bajas. Recientemente, ha ocurrido una vez más otra inundación extrema, como resultado de más de 30 días de precipitación intensa en los primeros meses de 2014 en departamentos de Cochabamba, La Paz y el Beni.



Figura 8: Áreas inundadas en Cochabamba, Febrero 2014. Fuente: AFP.

Diversas organizaciones han estimado que más de 80 mil personas han tenido que desplazarse y han fallecido más de 50 personas. La magnitud de la inundación ha sido determinada en 7.5 y la severidad es definida como clase 2. La inundación ha sido categorizada como del nivel naranja en vista de que más de 80 mil personas han tenido que desplazarse (GDACS<sup>1</sup>, 2014).

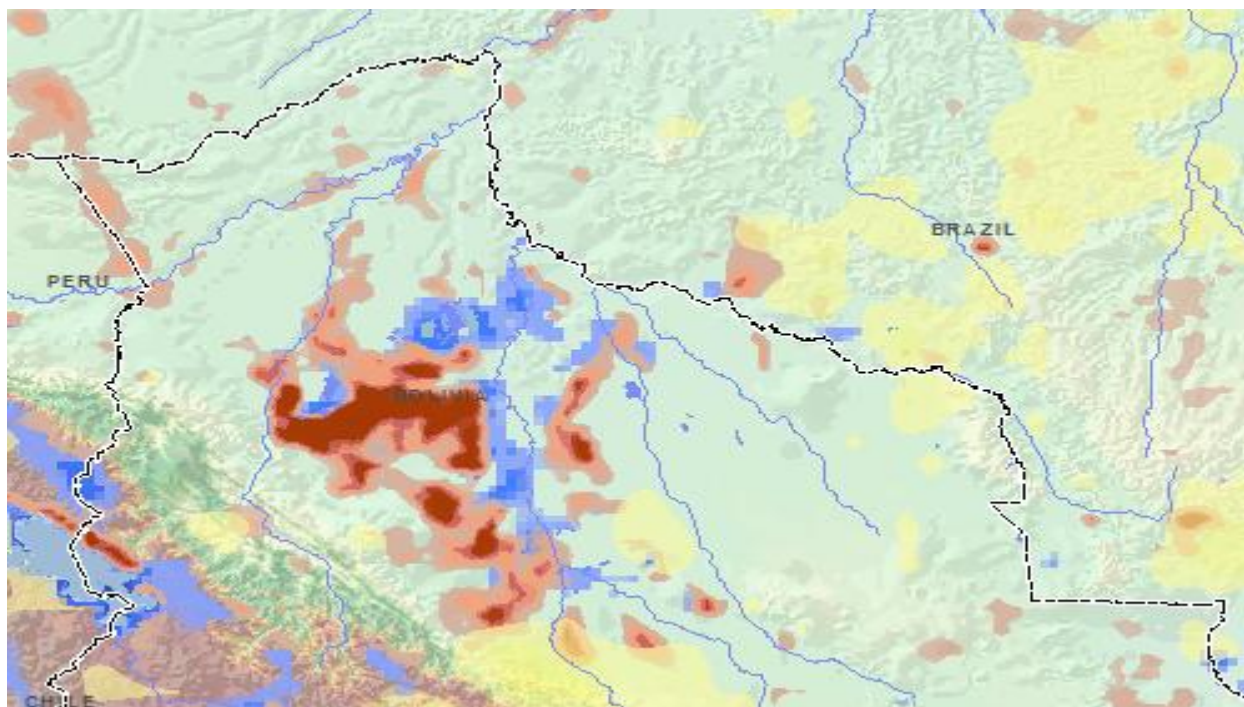


Figura 9: Habitantes de la zona amazónica comenzando su desplazamiento. Fuente AFP.

---

<sup>1</sup> Global Disaster Alert and Coordination System (GDACS)

Una gráfica mostrando la actual superficie inundada se presenta en la figura 10 a continuación.



**Figura 10: Áreas inundadas en Bolivia en 2014 determinadas a partir de sensores remotos (ondas microondas pasivas). Las anomalías estadísticas se muestran en rojo, indicando las zonas inundadas. Fuente: Global Flood Detection System (JRC<sup>2</sup>).**

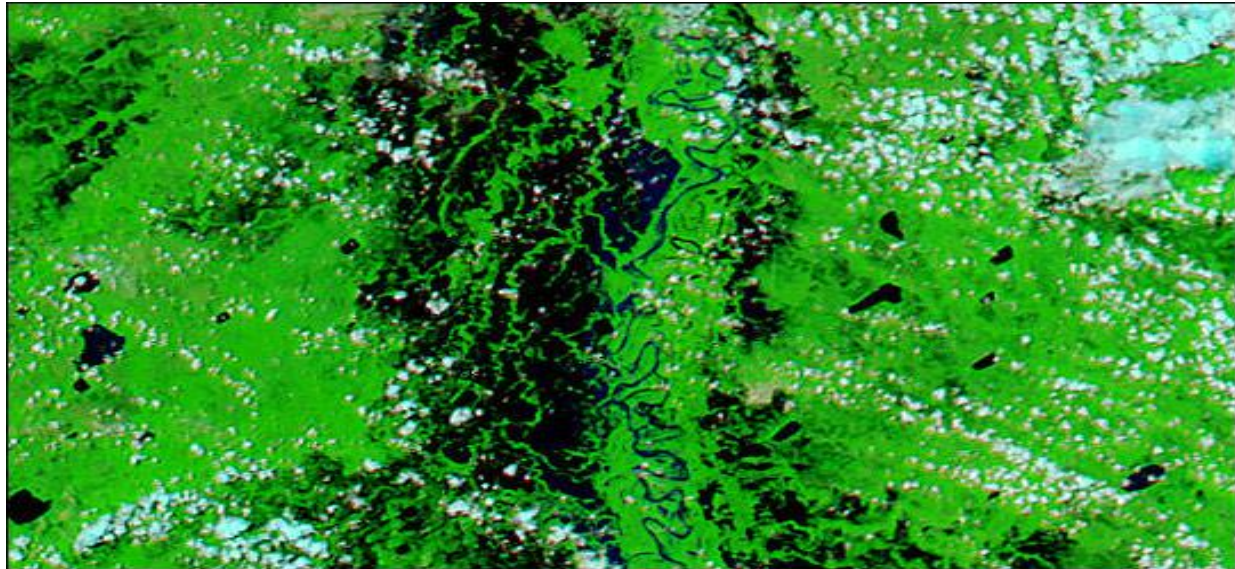
Los eventos super-extremos, probablemente debido a la existencia real del calentamiento global, se han venido planteando decididamente por parte de diferentes investigadores (Trenberth, 2013)<sup>3</sup>. Estos eventos extremos están altamente relacionados con el cambio climático que sumado a los efectos también positivos de la variabilidad climática (por ejemplo, eventos ENSO), traen como consecuencia la existencia de eventos que rompen records. La probabilidad es alta de que algunos eventos extremos (como por ejemplo, las inundaciones actuales en Bolivia) no ocurrirían sin la existencia del cambio climático. Estudios recientes han analizado las probabilidades de eventos extremos (olas de calor) en Rusia (Rahmstorf y Coumou<sup>4</sup>, 2010, Otto et al., 2012). La situación presente en Bolivia demuestra esta hipótesis toda vez que los eventos extremos de principios de 2014 se presentan en una situación de ENSO neutral, en el Pacífico, por tanto no existiría influencia de éste fenómeno pero sí del cambio climático. Estas evaluaciones refuerzan la idea de que sin la existencia del cambio climático, algunos eventos extremos no ocurrirían tal como suceden a menudo en el siglo 21. Ciertamente, estas inundaciones no son las primeras en la zona amazónica. En el 2007 ocurrieron otras inundaciones, la más importante la ocurrida por el desbordamiento de río Mamoré que también fueron en situación de ENSO neutral. Mediante el uso de MODIS fueron capturadas dos importantes imágenes que se presentan en la figura 11. Estas inundaciones causaron 35 muertes y

<sup>2</sup> Joint Research Center (JRC) de la Comunidad Europea.

<sup>3</sup> [http://www.youtube.com/watch?v=DAewtVGP\\_hY](http://www.youtube.com/watch?v=DAewtVGP_hY) Public lecture by Distinguished Senior Scientist at the Climate Analysis Section at the National Centre for Atmospheric Research (NCAR), Kevin Trenberth held at UNSW on October 16.

<sup>4</sup> Increase of extreme events in a warming world. PNAS, vol 108, no.44, 17905-17909.

cerca de 350000 desplazados (BBC News, 2007). En ese momento fue considerada la mayor inundación extrema en la zona amazónica.



February 25, 2007



November 13, 2006

**Figura 11:** En la parte superior se presenta las inundaciones en Bolivia, cerca de la ciudad de Trinidad producidas por desbordamiento del río Mamoré en febrero del 2007. En la parte inferior se presenta la misma zona en noviembre 2006. Fuente: Moderate Resolution Images Spectroradiometer (MODIS).

Otra consideración importante es que la distribución de anomalías de temperatura promedios estacionales se ha movido hacia temperaturas más altas y el rango de anomalías ha incrementado. Esto ha permitido inducir que los eventos super extremos en Rusia, 2010 (Otto et al, 2012)<sup>5</sup>, en Texas y Oklahoma, 2012 son consecuencias del calentamiento global, ya que sin su existencia, era muy

<sup>5</sup> Reconciling two approaches to attribution of the 2010 Russian heat wave. Geophysical Research Letter, Vol.39 doi:10.1029/2011.GL050422.2012.

probable<sup>6</sup> que, no hubieran ocurrido (Hansen et al, 2012)<sup>7</sup>. Esta consideración también podría ser válida para otros eventos tales como las inundaciones en Bolivia, tanto en el 2007 como recientemente en febrero del 2014. Se debe considerar también que en el caso particular de Bolivia la distribución temporal de las precipitaciones han pasado de ser más homogéneamente distribuidas entre octubre y febrero a concentrarse fuertemente en los primeros meses del año. Asimismo, la elevación de temperatura en altas montañas acelera el proceso de derretimiento de masas de hielo, lo que incrementa niveles de caudal, más aun si se recuerda que en 2013 hubieron importante nevadas en la parte alta de la cuenca amazónica.

En la figura siguiente se muestran las anomalías de temperatura para diferentes países en el hemisferio norte. Lamentablemente, no hay información sobre Latinoamérica, excepto para el norte de México.

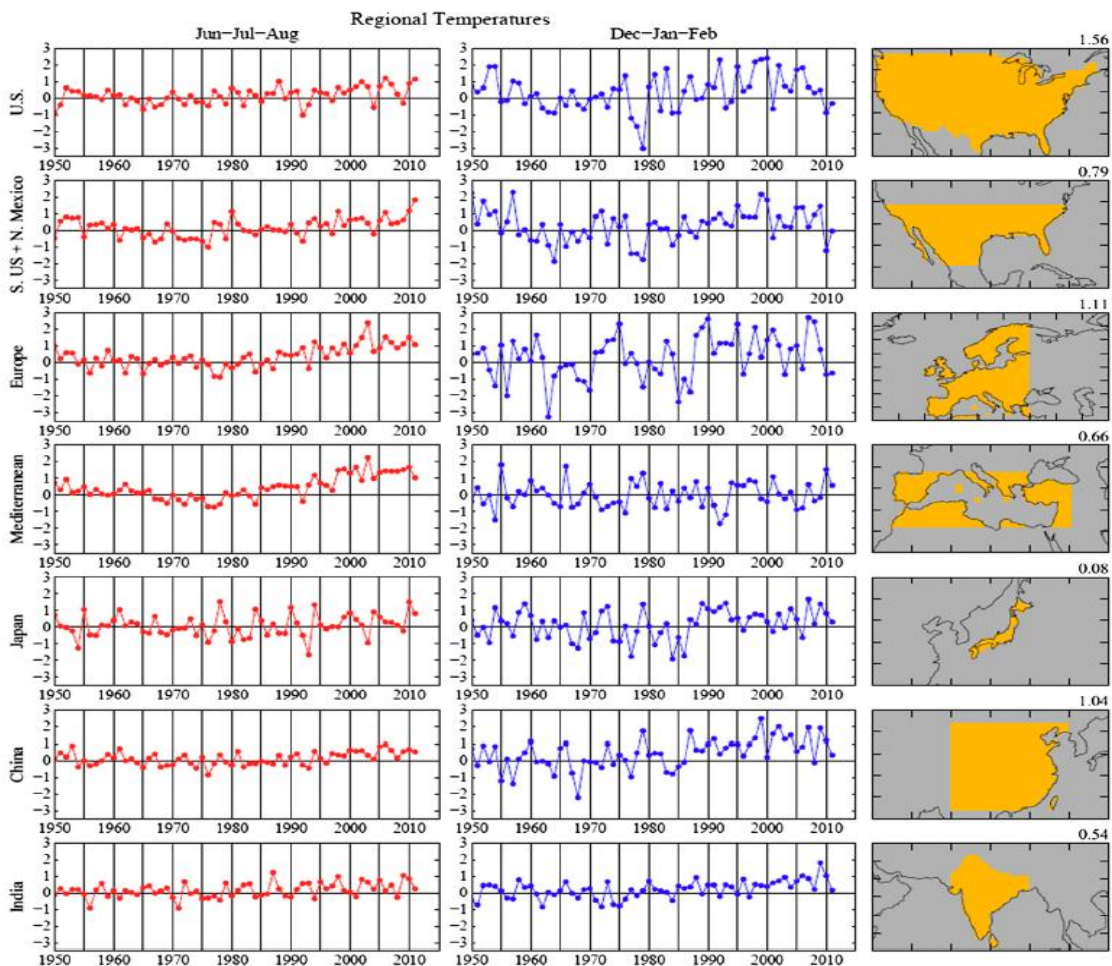


Figura 11: Anomalías de temperatura ( con referencia al periodo 1951-1980) para los meses JJA y DJF para diferentes regiones en el mundo. Fuente: Hansen et al, 2012.

<sup>6</sup> Baja probabilidad

<sup>7</sup> Perception of Climate Change. <[www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1205276109](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1205276109)>

Regularmente, se rechaza la idea de la influencia del calentamiento global en los eventos extremos mediante el argumento de la existencia bien de extremos atmosféricos (situaciones de “blocking”) o por efectos de ENSO, sin embargo, es conveniente decir que estas situaciones pueden haber estado presentes cuando ocurren eventos extremos, pero los llamados eventos super-extremos ocurren debido al cambio climático (calentamiento global).

A continuación se presentan las precipitaciones acumuladas en la estación Trinidad, Bolivia, para el mes de enero (2000 al 2014).

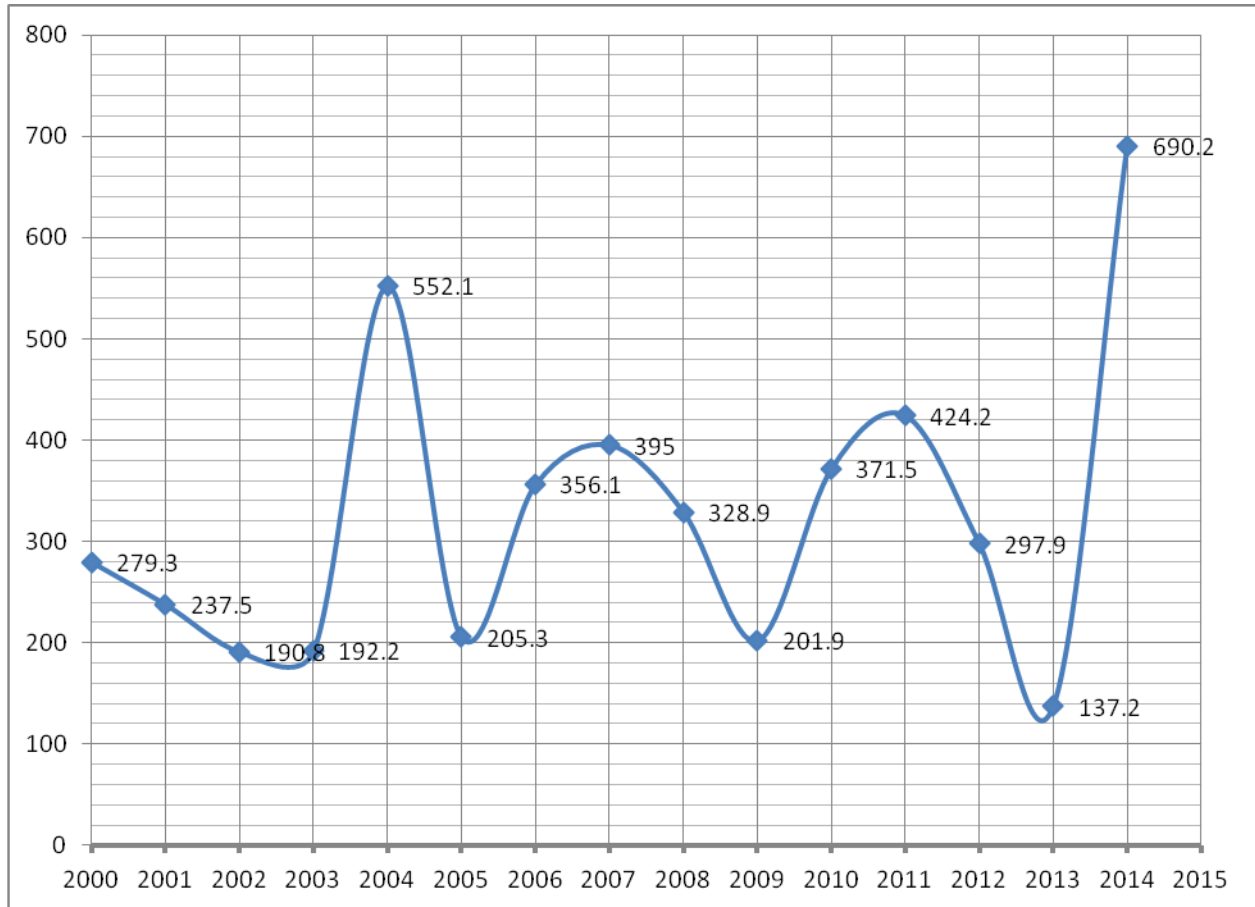
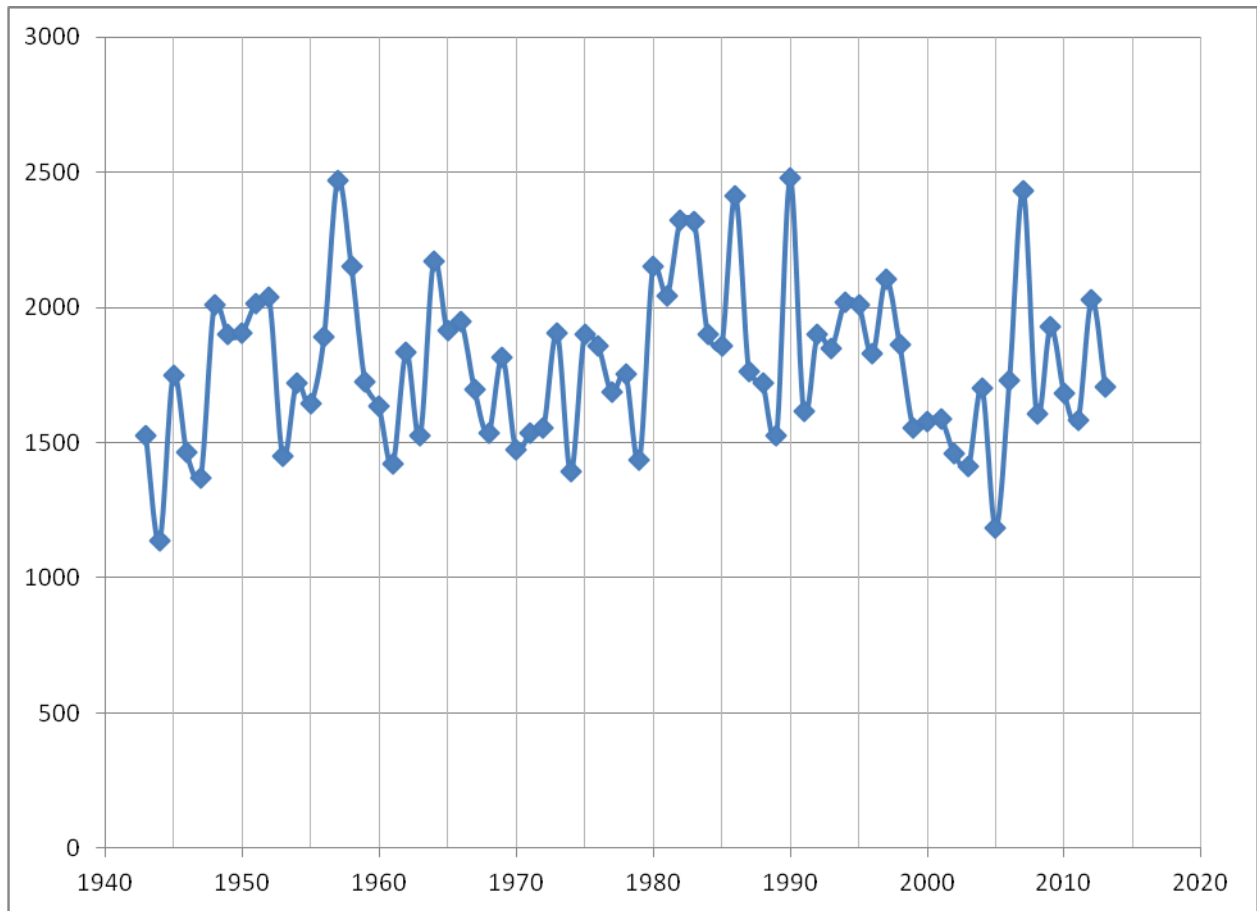


Figura 12: Precipitaciones acumuladas (Estación Trinidad, Bolivia) durante el mes de enero para el período 2000-2014. El promedio de las precipitaciones acumuladas es de 324.0 mm y el máximo valor es de 690.2 mm en el 2014. Fuente: datos SENAMHI (Bolivia). Elaboración propia (LJM, 2014).

La precipitación acumulada en enero del 2014 es más del doble que el valor promedio para el mes de enero en los últimos 14 años. Estos altos valores acumulados en enero del 2014, agregados a las precipitaciones acumuladas (71.2 mm en los primeros días de febrero del 2014) son las causantes de las inundaciones extremas que han impactado severamente a la población y las infraestructuras de la región.

## Apéndice A.

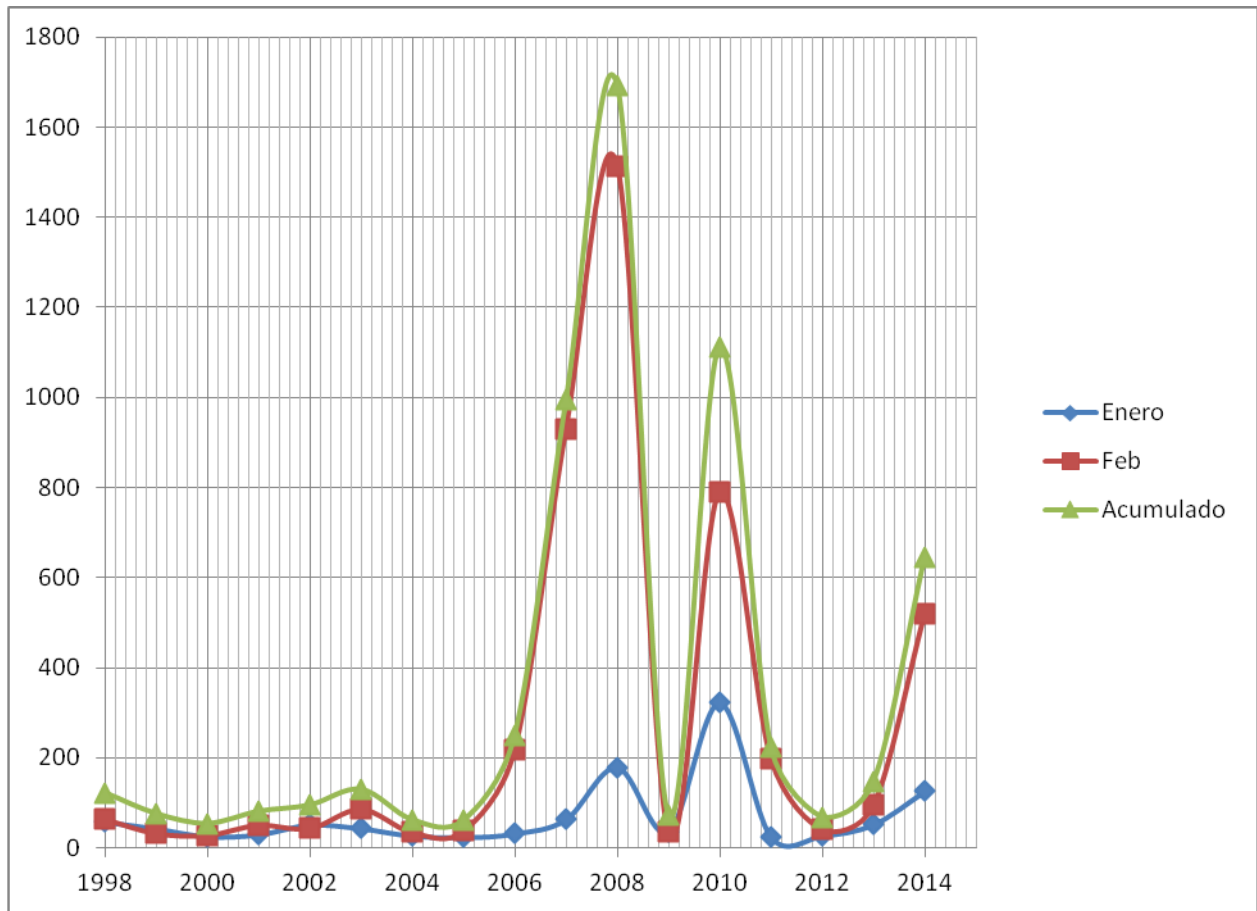


**Figura 0: Precipitaciones anuales en mm desde 1943 hasta 2013 con un promedio anual de 1789.2 mm. Estación Trinidad, Bolivia. Elaboración Propia (LJM, 2014)**

**Nota 1: Es importante también mencionar que muy recientemente ha sido publicado un artículo de Ludescher y 5 co-autores<sup>8</sup>, donde se anuncia la próxima aparición de El Niño para el 2104<sup>9</sup>. Esta proyección, unida a la existencia del calentamiento global (cambio climático), nos indica una gran posibilidad de eventos super-extremos para principios del 2015.**

<sup>8</sup> Very early warning of next El Niño. PNAS,doi/10.1073/pnas.1323058111

<sup>9</sup> 3-in 4 likelihood.



**Figure 0a: Escorrentia (Runoff) en Enero y Febrero para 1998-2014 en mm. Rio Mamore en Bolivia. Estacion Site 2611. Mediciones con Satelite usando Radiometris Pasiva de Microonda. El valor en verde representa el acumulado para enero y febrero. Fuente: River Watch Version 2. Elaboración Propia (LJM, 2014).**

**Nota 2: Los datos en la grafica no han sido todavia calibrados. Para Febrero del 2014 el ultimo valor es del 18 de Febrero del 2014.**

**Arizona, Febrero 2014**