

## VARIABILIDAD DE PRECIPITACIONES EN EL NOA Y EL RIESGO AMBIENTAL

**Plaza Gloria<sup>1</sup>, Perales Alejandra, Cabral Claudio**  
Fac. de Ingeniería<sup>1</sup> Fac. Ciencias Exactas<sup>2</sup> – INENCO – CIUNSA  
Universidad Nacional de Salta  
Avda. Bolivia 5150.  
CP 4400. Salta. Argentina  
Email: [gloria@unsa.edu.ar](mailto:gloria@unsa.edu.ar), [mariale\\_perales@yahoo.com.ar](mailto:mariale_perales@yahoo.com.ar)  
Fax: 0387 - 4255489 – Tel: 0387 – 4255424

**RESUMEN:** Ante los acontecimientos suscitados por las precipitaciones ocurridas en el período 2005-2006 y los daños en infraestructura, en el ambiente natural y en la sociedad misma, promovieron la necesidad de evaluar la situación del Municipio de Tartagal y alrededores, a fin de obtener un diagnóstico de la situación actual (línea de base ambiental).

Se analizaron los registros históricos de precipitaciones, comparándolos con los datos actuales (superiores a 100 mm de lluvia continua). Se desarrolló una caracterización de la región y las actividades antrópicas.

La variación de los patrones de precipitaciones en una región altamente vulnerable en forma natural y por acciones antrópicas ocasionaron eventos de remoción en masa, socavamiento de laderas como así también efectos en infraestructuras.

**Palabras claves:** cambio climático, precipitaciones, vulnerabilidad regional, riesgo.

### INTRODUCCION:

El departamento San Martín se sitúa al norte de la Provincia de Salta. Limita al norte y al oeste con la República de Bolivia, al este y sudeste con el Departamento Rivadavia y al sudoeste con el Departamento Orán. Su superficie es de 16.257 km<sup>2</sup>, que equivale al 10,1% de la superficie total de la provincia. Comprende seis municipios: Aguaray, Embarcación, General Mosconi, General Ballivián, Profesor Salvador Mazza y Tartagal. La principal ciudad del Departamento es Tartagal con una población de 55.600 habitantes. Le siguen en importancia Embarcación (17.704 habitantes), Salvador Mazza (16.227 habitantes), General Mosconi (12.925 habitantes) y Aguaray (8.055 habitantes). Todas las ciudades mencionadas están ubicadas próximas a la Ruta Nacional N° 34, que conduce a Bolivia.

El río Tartagal de régimen irregular tiene un cuenca endorreica de 13650,347 ha. Nace en la Sierra de Tartagal, atraviesa la ciudad de Tartagal y se extiende hasta el este de la ruta 34. El río Tartagal, como integrador del medio natural, en particular del clima que gobierna su caudal varía con las características fisiográficas de la cuenca. La misma se sectoriza en cuenca alta, media y baja según criterios de altitud., curvas de nivel, pendientes. y actividades antrópicas involucradas en la cuenca (cuenca alta: 8087, 8823 ha., media: 1746,3992 ha., baja: 3816,0655 ha.).(Cabral, Plaza, 2006).

La intensidad de las precipitaciones del Noroeste Argentino está vinculada a la disposición espacial y altura de los cordones montañosos. Hacia el oeste, se encuentran dos cordones montañosos con orientación submeridiana, las Sierras de Tartagal y las Sierras de San Antonio. Estas barreras orográficas provocan una alteración importante en las masas de aire que llegan a la zona en estudio desde el oriente, cuando la masa de aire se aproxima a la primer barrera orográfica, es decir las Sierras de Tartagal (Bianchi y Yáñez, 1992), esta barrera actúa como un disparador de la formación de nubes que continúan su desarrollo hasta ser retenidas más hacia el oeste en las Sierras de Santa Victoria, por lo que los máximos registros de precipitación se presentan en el primer tramo del ascenso orográfico y aumentan hacia el Oeste en forma considerable.

El Noroeste Argentino ha sido identificado como uno de los sectores de mayor vulnerabilidad a riesgos naturales. El extremo oeste del Departamento San Martín es una de las áreas del NOA con inestabilidad territorial muy alta y de mayor susceptibilidad a la erosión (Novillo y Sarandón, 2002)

Se define la vulnerabilidad como el grado en que un sistema natural o social podría resultar afectado por el cambio climático. La vulnerabilidad está en función de la sensibilidad de un sistema a los cambios del clima (el grado en que un sistema responderá a determinado cambio del clima, incluidos los efectos beneficiosos y perjudiciales), y de su capacidad para adaptar el sistema a dichos cambios (el grado en que los ajustes introducidos en las prácticas, procesos o estructuras pueden moderar o contrarrestar los posibles daños o beneficiarse de las oportunidades creadas, por efecto de determinado cambio del clima). En este contexto, un sistema muy vulnerable sería aquel que fuera muy sensible a pequeños cambios del clima, incluyéndose en el concepto de sensibilidad la posibilidad de sufrir efectos muy perjudiciales, o aquél cuya capacidad de adaptación se hallara seriamente limitada.

Se analiza la variación de las precipitaciones en forma temporal y espacial como así también la vulnerabilidad regional para prevenir posibles situaciones futuras de riesgo.

## METODOLOGIA:

Se analizaron los valores históricos de precipitaciones del Ferrocarril General Belgrano de 16 localidades en el período de 1934 a 1990, dividiendo el departamento en zonas por comportamiento similar en volumen de precipitación.

Dada la ausencia de registros pluviométricos actuales dentro de la cuenca del río Tartagal, se consideraron los obtenidos de fincas privadas como representativos de las precipitaciones ocurridas en el período 2003-2006.

Registros Pluviométricos	Período de Registro
Finca Campo Seco (Sr. Falcón)-cuenca alta	2003-2006
Vespucio (Desdelsur S.A.)-cuenca media	1997-2006
Mosconi (Base Desdelsur S.A.)-cuenca media	2004-2006
Portería de Desdelsur S.A. a 17 km. de Tartagal.-cuenca baja	2004-2006
Zanja Honda (Desdelsur S.A.)-cuenca baja	2004-2006

Tabla 1: Período de registro en las fincas privadas.

Se caracteriza la región en sus aspectos naturales así como las actividades antrópicas para determinar el grado de vulnerabilidad del ecosistema y el riesgo asociado.

## RESULTADOS Y DISCUSION:

Se presentan los datos de precipitación media anual para localidades con registros provistos por el ferrocarril General Belgrano en el Departamento San Martín Figura 1.

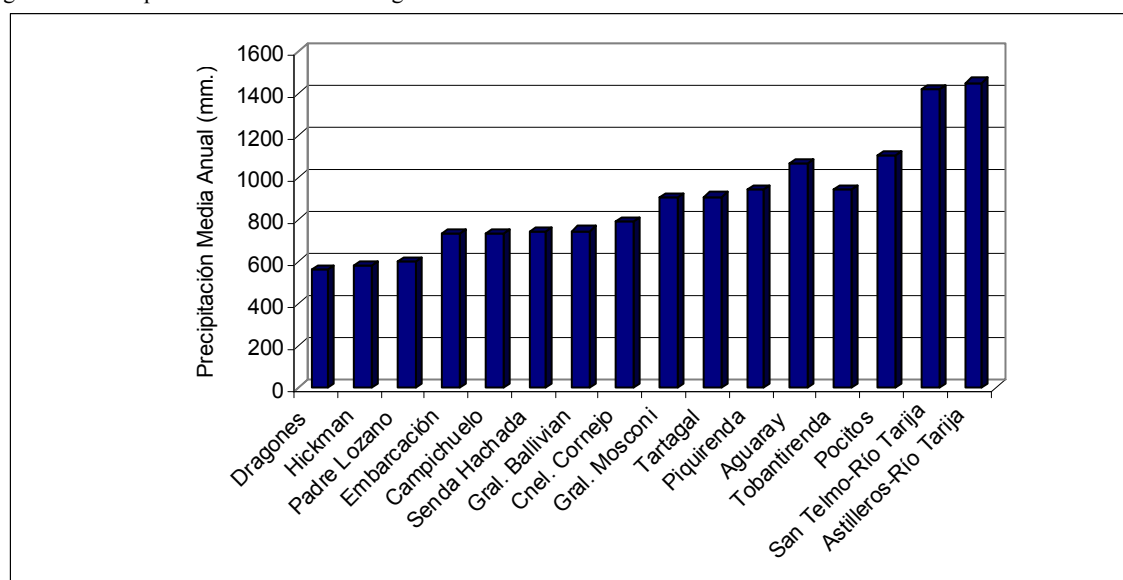


Figura 1: Precipitaciones medias anuales para el período 1934-1990. Ferrocarril Gral. Belgrano-Argentina

De la agrupación de localidades por volúmenes similares de precipitación se obtuvieron las siguientes zonas con un patrón de precipitación en el departamento San Martín (Tabla 2):

Zona 1: Dragones, Hickman, Padre Lozano.

Zona 2: Embarcación, Campichuelo, Senda Hachada, Gral. Ballivián, Cnel. Cornejo.

Zona 3: Mosconi, Tartagal, Piquirenda, Aguaray, Tobantirenda, Pocitos.

Zona 4: Astilleros y San Telmo Río Tarija

Los registros de precipitaciones de las localidades agrupadas por zona y sus valores de dispersión se muestran en Tabla 2.

Localidad	Media	Mediana	Moda	Desvío estándar	Rango	Mínimo	Máxima	Años analizados
ZONA 1								
Dragones	558	569	590	144	724	290	1014	53
Hickman	579	571	408	187	806	259	1065	53

Padre Lozano	600	574	623	152	731	391	1122	51
ZONA 2								
Embarcación	737	715	842	202	1164	326	1490	
Campichuelo	733	717	552	193	724	372	1096	57
Senda Hachada	743	751	714	189	967	248	1215	55
Gral.Ballivian	748	748		207	1321	321	1642	57
Cnel.Cornejo	787	787	600	235	1270	261	1531	57
ZONA 3								
Gral.Mosconi	907	871	851	296	1481	307	1788	56
Tartagal	911	918	820	286	1486	428	1914	57
Piquirenda	946	947	1012	255	1116	520	1636	53
Aguaray	1070	1036	1671	386	1662	419	2081	52
Tobantirenda	941	957	1013	256	1237	291	1528	50
Pocitos	1103	1030	989	344	1553	492	2045	36
ZONA 4								
Astilleros-Río								
Tarija	1455	1456		324	1171	857	2028	18
San Telmo-Río								
Tarija	1419	1392		272	1047	882	1929	20

Tabla 2: Localidades del Dpto San Martín. Valores Estadísticos para el período 1934-1990.

Los valores de la tabla se representan en el mapa de isohietas.

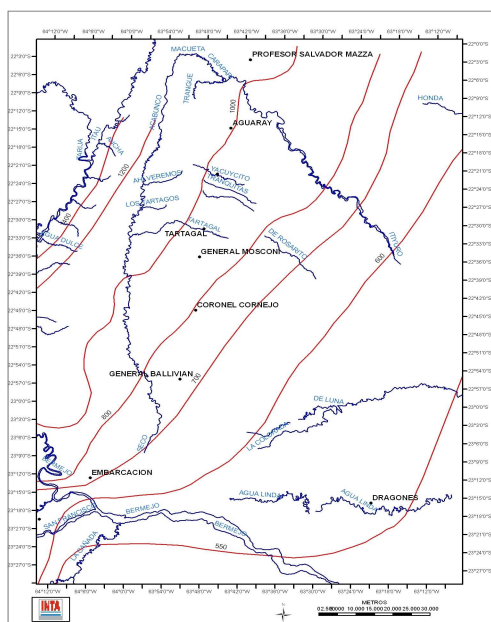


Figura 2: Mapa de isohietas y localidades del Dpto. San Martín- Foto: Cuenca media del Río Tartagal.

A partir de los registros de precipitación e isohietas se observa un incremento de las mismas en sentido este – oeste y de norte a sur. Estas se incrementan desde los 550 mm aproximadamente en la localidad de Dragones a los 700 mm a la altura de Embarcación. En sentido sur – norte se observa un incremento desde los 700 mm a los 900 mm en Tartagal y hasta los 1100 mm en la localidad de Pocitos. Así mismo las precipitaciones se incrementan considerablemente en sentido este-oeste, hasta llegar al Río Tarija alcanzando los 1400 mm de precipitación.

Los datos promedios mensuales correspondientes por zona de influencia de la cuenca del río Tartagal se muestra en la Figura 3.

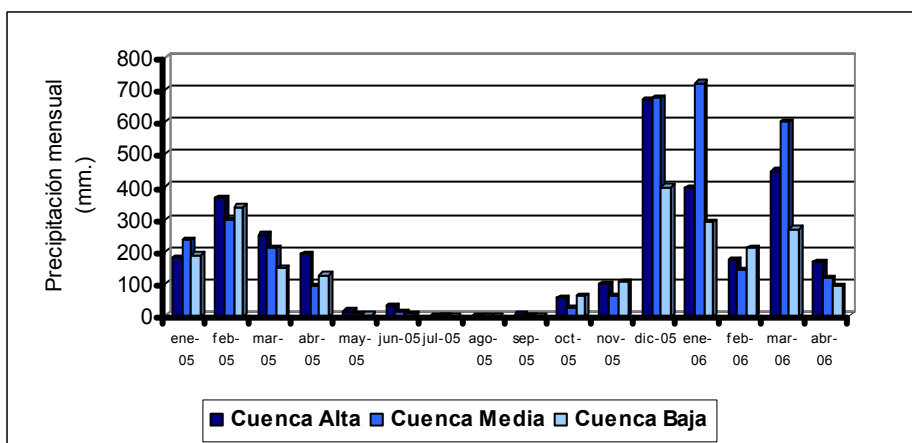


Figura 3: Precipitaciones medias mensuales (mm) aportado por fincas privadas (período 2005-2006)

Las lluvias en la cuenca alta fueron de 397 mm para el mes de enero-2006, mientras que en la cuenca media superaron el doble del volumen precipitado, alcanzando los 720 mm. En febrero se registraron 175 mm para la cuenca alta, 145 mm en la cuenca media, y 214 mm en la cuenca baja, no respondiendo al patrón registrado de variación espacial de precipitación. El segundo evento de altas precipitaciones se reitera en Marzo de 2006. Las lluvias ocurridas en la cuenca alta alcanzan los 449 mm, en la cuenca media fue de 599 mm y en la baja de 271 mm. Nuevamente las máximas precipitaciones ocurren en la cuenca media del río Tartagal.

Meses/Año	Registros medios históricos	2005	2006
Enero	190	236	720
Febrero	165	300	145
Marzo	137	211	599
Abril	77	97	122
Mayo	17	10	
Junio	9	13	
Julio	4	2	
Agosto	5	0	
Septiembre	8	1	
Octubre	47	28	
Noviembre	108	65	
Diciembre	139	675	
<b>Total anual</b>	<b>907</b>	<b>1638</b>	<b>1586</b>

Tabla 3: Registro medio históricos de precipitaciones de la cuenca alta y valores actuales para el período 2005-2006

En la misma se observa que en el mes de Diciembre de 2005, se tiene un registro de precipitación para la cuenca alta de de 675 mm, cuando la media esperada para dicho mes era de tan solo 139 mm (Tabla 3), es decir que las precipitaciones fueron 5 veces superiores a las esperadas. Este volumen de precipitación ocurrido en tan solo un mes tuvo consecuencias altamente críticas sobre la capacidad de absorción del sistema hídrico de la cuenca. Luego de las altas precipitaciones del mes de Diciembre le siguieron las registradas para enero de 2006, donde las lluvias alcanzaron un pico máximo de 720 mm. Este volumen de precipitación fue 4 veces superior a la esperada para dicho mes según los registros históricos. Para Marzo de 2006 las lluvias alcanzaron los 599 mm, es decir aprox. 4 veces superiores a las esperadas para dicho mes.

#### Caracterización de la cuenca del Río Tartagal

La cuenca alta presenta una altitud máxima de 1293 m.s.n.m. y mínima de 541 m.s.n.m., la cuenca media presenta una altitud máxima de 950 m.s.n.m. y mínima de 441 m.s.n.m.; y la baja registra una altitud máxima de 464 m.s.n.m. y mínima de 348 m.s.n.m. En consecuencia la amplitud altitudinal máxima se registra en la cuenca alta con una amplitud de 752 m.s.n.m., mientras que en la cuenca media es de 509 m.s.n.m. y en la cuenca baja la amplitud se reduce a 116 m.s.n.m. El desnivel altitudinal total de la cuenca es de 945 m.s.n.m.

Las asociaciones presentes de acuerdo a Nadir y Chafatinos en la cuenca del río Tartagal son:

- Asociación Madrejones 2.
- Asociación Madrejones 2 – Quijarro.
- Asociación Vespucio.
- Asociación Vespucio – El Palmar.

La asociación Madrejones 2 se distribuye en forma meridiana, en la mitad este de la cuenca alta y en el extremo oeste de la cuenca media. Se trata de un sector de fisiografía montañosa y relieve colinado, presentando un riesgo de erosión de ligero a moderado. En cuanto al suelo Quijarro, los suelos son ligeramente drenados y presenta un riesgo de erosión moderado. La asociación Vespucio se encuentra en toda la cuenca baja. Los suelos dominantes en este sector de la cuenca presentan una textura que varía entre media, medianamente gruesa y gruesa.

La vegetación es característica de la selva pedemontana (400-700 m.s.n.m). La misma se encuentra en activa transformación.

#### **Actividades antrópicas en alta cuenca**

Las actividades dominantes en la cuenca alta es la petrolera, los impactos detectados se concentran principalmente con la apertura de caminos y habilitación de tierras para obras y plataformas, y en menor magnitud derrames de hidrocarburos. Asimismo, la actividad podría estar contribuyendo a la generación de gases efecto invernadero que afectaría el cambio en el clima

La extracción de áridos se ejecuta de manera intensa sin ningún tipo de manejo ni control en la cuenca media. Las alteraciones a la dinámica de la cuenca, producto de la extracción de áridos es de magnitud significativa, alterando la profundidad del cauce principal, potenciando su erosión.

La explotación forestal en la cuenca alta alteró no solo la cobertura del suelo, sino también la estructura y composición original del bosque. Los efectos de la actividad forestal y la dinámica hidrológica de la cuenca tienen efectos directos en los procesos de intensificación de la erosión.

El avance de la frontera agrícola da lugar a un potencial doble acción sobre el efecto invernadero, disminución del sumidero de CO<sub>2</sub> como emanaciones de gases efecto invernadero por el cultivo de soja.

#### **Emergencia y riesgo ambiental**

Los fenómenos hidrogeológicos que ocurrieron en la cuenca del río Tartagal, se encuentran vinculados principalmente con “procesos torrenciales”, es decir eventos que se producen en valles de regiones montañosas, en donde los excedentes líquidos escurren con importantes aportes de sedimentos en suspensión debido al tipo de escurrimiento; y por “procesos de remoción en masa”, es decir deslizamientos de laderas y flujos de barro que se producen en las laderas de las cuencas de grandes pendientes.

El mal ordenamiento territorial tuvo su efecto en viviendas y servicios, por encontrarse situados en la margen del río Tartagal (foto), ocasionando daños en la población y obras civiles (viviendas, puentes, canalizaciones, etc.)

#### **CONCLUSION:**

Los patrones anormales de alta precipitación dieron lugar a que la capacidad de infiltración de los suelos se viera superada, alcanzando el punto de saturación de los mismos en un tiempo relativamente corto, en consecuencia una vez que el suelo se satura, todo el excedente de agua, pasa a alimentar el escurrimiento superficial, tornándose en un agente altamente erosivo

En la cuenca baja del río Tartagal, las consecuencias estuvieron relacionadas con los daños a la actividad productiva de la región, como fue el desborde del río Tartagal, produciendo la inundación de grandes superficies de campos dedicados a la actividad agrícola.

Los acontecimientos en el período 2005-2006, son el resultado de un efecto sinérgico donde no sólo los resultados se evidencian por la suma de las variables actuantes sino que se potencian en forma interrelacionada, actuando en su conjunto como un sistema, donde la incertidumbre y la aleatoriedad juegan un papel importante. Sin embargo la evidencia de un cambio climático da lugar a planificar medidas preventivas ante los riesgos asociados en una región altamente vulnerable.

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- Bianchi, A. R. y C. E. Yáñez, 1992: *Las Precipitaciones en el Noroeste Argentino*. (segunda edición). INTA ,EEA Salta.
- Flohn, H; 1968. *Clima y tiempo*. Ediciones Guadarrama Madrid
- Gaviño Novillo, Marcelo y Ramiro Sarandón. 2002. *Evolución Ambiental Regional. Metodología utilizadas en el Estudio Regional de Riesgos Hidrogeológicos del NOA Argentino*.
- Minetti J; 2005, *El clima del Noroeste Argentino*. Ediciones Magna.
- Nadir y Chafattinos. *Los suelos del NOA*
- Sellers, W. D., 1965, *Physical climatology. The University of Chicago Press. Chicago & London*,

## **ABSTRACT**

Because precipitations occurring during 2005 to 2006, the infrastructure, natural environment and society damage, promote the necessity to evaluate the Municipality of Tartagal and surrounding. It was obtain the actual situation diagnostic environmental basic line).

It was analyze the precipitation patterns comparing with actual data (upper to 100mm of continuous raining). It was develope a region and the human activities characterization.

The variation of precipitation patterns in a high vulnerable region because natural and human actions take place mass remotions events, slopes degradation and also infrastructure effects.

**Key words:** Climatic change, precipitations, regional vulnerability, risk

## **AGRADECIMIENTO**

Intendente del Municipio de Tartagal, Arquitecto Darío Valenzuela, Ingeniero Jesús Nieva, Señor Oscar Mongelli, Bioquímica Margarita Verchelli, Secretario de la Producción, Licenciado Roberto Vargas y personal que colaboraron en el desarrollo del estudio.