

**Análisis de la Situación Global del
Municipio de Tartagal, Departamento San
Martín.**

**Diagnóstico y Evaluación de la Cuenca del
Río Tartagal y área de influencia.
Municipalidad de Tartagal**

Claudio Marcelo Cabral
Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente

Gloria Plaza
Ingeniera Química

Autoridades

Héctor Darío Valenzuela
Arquitecto
Intendente Municipio de Tartagal

Roberto Dante Vargas
Licenciado en Ingeniería Industrial
Secretario de la Producción y Planeamiento

Colaborador

Mariano Negri
Asistente Técnico en Teledetección y SIG.

Año 2006.

INTRODUCCIÓN

Como consecuencia de los eventos climáticos registrados a fines del año 2005 y principio de 2006 en la ciudad de Tartagal (Provincia de Salta), parte de la infraestructura urbana, periurbana y grandes superficies de suelo se vieron afectadas severamente por las altas precipitaciones, que se tradujeron en el incremento extraordinario de los ríos, deslizamientos de suelos e intensificación de diferentes procesos erosivos.

De acuerdo con Novillo y Sarandón (2002), cuando estos eventos ocurren, su impacto se observa principalmente en:

- La población urbana y rural.
- Las áreas urbanas.
- La infraestructura.
- Los sistemas productivos.

Esto se debe a que las áreas urbanas y periurbanas se ven directa e indirectamente afectadas por las actividades que se desarrollan en su entorno. En este contexto la interacción de centros urbanos y periurbanos, las actividades desarrolladas en la zona, la cuenca donde estos se encuentran asentados y las características hidrológicas y climáticas deben ser consideradas para prevenir riesgos y garantizar la seguridad de la sociedad (CEPAL 1999).

En una primera aproximación a los riesgos ambientales, Novillo y Sarandón, en el año 2002, indicaban en su estudio “Evaluación ambiental regional. Metodología utilizada en el estudio regional de riesgos hidrogeológicos del NOA Argentino”, que el sector comprendido por el norte de la provincia de Salta presentaba severos riesgos hidrogeológicos, siendo categorizada como un área de alta inestabilidad territorial y susceptibilidad a la erosión.

Debe interpretarse que la inestabilidad y susceptibilidad, se encuentra vinculada a características ambientales tales como, suelos con alto riesgo de erosión, topografía que favorece a los eventos erosivos como elevadas pendientes, elevada variación altitudinal, geología del área, características climáticas, entre otros factores. A estas, se suman las acciones del hombre que alteran o modifican dichas variables, como la modificación de la topografía a partir de la ejecución de obras, los cambios de uso del suelo y la disminución o pérdida de cobertura del suelo, entre otras.

Ante situaciones críticas como las acontecidas en el área de estudio, se suma la ausencia total de información de base que permita orientar el desarrollo en forma sustentable, con la debida ordenación y planificación territorial.

Bajo estas ideas, ante los acontecimiento suscitados en la ciudad de Tartagal y alrededores, se efectuó un diagnóstico ambiental del departamento San Martín, y se puntualizó el análisis en la caracterización y diagnóstico de la cuenca del río Tartagal, cuenca de la cual no se disponía ninguna información de base para su análisis.

Se efectuó un análisis a detalle de la cuenca del río Tartagal a partir de tecnología SIG, evaluando las variables ambientales, las principales actividades productivas y los impactos antrópicos que actúan interrelacionados

en la cuenca. Se enfatizó el análisis en el evento climático reciente, sus impactos ambientales y sociales, con la consecuente evaluación de daños y riesgo resultantes.

Como parte del presente estudio se plantea también el objetivo de proveer de una herramienta que permita, la ordenación y planificación territorial de la cuenca del río Tartagal, a fin de prevenir futuros riesgos sobre los centros urbanos, periurbanos y áreas productivas, buscando orientar las actividades hacia un desarrollo sustentable no solo en el espacio sino también en el tiempo.

METODOLOGÍA

El relevamiento del área de estudio se efectuó por medio de diferentes metodologías:

- Vuelos aéreos.
- Reconocimiento terrestre.
- Procesamiento de imágenes satelitales, cartografía digital y tratamiento vinculado en un sistema de información geográfica.

En una primera etapa, se efectuaron vuelos aéreos de reconocimiento de la situación. Los días 12 y 13 de abril del presente año, se efectuaron los vuelos en un helicóptero Alfa Eco 446 del Ejército Argentino, a cargo del Mayor Armando Colucchi (Jefe de Escuadrón). El día 12 de Abril, se efectuó el primer vuelo de reconocimiento durante las 16:30 hs. hasta las 17:44 hs., el segundo vuelo se efectuó el 13 de Abril, entre las 12:00 hs. y las 13:37 hs.

Las áreas voladas corresponden la cuenca del río Tartagal y áreas de influencia, así también se volaron cuencas menores como las del A° Cuña Muerta, A° Zanja honda, río Yariaguarenda, río Tranquitas y Yacuy. También se sobrevolaron los pozos petroleros Destilería Campo Durán, Planta Alto Yariaguarenda y Lomitas Bloque Bajo. Se recorrió todo el tramo comprendido de la ruta Nacional N° 34, entre la ciudad de General Mosconi y Aguaray.

Durante los vuelos se tomaron fotografías áreas con cámaras digitales a los fines de lograr un análisis de la situación actual del municipio Tartagal y áreas de influencia.

Se enfatizó durante los vuelos, el área comprendida por la cuenca del río Tartagal para analizar los daños causados por las recientes crecidas y evaluar los potenciales riesgo de la actual situación.

Así mismo se evaluó las situación actual del área de influencia del proyecto, en relación a las actividades agrícolas, ganaderas, explotación forestal, actividad petrolera, identificación de basurales, evaluación de obras civiles en riesgo como puentes, rutas, planta de tratamiento de líquidos cloacales, áreas urbanas y periurbanas.

Una vez efectuados los vuelos aéreos, y a partir de las fotografías aéreas, se identificaron las distintas situaciones y se individualizaron situaciones de riesgo para su evaluación.

En una segunda etapa, el relevamiento consistió en recorridas terrestres por las zonas de desastre a fin obtener información puntual identificada en las fotografías aéreas.

Durante el día 18 de Mayo, se efectuaron recorridas para evaluar daños e identificar riesgos en el área urbana y periurbana de la ciudad de Tartagal: los recorridos se efectuaron por el área involucrada entre la intersección del río Tartagal y Av. Packham, y la intersección del mismo río y la R.N. N° 34, también se recorrieron diferentes áreas con problemas de evacuación de aguas en el área urbana y periurbana. Se efectuó un reconocimiento de detalle de los diferentes procesos erosivos identificados en las fotografías aéreas. También efectuó un reconocimiento y evaluación de daños e identificación de riesgo potenciales de la situación de la planta de tratamiento de líquidos cloacales de la ciudad de Tartagal.

Durante el día 19 de Mayo, se efectuaron reconocimiento y evaluación de daños producto de las precipitaciones, en las cuencas de A° Cuña Muerta, A° Zanja Honda y A° Yariaguarenda.

Posteriormente, los días 25 y 26 de Mayo se efectuó un tercer reconocimiento a campo en las áreas comprendidas por el A° Yacuy, y situaciones observadas a lo largo del tramo comprendido por la R.N. N° 34 entre la ciudad de Tartagal y la localidad de Yacuy. Finalmente se efectuó un nuevo recorrido en el área urbana y periurbana de la ciudad de Tartagal.

Finalmente, el último recorrido se efectuó durante los días 28 y 29 de Junio, por la cuenca alta del río Tartagal, en el tramo comprendido por los Altos de Yariguarenda y hasta la Estación de Bombeo Yariguarenda por vía terrestre.

En una tercer etapa se efectuó el tratamiento digital de imágenes satelitales a fin de ejecutar en una primer instancia, un diagnóstico del departamento San Martín, y posteriormente analizar a nivel de detalle la cuenca del río Tartagal y cuencas aledañas, vinculando información temática obtenida a partir de imágenes satelitales, con las fotografías aéreas obtenidas de los vuelos con el Ejército Argentino y los datos relevados a través de los recorridos terrestres por el área de estudio.

No obstante en los casos en que se fue necesario, se presenta la metodología puntual empleada en cada uno de los casos para un mejor detalle y análisis.

RESULTADOS

Análisis de las precipitaciones históricas en el Departamento San Martín.

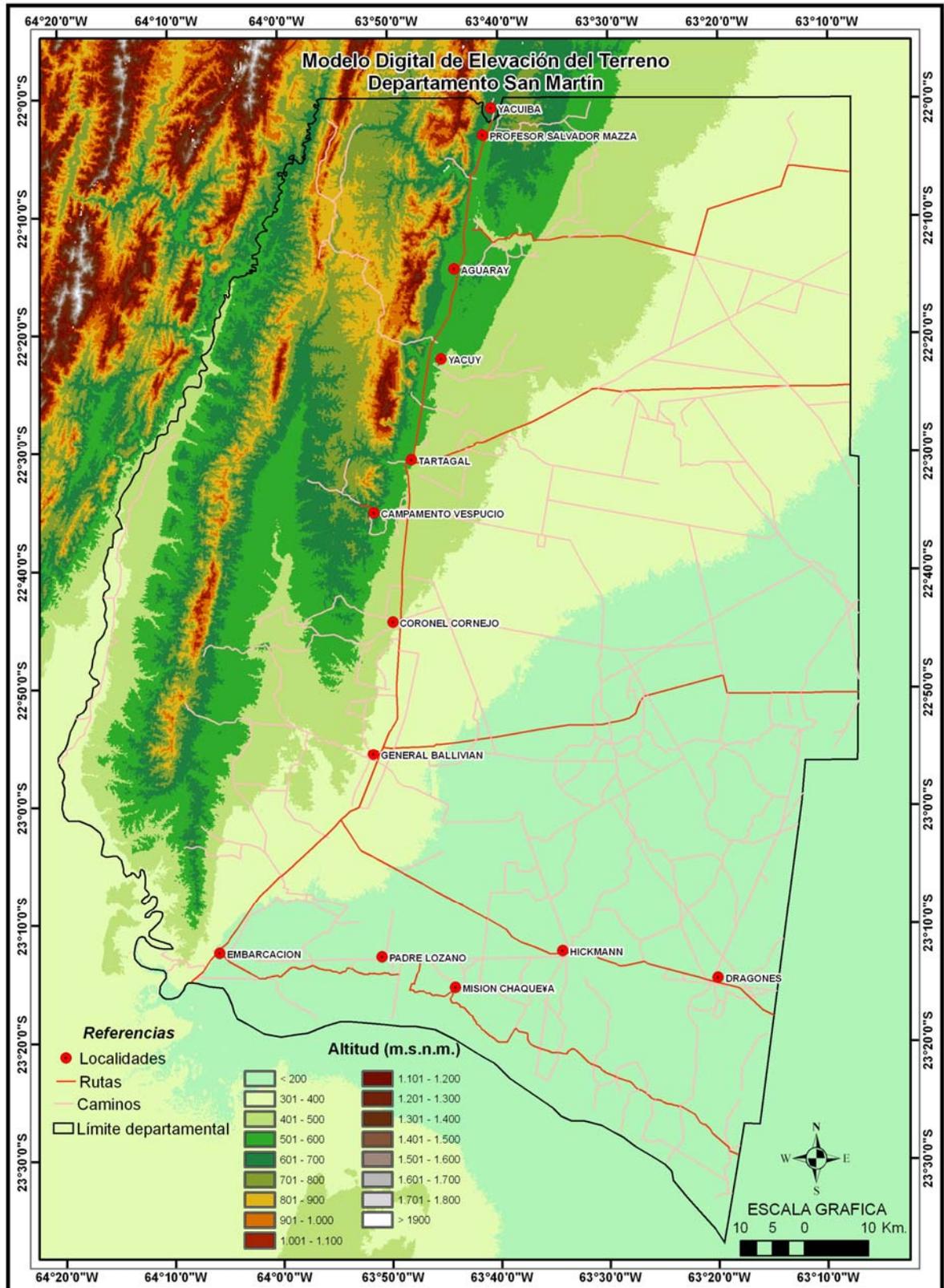
El departamento de San Martín cuenta con 16 sitios de registros de precipitaciones del Ferrocarril General Belgrano durante el período comprendido entre 1934 a 1990, según la localidad. A continuación se presenta una tabla con los datos de las localidades con registro de precipitación que se emplearon en el presente estudio.

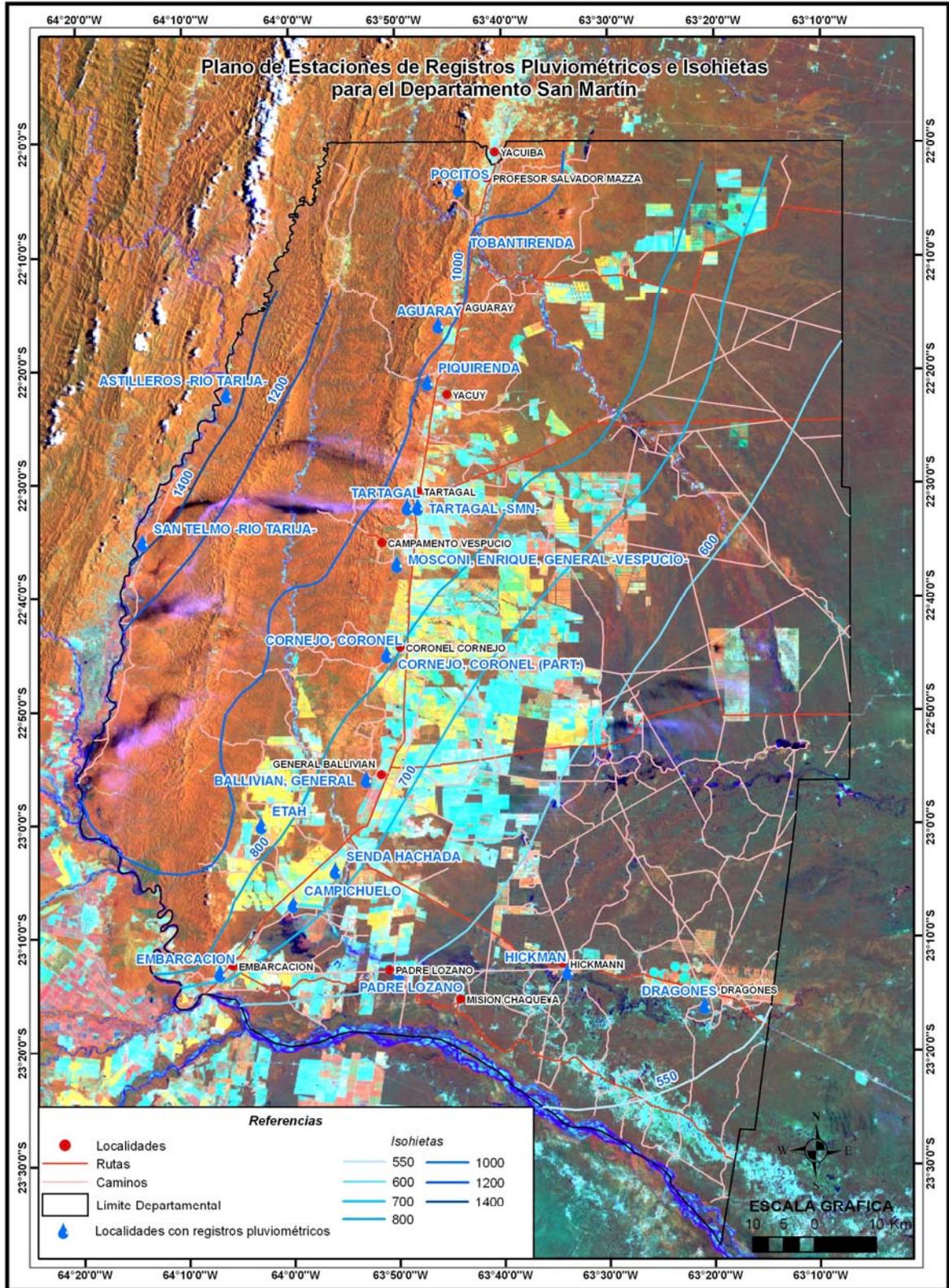
Ubicación		Localidad de Registro	Período de Registro
Latitud	Longitud		
-23,266667	-63,350000	Dragones	1938-1990
-23,216667	-63,566667	Hickman	1938-1991
-23,216667	-63,833333	Padre Lozano	1938-1992
-23,216667	-64,116667	Embarcación	1934-1987
-23,116667	-64,000000	Campichuelo	1934-1990
-23,066667	-63,933333	Senda Hachada	1934-1987
-22,933333	-63,883333	General Ballivián	1934-1990
-22,750000	-63,850000	Coronel Cornejo	1934-1990
-22,616667	-63,833333	General Mosconi	1935-1990
-22,533333	-63,816667	Tartagal	1934-1990
-22,350000	-63,783333	Piquirenda	1938-1990
-22,266667	-63,766667	Aguaray	1939-1990
-22,166667	-63,733333	Tobantirenda	1938-1988
-22,066667	-63,733333	Pocitos	1951-1990
-22,366667	-64,100000	Astilleros-Río Tarija	1969-1986
-22,583333	-64,233333	San Telmo - Río Tarija	1971-1990

A continuación se presentan los datos de precipitación media anual para cada localidad anteriormente citada y el Mapa de Estaciones de Registros Pluviométricos e Isohietas para el Departamento San Martín, así mismo se presenta un Modelo Digital de Elevación para el Departamento San Martín, a fin de interpretar la influencia orográfica sobre los procesos de precipitaciones en la zona (Dicho fenómeno se tratará mas adelante).

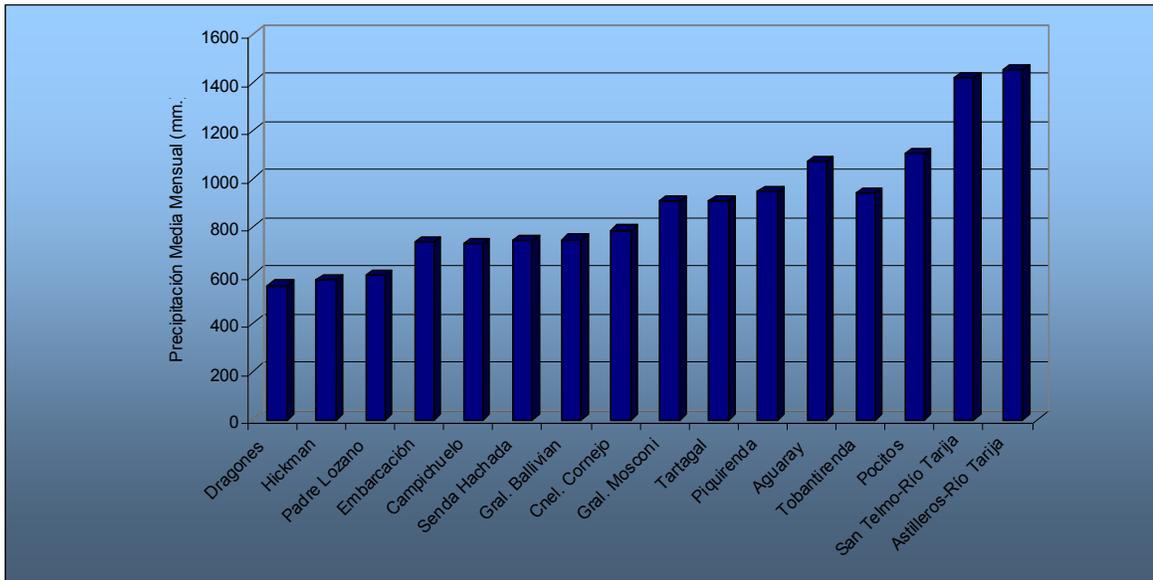
	Embarcación	Campichuelo	Senda Hachada	Gral. Ballivian	Cnel. Cornejo	Gral. Mosconi	Tartagal	Piquirenda	Aguaray
Enero	157	149	156	158	169	190	202	191	226
Febrero	142	136	145	145	142	165	158	166	179
Marzo	107	116	116	120	117	137	140	159	172
Abril	52	53	45	54	62	77	78	86	98
Mayo	15	13	12	12	16	17	24	24	22
Junio	4	5	5	6	9	9	12	11	10
Julio	3	3	3	3	4	4	5	4	3
Agosto	5	3	2	3	2	5	5	5	5
Setiembre	6	8	8	7	8	8	8	8	7
Octubre	46	41	47	39	42	47	41	49	49
Noviembre	74	81	80	83	92	108	101	99	105
Diciembre	125	127	123	116	123	139	136	144	194
Anual	737	733	743	748	787	907	911	946	1070

	Tobantirenda	Pocitos	Padre Lozano	Hickman	Dragones	Astilleros-Río Tarija	San Telmo-Río Tarija
Enero	186	206	125	123	123	291	280
Febrero	175	190	117	99	96	263	219
Marzo	153	192	102	80	83	245	242
Abril	79	96	27	38	31	115	145
Mayo	24	37	5	7	8	39	31
Junio	14	17	3	4	5	22	16
Julio	5	5	2	3	3	13	11
Agosto	3	6	2	1	2	10	10
Septiembre	7	8	6	8	7	17	12
Octubre	42	49	40	40	39	80	57
Noviembre	98	116	68	71	70	141	156
Diciembre	155	180	103	104	91	218	241
Anual	941	1103	600	579	558	1455	1419





Gráficamente se observa el patrón de precipitación en el departamento San Martín.



En el gráfico se observan las precipitaciones medias anuales de cada localidad de registro, para una mejor apreciación de la ubicación de dichas localidades se generó un Plano de Registros Pluviométricos e Isohietas para el departamento San Martín.

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.

Para analizar el comportamiento histórico de las precipitaciones se dividió el departamento San Martín en 4 áreas de comportamiento similar en cuanto al volumen de precipitación, (esta agrupación es solo a fin de sistematizar la información), estas zonas son:

Zona 1: Dragones, Hickman, Padre Lozano.

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

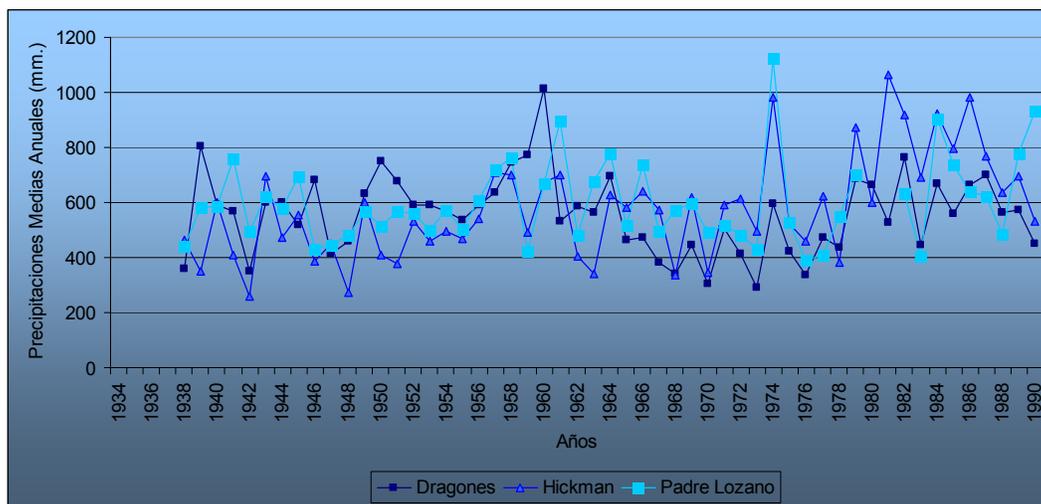
Zona 3: Mosconi, Tartagal, Piquirenda, Aguaray, Tobantirenda, Pocitos.

Zona 4: Astilleros y San Telmo Río Tarija.

Zona 1: Dragones, Hickman, Padre Lozano.

Esta zona se ubica al sureste del departamento San Martín (ver Plano de Registros de Precipitación e Isohietas). Para esta zona se disponen de registros desde el año 1938 hasta el año 1990.

A continuación se presenta en forma gráfica las precipitaciones medias anuales para cada zona y una tabla resumen de las estadísticas pluviométricas para dicha zona.



Dragones	mm.	Hickman	mm.	Padre Lozano	mm.
Media	558	Media	579	Media	600
Mediana	569	Mediana	571	Mediana	574
Moda	590	Moda	408	Moda	623
Desviación estándar	144	Desviación estándar	187	Desviación estándar	152
Rango	724	Rango	806	Rango	731
Mínimo	290	Mínimo	259	Mínimo	391
Máximo	1014	Máximo	1065	Máximo	1122
Años analizados	53	Años analizados	53	Años analizados	51

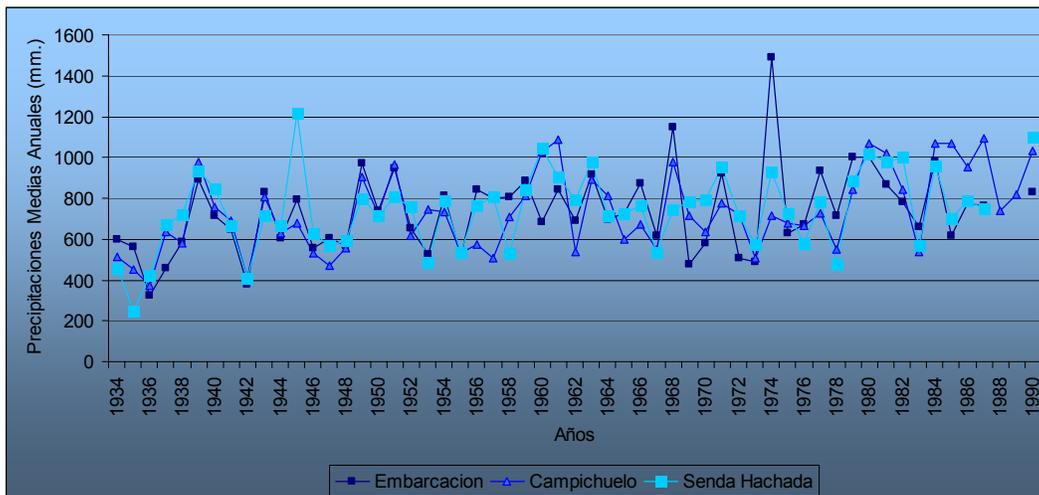
Se observa un incremento de la precipitación media anual en sentido este-oeste, desde Dragones a Padre Lozano.

La localidad de Dragones presenta una precipitación media anual de 558 mm., el mínimo de precipitación registrado es de 290 mm. para el año 1973 y una máxima de 1014 mm. en el año 1960, lo que implica un rango de variación de las precipitaciones de 724 mm. Para el total de datos registrados, en el 57 % (30 años) de los años, ocurrieron precipitaciones por encima de la media registrada.

Para la localidad de Hickman, la media de precipitación es de 579 mm., con una mínima registrada en el año 1942 de 259 mm. y una máxima de 1065 mm. en 1981. En el 49 % (26 años) de los años de registro, las precipitaciones fueron superiores a la media anual de la zona.

En la localidad de Padre Lozano, la media es de 600 mm., con un mínimo de 391 mm. registrados en 1976 y un máximo de 1122 mm. en 1974. Para el periodo de análisis, en el 39 % (20 años) de los años de registro, las precipitaciones fueron superiores a la media.

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



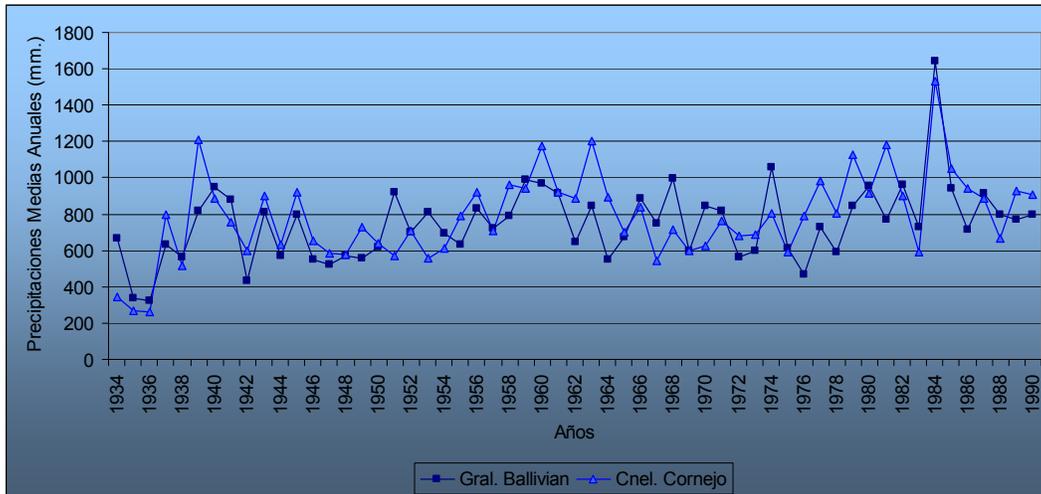
Embarcación	mm.	Campichuelo	mm.	Senda Hachada	mm.
Media	737	Media	733	Media	743
Mediana	715	Mediana	717	Mediana	751
Moda	842	Moda	552	Moda	714
Desviación estándar	202	Desviación estándar	193	Desviación estándar	189
Rango	1164	Rango	724	Rango	967
Mínimo	326	Mínimo	372	Mínimo	248
Máximo	1490	Máximo	1096	Máximo	1215
Años analizados	55	Años analizados	57	Años analizados	55

En estas tres localidades las medias no difieren significativamente y oscilan entre 737 mm., 733 mm. y 743 mm. para Embarcación, Campichuelo y Senda Hachada.

Para la localidad de Embarcación el año de máxima fue en 1974 con 1490 mm. de lluvia y la mínima de 326 mm. en 1936, registrándose precipitaciones superiores a la media en el 47 % de los años de registro.

En Campichuelo la mínima registrada es de 372 mm. para el mismo año en que se registró la mínima en Embarcación, y la máxima fue de 1086 mm. en 1987. En el 42 % de los años de registro las precipitaciones fueron superiores a la media registrada en la localidad de análisis.

En la localidad de Senda Hachada, la mínima registrada es de 248 mm. en 1935 y la máxima de 1215 mm. en 1945, registrándose precipitaciones superiores a la media en el 53 % de los años de registros de datos de lluvia.

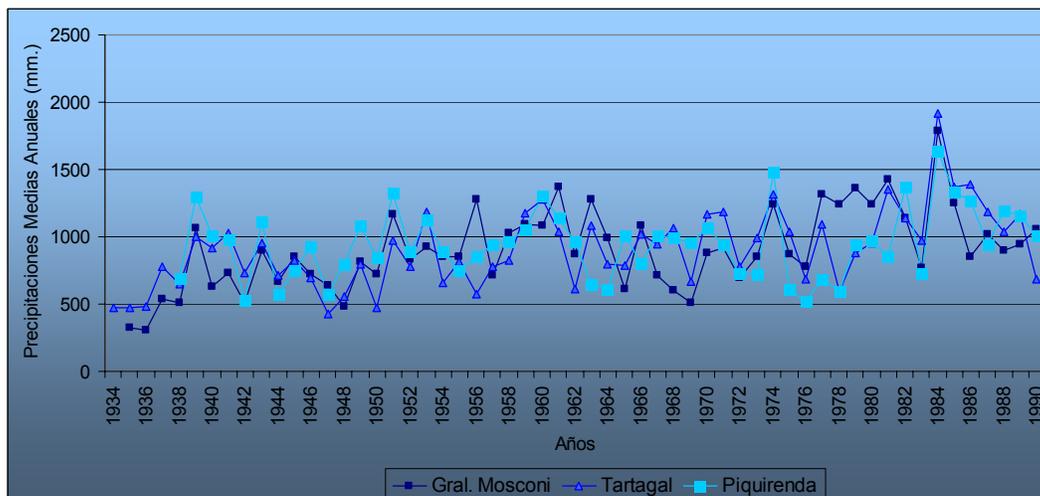


Gral. Ballivian	mm.	Cnel. Cornejo	mm.
Media	748	Media	787
Mediana	748	Mediana	787
Moda	--	Moda	600
Desviación estándar	207	Desviación estándar	235
Rango	1321	Rango	1270
Mínimo	321	Mínimo	261
Máximo	1642	Máximo	1531
Años analizados	57	Años analizados	57

Para la localidad de Ballivián, la media de precipitación es de 748 mm., con una máxima de precipitación de 1642 mm. en el año 1984 y la mínima de 321 mm. en 1932. En el 49 % de los años de registro las precipitaciones superaron a la media.

Coronel Cornejo presenta una media superior, de 787 mm. con un máximo de 1531 mm. y una mínima de 261 mm. para los mismos años en que se registraron dichos extremos de precipitación en Gral. Ballivián.

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



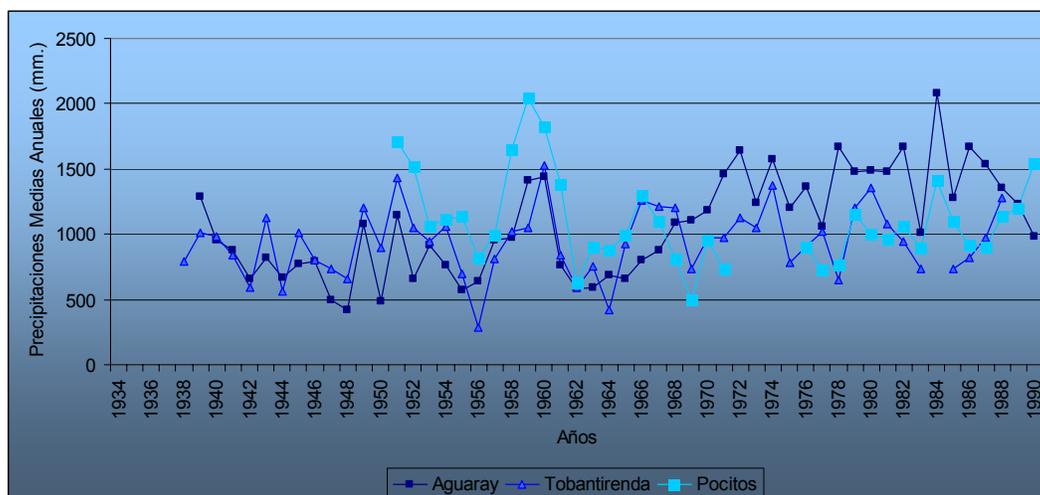
Gral. Mosconi	<i>mm.</i>	Tartagal	<i>mm.</i>	Piquirenda	<i>mm.</i>
Media	907	Media	911	Media	946
Mediana	871	Mediana	918	Mediana	947
Moda	851	Moda	820	Moda	1012
Desviación estándar	296	Desviación estándar	286	Desviación estándar	255
Rango	1481	Rango	1486	Rango	1116
Mínimo	307	Mínimo	428	Mínimo	520
Máximo	1788	Máximo	1914	Máximo	1636
Años analizados	56	Años analizados	57	Años analizados	53

Las medias de precipitación registradas para las localidades de Mosconi, Tartagal y Piquirenda son 907, 911 y 946 mm. respectivamente.

En la localidad de Mosconi el máximo registro de precipitación fue en 1984 con 1788 mm., mientras que la mínima fue en 1936 con 307 mm. Para el total de años de registros, el 43 % de los registros las precipitaciones fueron superiores a la media.

Para la localidad de Tartagal la máxima registrada también fue en 1984 con 1914 mm. y la mínima en 1947 con 428 mm. En el 51 % de los años de registro las precipitaciones fueron superiores a la media.

Así mismo en Piquirenda también en 1984 se registró la máxima de precipitación con 1636 mm. y la mínima en 1976 con 520 mm. En el 51 % de los años de registros las lluvias superaron a la media.

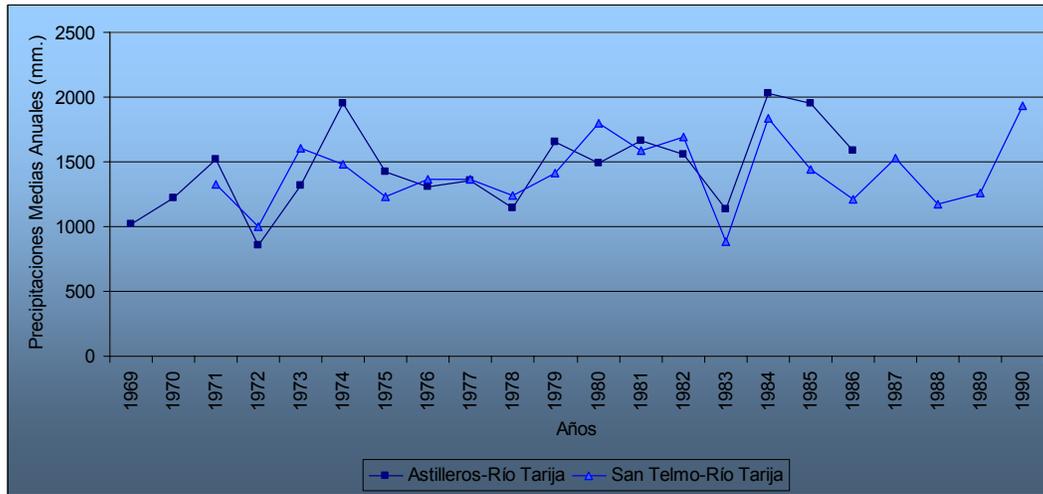


Aguaray	mm.	Tobantirenda	mm.	Pocitos	mm.
Media	1070	Media	941	Media	1103
Mediana	1036	Mediana	957	Mediana	1030
Moda	1671	Moda	1013	Moda	989
Desviación estándar	386	Desviación estándar	256	Desviación estándar	344
Rango	1662	Rango	1237	Rango	1553
Mínimo	419	Mínimo	291	Mínimo	492
Máximo	2081	Máximo	1528	Máximo	2045
Años analizados	52	Años analizados	50	Años analizados	36

Al igual que en las localidades anteriormente tratadas, en Aguaray el máximo registro de precipitación se registró en 1984 con 2081 mm. y la mínima en 1948 con 419 mm.

En las localidades de Tobantirenda y Pocitos las máximas registradas fueron en 1960 con 1528 mm. y en 1959 con 2045 mm. respectivamente. Mientras que las mínimas fueron en 1956 con 291 mm. para Tobantirenda y en 1969 con 492 mm. para la localidad de Pocitos.

Zona 4: Astilleros y San Telmo Río Tarija.



Astilleros - Río Tarija	mm.	San Telmo - Río Tarija	mm.
Media	1455	Media	1419
Mediana	1456	Mediana	1392
Moda	--	Moda	--
Desviación estándar	324	Desviación estándar	272
Rango	1171	Rango	1047
Mínimo	857	Mínimo	882
Máximo	2028	Máximo	1929
Años analizados	18	Años analizados	20

Estas dos localidades situadas hacia el oeste del departamento San Martín, registran una media de 1455 mm. y 1419 mm. para Astillero y San Telmo respectivamente. Para el año 1984, en la localidad de Astilleros se registra la máxima precipitación con 2028 mm. de lluvia, mientras que en San Telmo, la máxima se observó en 1990 con 1929 mm. Las mínimas registradas fueron de 857 mm. en 1972 y de 882 mm. en 1983, respectivamente.

Análisis de las precipitaciones actuales en la cuenca del Río Tartagal y alrededores.

A partir de las gestiones realizadas la empresa Desdelsur S.A., aportó con los registros pluviométricos para la zona de estudio. Los datos obtenidos y empleados en el análisis corresponden a la localidad de Vespucio, Mosconi, Portería de la Finca Desdelsur S.A., un sector de la finca denominado Zanja Honda. Así mismo se obtuvieron datos de un pluviómetro ubicado en una propiedad privada denominada Finca Río Seco.

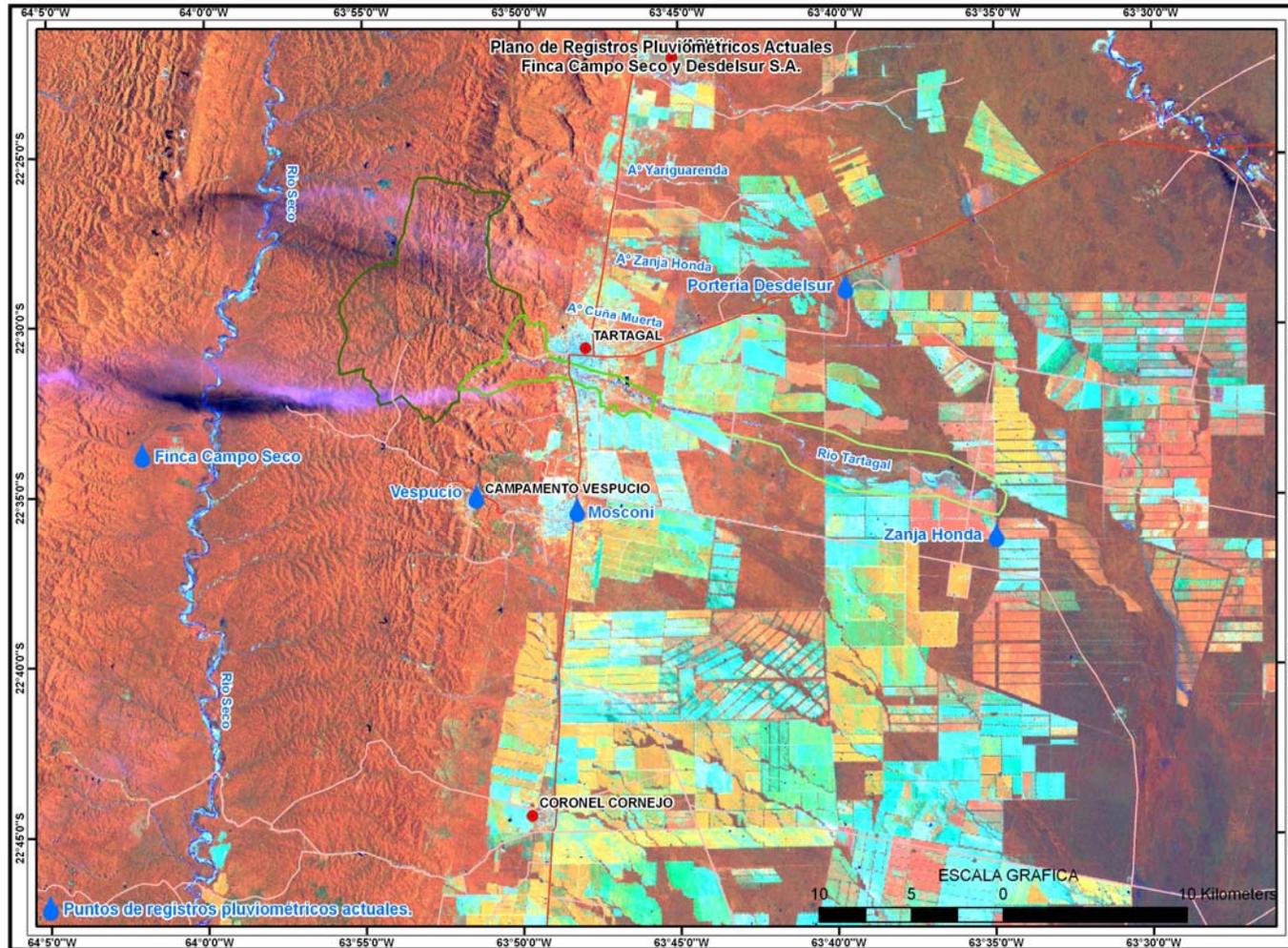
A continuación se presentan los registros mensuales obtenidos para las zonas indicadas, con el detalle de la ubicación y años de registros.

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

La ubicación de cada punto de registro pluviométrico se presenta en el plano de la página siguiente.

Dada la ausencia de registros pluviométricos dentro de la cuenca del río Tartagal se consideró que los datos disponibles podían resultar representativos de las precipitaciones ocurridas en los años de análisis.

No obstante, se presenta a continuación del Plano de Registros Pluviométricos Nuevos, un análisis de la forma en que ocurren las precipitaciones en el área de la cuenca del río Tartagal.



Si se observa el Plano de Isohietas para el Departamento de San Martín, puede apreciarse el patrón de distribución espacial de las lluvias en el departamento y en la cuenca del río Tartagal.

En el área de influencia de la cuenca del río Tartagal, la ocurrencia de las precipitaciones, particularmente su variación espacial, guarda un patrón en sentido dominante con dirección Este-Oeste. 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, obligándolas a ascender por el faldeo este de las Sierras de Tartagal. Esta alteración en las masas de aire a raíz de la barrera orográfica produce una variación tanto espacial como en el volumen de precipitación, generando una marca irregularidad en la ocurrencia de las precipitaciones.

En consecuencia, dada la formación de las masas de aire y las condiciones atmosféricas necesarias para la ocurrencia de precipitaciones, una vez que estas se inician, incrementan su volumen desde el este hacia el oeste.

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.

Dirección	Ubicación	Puesto pluviométrico	Pp. media anual (mm.)
Este	Umbral al Chaco	Cnel. Cornejo (Este)	713
↓	Umbral al Chaco	Tartagal	915
↓	Faldeo Este de las Sierras de Tartagal	Campamento Vespucio	1079
↓↓	Valle del Río Tarija, al O de las Sierras de San Antonio	Astilleros	1465
↓↓		San Telmo	1406
Oeste	Valle del Río Bermejo	Alarache	2290

Los procesos locales de convección del aire húmedo, forzado tanto topográficamente como por el calentamiento del mismo en la superficie del suelo, distribuyen las precipitaciones durante una tormenta en forma aleatoria y no uniforme tanto en el espacio como en la cantidad de agua precipitada, resultando que en un mismo evento se produzcan intensidades muy distintas en pocos kilómetros de distancias.

En este contexto, la falta de disponibilidad de datos de registros de precipitaciones puntuales, limitan los potenciales análisis de la ocurrencia de precipitaciones en la cuenca del Río Tartagal.

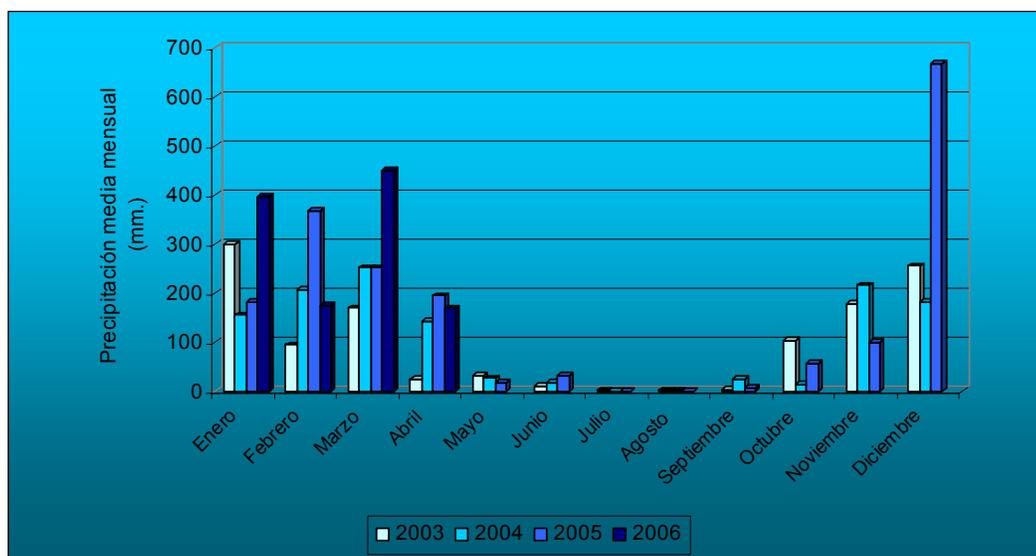
No obstante se presenta un análisis a partir de los datos disponibles y anteriormente indicados, extrapolarlo la situación con las salvedades implícitas.

A continuación se presenta los datos de registros pluviométricos disponibles para las áreas próximas a la cuenca del Río Tartagal, su extrapolación y posterior análisis.

Finca Campo Seco – Cuenca Alta del Río Tartagal.

Esta propiedad se ubica hacia el oeste de la cuenca alta del Río Tartagal, sobre la margen derecha del Río Seco.

Meses/Año	2003	2004	2005	2006
Enero	299	155	181	397
Febrero	94	206	368	175
Marzo	169	252	252	449
Abril	24	143	195	169
Mayo	32	26	18	
Junio	11	17	32	
Julio	2	0	0	
Agosto	2	2	0	
Septiembre	4	24	6	
Octubre	104	14	56	
Noviembre	178	216	99	
Diciembre	255	183	667	
Total anual	1174	1238	1874	1190



Como se indicara, la ausencia de datos puntuales limita el análisis, no obstante se considera que las precipitaciones ocurridas en este sector estarían muy próximas a las acontecidas en la Cuenca Alta del Río Tartagal.

En el gráfico de las precipitaciones medias mensuales para el área de estudio, puede observarse claramente la variabilidad de los datos, con un mayor desvío en los años 2005 y 2006.

De acuerdo al Plano de Isohietas para el Departamento San Martín el área involucrada por la Cuenca Alta del Río Tartagal, presenta una media de precipitación anual que oscila en entre los 1000 a 1200 mm.

Para lo años 2003 y 2004 las precipitaciones oscilaron entre los 1174 mm. y 1238 mm., guardando relación con los valores medios históricos registrados para la zona.

En cambio, para el año 2005, las precipitaciones anuales alcanzaron un pico de 1874 mm. Si bien, no existen para esta área de estudio datos puntuales para efectuar comparaciones con los datos mensuales, se estima que estos no serían significativamente diferentes a los registrados para los años 2003 y 2004.

En este contexto, los máximos desvío se observan para el año 2005, en lo meses de Febrero con 368 mm. y en Diciembre con 667 mm. Si consideramos que estimativamente para dichos meses la media oscilaría entre los 158 mm. para Febrero y entre los 219 mm. en Diciembre, se considera que las lluvias registradas para dichos meses excedieron significativamente las medias esperadas para la zona. Es decir, que para el mes de Enero las precipitaciones excedieron en aprox. 210 mm. a las esperadas, y en Diciembre superaron en 448 mm. a las lluvias medias esperadas para dicho mes.

La situación se torna crítica en el mes de Diciembre, por la razón de que el exceso de lluvias registrado en Febrero, es sucedido por la disminución en las precipitaciones en los meses consecuentes, lo que permite que el suelo no se sature, o si se encontraba en estado de saturación, exista un tiempo de restauración del equilibrio hídrico en la cuenca. No obstante, es posible que dichas precipitaciones ocurridas ya en los meses de Enero-Febrero-Marzo, hayan funcionado como un acondicionador de la situación.

La situación se torna crítica para los meses de Diciembre de 2005 y consecuentes. Para los registros disponibles, en tan solo los primeros cuatro meses del año 2006, las precipitaciones alcanzaron la media que se registra anualmente.

Entre Enero a Abril de 2006, el volumen de precipitación ascendió a 1190 mm., con desvíos de magnitud considerable en Enero con 397 mm., y en Marzo con 449 mm., cuando la media para dichos meses era de 212 mm., y 224 mm. respectivamente. En consecuencia, las precipitaciones para el mes de Enero fueron 185 mm. superiores a las esperadas y para el mes de Marzo fueron 225 mm. superiores a la media.

En este contexto, la situación se torna crítica, la continuidad de altas precipitaciones desde Diciembre de 2005 hasta Abril de 2006, que entre estos meses alcanzaron 1857 mm. acumulados en tiempo consecutivo, desembocaron en diferentes acontecimientos críticos en la zona de análisis.

Debe contemplarse que la cantidad de precipitación ocurrida, no solo muy superior por encima de la media, sino en tiempos menores, produjeron las intensas crecidas de los ríos y saturación de los suelos en el área involucrada por los afluentes de los cauces principales. Si a esta situación se suman alteraciones antrópicas, como desestabilización de ladera para la apertura de caminos, aprovechamientos forestales en sectores de cuencas altas, alteración y/o disminución del porcentaje de cobertura del suelo; resulta en la alteración de la dinámica de la cuenca, por lo que en un momento podría haber sido asimilado por el sistema no resulta así, y culmina en catástrofes ambientales.

En consecuencia, debe interpretarse que la situación resultante se debe a un efecto sinérgico y no a variables aisladas, es decir que sumando a un fenómeno de altas precipitaciones, condiciones ambientales en los suelos y vegetación y las diferentes alteraciones antrópicas, como las citadas, resultaron en la situación crítica manifestada.

Mas adelante se efectuará un análisis puntual de las diferentes variables a fin de lograr una mejor apreciación de los ocurrido en la Cuenca Alta del Río Tartagal y área de influencia.

Vespucio y Mosconi – Cuenca Media del Río Tartagal.

Las localidades de Vespucio, Mosconi y Tartagal, corresponden a las analizadas como Zona 3 en los registros históricos de precipitación. Los análisis efectuados muestran que estas tres localidades no difieren significativamente en sus estadísticos descriptivos como media, moda y desvíos estándar. En consecuencia a diferencia de lo indicado para los datos de la Finca Campo Seco y su extrapolación a la situación acontecida en la Cuenca Alta del Río Tartagal, aquí es posible profundizar más aun el análisis.

Los datos aportados por la empresa Desdelsur S.A., permitieron analizar las precipitaciones actuales y compararla con los registros históricos, se disponen de datos para la localidad de Vespucio desde 1998 a 2006 y para Mosconi desde Setiembre de 2004 a Junio de 2006. A continuación se presentan los datos disponibles.

Tabla y Gráfico de precipitaciones medias mensuales para las localidades de Vespucio.

Meses/Año	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Enero	179	305	232	320	99	292	106	236	720
Febrero	103	155	160	238	216	155	239	300	145
Marzo	145	390	476	170	92	253	256	211	599
Abril	83	70	69	53	61	32	106	97	122
Mayo	7	48	28	15	33	29	18	10	
Junio	10	12	36	6	3	8	14	13	
Julio	8	20	5	0	17	0	0	2	
Agosto	18	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	5	0	40	5	2	16	1	
Octubre	53	47	192	41	118	123	22	28	
Noviembre	185	73	202	149	67	202	179	65	
Diciembre	117	77	62	96	149	236	127	675	
Total anual	907	1199	1460	1126	860	1332	1083	1638	1586

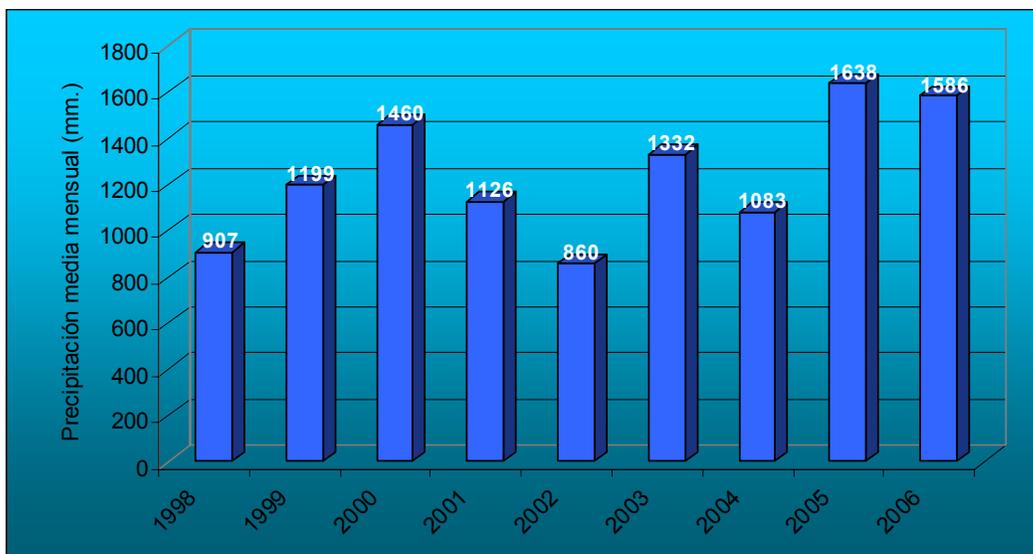
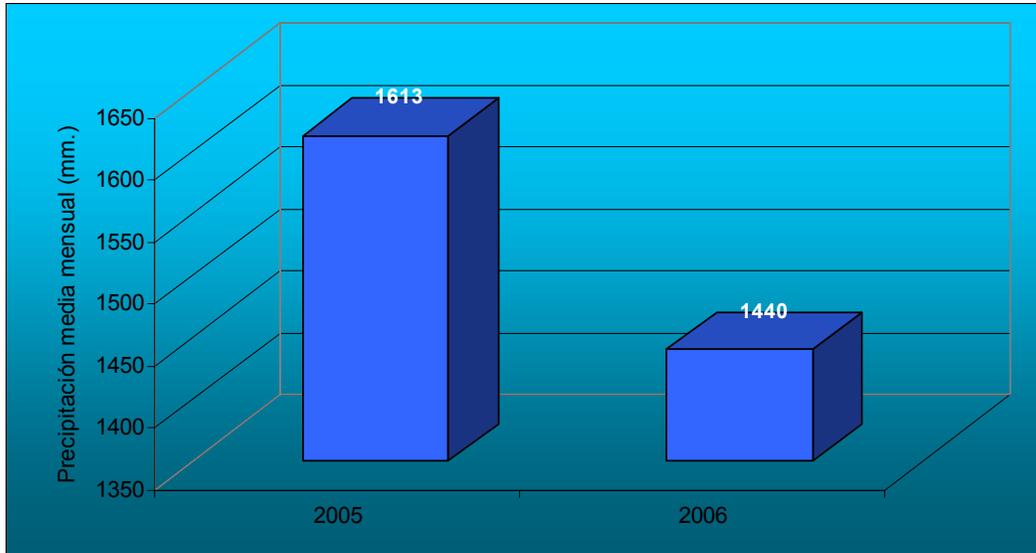


Tabla y Gráfico de precipitaciones medias mensuales para las localidades de Mosconi. (S/D = Sin datos disponibles)

Meses/Año	2004	2005	2006
Enero	S/D	199	585
Febrero	S/D	347	124
Marzo	S/D	179	597
Abril	S/D	114	121
Mayo	S/D	0	7
Junio	S/D	9	6
Julio	S/D	0	
Agosto	S/D	0	
Septiembre	17	0	
Octubre	38	45	
Noviembre	115	149	
Diciembre	122	571	
Total anual	292	1613	1440



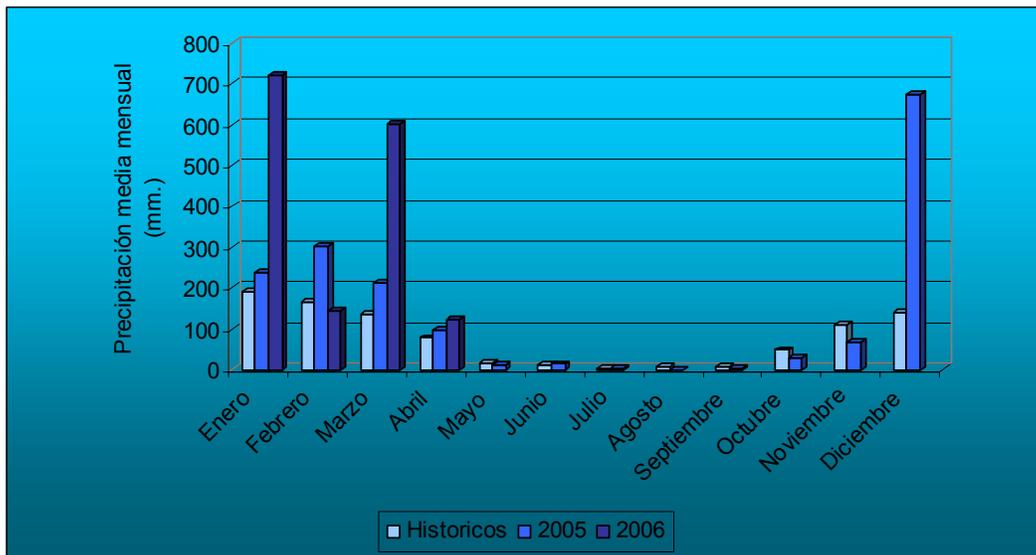
Entre los datos de lluvias para la localidad de Vespucio y Mosconi no se observan diferencias significativas para los años 2005 y 2006. Por lo que se considero analizar los datos de Vespucio por disponer de una serie de registros mayor y extrapolarlos a la Cuenca Media del Río Tartagal.

En el gráfico se observan los registros anuales de precipitación para la localidad de Vespucio. Para los datos disponibles se observa, un incremento progresivo en las precipitaciones desde el año 1998 a 2000, donde las lluvias anuales incrementaron progresivamente de 907 mm. a 1460 mm. anuales.

Posterior al año 2000, las precipitaciones nuevamente decrecen hasta el año 2002, con 860 mm. de precipitación, al año siguiente ascienden a 1332 mm., para decrecer nuevamente en 300 mm. para el año 2004. Nuevamente para el año 2005 las precipitaciones ascienden de manera significativa superando los registros precedentes. Este patrón muestra una alternancia en los últimos años, es decir, períodos de bajas precipitaciones con períodos de lluvias considerablemente altas.

Si centramos el análisis en el año 2005, y comparamos los registros medios de precipitación históricos de cada mes con los acontecidos en el año 2005 y 2006, se puede observar las diferencias significativas en los volúmenes de precipitación.

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	
Total anual	907	1638	1586



Las precipitaciones medias para el área de estudio de acuerdo a la series de registros de 55 años es de 907 mm. anuales, para el año 2005, las precipitaciones anuales ascendieron a 1638 mm., es decir aprox. el doble de la media esperada. Para el año 2006, la precipitación en tan solo 4 meses de registros superó la media esperada para la zona alcanzado en dicho período de tiempo 1586 mm., volumen similar al registrado para el 2005, pero en 12 meses.

Para el año 2005, las diferencias de precipitación en los registros medios y los ocurridos para el año de análisis son similares a los observados en los datos extrapolados a la Cuenca Alta del Río Tartagal.

Se observan diferencias en los registros medios de los meses de Enero, Febrero y Marzo, con 46, 135 y 74 mm., respectivamente superiores a las lluvias medias esperadas para cada mes. En los meses consecuentes las precipitaciones no difieren considerablemente.

En el mes de Diciembre de 2005, se observa un registro de precipitación de 675 mm., cuando la media esperada para dicho mes era de tan solo 139 mm., 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.

No obstante, el incremento de precipitación continuó en los primeros meses de 2006. 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 superiores a las esperadas para dicho mes según los registros históricos.

En el mes de Febrero las lluvias fueron similares a las medias históricas para dicho mes, pero en Marzo nuevamente las mismas se incrementaron significativamente.

Para Marzo de 2006 las lluvias alcanzaron los 599 mm., es decir aprox. 4 veces superiores a las esperadas para dicho mes.

Como se indicara anteriormente en la Cuenca Alta del Río Tartagal, y nuevamente extrapolando los datos en la Cuenca Media, el volumen de lluvia ocurrido entre los meses de Diciembre de 2005 a Abril de 2006 alcanzó los 2261 mm. de precipitación en tan solo 5 meses.

Las consecuencias de esta situación resultaron en una catástrofe, es de esperarse que ante las características geológicas y de los suelos de la Cuenca del Río Tartagal sumado las actividades antrópicas, los resultaron fueron críticos.

En este punto cave resaltar que debe sumarse la situación de que la Ciudad de Tartagal actuó como un gran afluente al caudal del Río Tartagal. Al volumen de agua de precipitación caído, debe sumarse que las calles de la ciudad de Tartagal se convirtieron en grandes canales colectores del agua que incrementaron el caudal del río Tartagal que ya presentaba un volumen de escurrimiento significativo procedentes de las altas lluvias también registradas en la cuenca alta. Al no existir un sustrato que absorba por infiltración parte del volumen de lluvia caída, se incremento considerablemente el volumen de agua transportado por río Tartagal y consecuentemente su poder erosivo.

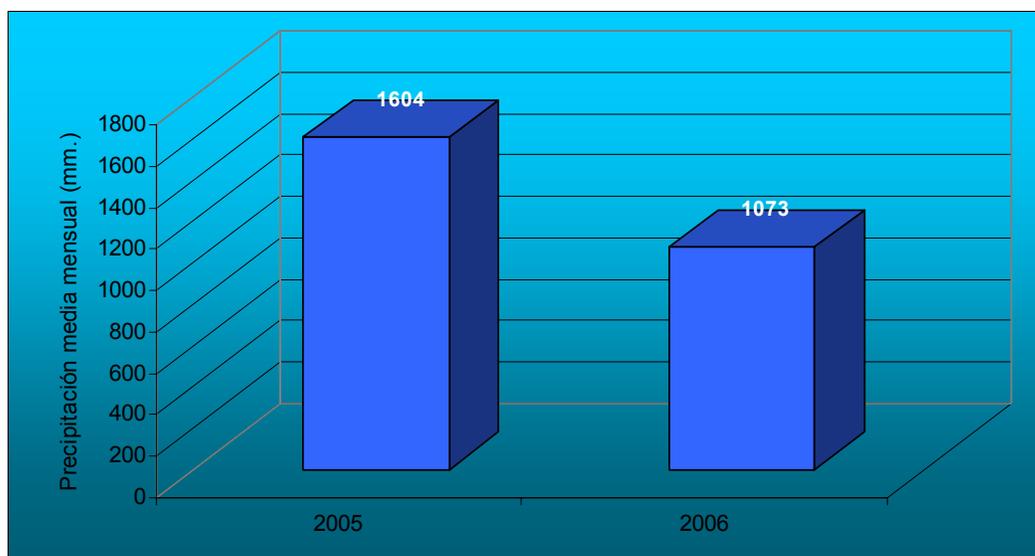
Mas adelante, se analizará y profundizará puntualmente las variables ambientales y antrópicas involucradas en los acontecimientos ocurridos.

Portería Desdelsur y Zanja Honda – Cuenca Baja del Río Tartagal.

Los datos disponibles próximos a la Cuenca Baja del Río Tartagal, corresponden a la Portería de la empresa Desdelsur ubicada a 17 km. de la ciudad de Tartagal, próximo a la R.N. N° 86 y los datos correspondientes al paraje conocido como Zanja Honda ubicado en el extremo sur de la cuenca Baja del Río Tartagal. Para estas dos zonas se disponen de datos pluviométricos desde Setiembre de 2004 a Junio de 2006. En la tabla y gráfico siguientes se presentan los datos disponibles.

Tabla y Gráfico de precipitaciones medias mensuales correspondientes a la Portería de la Finca Desdelsur. (S/D = Sin datos disponibles)

Meses/Año	2004	2005	2006
Enero	S/D	270	441
Febrero	S/D	339	112
Marzo	S/D	144	360
Abril	S/D	139	158
Mayo	S/D	9	1
Junio	S/D	6	1
Julio	S/D	0	
Agosto	S/D	0	
Septiembre	24	0	
Octubre	37	66	
Noviembre	63	139	
Diciembre	123	492	
Total anual	247	1604	1073



En el Plano de Registros Pluviométricos Actuales, se puede apreciar la ubicación de la portería de la finca Desdelsur, que se encuentra distante a 17 km. de la ciudad de Tartagal. El patrón general de lluvias para los datos disponibles coincide con los observados según el análisis efectuado en la Cuenca Alta y Media del Río Tartagal.

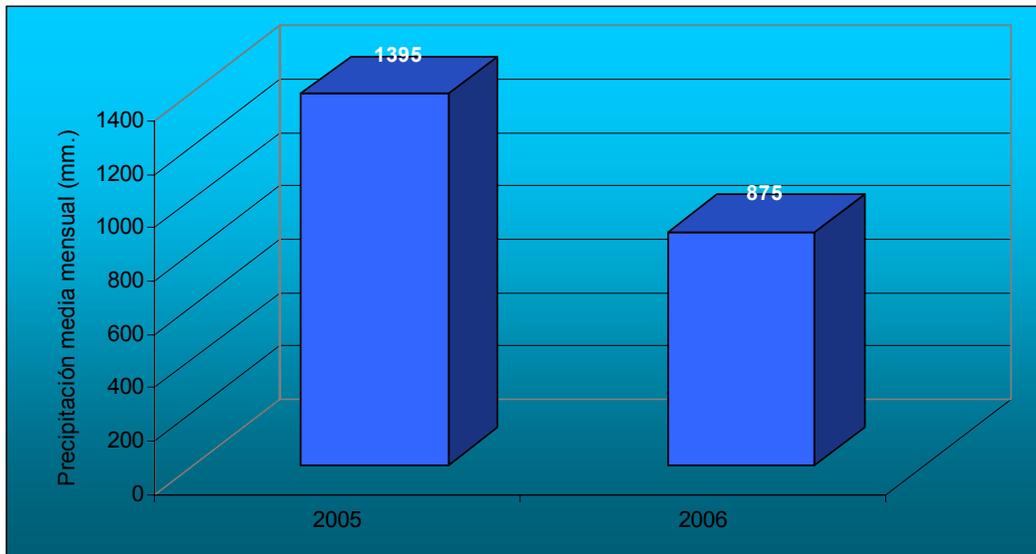
La precipitación total para el año 2005 alcanzó los 1604 mm., superior a la media registrada para la zona que era de 911 mm., consecuentemente en el primer bimestre del año 2006, las precipitaciones también superan a la media y alcanzan en solo medio año un volumen de 1073 mm.

Puntualmente, los máximos se registran en el mes de Febrero de 2005, con una precipitación de 339 mm., volumen superior a lo esperado en promedio para dicho mes. En Diciembre del mismo año continúa el evento climático de

altas lluvias, donde las mismas alcanzaron los 492 mm. de precipitación, seguida por los primeros meses del año 2006, con eventos de lluvias de 441 mm. para Enero y 360 mm. en Marzo, coincidentemente con los máximos registros alcanzados en la cuenca alta y media.

En la tabla y gráfico siguiente se presentan los datos para el paraje de Zanja Onda patrón similar al observado e indicado recientemente.

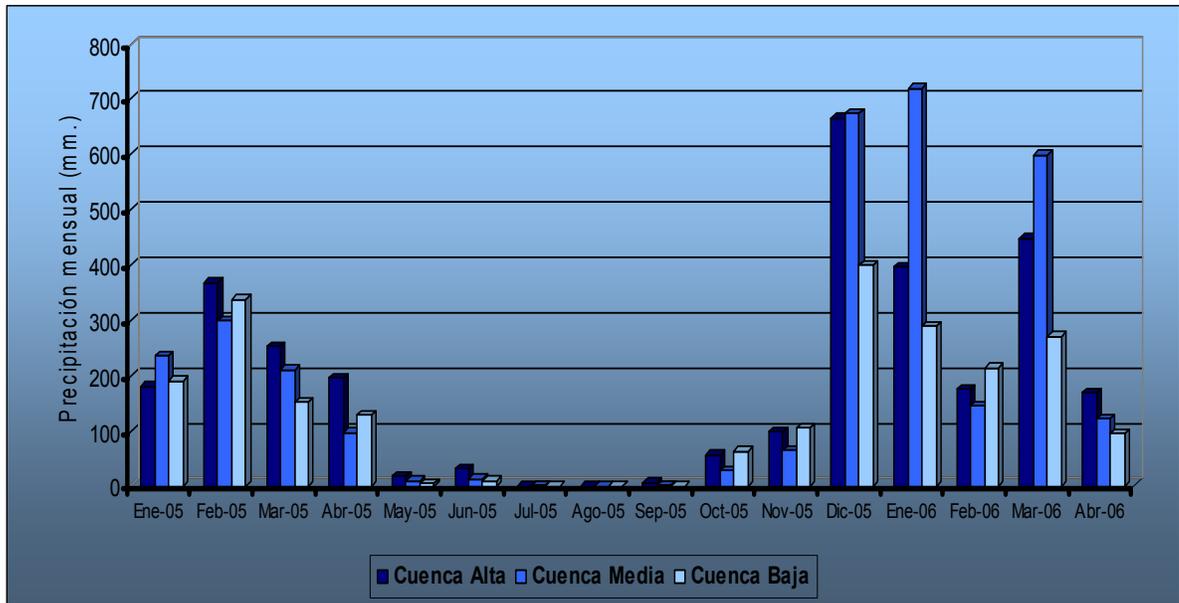
Meses/Año	2004	2005	2006
Enero	S/D	191	290
Febrero	S/D	338	214
Marzo	S/D	153	271
Abril	S/D	129	96
Mayo	S/D	6	2
Junio	S/D	10	2
Julio	S/D	0	
Agosto	S/D	0	
Septiembre	0	0	
Octubre	8	63	
Noviembre	172	106	
Diciembre	101	400	
Total anual	281	1395	875



Comparación de las precipitaciones durante el periodo 2005-2006 en la Cuenca del Río Tartagal.

Si se extrapola los datos como se indicara anteriormente a la Cuenca del Río Tartagal el patrón observado de lluvias es el que se describe a continuación.

En el gráfico siguiente se presenta en forma secuenciada los datos de precipitación mensual desde Enero de 2005 a Abril de 2006, para la Cuenca Alta, Media y Baja del Río Tartagal.



Los máximos eventos de lluvias en la cuenca del Río Tartagal se registran a partir de Diciembre de 2005. no obstante como ya se indicara anteriormente, los volúmenes de precipitación registrados para los meses de Enero de 2004 a Abril de 2005, ya se consideraban superiores a las medias esperadas según los registros históricos para dichos meses. Esto podría haber sido considerado como un indicador de que se aproximaba un evento extraordinario de lluvias para los meses consecuentes.

Efectivamente, a partir de Diciembre de 2005, se producen las primeras precipitaciones que marcan el inicio del evento extraordinario de lluvias.

Dentro de la cuenca del río Tartagal, la cuenca alta y media fueron las áreas donde las precipitaciones fueron significativamente superiores a las esperadas según las lluvias medias registradas.

Para la Cuenca Alta y Media, las precipitaciones en Diciembre de 2005, fueron semejantes siendo 667 mm. y 675 mm. respectivamente, no así, las ocurridas en Enero.

Las máximas lluvias registradas en el mes de Enero ocurrieron no en la Cuenca Alta como se esperaba según el patrón espacial anteriormente descrito de precipitación, sino en la Cuenca Media del Río Tartagal.

Las lluvias en la Cuenca Alta fueron de 397 mm. mientras que en la Cuenca Baja superaron aprox. el doble del volumen precipitado, alcanzando los 720 mm. de precipitación.

Para Febrero de 2006, el volumen de lluvias ocurrido fue significativamente inferior al registrado en Enero, descendiendo a 175 mm., 145 mm. y 214 mm. en la cuenca alta, media y baja, respectivamente. Aquí se observa que las máximas lluvias ocurrieron en la cuenca baja, situación que nuevamente se destaca en que no responde al patrón registrado de variación espacial de precipitación en la zona.

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.

Los acontecimientos sucedidos por el presente evento climático que ocurrió fuera, no solo de las precipitaciones medias esperadas para la zona de acuerdo a los registros históricos, sino que además no siguieron el patrón espacial de distribución de lluvias esperado, sumado a que como se analizará mas adelante, la cuenca del Río Tartagal, presenta una morfología que la caracteriza como una cuenca torrencial, con variaciones altitudinales extremas, alta variabilidad de las pendientes del terreno y pendientes considerables entre la cuenca alta y baja, suelos no aptos para soportar volúmenes tan altos de precipitación, sumado a las actividades antrópicas que alteraron la dinámica no solo del cauce del río Tartagal sino prácticamente toda su cuenca, desencadenando en los procesos erosivos intensificados por lo anteriormente indicado, con las consecuencias en los daños en la infraestructura de la ciudad de Tartagal y las situaciones de riesgo crítico resultantes.

A lo largo del presente estudio se efectuará una descripción detallada de las características físicas y ambientales de la cuenca del Río Tartagal, y las actividades antrópicas que produjeron alteraciones en la misma con el objetivo de presentar una idea clara de la realidad acontecida en la cuenca del río Tartagal.

Identificación de los suelos del Departamento San Martín.

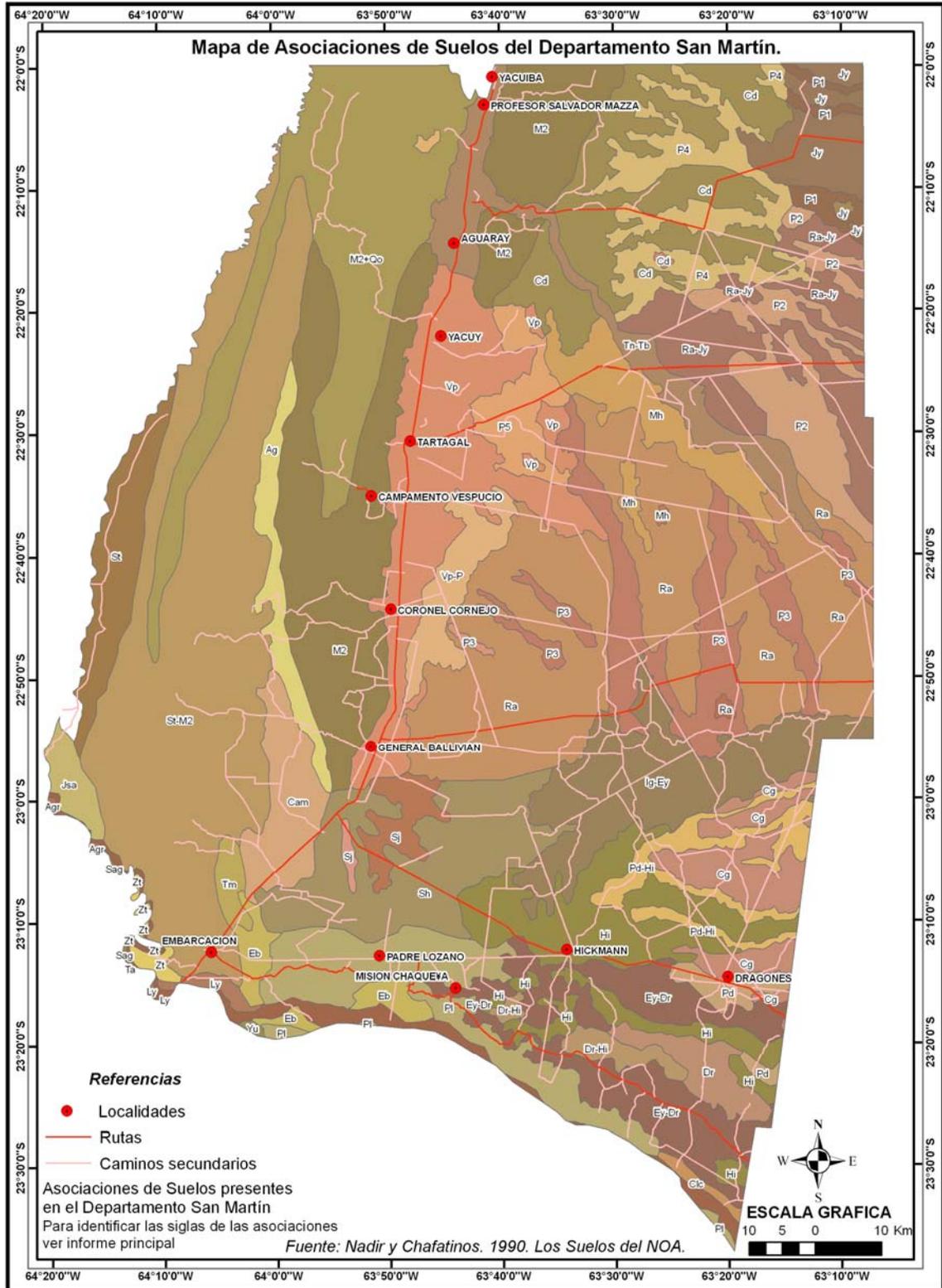
A partir del Mapa de Suelos de Salta y Jujuy de Nadir y Chafatinos (1990), se digitalizó dicha capa, posteriormente se ajustó el mapa vectorial a imágenes satelitales actualizadas y se georreferenció dicho mapa. Posteriormente se identificaron todas las Asociaciones de Suelos presentes en el departamento San Martín, y se generó el Mapa de Suelos del Departamento San Martín (ver mapa en anexos).

Las siglas que identifican cada Asociación de Suelos en el Mapa de Suelos del Departamento San Martín se describen a continuación.

Sigla	Asociación de Suelos
<i>Ag</i>	Aguay
<i>Agr</i>	Abra Grande
<i>Cam</i>	Campichuelo
<i>Cd</i>	Campo Grande
<i>Cg</i>	Campo Argentino
<i>Clc</i>	Las Carretas
<i>Dr</i>	Dragones
<i>Dr-Hi</i>	Dragones – Hickman
<i>Eb</i>	Embarcación
<i>Ey - Dr</i>	El Yacón – Dragones
<i>Hi</i>	Hickman
<i>Ig - Ey</i>	Iguana – El Yacón
<i>Jsa</i>	Juntas de San Antonio
<i>Jy</i>	Joyín
<i>Ly</i>	Lavayén
<i>M2</i>	Madrejones 2
<i>M2+Qo</i>	Madrejones 2 + Guijarro
<i>Mh</i>	Michicola
<i>P1</i>	El Palmar 1
<i>P2</i>	El Palmar 2
<i>P3</i>	El Palmar 3
<i>P4</i>	El Palmar 4
<i>P5</i>	El Palmar 5
<i>Pd</i>	Pluma de Pato
<i>Pd + Hi</i>	Pluma de Pato + Hickman
<i>Pl</i>	Padre Lozano
<i>Ra</i>	Ranchos
<i>Ra - Jy</i>	Ranchos – Joyín
<i>Sag</i>	San Agustín
<i>Sh</i>	Senda Hachada

<i>Sj</i>	San José
<i>St</i>	San Telmo
<i>St – M2</i>	San Telmo – Madrejones
<i>Ta</i>	Tabacal
<i>Tm</i>	Tomacito
<i>Tn - Tb</i>	Tonono – Tobantirenda
<i>Vp</i>	Vespucio
<i>Vp - P</i>	Vespucio – Palmar
<i>Yu</i>	Yuchán
<i>Zt</i>	Zanja del Tigre

Para conocer las características de las Asociaciones de Suelos, estas se encuentran descriptas en Los Suelos del NOA (Salta y Jujuy) de Nadir y Chafatinos (1990) Tomo I, II y III. En la página siguiente se presenta el Mapa de Asociaciones de Suelos para el Departamento San Martín.



Breve descripción de las unidades de vegetación del Departamento San Martín.

El departamento San Martín presenta una heterogeneidad de unidades de vegetación caracteriza por un elevada riqueza de especies vegetales. A partir del Mapa de Unidades de Vegetación (Esquema Fitogeográfico de la Provincia de Salta, 1985) se digitalizó dicho mapa y posteriormente se georreferenció y ajustó dicha capa vectorial a imágenes satelitales actualizadas (ver Mapa de Unidades de Vegetación del Departamento San Martín).

Las unidades de vegetación identificadas para el departamento San Martín son las que se describen a continuación.

Selvas de Yungas

Se extiende de norte a sur en el extremo oeste del departamento San Martín. Constituye una densa e impenetrable masa de vegetación caracterizada por un ambiente húmedo y sombrío, donde la masa boscosa se distribuye en estratos.

La variación de las comunidades vegetales dominantes se encuentra relacionada con la variación altitudinal y la exposición de laderas.

En las selvas de Yungas se distinguen tres distritos: Selva de Transición, Selva Montana y Bosque Montano. Particularmente el departamento San Martín en su extremo oeste se encuentra dominado por los distritos de Selva de Transición y Selva Montana.

La Selva de Transición, forma una estrecha faja entre los piedemontes y faldeos montañosos en su porción baja (o también conocida como Selva Pedemontana), en estas áreas las precipitaciones oscilan entre los 700 – 1000 mm. anuales. Dentro de este distrito, se presenta una comunidad que corresponde al “Umbral del Chaco”, que forma un área de ecotono, entre la Selva de Transición y el Chaco Occidental.

La Selva Pedemontana, se caracteriza por presentar un estrato formado por árboles dominantes, un segundo estrato constituido por árboles codominantes o secundarios, un estrato de arbustos y hierbas, y el estrato inferior del bosque constituido por lo que se conoce como estrato muscinal. También son abundantes las lianas, enredaderas y epifitas.

De acuerdo con Cabrera (1994) los árboles dominantes son: Palo blanco (*Calycophyllum multiflorum*); Palo amarillo (*Phyllostylon rhamnoides*); Guayabí (*Patagonula americana*); Cebil colorado (*Anadenanthera colubrina*); Horcocebil (*Parapiptadenia excelsa*); Tipa blanca (*Tipuana tipu*); Quina colorada (*Myroxylon peruiferum*); Cedro (*Cedrela angustifolia*); Urundel (*Astronium urundeuva*); Lapacho (*Tabebuia avellanedae*) y Mora amarilla (*Chlorophora tinctoria* var. *xanthoxyla*). Entre los árboles codominantes o secundarios se encuentran: Oreja de Negro o Pacará (*Enterolobium contortisiliquum*); Afata o petiribí (*Cordia trichotoma*); Roble (*Amburana cearensis*); Guayaibí amarillo (*Terminalia triflora*); Yuchán (*Chorisia insignis*); Quina blanca (*Lonchocarpus lilloa*); Espina corona (*Gleditsia amorphoides*); Zapallo caspi (*Pissonia zapallo*), entre otros.

La Selva Montana, que constituye la comunidad consecuente con la Selva de Transición, en sentido altitudinal, está constituida principalmente por un estrato superior dominado por: Laurel de la Falda (*Phoebe porphyria*), Horco Molle (*Blepharocalix gigante*), Cedro Salteño (*Cederia balanceae*), Cedro Coya

(*Cederia Lilloi*), Nogal criollo (*Juglans australis*), Mato (diversas especies del género *Eugenia sp.*). El segundo estrato se encuentra representado por árboles que no exceden los 20 m. de altura como Palo Luz (*Prunus tucumanensis*), Cochucho (*Fagara coco*), Tala (diversas especies del género *Celtis sp.*). Entre los arbustos se encuentran *Urera basifera*, *Piper tucumanun*, *Cestrum lorentzienum*. El estrato herbáceo se caracteriza por la dominancia de *Polimnia connota*, *Vervesina suncho*, *Oplismenus hirtellus*, *Pennisetum latifolium*.

Bosque Chaqueño

Esta unidad se caracteriza por su diversidad de ecosistemas, como ser: bosques xerófilos caducifolios, estepas arbustivas, sabanas, praderas, estepas y pajonales.

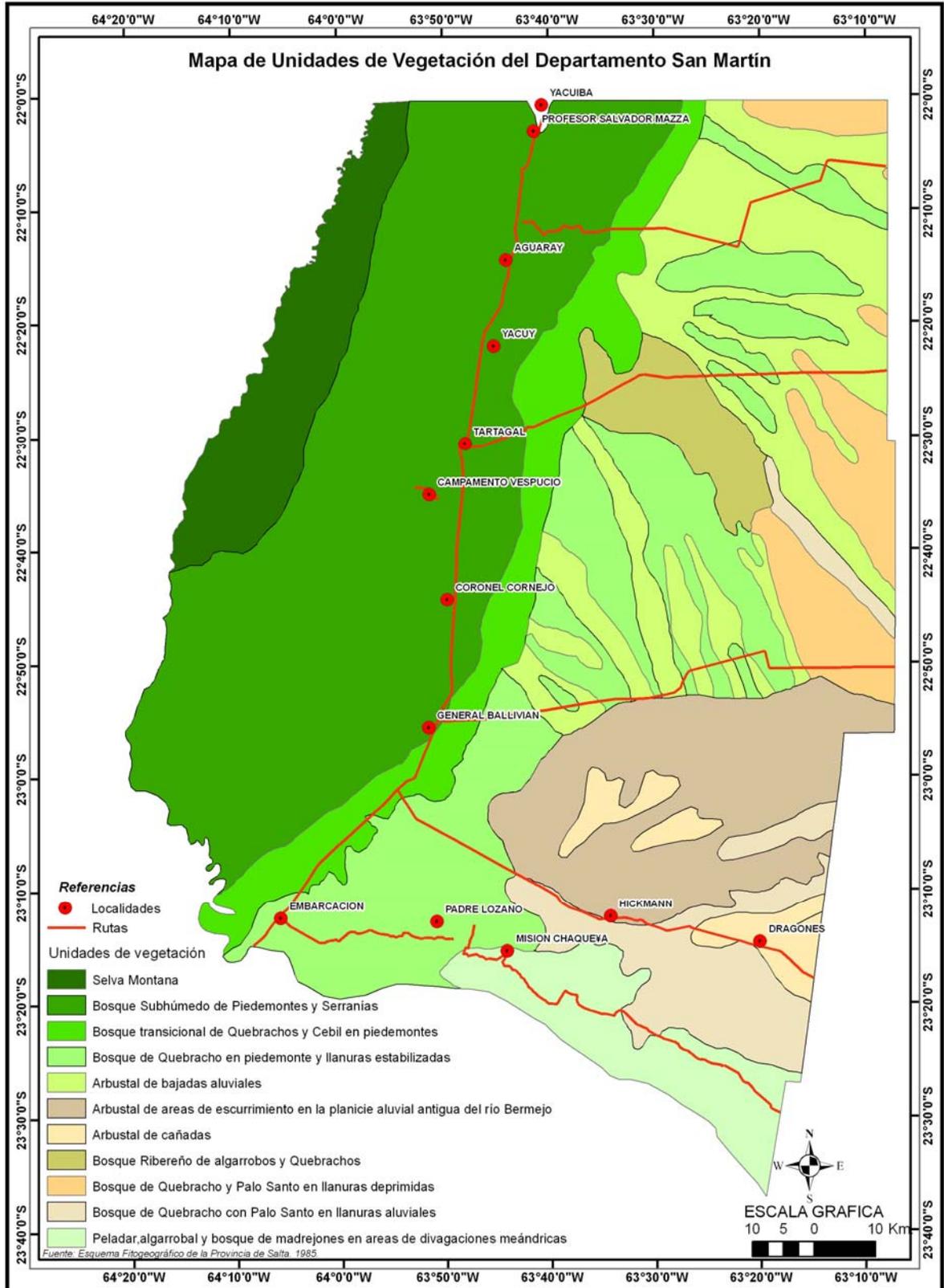
Pueden considerarse como características del Dominio a las siguientes familias y géneros: Fabaceae, Momosoideae: *Prosopis*, *Acacias*, Cesalpinoideae: *Caesalpinia*, *Cercidium*, Papilionoideae: *Geoffroea*; Zigofiláceas: *Larrea*, *Bulnesia*, *Plectocarpa*; Anacardiaceae: *Schinopsis*, *Lithraea*; Rhamnaceae: *Ziziphus*, *Scutia*; Capparidaceae: *Capparis*, *Atamisquea*; Cactaceae: *Opuntia*, *Cereus*, *Trichocereu*, entre otras (Cabrera 1994).

El departamento San Martín, hacia el este, presenta características del Distrito Chaqueño Occidental. Este distrito se caracteriza por ser un bosque xerófilo caducifolio, con un estrato herbáceo de gramíneas y numerosas cactáceas y bromeliáceas terrestres. En este sector del departamento San Martín donde se encuentra dominando por la comunidad del Chaco Occidental las precipitaciones oscilan entre los 800 a 500 mm. en su extremo este.

Las principales comunidades vegetales son los bosques dominados por Cebil colorado (*Anadenanthera colubrina*) y ensambles menores de Palo blanco; Quebracho blanco (*Aspidosperma triternatum*) y Quebracho colorado (*Schinopsis quebracho-colorado*). Otros ensambles o comunidades son los formados por Duraznillo (*Ruprechtia triflora*), Guayacán (*Caesalpinia paraguarienses*) y Garabato (*Acacia praecox*) y bosques dominados principalmente por Algarrobos (*Prosopis sp.*); Duraznillos (*Ruprechtia triflora*).

Estas comunidades reciben nombres relacionados con características fisiográficas, que permiten el desarrollo comunidades específicas como las que se presentan en el plano de unidades de vegetación. Como ser los bosques de Quebrachos en piedemontes y llanuras estabilizadas, los arbustales desarrollados en bajadas aluviales o en cañadas; como así también los bosque de Quebrachos y Palo Santo en llanuras deprimidas o en llanuras aluviales; también se encuentran las formaciones de Algarrobos y Quebrachos en áreas ribereñas; los arbustales en áreas de escurrimiento del antiguo cauce del río Bermejo y los peladares, algarrobales y bosque en madrejones en áreas de divagaciones meándricas.

En la página siguiente se presenta el Mapa de Vegetación para el Departamento San Martín.



Análisis de la variación espacial y temporal del uso del suelo en el departamento San Martín a partir de sensores remotos.

En las últimas décadas, se ha evidenciado un incremento de la población humana y el consecuente incremento en la tasa de consumo de recursos.

Esta situación ha llevado a un incremento en el cambio de uso del suelo, es decir la transformación de extensas áreas de bosque nativo (u otros ambientes) en áreas destinadas a agricultura, ganadería, urbanización, explotación de hidrocarburos, minería, etc.

Así mismo, este cambio de uso del suelo se ha visto favorecido no solo por diferentes factores socioeconómicos, sino también por factores ecológicos, generando un contexto favorable para la expansión de la frontera agrícola-ganadera en la de las Selvas de Yungas, en el ambiente Chaqueño y en la zona de transición de ambos ambientes.

En el departamento San Martín, este incremento se ha visto favorecido por la disponibilidad de suelos profundos en los pedemonte de las sierras de Tartagal y las altas precipitaciones que ocurren en la zona. No obstante, hacia el oeste del departamento San Martín, las precipitaciones son menores, alrededor de los 500 mm., pero dado el avance tecnológico (variedades cultivables resistentes a limitantes de humedad, por ejemplo), en los últimos años se ha incentivado la expansión agrícola hacia áreas que años atrás eran consideradas como marginales.

En este contexto, dado el avance de la frontera agrícola-ganadera en el departamento San Martín, se ha planteado la estimación real de dicho cambio de uso del suelo, a fin de analizar la situación real y actual de cambio de uso del suelo en el departamento San Martín.

Metodología

Para evaluar el cambio del uso del suelo en el departamento San Martín a partir de sensores remotos, se emplearon imágenes del satélite Landsat 5 TM+ y Landsat 7 ETM, a partir de la disponibilidad de imágenes se evaluó el uso del suelo para los años 1984, 1989, 1994, 1999, 2004 y 2006.

Las imágenes satelitales empleadas se detallan a continuación:

Path	Row	Fecha	Fuente
230	075	15/11/89	Global Land Cover Facility
2363-I		1994	IGM
230	075	24/09/99	Global Land Cover Facility
230	075	29/03/04	Global Land Cover Facility
230	075	30/01/06	CONAE
230	076	30/09/84	Global Land Cover Facility
230	076	20/03/89	Global Land Cover Facility
2363-III		1994	IGM
230	076	24/09/99	Global Land Cover Facility
230	076	21/09/04	Global Land Cover Facility
230	076	30/01/06	CONAE

Aclaraciones: para el año 1984 no fue posible acceder a la imagen correspondiente al path/row: 230/075.

El procesamiento de cada imagen satelital se efectuó siguiendo los pasos que se detallan a continuación:

1. Georreferenciación de cada imagen satelital.
2. Corte del área de interés de las imágenes satelitales.
3. Generación de NDVI (Índice de Vegetación Normalizado).
4. Stacks del NDVI mas las bandas 7 y 5.
5. Clasificación no supervisada.
6. Recodificación automática.
7. Revisión visual y recodificación manual.
8. Vectorización.
9. Cálculo de superficies.

A partir del procesamiento satelital indicado se identificaron todos los lotes desmontados para los años indicados, así mismo se identificaron las áreas urbanas y áreas con forestaciones.

La resolución final del producto cartográfico obtenido es 1:75000.

Resultados y Discusión

En la provincia de Salta, tres departamentos han sido identificados como los de mayor cambio de uso del suelo principalmente asociados al avance de la frontera agrícola – ganadera, estos son el departamento Anta, Orán y San Martín (SEMADES 2004, Gasparri y Parmuchi 2003).

Para el departamento de San Martín se ha registrado un avance de la frontera agrícola – ganadera desde 1984 hasta el 2006 de un total de 181148 ha. durante el período indicado.

Para el año 1984 en el departamento San Martín, se identificó una superficie agrícola-ganadera de 70129,18 ha, así mismo se identificaron 3056,75 ha. urbanas y 34,49 ha. destinadas a forestación.

Con el objetivo de obtener una aproximación de la fragmentación del hábitat en el departamento San Martín, se identificó un total de 1352 lotes agrícola-ganaderos, con un tamaño mínimo de 0,0038 ha. y máximo de 875,93 ha.; siendo el tamaño medios de los lotes de 51,87 ha.

Estos parámetros dan una idea del nivel de fragmentación del hábitat para el año 1984, donde las políticas ambientales eran menos exigentes que las de la actualidad.

Para el año 1989, los cambios en el uso del suelo fueron de 91095,25 ha. destinadas a actividades agrícola-ganadera; 3097,94 ha. urbanas y 34,49 ha. destinadas a forestaciones.

Se registra un incremento de 20966,09 ha. en período de 5 años. El número de lotes se incrementó a 1577, el tamaño mínimo de lote se mantuvo en 0,0038 ha.; mientras que el máximo aumentó a 883,59 ha. y el tamaño medio de los lotes cambió a 57,76 ha.

En el año 1994, el cambio de uso del suelo con fines agrícola-ganadero se incrementa a 138062,58 ha., con fines urbanos a 3102,20 ha. y las áreas con forestación asciende a 65,55 ha.

El incremento del área agrícola-ganadera entre el período 1989 a 1994 asciende a 46967,31 ha., es decir el doble del incremento registrado para el período 1984-1989. En cuanto de la superficie destinada a forestación también se registra un incremento de más del 50 % pasando de una superficie para el año 1989 de 34,49 ha. a 65,55 ha. para el año 1994.

Para el año 1999, la superficie destinada a fines agrícola-ganadero, asciende a 183232,26 ha., mientras que el área urbana a 3103,97 ha. y las áreas con forestaciones a 73,53 ha.

La magnitud del incremento entre el período 1994-1999 es de 45169,68 ha., es decir un incremento similar al registrado para el período 1989-1994, pero levemente menor en una magnitud de 1797,63 ha.

En el 2004, la superficie agrícola-ganadera asciende a 228870,57 ha., mientras que la superficie urbana y forestada se mantiene igual que la registrada para el período 1994-1999.

La magnitud del incremento para el período 1999-2004, es de 39638,31 ha., es decir se registra un incremento en la superficie habilitada para dicha actividad pero a una tasa menor que la que se registra en los períodos anteriores.

Finalmente para el 2006, la superficie urbana prácticamente es la misma al igual que la forestada. En lo referente a la superficie destinada a fines agrícola-ganadera, asciende a 251277,58 ha. Es decir se evidencia un incremento de 28407,01 ha. en dos años (2004-2006), lo que indica que la tasa nuevamente se incrementa, con respecto a los períodos anteriormente analizados.

A continuación se presenta una tabla con los datos resumidos.

Tabla de superficie urbana, forestada y agrícola-ganadera para los años 1984 a 2006.

Año	Superficies en Ha.		
	Urbano	Forestaciones	Agrícola-Ganadera
1984	3056,75	34,49	70129,18
1989	3097,94	34,49	91095,27
1994	3102,20	65,55	138062,58
1999	3103,97	73,53	183232,26
2004	3103,97	73,53	222870,57
2006	3104,22	73,53	251277,58

Tabla detalle de superficie agrícola-ganadera, número de lotes, tamaño máximo, mínimo y medio de lotes para los años 1984 a 2006.

Año	Agrícola-Ganadero	Incremento absoluto	Numero de lotes	Tamaño mínimo de lote	Tamaño máximo de lote	Tamaño medio de lotes
1984	70129,18	-----	1352	0,0038	875,93	51,87
1989	91095,27	20966,09	1577	0,0038	883,59	57,76
1994	138062,58	46967,31	2055	0,55	963,53	67,18
1999	183232,26	45169,68	2652	0,55	963,53	69,09
2004	222870,57	39638,31	3287	0,55	963,53	67,80
2006	251277,58	28407,01	3779	0,55	962,99	66,49

En consecuencia se registró un incremento de la superficie con fines agrícola-ganadero durante el período de 1984 al 2006 de 181148,4 ha.

Si bien se observa un incremento durante todos los períodos analizados, el máximo incremento se registra para el período 1989-1994, donde el cambio del uso del suelo es de una magnitud aproximada al doble con respecto al periodo anterior anterior. Posteriormente la superficie destinada para este uso del suelo continua incrementándose pero a una tasa menor que la registrada para el período 1989-1994. Si bien los períodos analizados son diferentes al involucrado entre el 2004-2006, se observa ya en estos dos años un incremento de la tasa de magnitud similar a los periodos anteriores que corresponden a 4 años.

Para obtener una apreciación de lo indicado se presentan los datos en forma gráficas del incremento de la superficie destinada a la actividad agrícola-ganadera y los incrementos registrados en magnitudes absolutas para cada periodo de análisis.

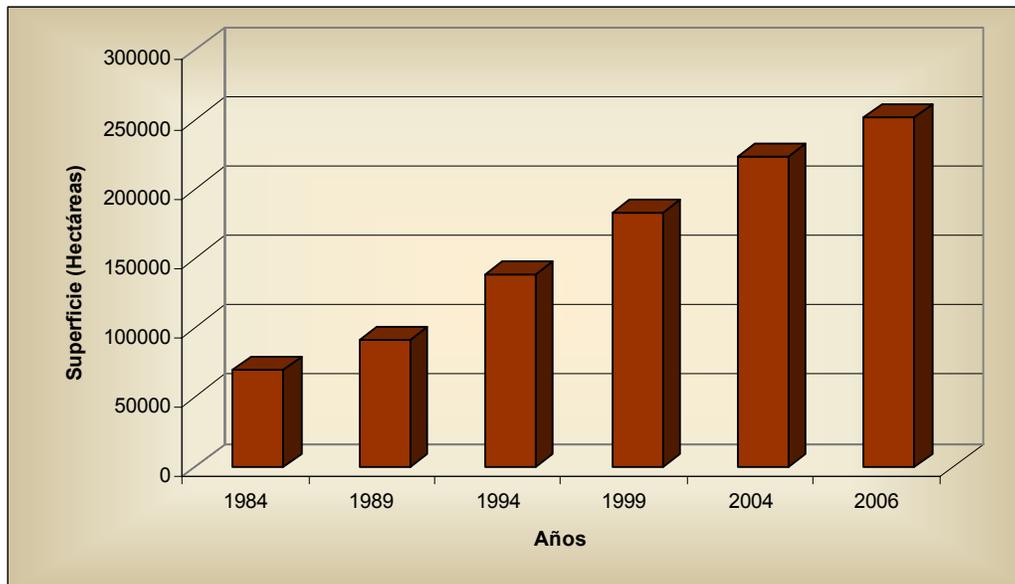


Gráfico. Superficie destinada a fines agrícola-ganaderos para los períodos analizados.

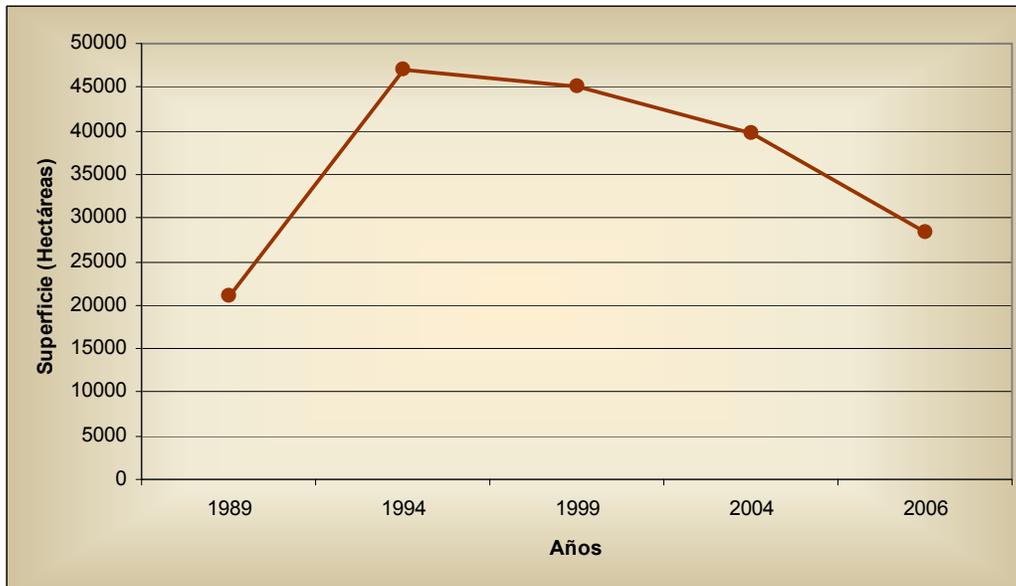
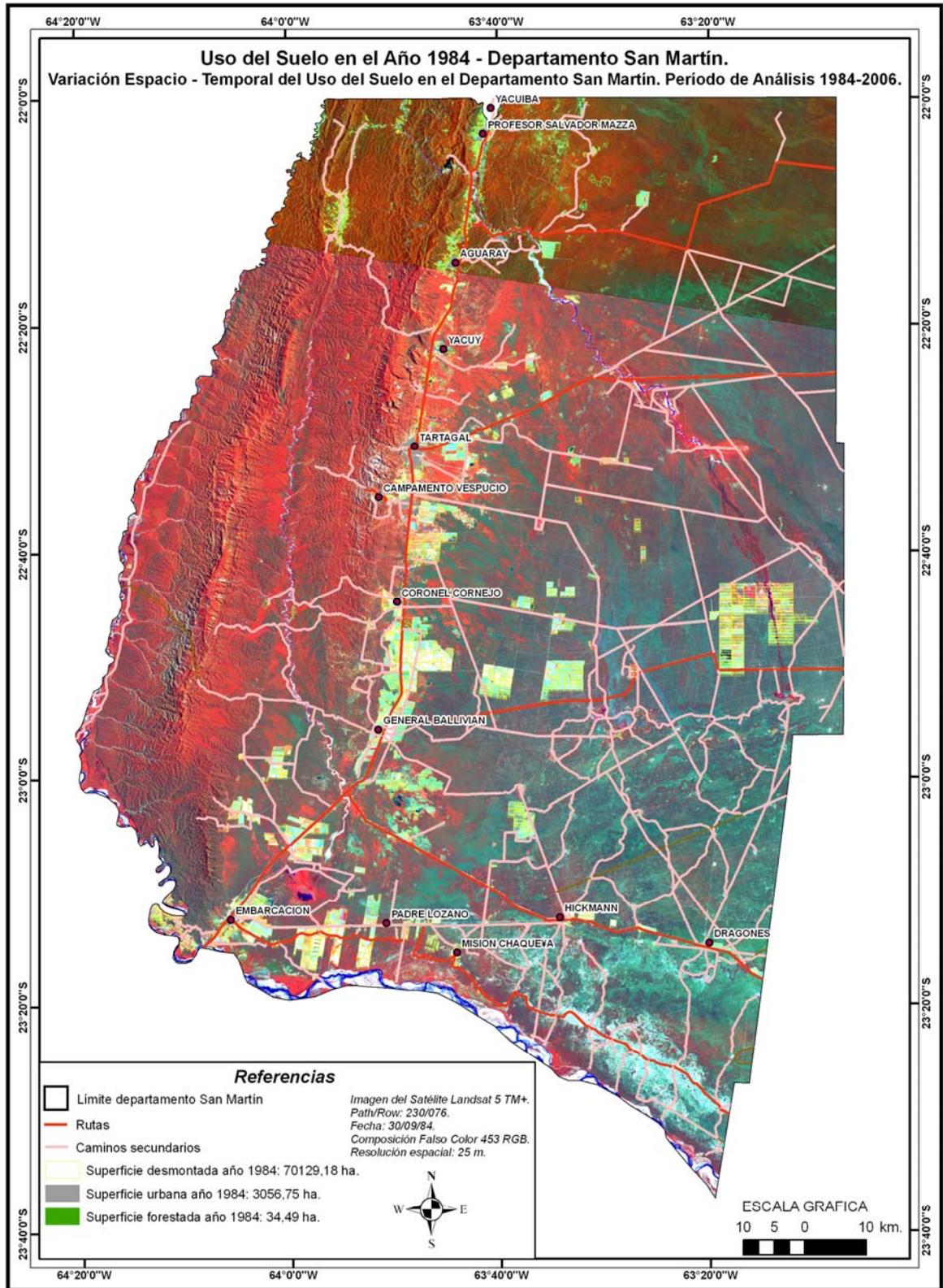
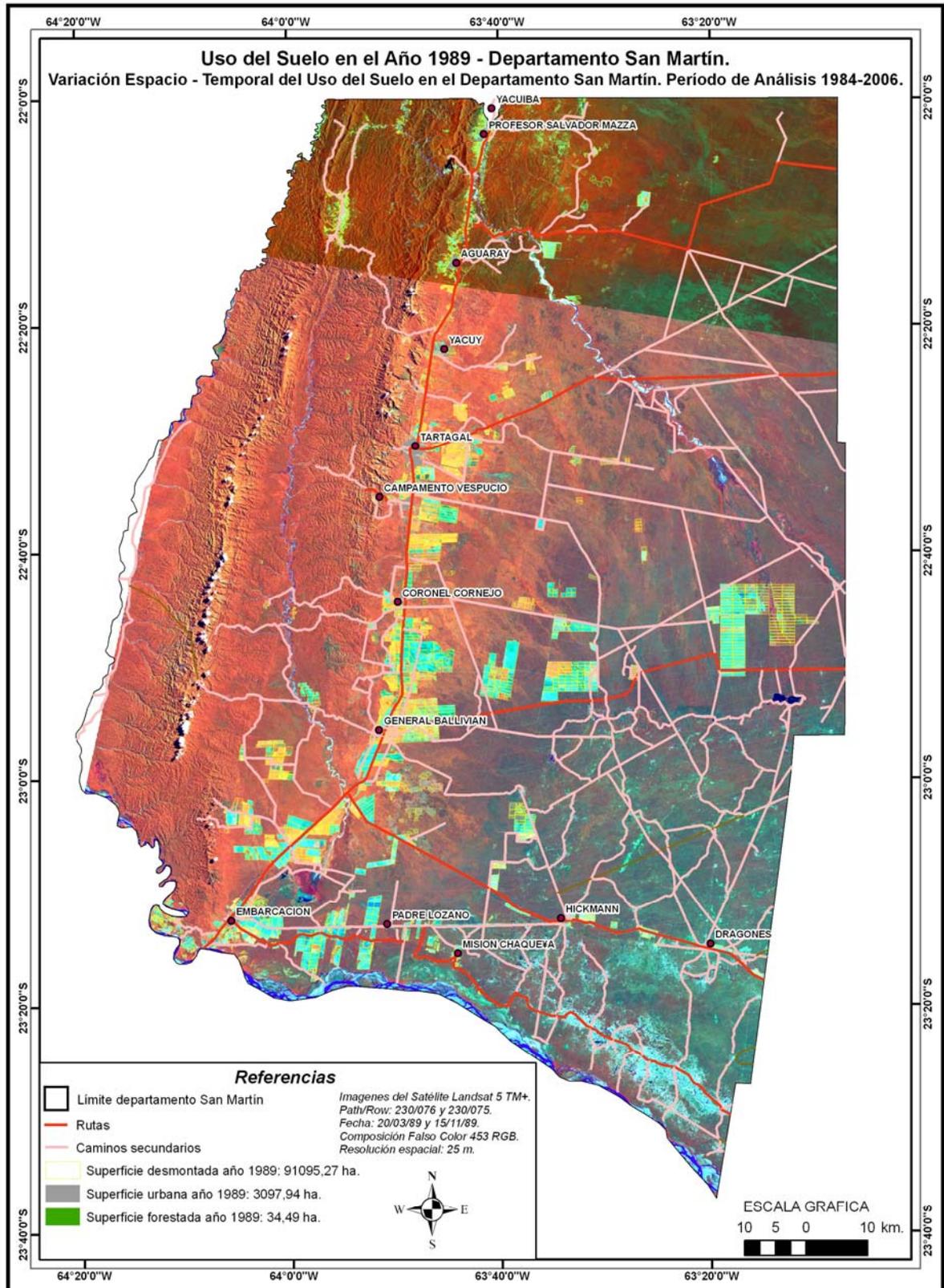
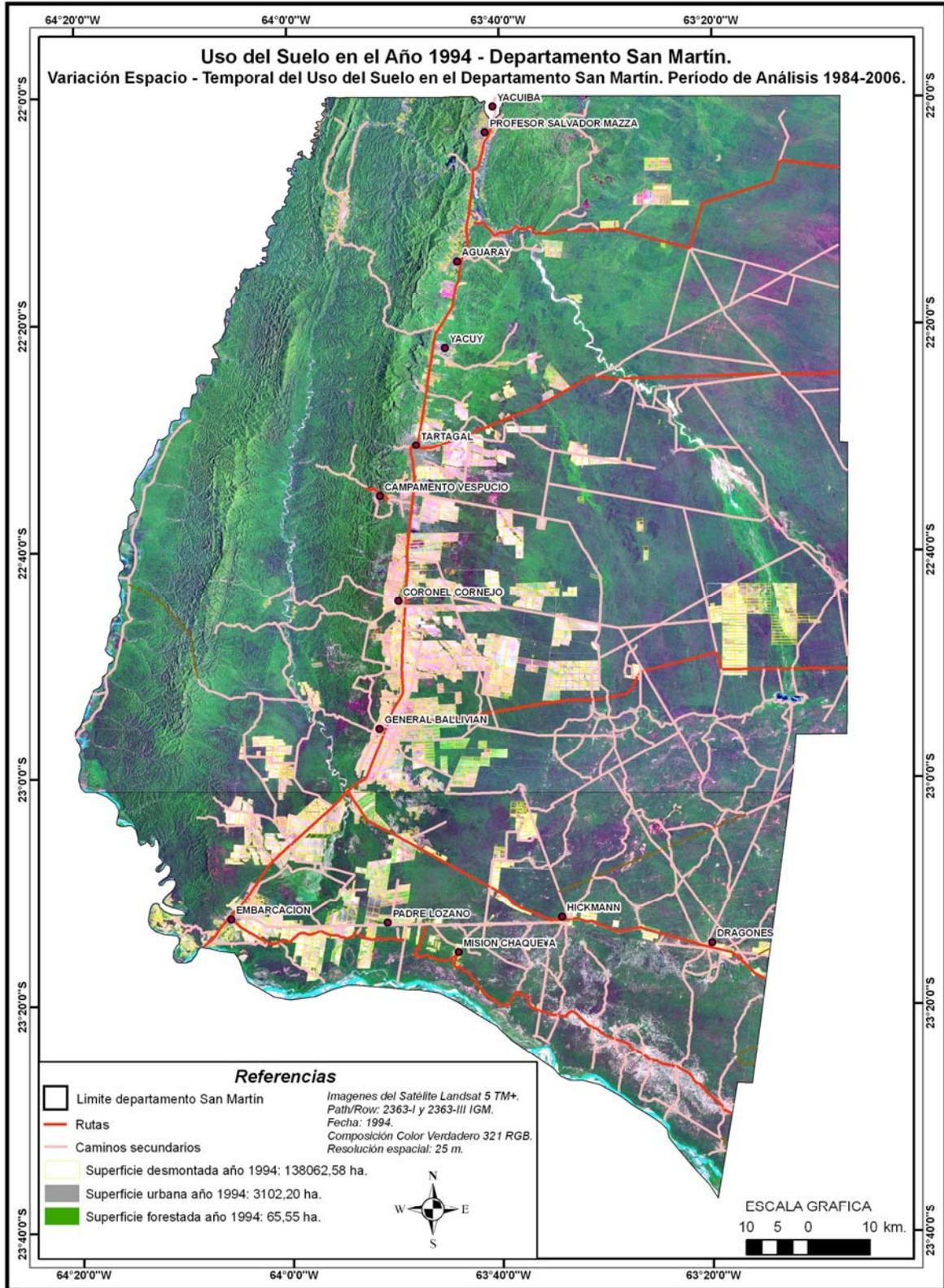


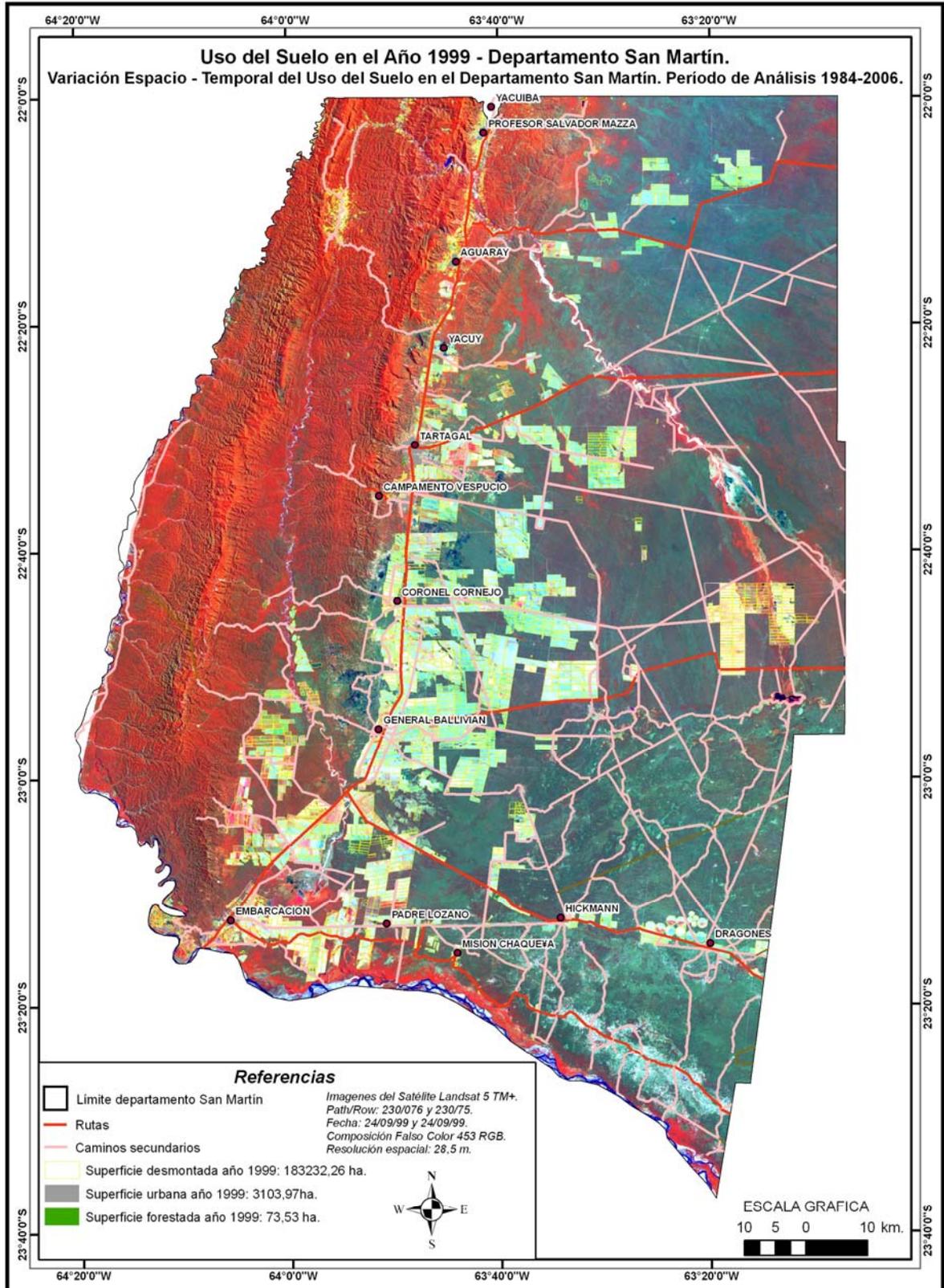
Gráfico. Incremento absoluto en hectáreas de la superficie destinada a fines agrícola-ganaderos para los períodos analizados.

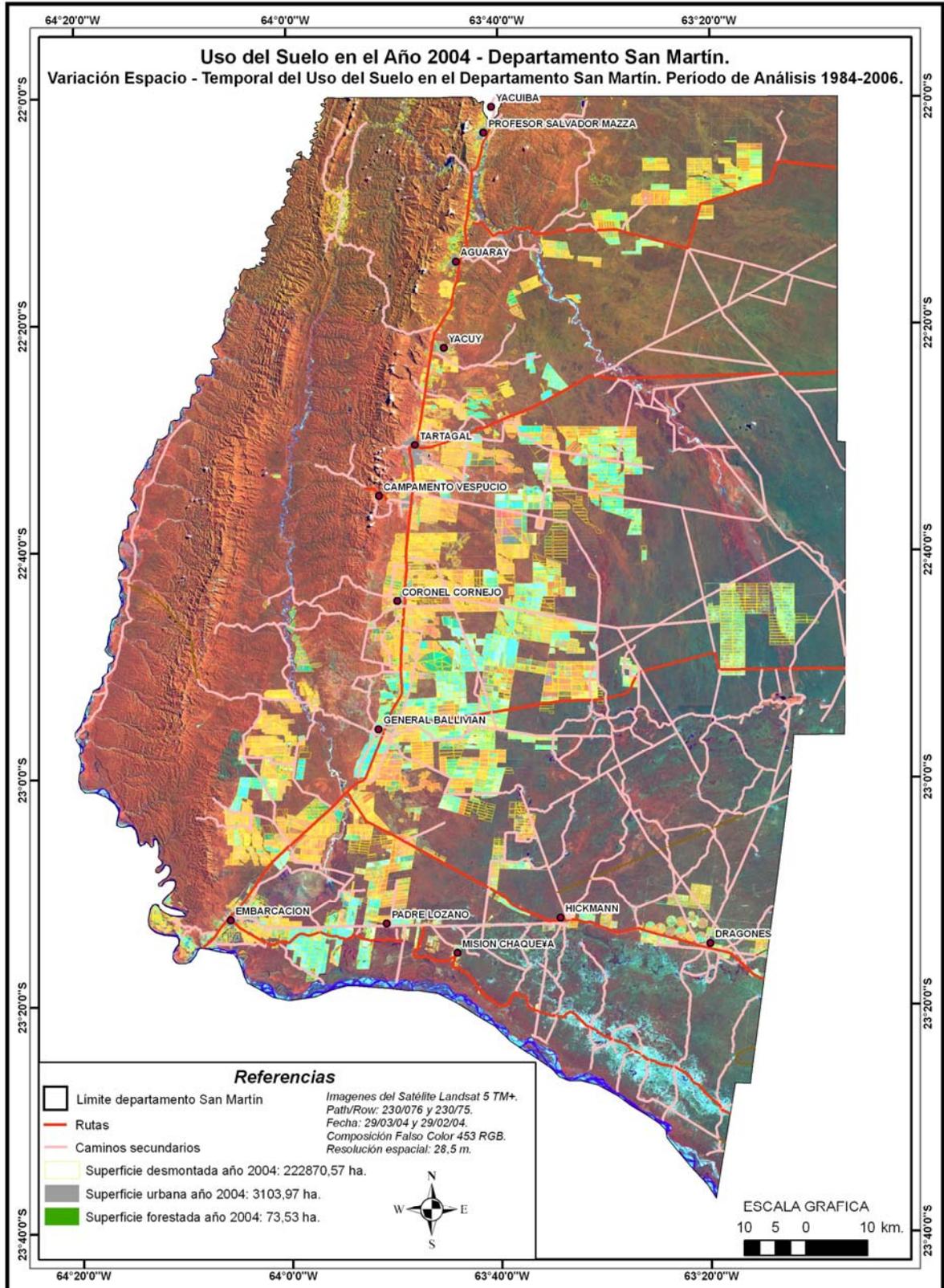
Finalmente se presentan los mapas de uso del suelo para el departamento San Martín para los períodos 1984-1989, 1989-1994, 1999-2004 y 2004-2006.

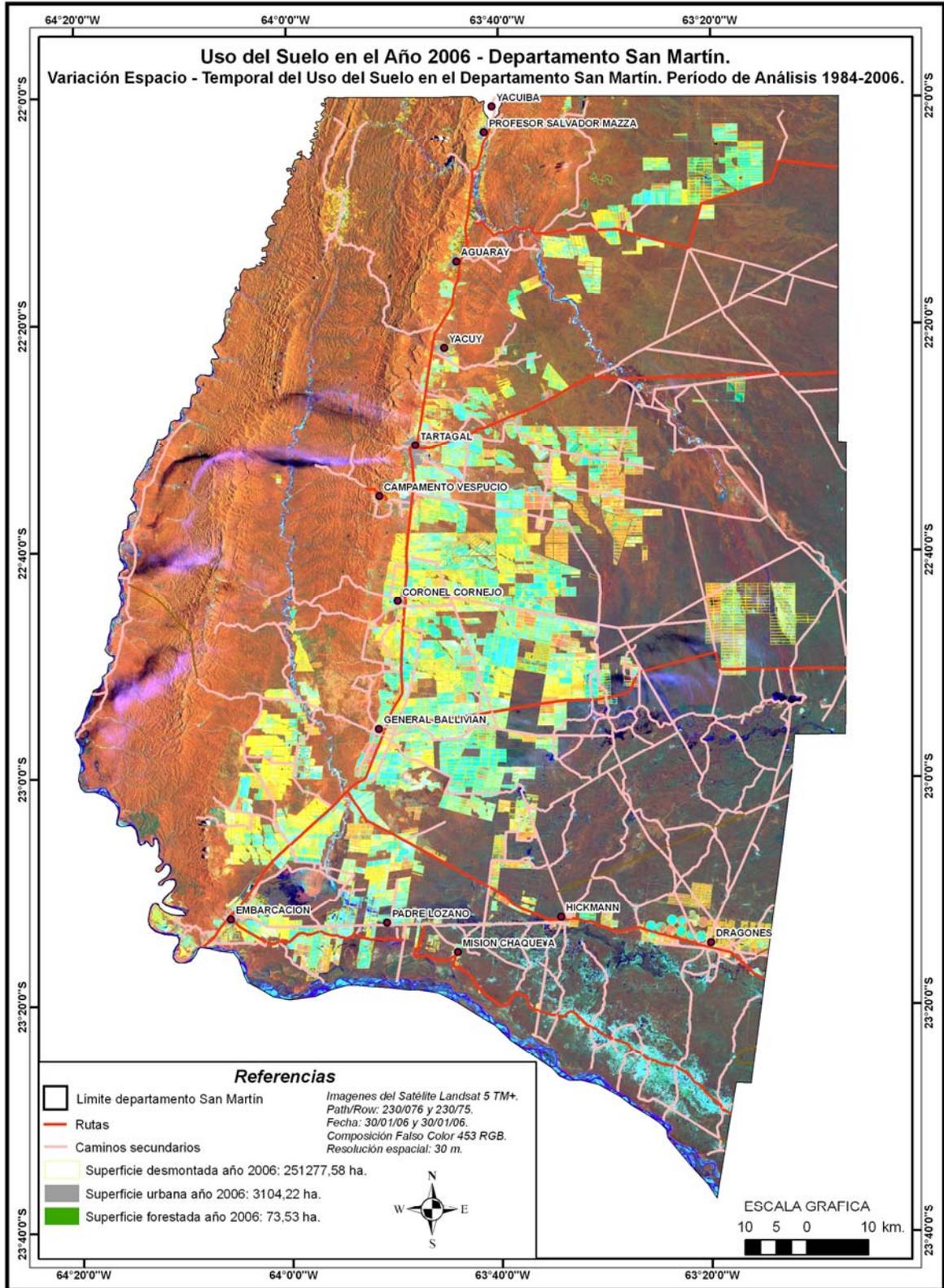












DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y EVALUACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO TARTAGAL.

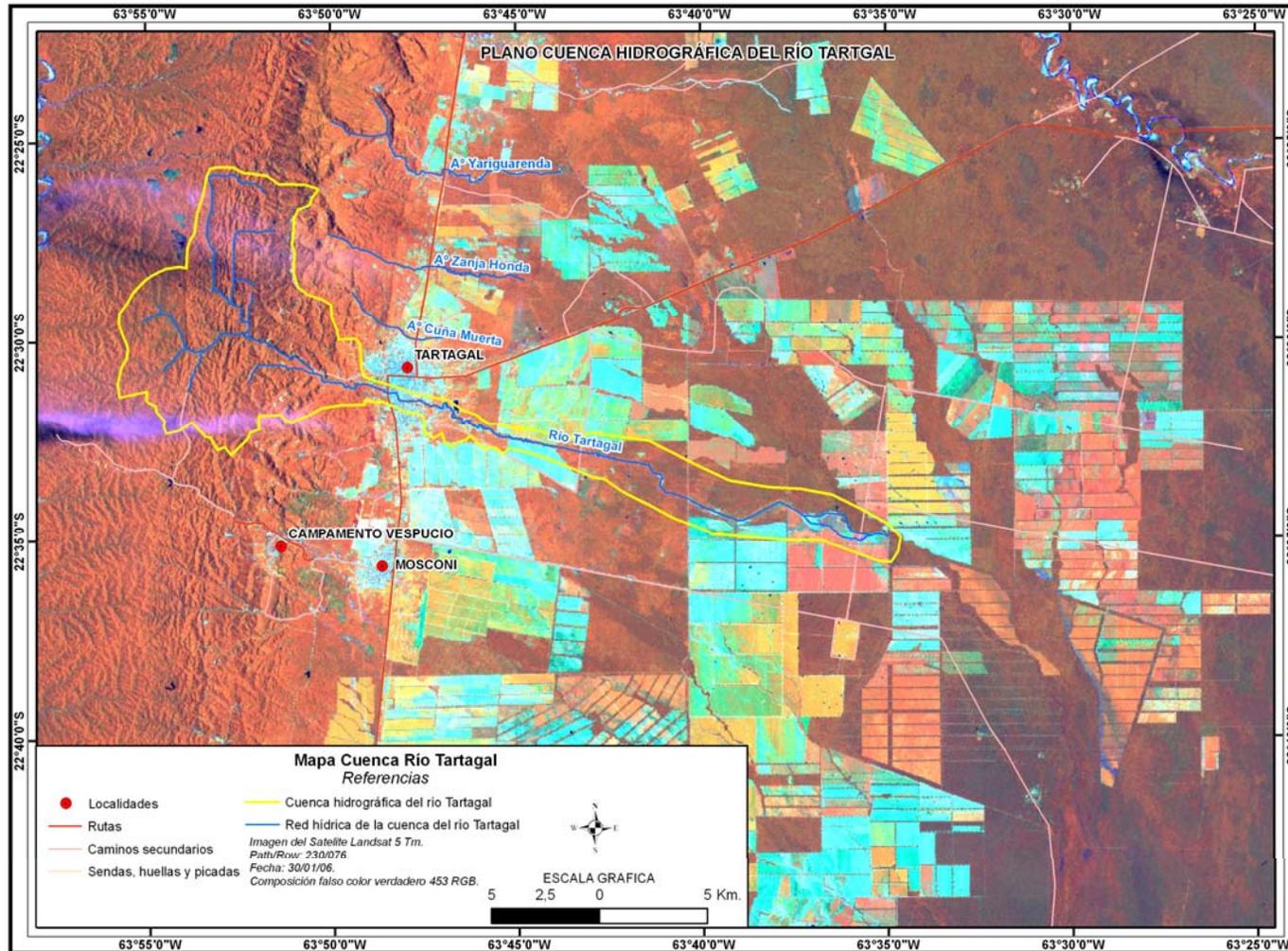
Morfología de la Cuenca del Río Tartagal.

A partir de imágenes del satélite Landsat 5 TM del 30/01/06 y del Modelo Digital del satélite RADAR (Shuttle Radar Topography Mission – SRTM – NASA) y a través de CartoErosion.avx y de HydroTool para ArcView 3.2 se identificó y caracterizó la cuenca hidrográfica del Río Tartagal. El proceso metodológico fue el siguiente:

1. A partir del DEM o Modelo Digital del satélite RADAR (Shuttle Radar Topography Mission – SRTM – NASA), se corrigieron los errores de ausencia de valores de píxeles de la imagen.
2. El DEM fue exportado a formato *.GRID, por permitir una mejor aproximación para los cálculos de interpolación de píxeles.
3. A partir del GRID del DEM se definió como punto de cierre de la cuenca el punto final visible del río tartagal en su extremo este, es decir hasta donde se observa visualmente, en la imagen satelital, que el río Tartagal comienza a infiltrarse.
4. A partir de este punto, el software determina según los valores de los píxeles (altitud) el límite de la cuenca es decir el área de aporte común a un mismo cauce, de este modo queda definida la cuenca del río Tartagal.
5. Del mismo modo en paralelo se genera, la red de drenaje involucrada en la cuenca.
6. Posteriormente, se genera la dirección principal y acumulación del flujo.
7. A partir del DEM se generaron simultáneamente para caracterizar la cuenca un Modelo Digital de Elevación del Terreno (continuo y por rangos), un Modelo Digital de Pendientes del Terreno y el Plano de Curvas de Nivel del Terreno para el área de la cuenca del río Tartagal y áreas aledañas.

En consecuencia, se considero la cuenca del río Tartagal desde sus nacientes hasta el punto final del cauce principal donde se inicia la infiltración y el escurrimiento divagante del cauce principal y se transforma en un bañado. La cuenca así definida posee una superficie de 13650,347 ha.

En la página siguiente se presenta el Mapa de la Cuenca del Río Tartagal y posteriormente se describen diferentes parámetros morfológicos de la cuenca hidrográfica del río Tartagal.



Factor de Forma o Índice de Compacidad de Gravelius

Este índice permite caracterizar una cuenca hidrográfica por su forma. La forma de una cuenca se encuentra vinculada entre otros factores, con los escurrimientos y con los tiempos de concentración.

Cálculo

Factor de Forma de Gravelius = $0,28 \times (P/\sqrt{A})$.

Donde: P = perímetro de la cuenca y A = área de la cuenca.

P = 100203 m. y A = 136503469 m².

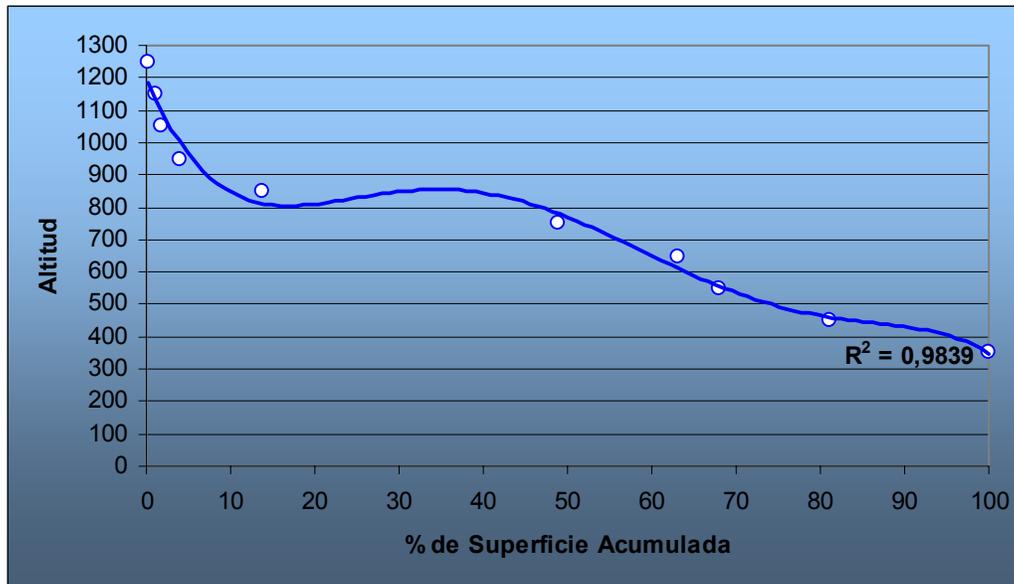
Factor de Forma de Gravelius = 2,40

La cuenca del río Tartagal posee una forma oblonga-rectangular. Esta forma de cuenca hidrográfica facilita (entre otros factores) a que los tiempos de concentración de aguas superficiales sean mayores que los que ocurrirían en una cuenca semicircular, ya que en este tipo de cuencas las distancias de recorrido de las aguas son menores.

Curva Hipsométrica

Se generó a partir del límite de la cuenca y plano de curvas nivel, la curva hipsométrica de la cuenca del río Tartagal para caracterizar topográficamente a la misma. A partir de los datos obtenidos de la superficie de cada faja altitudinal, y del porcentaje de superficie acumulada para cada faja, se generó la siguiente curva hipsométrica.

Fajas Altitudinales	Superficie (ha.)	% de Cada Faja Altitudinal	% de Cada Faja Altitudinal Acumulada
>1200	28,5274	0,21	0,21
1100-1200	37,0439	0,27	0,48
1000-1100	163,8416	1,20	1,68
900-1000	321,6692	2,36	4,04
800-900	1332,2711	9,76	13,80
700-800	4781,6514	35,03	48,83
600-700	1947,5844	14,27	63,09
500-600	654,5561	4,80	67,89
400-500	1789,9423	13,11	81,00
< 400	2593,2595	19,00	100,00
Total	13650,3469	100,00	



A partir de la curva hipsométrica calculada, se empleó como estadístico a la mediana por considerarse más representativa que la media, a partir de la mediana se obtuvo una altitud de 750 m. aproximadamente, lo que indica que por encima y por debajo de este valor queda definida la mitad de la cuenca aguas arriba y abajas abajo.

Definición de la cuenca alta, media y baja del río Tartagal.

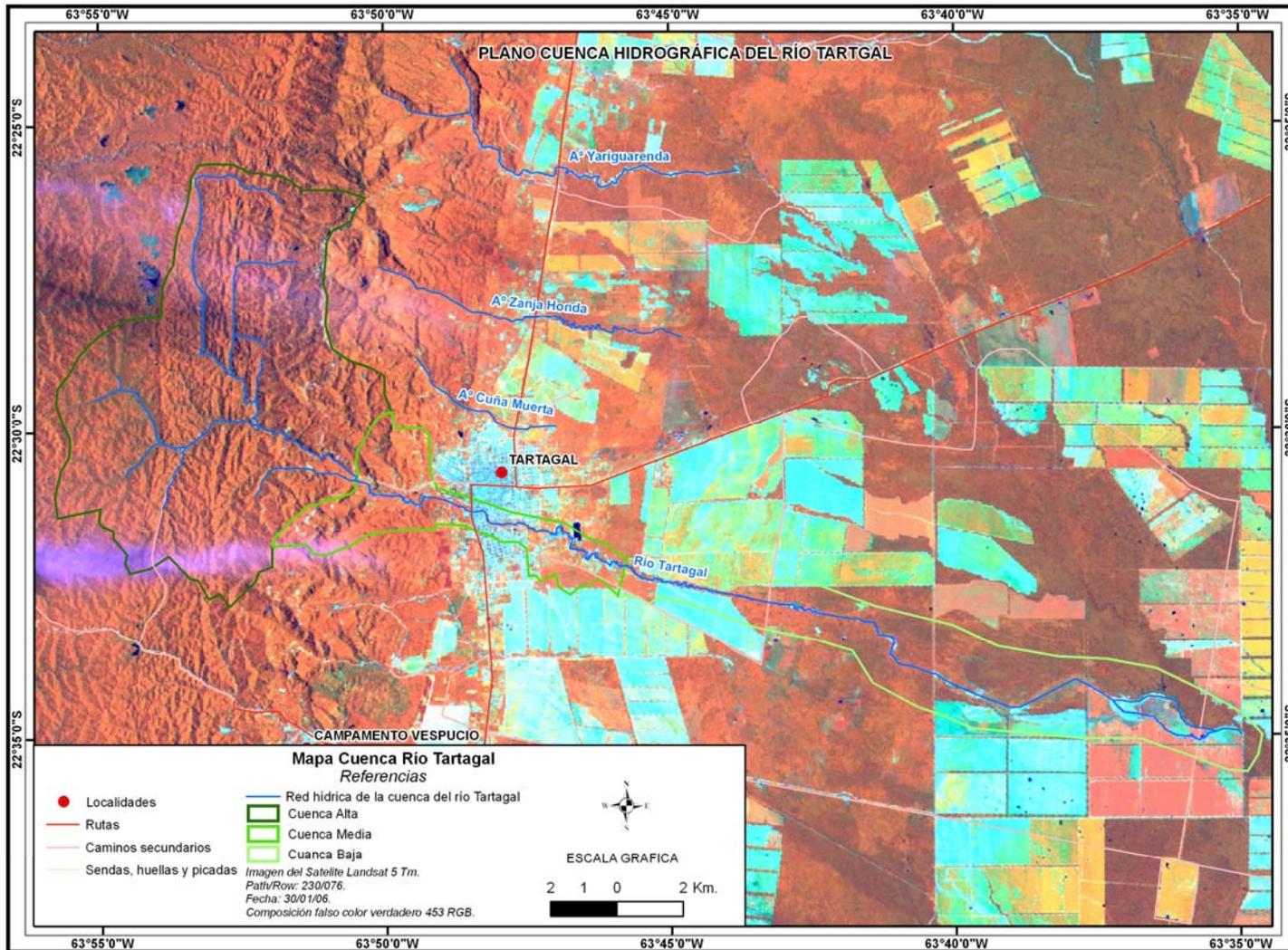
Con una visión de manejo a futuro se optó por dividir la cuenca en alta, media y baja según los siguientes criterios.

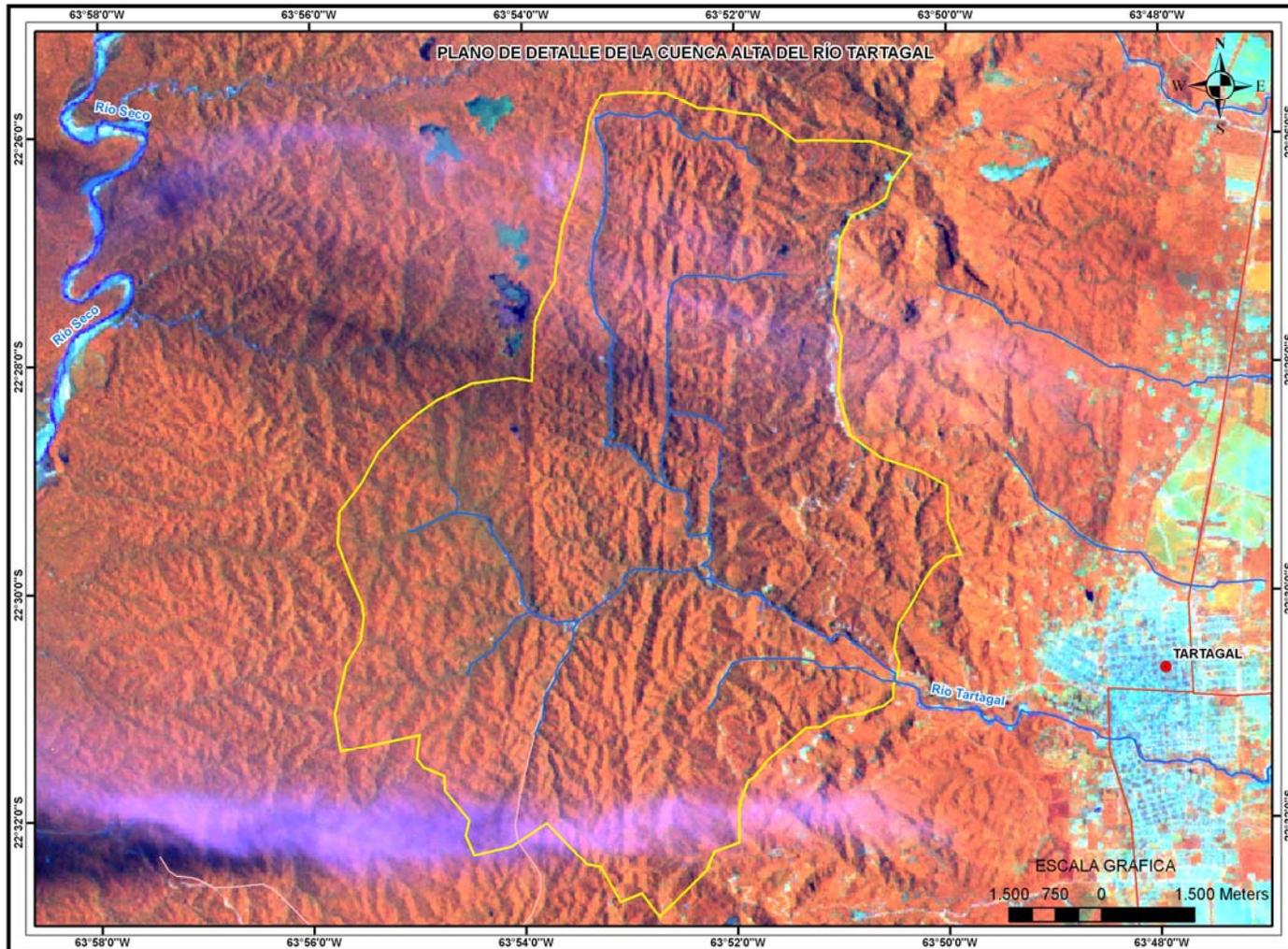
1. Altitud.
2. Curvas de nivel.
3. Pendientes.
4. Actividades antrópicas involucradas en la cuenca.

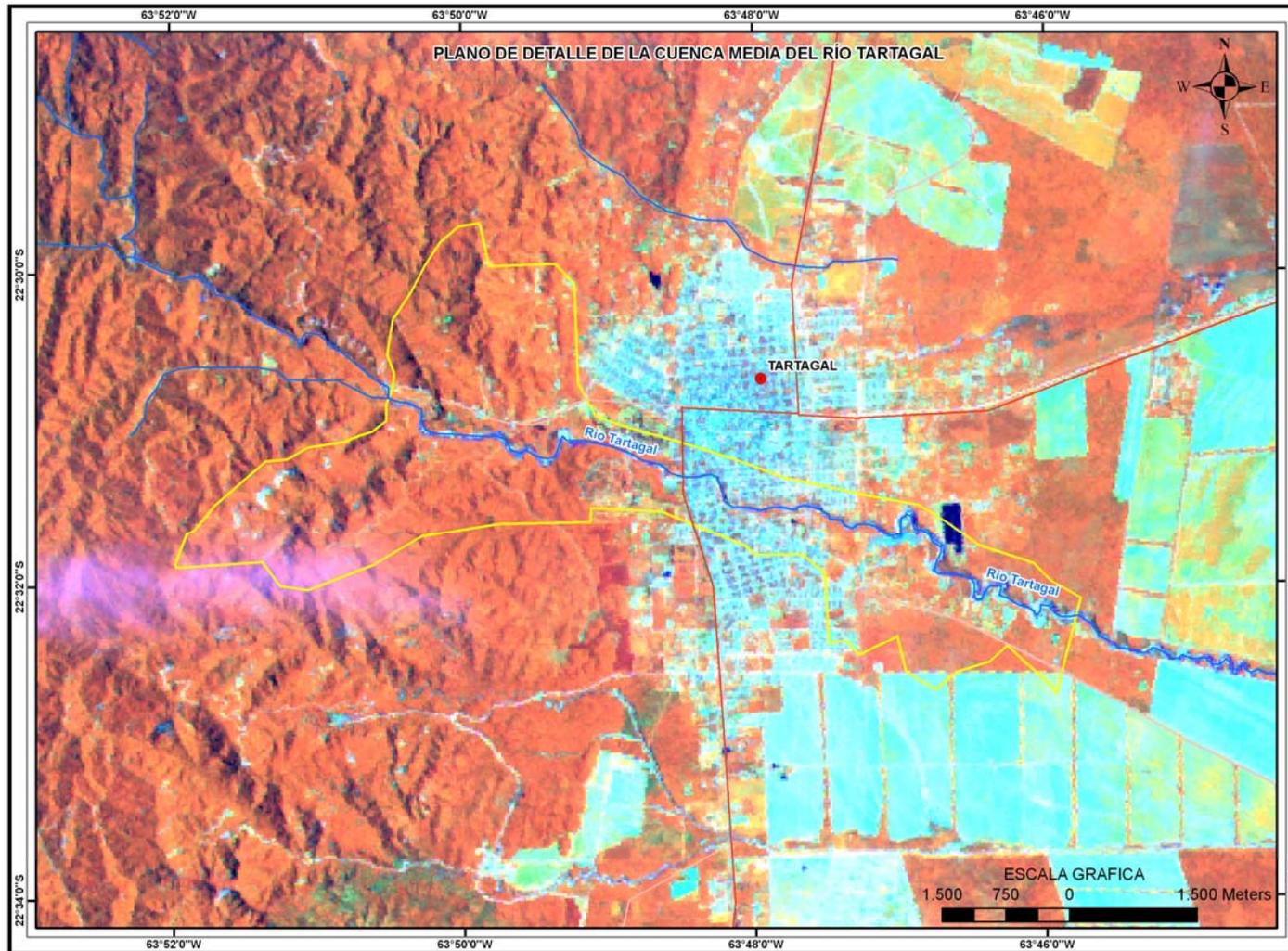
A partir de los criterios recientemente citados, la cuenca quedó definida en tres áreas de manejo cuyas superficies son:

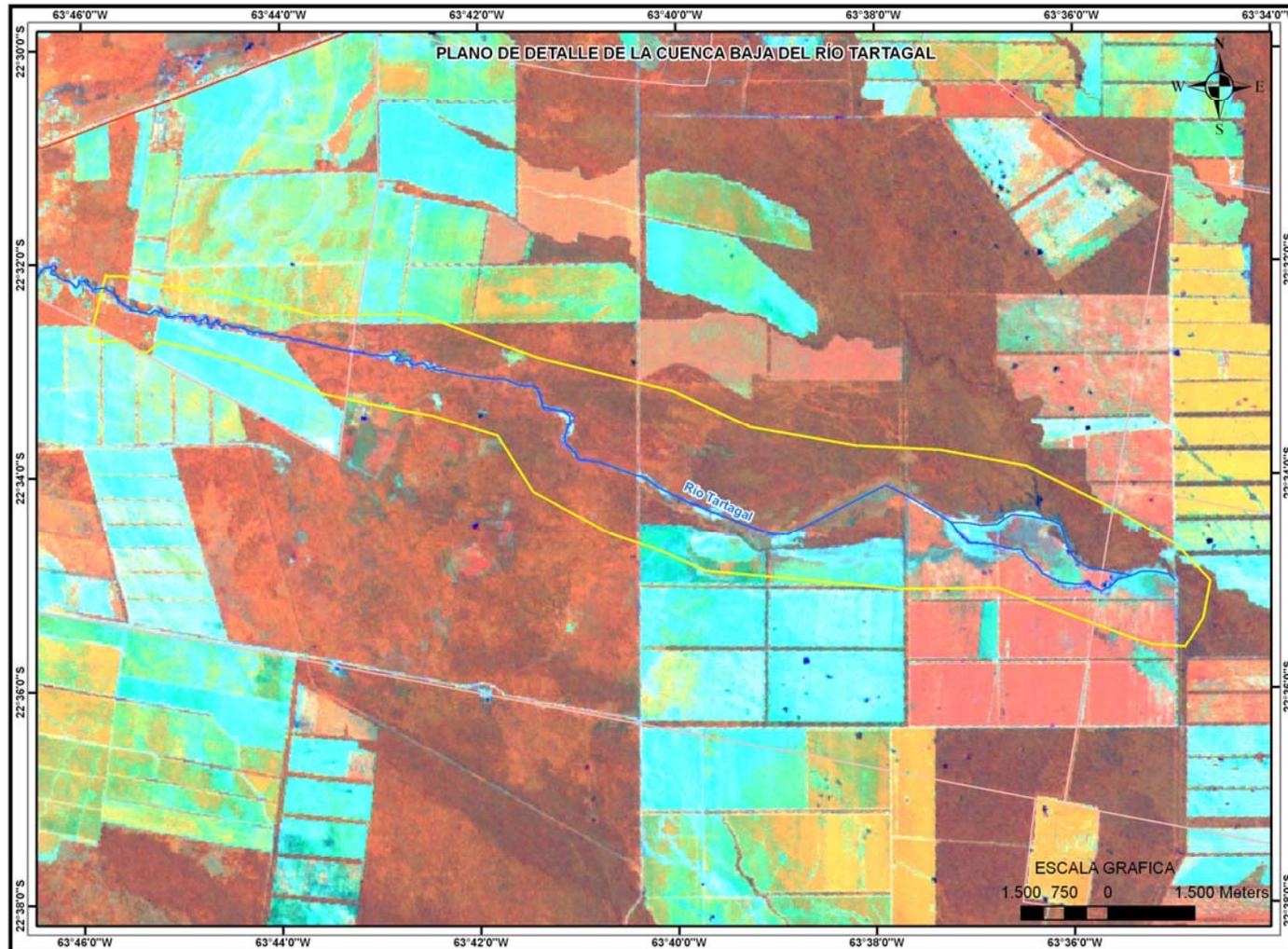
1. Cuenca Alta: 8087, 8823 ha.
2. Cuenca Media: 1746,3992 ha.
3. Cuenca Baja: 3816,0655 ha.

A continuación se presentan el Plano de la Cuenca del Río Tartagal sectorizado y el los Plano a detalle de la cuenca alta, media y baja.









Caracterización altitudinal de la cuenca del río Tartagal.

La cuenca del río Tartagal presenta un rango de variación altitudinal considerable, la máxima altura identificada para la cuenca es de 1293 m.s.n.m., mientras que su punto extremo mas bajo es de 348 m.s.n.m., presentando un desnivel de altitudinal de 945 m.s.n.m.

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.

Caracterización de las pendientes de la cuenca del río Tartagal.

Las pendientes en la cuenca del río Tartagal presentan una variabilidad, como es de esperarse en cuencas de sectores montañosos, de magnitud considerable.

En la cuenca alta y media, las pendientes son variables, en la cuenca alta oscilan valores alrededor de los 20 a 55% o superiores, en la cuenca media los valores giran en torno del 3 a 50 % mientras que en la cuenca baja las pendientes se estabilizan y oscilan entre el 0,05 al 3 %.

Pendiente media del río Tartagal.

La pendiente media del cauce principal de la cuenca del río Sargal permite realizar inferencias en cuanto a las velocidades de escurrimiento del agua y evaluación de riesgo por daños a crecidas. A los fines de obtener una caracterización mas precisa se calculo la pendiente media del cauce principal para la cuenca alta, media y baja.

El cálculo para estimar este parámetro es el siguiente:

$$\text{Pendiente \%} = [(\text{Altitud}_{\text{máxima}} - \text{Altitud}_{\text{mínima}}) / \text{Longitud del cauce}] * 100.$$

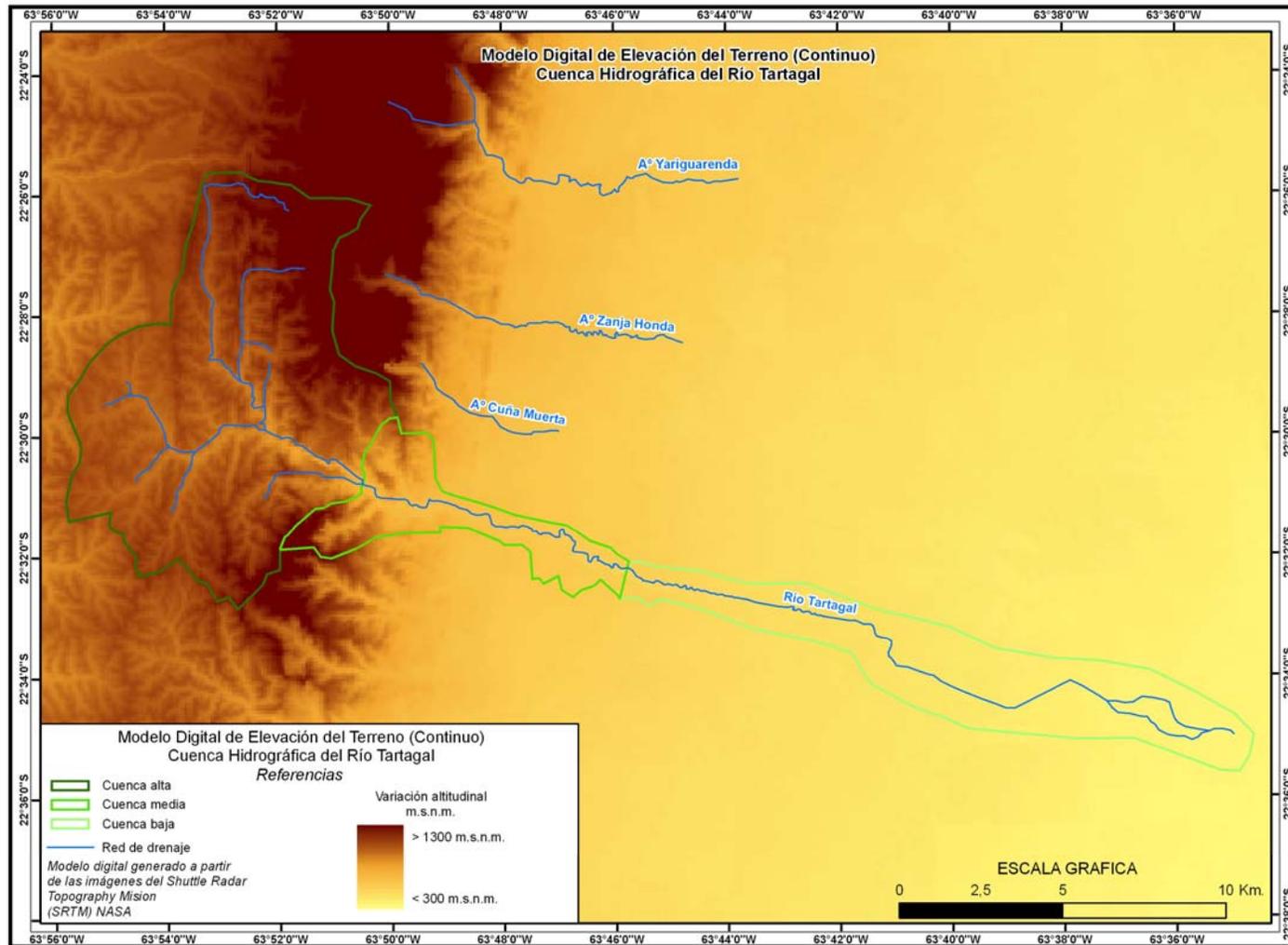
En consecuencia las pendientes obtenidas para el cauce principal son:

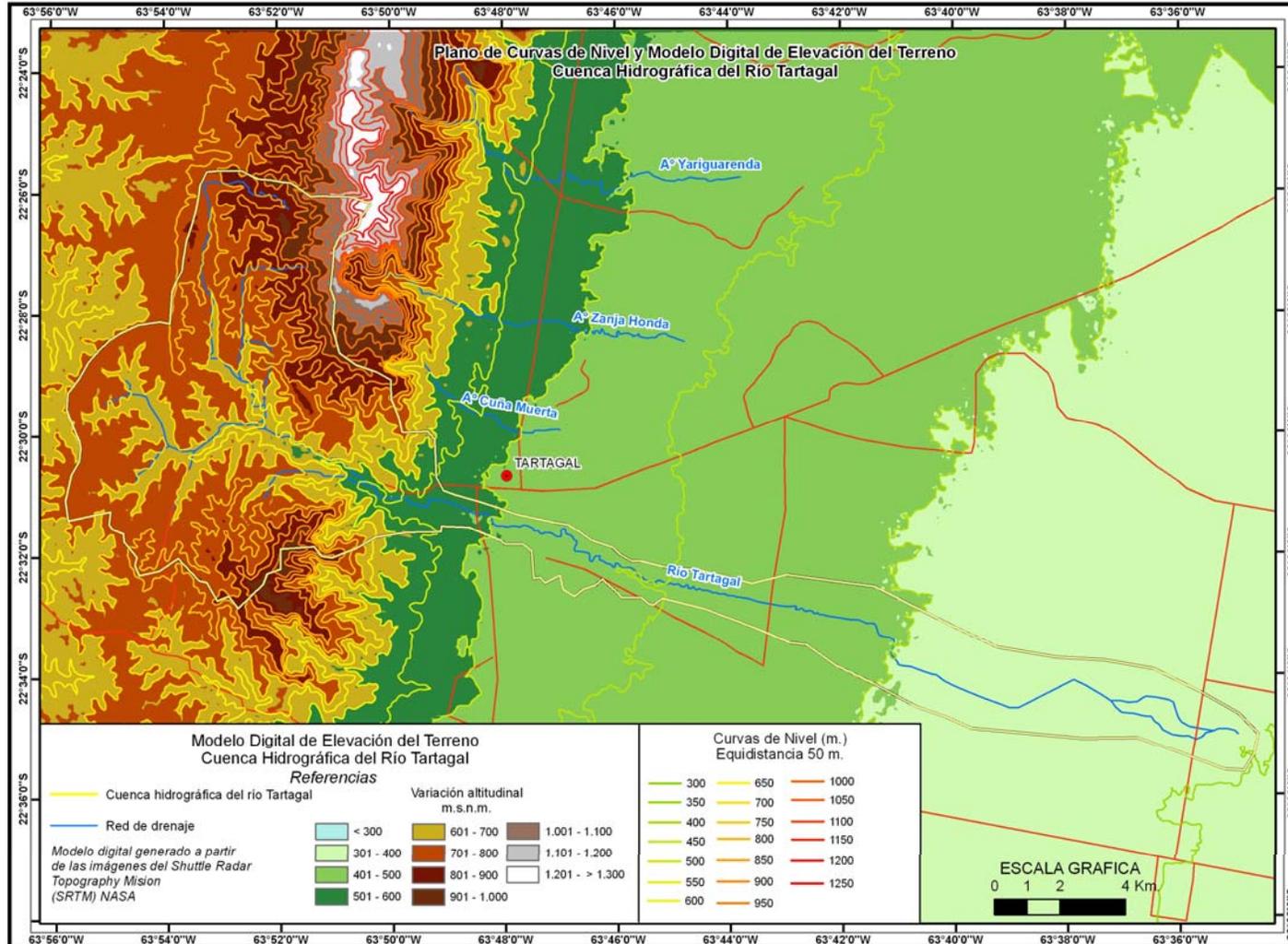
Cauce principal en cuenca alta: 20 %.

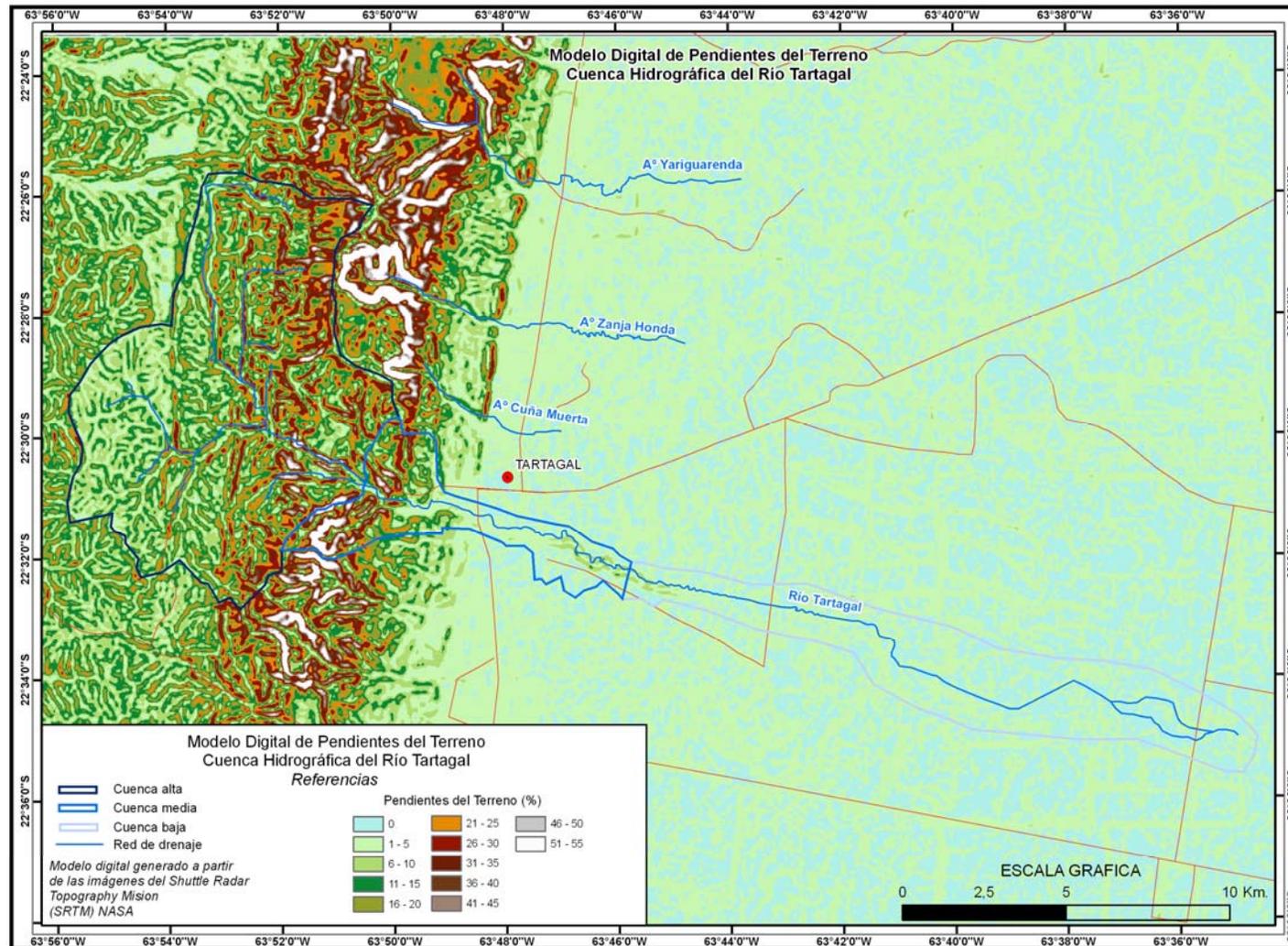
Cauce principal en cuenca media: 5 %.

Cauce principal en cuenca baja: 0,5 %.

En las páginas siguientes se presentan los Mapas de los Modelos Digitales de Elevación del Terreno, Mapa de Curvas de Nivel y Modelo Digital de Pendientes del Terreno.







Caracterización de los suelos de la cuenca del río Tartagal.

A partir del Mapa de Suelos de Salta y Jujuy de Nadir y Chafatinos (1990), se digitalizó y georreferenció dicha capa. Posteriormente se la superpuso sobre una imagen satelital y los polígonos correspondientes a la cuenca alta, media y baja del río Tartagal.

A partir de la superposición digital de las capas anteriormente nombradas se identificó las asociaciones de suelos presentes en la cuenca del río Tartagal.

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.

A continuación se describen las características físicas, químicas y bioquímicas de cada asociación de suelos (ver Plano de Suelos de la Cuenca Hidrográfica del Río Tartagal al final de la descripción de los suelos).

Asociación Madrejones 2.

En el área involucrada por la cuenca del río Tartagal, esta asociación de suelos 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.

Presenta como material original, depósitos residuales y en parte aluviales, derivados de rocas terciarias: areniscas, limolitas, arcilitas, conglomerados y en menor proporción de rocas paleozoicas, lutitas, areniscas de granos fino y ortocuarcitas.

Esta asociación de suelos presenta como suelos asociados a los suelos a Madrejones 2, Pocitos y Quijarros. A continuación se describen cada uno de los suelos indicados.

El *Suelo Madrejones 2* se caracteriza por ser de moderado desarrollo con perfil A, B2, C; de textura media en superficie a fina en profundidad, pobre a bien drenado. Entre sus propiedades físico-químicas se destaca un PH neutro a moderadamente alcalino, capacidad de intercambio catiónica alta y porcentaje de saturación de bases alto. Mientras que entre sus propiedades bioquímicas se destaca la presencia de un contenido de materia orgánica alto. En cuanto al riego de erosión, presentan un riesgo de ligero a moderado.

A continuación se presenta el perfil de suelo de Madrejones 2.

Perfil del Suelo Madrejones 2.

Profundidad	Horizonte	Característica del Horizonte
0 – 26 cm.	A1	Textura Franco. Bloques subangulares, medios, débiles. Ligeramente duro, friable. Ligeramente plástico, no adhesivo. PH = 6,6.
26 – 34 cm.	B2	Textura Arcillosa. Bloques subangulares, medios, fuertes, duro a extremadamente duros, firme, plástico, y adhesivo. PH = 7.
34 – 47 cm.	B3	Textura Arcillosa. Bloques subangulares, medios, moderados. Duro, firme, plástico, y adhesivo. PH = 8. Abundantes carbonatos.
47 – 84 cm.	C	Textura Arcillosa. Bloques subangulares, con tendencia a masiva. Ligeramente duro, firme, plástico, y adhesivo. PH = 8,3. Abundantes carbonatos de calcio.
68 – 90 cm.	C1	Textura Limoso a franco limoso. Masivo. Ligeramente duro, plástico y ligeramente adhesivo. PH = 8,7. Fuerte reacción de carbonatos. Moteados comunes de hierro.
90 – 132 cm.	IIC2	Textura Franco limoso. Estratificado. Ligeramente plástico y ligeramente adhesivo. PH = 8,8. Fuerte reacción de carbonatos. Moteados comunes de hierro. Ligeramente salino, sódico.
132- 150 cm.	IIIC3	Textura Franco arcillo limoso. Estratificado. Duro, muy plástico y adhesivo. PH = 9. Fuerte reacción de carbonatos. Moteados abundantes de hierro. Ligeramente salino, sódico.

En cuanto al *Suelo Quijarro*, se trata de un suelo de incipiente desarrollo, con perfil A, C; presenta una textura gruesa en superficie a gruesa en profundidad, es un suelo algo excesivamente drenado. Estos suelos presentan un riesgo de erosión moderado.

Perfil del Suelo Guijarro.

Profundidad	Horizonte	Característica del Horizonte
0 – 15 cm.	A1	Textura Franco arenoso a areno franco. Bloques subangulares finos, tendencia a migajosa. Blando a suelto, no plástico, no adhesivo.
15 – 34 cm.	C1	Textura Franco arenoso a areno franco. Bloques subangulares medios, fuertes. Blando a suelto, no plástico, no adhesivo.
34 – 70 cm.	C2	Textura Arenosa. Bloques subangulares con tendencia a masivo. Blando muy friable, no plástico, no adhesivo.
70 – 93 cm.	C3	Textura Arenosa. Masivo. Blando, muy friable, no plástico, no adhesivo.

El *Suelo Pocitos*, se caracteriza por ser de fuerte desarrollo, con perfil A, A2, B2, C; de textura medianamente gruesa en superficie y gruesa a medianamente fina en profundidad. En cuanto a su drenaje se caracteriza por un buen drenaje a un drenaje imperfecto. Estos suelos presentan un riesgo de erosión ligero a moderado.

Perfil del Suelo Pocitos.

Profundidad	Horizonte	Característica del Horizonte
0 – 17 cm.	A1	Textura Franco arenoso. Migajoso. Suelto, muy friable. No plástico, no adhesivo.
17 – 40 cm.	A2	Textura Areno franco. Bloques subangulares, medios a finos, débiles. Blando, friable. No plástico, no adhesivo.
40 – 67 cm.	B1	Textura Franco arenoso a franco. Bloques subangulares, medios, moderados. Ligeramente duro, friable. No plástico, no adhesivo.
67 – 90 cm.	B2.1.	Textura Franco arcillo arenoso. Prismático, medios, fuertes. Extremadamente duro, firme, plástico, adhesivo.
90 – 114 cm.	B2.2.	Textura Franco arcillo arenoso a franco arcilloso. Prismas, medianos, fuertes. Extremadamente duro, friable, plástico, adhesivo.
114 – 133 cm.	B3	Textura Franco arenoso a franco. Bloques subangulares medios, moderados con tendencia a prismáticos. Duro, ligeramente firme, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo.
133- 200 cm.	C	Textura Areno franco. Masivo. Suelto. no plástico, no adhesivo.

Asociación Madrejones 2 – Quijarro.

Esta asociación de suelos se distribuye entre el extremo oeste de la cuenca alta del río Tartagal y la asociación de suelos Madrejones 2. Se trata de un área de fisiografía montañosa y relieve colinado.

Presenta como material original, depósitos residuales derivados de rocas del terciario: areniscas, limolitas, arcilitas y conglomerados y eventualmente rocas del paleozoico inferior.

Esta asociación de suelos presenta como suelos asociados a los suelos a Madrejones 2, Quijarros e Itiyuro. En cuanto a los suelos Madrejones 2 y Quijarros, estos ya fueron descriptos recientemente en la asociación Madrejones 2, solo se describe a continuación el suelo Itiyuro.

El *Suelo Itiyuro*, se caracteriza por ser de incipiente desarrollo con perfil A, C; de textura media en superficie y media a medianamente fina en profundidad, bien drenado a imperfectamente drenado. Presencia de abundantes carbonatos en profundidad. En cuanto al riego de erosión, presentan un riesgo de ligero a moderado.

Perfil del Suelo Itiyuro.

Profundidad	Horizonte	Característica del Horizonte
0 – 15 cm.	A1	Textura Franco. Migajoso tendiendo a bloques subangulares, blando, friable, ligeramente plástico, no adhesivo.
15 – 45 cm.	C	Textura Franco limoso. Masivo tendiendo a bloques subangulares finos débiles. Blando, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo.
45 – 90 cm.	C	Textura Franco arcilloso limoso. Abundante presencia de carbonatos.

Asociación Vespucio.

Esta asociación se encuentra presente en el toda la cuenca baja del río Tartagal hasta muy próxima al límite oeste de la cuenca baja donde limita con la asociación Madrejonas2 – Quijarros. Este sector de la cuenca se caracteriza por una fisiografía de bajadas aluviales con un relieve suavemente ondulado.

Esta asociación esta conformada con material original derivado de rocas del terciario y en menor proporción de rocas paleozoicas: areniscas, limolitas, arcilitas, lutitas, ortocuarcitas, diamictitas.

Los suelos en asociación son Vespucio, Ranchos y Pozo del Zorrino. A continuación se describen los suelos indicados:

El *Suelo Vespucio* se caracteriza por se de muy fuerte desarrollo, con perfil A, A2, B2, C; de textura media en superficie y media a medianamente fina en profundidad, bien a imperfectamente drenado. Entre sus propiedades físico-químicas se destaca un PH moderadamente ácido a neutro, capacidad de intercambio catiónica media a moderadamente alta y porcentaje de saturación de bases alto. Mientras que entre sus propiedades bioquímicas se destaca la presencia de un contenido de materia orgánica moderadamente alto. En cuanto al riego de erosión, presentan un riesgo ligero y probabilidad de anegamiento temporal.

Perfil del Suelo Vespucio.

Profundidad	Horizonte	Característica del Horizonte
0 – 12 cm.	A1	Textura Franco. Bloques subangulares finos, débiles, tendencia a migajosa. Blando, muy friable. Ligeramente plástico, no adhesivo. PH = 5,7.
12 – 32 cm.	A2	Textura Franco. Bloques subangulares finos, débiles. Blando, muy friable. No plástico, no adhesivo. PH = 5,6.
32 – 46 cm.	A3	Textura Franco. Bloques subangulares medios, moderados. Ligeramente duro, friable. Ligeramente plástico, ligeramente adhesivo. PH = 6.
46 – 64 cm.	B2.1.	Textura Franco. Bloques subangulares medios, moderados. Duro, ligeramente firme. Plástico, adhesivo. PH = 6,2.
64 – 126 cm.	B2.2.	Textura Franco arcilloso. Bloques subangulares gruesos a medianos, finos. Muy duro, ligeramente firme. Muy plástico, adhesivo. PH = 6,5.
126 – 170 cm.	B3	Textura Franco arcilloso. Bloques subangulares medios a finos, fuertes. Duro, ligeramente firme. Plástico, adhesivo. PH = 6,6.
> 170 cm.	B/C	Textura Franco arcilloso. Bloques subangulares, finos, moderados. Blando, ligeramente firme, moderados. Plástico, adhesivo. PH = 6,7.

El *Suelo Ranchos* presenta un moderado desarrollo, con perfil A, B2, C; de textura medianamente gruesa en superficie a media en profundidad, moderadamente bien drenado. Entre sus propiedades físico-químicas se destaca un PH moderadamente ácido a neutro, capacidad de intercambio catiónica media y porcentaje de saturación de bases alto. Mientras que entre sus propiedades bioquímicas se destaca la presencia de un contenido de materia orgánica medio.

Perfil del Suelo Ranchos.

Profundidad	Horizonte	Característica del Horizonte
0 – 14 cm.	A1	Textura Franco arenoso. Bloques subangulares finos, débiles. Blando, friable. Ligeramente plástico, no adhesivo. PH = 5,8.
14 – 32 cm.	B1	Textura Franco. Bloques subangulares medios moderados. Ligeramente duro, ligeramente firme. Ligeramente plástico, ligeramente adhesivo. PH = 5,6.
32 – 61 cm.	B2	Textura Franco. Bloques subangulares medios moderados. Duro, ligeramente firme. Plástico, ligeramente adhesivo. PH = 5,9.
61 – 84 cm.	B3	Textura Franco. Bloques subangulares finos moderados. Blando, friable, ligeramente plástico, no adhesivo. PH = 6,4.
84 – 115 cm.	C1	Textura Franco. Bloques subangulares tendencia a masivo. Blando, muy friable, ligeramente plástico, no adhesivo. PH = 7,2.
115 – 125 cm.	C2	Textura Franco a franco arenoso. Masivo. Blando, muy friable, no plástico, no adhesivo. Moderada presencia de carbonatos.

El *Suelo Pozo del Zorrino* se caracteriza por ser de muy fuerte desarrollo, con perfil A, A2, B2, C; de textura media en superficie a medianamente fina en profundidad, imperfectamente drenado. Presenta un PH fuertemente ácido a neutro, salino en profundidad, capacidad de intercambio catiónica moderadamente alta a alta y porcentaje de saturación de bases alto. Presenta un contenido de materia orgánica alto. Estos suelos presentan un riesgo de erosión ligero y anegabilidad ocasional.

Perfil del Suelo Pozo del Zorrino.

Profundidad	Horizonte	Característica del Horizonte
0 – 21 cm.	A1	Textura Franco limoso. Bloques subangulares medios, fuertes. Ligeramente duro, firme. Plástico, no adhesivo. PH = 5,5.
21 – 34 cm.	B1	Textura Franco limoso. Bloques subangulares finos. Ligeramente duro, firme. Plástico, no adhesivo. PH = 5,6.
34 – 57 cm.	B2	Textura Franco arcillo limoso. Bloques subangulares medianos a finos, fuertes. Extremadamente duro, firme. Plástico, adhesivo. PH = 5,6. Presencia de barnices.
57 – 75 cm.	B3	Textura Franco arcillo limoso. Bloques subangulares medios a finos, fuertes. Extremadamente duro, firme. Plástico, adhesivo. PH = 5,7. Eflorescencias salinas, moderada presencia de barnices.
75 – 90 cm.	C1	Textura Franco arcillo limoso. Bloques subangulares tendencia a masivo. Extremadamente duro, firme. Plástico, ligeramente adhesivo. PH = 6,6.

Asociación Vespucio – El Palmar.

Esta asociación se encuentra en un pequeño sector de la cuenca baja hacia su extremo suroeste. Se trata de un sector de bajadas aluviales de relieve suavemente ondulado.

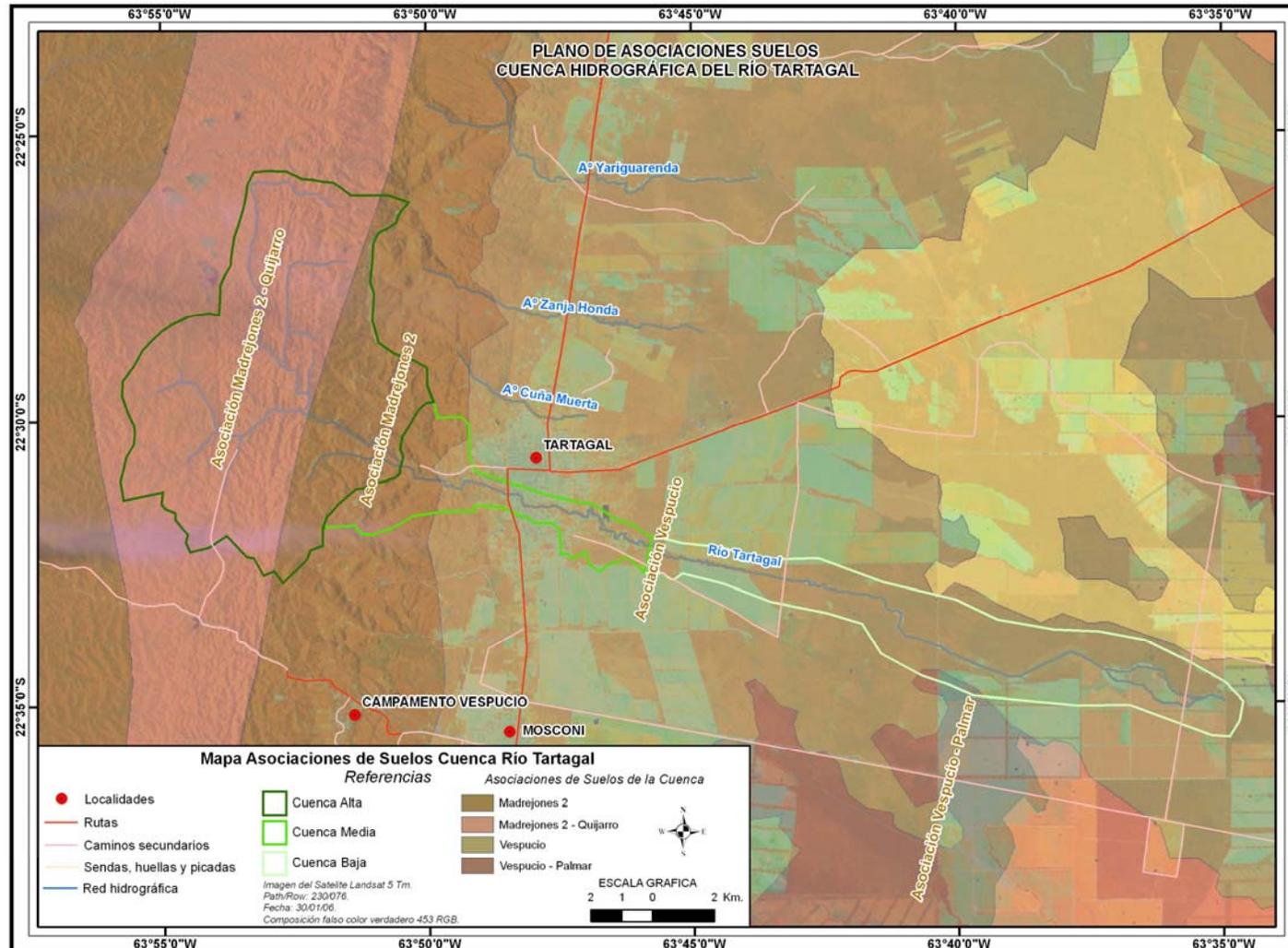
Esta asociación presenta como material original a derivados de rocas terciarias y en menor proporción rocas paleozoicas: areniscas, limolitas, arcillitas, lutitas, ortocuarcitas, diamictitas.

Esta asociación de suelos presenta como suelos asociados a los suelos a Vespucio, Palmar y Ranchos. Los suelos Vespucio y Ranchos ya fueron descriptos en las asociaciones anteriores, por lo que se describe a continuación el Suelo Palmar.

El *Suelo Palmar* se caracteriza por ser de incipiente desarrollo, con perfil A, C; de textura fina, muy pobremente drenado. Entre sus propiedades físico-químicas se destacan un PH ácido a neutro, se registra la presencia de salinidad en profundidad, capacidad de intercambio catiónica alta a moderadamente alta y porcentaje de saturación de bases alto. Entre sus propiedades bioquímicas se destacan un contenido de materia orgánica alto, presencia de carbonatos en profundidad. Estos suelos presentan además un riesgo de inundabilidad frecuente.

Perfil del Suelo El Palmar.

Profundidad	Horizonte	Característica del Horizonte
0 – 15 cm.	A1	Textura Franco arenoso. Bloques subangulares débiles, finos. Blando, friable. Ligeramente plástico, no adhesivo. PH = 7,3.
15 – 55 cm.	AC	Textura Areno franco. Bloques subangulares débiles, finos a masivo. Blando, muy friable. No plástico, no adhesivo. PH = 7,4.
55 – 150 cm.	C1	Textura Areno franco. Masivo. Blando. No plástico, no adhesivo. PH = 7,7.



ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CUENCA DEL RÍO TARTAGAL. EVALUACIÓN DE DAÑOS Y RIESGOS.

Con el objetivo de tener una visión precisa de la situación de la cuenca del río Tartagal se efectuaron vuelos aéreos y recorridos terrestres, para un reconocimiento de las diferentes situaciones.

Durante los días 12 y 13 de Abril de 2006, se efectuaron dos vuelos en helicóptero alfa Eco 446 del Ejército Argentino, a cargo del Mayor Armando Colucchi (Jefe de Escuadrón).

El día 12 de Abril de 2006, se efectuó el primer vuelo de reconocimiento durante las 16:30 hs. hasta las 17:44 hs., el segundo vuelo se efectuó el 13 de Abril de 2006, entre las 12:00 hs. y las 13:37 hs. Las áreas sobrevoladas corresponden la cuenca del río Tartagal y áreas de influencia que involucraban a las cuencas de los A° Cuña Muerta, Zanja Honda, Yariguarenda y Yacuy. También se sobrevoló parte de la localidad de Mosconi y Quebrada de Galarza.

Durante los vuelos se tomaron fotografías aéreas a los fines de lograr un análisis de la situación actual de la cuenca del río Tartagal y áreas de influencia.

Se enfatizó durante los vuelos, el área comprendida por el río Tartagal para analizar los daños causados por las recientes crecidas y evaluar los potenciales riesgo de la actual situación.

Así mismo se evaluó la situación actual de las zonas, en relación a las actividades agrícolas, ganaderas, explotación forestal, actividad petrolera, identificación de basurales, evaluación de obras civiles en riesgo como puentes, rutas, planta de tratamiento de líquidos cloacales, áreas urbanas y periurbanas.

Posteriormente se efectuaron recorridas terrestres por la cuenca alta, media y baja del río Tartagal, y las cuencas aledañas pertenecientes a los A° Cuña Muerta, Zanja Honda, Yariguarenda y Yacuy, durante los días 18, 19, 25, 26 y 29 de Julio, para analizar situaciones puntuales observadas durante los vuelos aéreos.

Para un análisis de la situación de la cuenca se presentará en forma secuenciada la situación actual de la cuenca del río Tartagal desde la cuenca alta hacia la cuenca baja del mismo, presentando diferentes situaciones observadas durante los vuelos y recorridas terrestres.

Situación de la Cuenca Alta del Río Tartagal.

A causa de las últimas precipitaciones registradas en Tartagal y áreas aledañas se registraron severos daños en infraestructuras y modificaciones del relieve debido a procesos erosivos.

En la fotografía siguiente, se observa el lecho del río Tartagal y parte de las nacientes en las Sierras de Tartagal, cabe destacar que visualmente se observa la diferencia de altitud por la que atraviesa el río Tartagal desde sus nacientes hasta la cuenca baja, lo cual tiene incidencia en la velocidad de las aguas y el poder erosivo de las mismas.



En la cuenca alta del río Tartagal las principales actividades observadas están relacionadas con el aprovechamiento forestal del bosque nativo, ganadería extensiva sin manejo del rodeo por parte de puesteros de fincas, pequeñas parcelas desmontadas para agricultura de pequeños productores, parcelas de cultivos frutales. También se observaron caminos y picadas abiertas productote la actividad petrolera.

Estas actividades han resultado en diversos procesos erosivos observados durante los vuelos con alteraciones de diferente forma y magnitud.

En la fotografía aérea siguiente se observan los procesos de deslizamientos de ladera muy comunes en la cuenca alta del río Tartagal.

**Deslizamientos
de ladera en
márgenes del río
Tartagal**

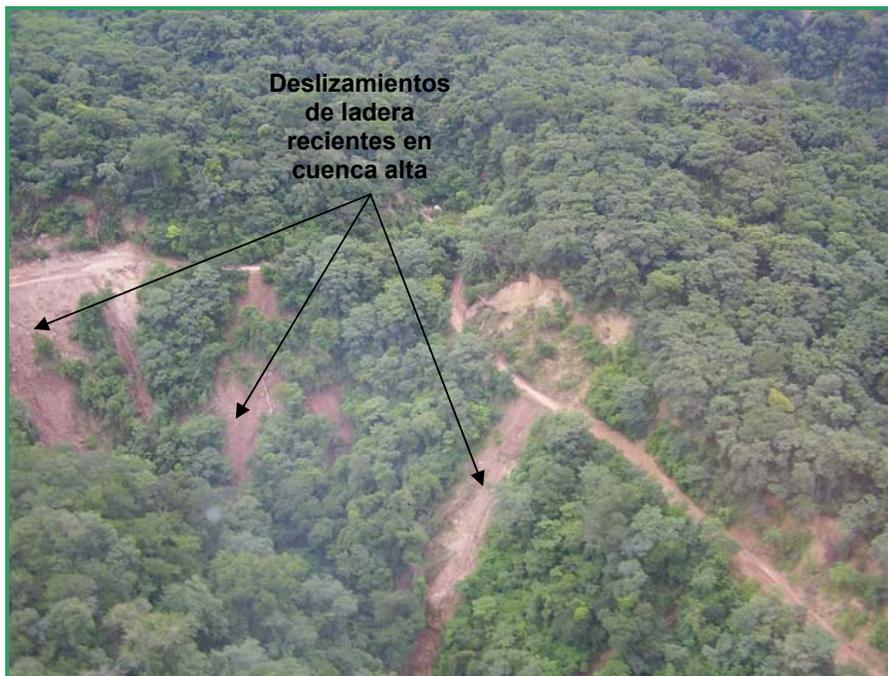


En la fotografía siguiente se observa claramente el deslizamiento de ladera reciente y se constata debido a los árboles caídos y restos de vegetación todavía verde.

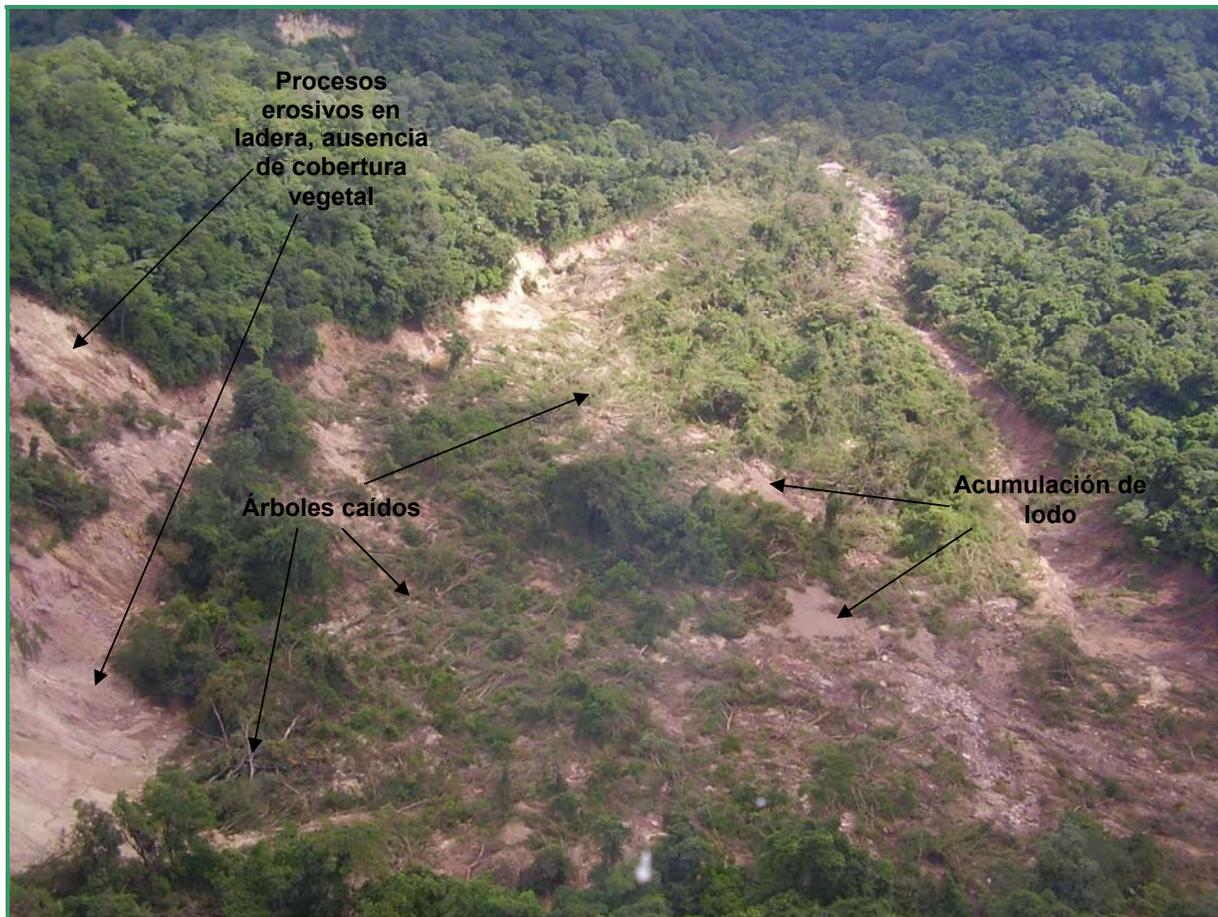
**Deslizamientos
de ladera
recientes en
cuenca alta del
río Tartagal**



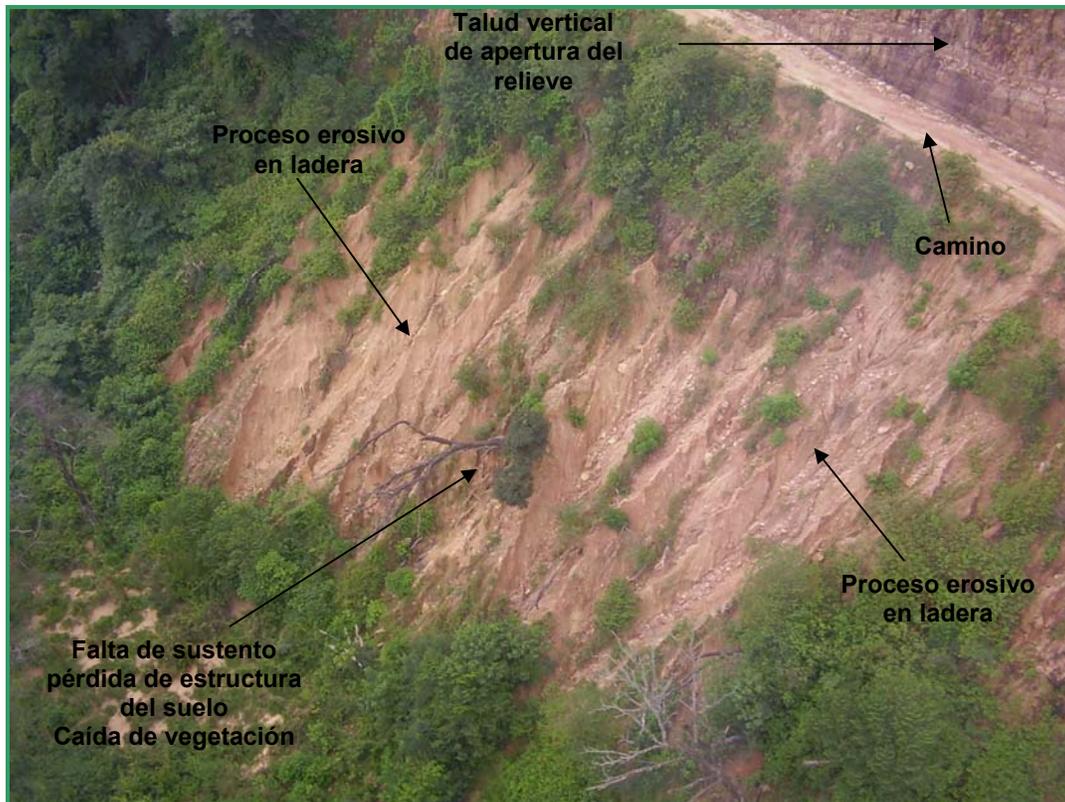
Esta situación de deslizamientos de laderas se repite a lo largo de las márgenes del río Tartagal en la cuenca alta y media, en este caso se observan deslizamientos en sectores de caminos petroleros.



También se registro la presencia de un alud de lodo y detritos en este sector de la cuenca, este fenómeno erosivo reciente se constata porque en la fotografía (en detalle) se observan cúmulos de lodo, detritos y los árboles caídos producto del avance de la remoción en masa.



En la fotografía se observa un proceso erosivo severo, la formación de este fenómeno se debe quizás a la disección del relieve para la apertura del camino que se observa en la margen superior derecha de la fotografía. Producto de la apertura del camino, y la falta de cobertura vegetal, la erosión genera el relieve en surcos verticales, producto de la caída de detritos, que se ve potenciada cuando ocurren las precipitaciones, acelerando el proceso erosivo en la ladera. La ausencia de un suelo estructurado impide la regeneración y la vegetación y se produce a su vez la pérdida de la vegetación en pie (árbol caído).



Ante la situación observada durante los vuelos, se efectuó una recorrida terrestre por el sector comprendido de la cuenca alta del río Tartagal, a fin de puntualizar dichas situaciones. A continuación se detalla la situación registrada en la cuenca alta a partir del reconocimiento terrestre realizado por camino petrolero al pozo Altos de Yariguarenda.

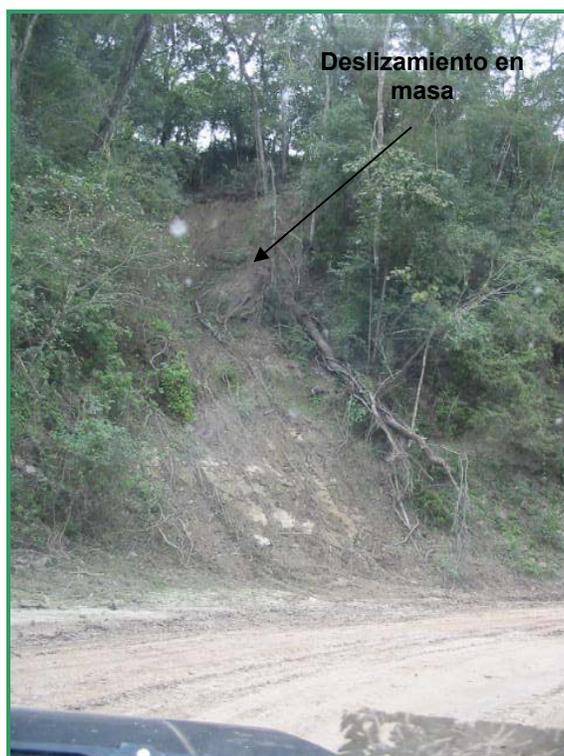
La primer situación observada es un nivel considerable de explotación forestal en el área, considerándose que se trata de un ambiente de Selvas de Yungas, la cobertura vegetal de árboles dominantes debería alcanzar los 20 a 30 m. de altura. Dado el alto grado de explotación forestal, el estrato de árboles dominantes y codominantes ha sido intensamente explotado, alterando la estructura y composición del bosque con la consecuente reducción de cobertura vegetal del área.

La segunda situación crítica observada, es la cantidad y estado de los caminos petroleros abiertos en el área de la cuenca alta del río Tartagal. La situación observada se plantea a continuación en forma secuenciada.

Se registró reiteradas veces, en márgenes de camino petrolero, la formación de cárcavas producto del escurrimiento superficial de aguas por el camino y derivadas a quebradas no debidamente acondicionadas para evacuar tal escurrimiento. En la fotografía siguiente se observa la acumulación de material en un sector empelado para la evacuación de aguas del camino.



También se observaron numerosas situaciones de deslizamientos en masa producto de la alteración de la cobertura vegetal y desestabilización de laderas como consecuencia de la apertura de caminos, como se observa en la fotografía siguiente.



Como se indicó recientemente en márgenes del camino petrolero los procesos de erosión relacionados con deslizamientos de suelos se repiten a lo largo de todo el camino petrolero y con magnitudes variables.



Como se observa en la siguiente fotografía, al efectuar la apertura de caminos, se produce la disección de laderas, que posteriormente no son estabilizadas, lo concluye en intensos proceso de erosión. Obsérvese la disección de la ladera de la fotografía siguiente y la pendiente con que quedo el talud de la ladera.



En la fotografía siguiente se observa la disección de ladera y un proceso erosivo intenso donde ya se registra el afloramiento de roca maderá, y la ausencia absoluta de cobertura vegetal para la estabilización de ladera.



En la fotografía de abajo se observa el talud del camino, la ausencia de vegetación y la falta de estabilización de la misma.



Nuevamente se observa la situación planteada, el corte de ladera para la apertura de caminos sin la posterior estabilización de la misma.



Aproximadamente en el punto de coordenadas S 22° 27' 2,5'' W 63° 50' 59,2'', se construyó un cargadero de combustible.



En este punto se registró un derrame de combustible considerable en el camino, en la fotografía se indica dicho derrame (se observa un mancha en el camino).



Se observo que la manguera para la carga de combustible, no posee una válvula de cierre y la misma es depositada en un tacho que almacena la pérdida de combustible de la manguera.



Continuando por el mismo camino petrolero los procesos erosivos continuaron evidenciándose. Se registró un sector antiguo que correspondía a un sitio de disposición de residuos. La falta de cobertura en dicha área, y producto de la pendiente y los escurrimientos superficiales de aguas, se observó la formación de cárcavas en diferentes sectores.





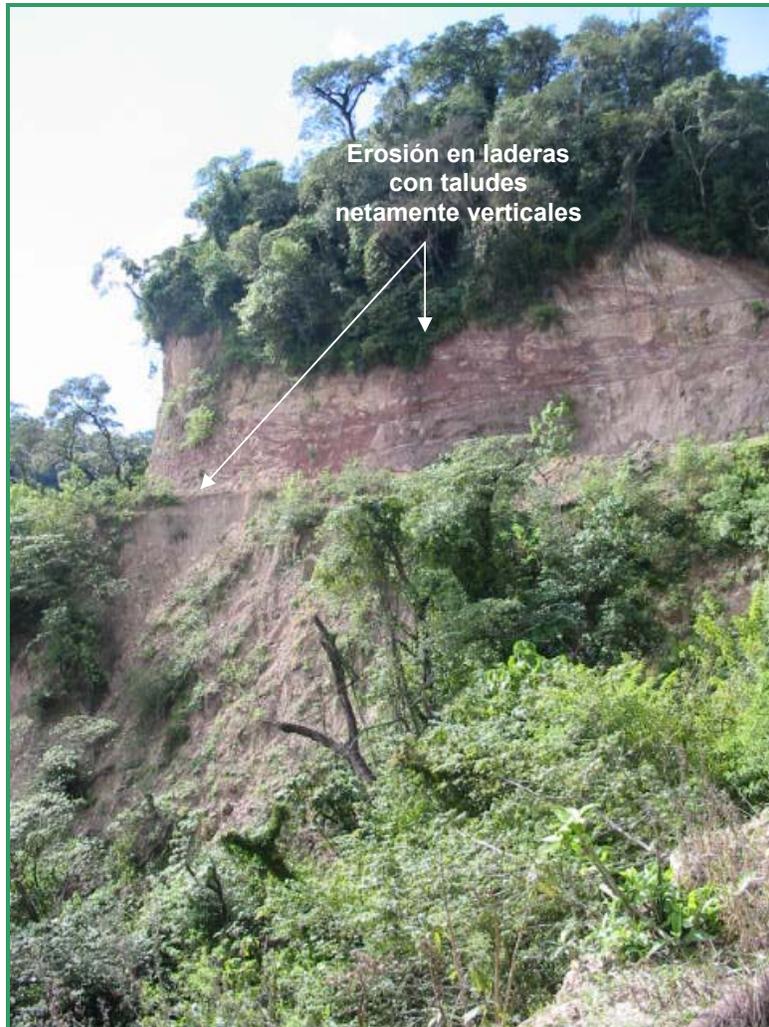
Otra situación registrada es el afloramiento de oleoductos en diferentes sectores de la cuenca alta del río Tartagal, debido quizás a los procesos erosivos planteados y/o a la falta de control y mantenimiento de los mismos, en las fotografías siguientes se observa lo indicado.



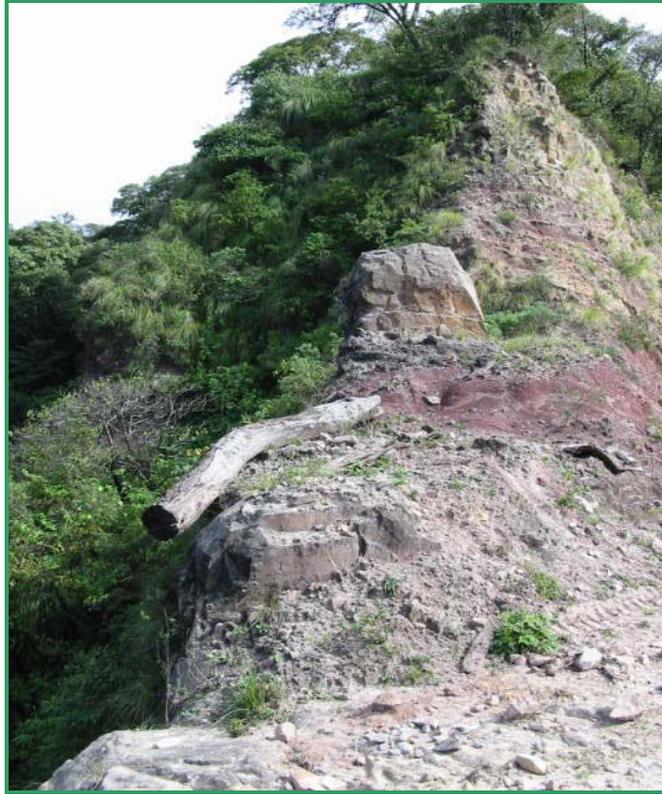




Finalmente se presenta una secuencia de fotografías correspondientes a diferentes sectores de la cuenca alta camino al pozo Altos de Yariguarenda. El impacto antrópico de mayor intensidad, como ya se indicó, se registra principalmente en la apertura de caminos petroleros, donde se observó reiteradas veces taludes con pendientes erosivas considerables; cárcavamiento intenso producto del escurrimiento de aguas colectadas por los caminos y derivadas a quebradas sin ningún tipo de sistema de evacuación que evite los procesos erosivos evidenciados, falta de estabilización de laderas posterior a la apertura de caminos, etc.



En la siguiente fotografía se observa el estado en que quedó un sector de una divisoria de aguas, posterior a la apertura del camino. Se observa claramente la disección del cerro sin ningún tipo de estabilización de laderas y restauración del área.



En la fotografía de abajo nuevamente se registró los derivadores de aguas colectadas en camino petrolero, se observa la falta de cobertura y de estabilización.



La consecuencia de estos derivadotes de agua culminan en procesos de erosión retrocederte intensa o cárcavamiento del suelo, para lo cual son necesarias obras pequeñas de estabilización y restauración de la cobertura vegetal con pasturas y posteriormente especies arbóreas de la zona.



Situación de la Cuenca Media del Río Tartagal.

Continuando con el análisis de la situación de la cuenca, a continuación se presenta la situación registrada en la cuenca media del río Tartagal, donde también se registraron fenómenos erosivos intensos.

En este sector de la cuenca las actividades antrópicas y los asentamientos aislados en el extremo norte de la cuenca media, pasan a revertir un carácter de riesgo donde son necesarias acciones para evitar desastres mayores, como lo que se observa en la fotografía siguiente.

Esta propiedad se encuentra entre una secuencia de deslizamientos de ladera y el cauce del río Tartagal que erosionó sus márgenes quedando muy próximo a la propiedad.

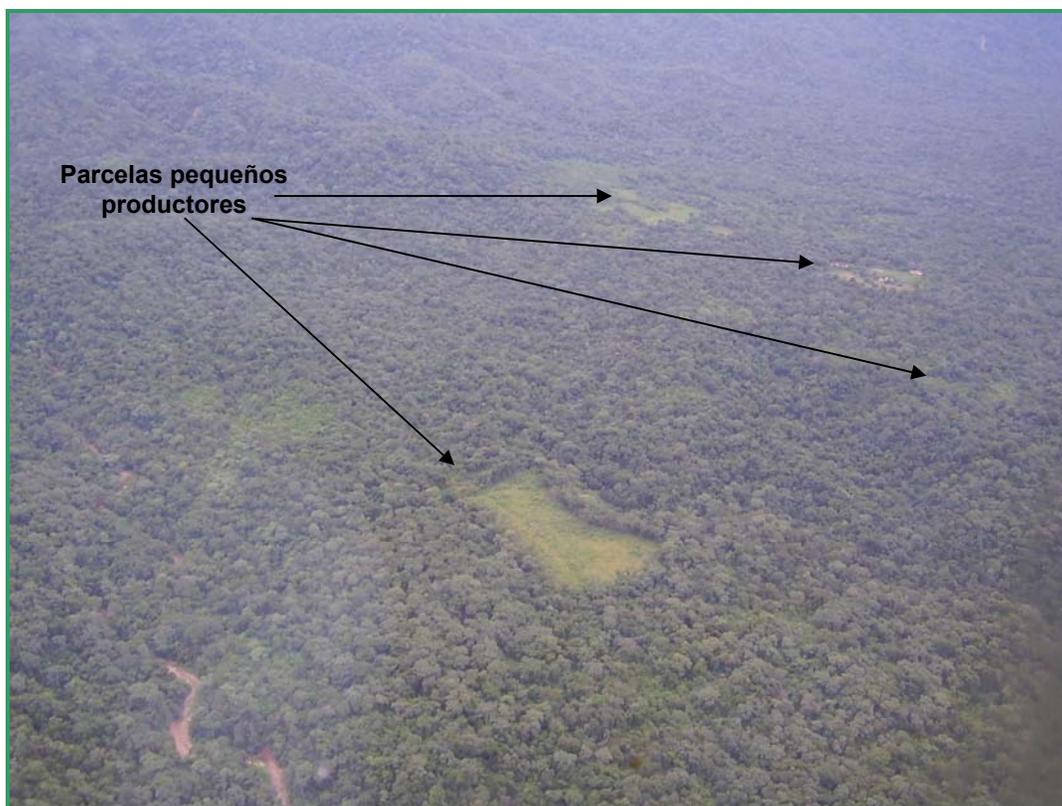


En la cuenca media del río Tartagal, las actividades antrópicas son mas intensas dada su proximidad a la ciudad de Tartagal.

Durante los vuelos, se observaron pequeñas parcelas agrícolas, principalmente relacionadas con producción a baja escala de pequeños productores. En las fotografías siguientes se observa la situación recientemente planteada, cave aclarar que esta situación se observó a pocos kilómetros del cruce de la avenida Packham con el río Tartagal aguas arriba; las pequeñas parcelas agrícolas no se ven replicadas en toda el área de la cuenca alta ni media, solo en el tramo indicado.

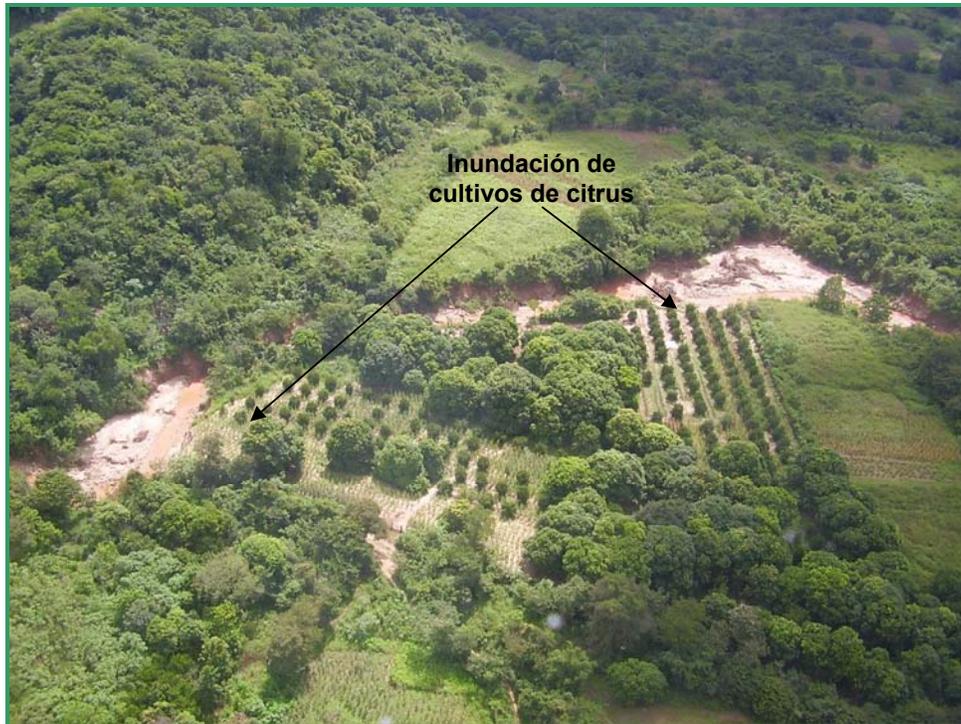


La situación planteada anteriormente se aproxima a la de la fotografía siguiente donde se observa el nivel de fragmentación del paisaje, es decir pequeñas parcelas agrícolas de pequeños productores dispersas en el boque nativo.



En diferentes sectores de la cuenca media del río Tartagal se observaron parcelas plantaciones de citrus y forestaciones inundadas producto de las crecientes del río.





La situación en las márgenes del río Tartagal, hacia el oeste y este de la Avenida Packham, presenta una actividad antrópica intensa. Las actividades observadas es un alto nivel de fragmentación del paisaje producto de parcelas agrícolas, cultivos de citrus y forestaciones; también se observó la existencia de aserraderos, extracción de áridos, urbanización en ambas márgenes, procesos erosivos intensos producto de canales y efluentes derivados al río Tartagal. También se encuentra en las márgenes del río Tartagal un sitio de disposición de residuos urbanos y la planta de tratamiento de líquidos cloacales.

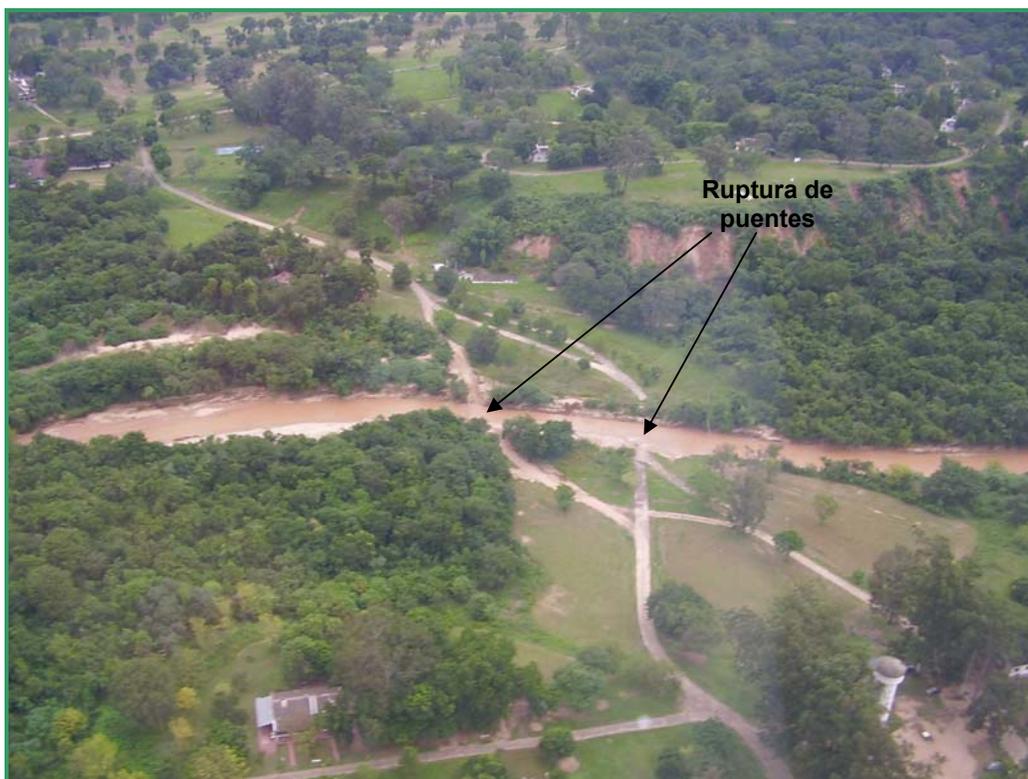
A continuación se describirán las fotografías tomadas durante los vuelos indicando la situación particular de cada caso.

Hacia el oeste de la avenida Packham, próximo al sector donde el río Tartagal empieza a atravesar la ciudad de Tartagal, el curso principal se torna en forma de meandros divagantes donde se observaron varias situaciones de desbordes de cauces y rupturas de puentes menores.

En la fotografía siguiente se observa el curso meandroso del río Tartagal, en dichas curvas la velocidad del agua se incrementa considerablemente y el poder erosivo de la misma se incrementa produciendo desbordes.



En la fotografía siguiente, se observa la ruptura de puentes en el predio correspondiente a las inmediaciones del Regimiento de Tartagal del Ejército Argentino.



Próximo al núcleo urbano de la ciudad de Tartagal, se registra lo planteado anteriormente que verifica la actividad maderera en las sierras de Tartagal. En las fotografías se observan dos aserraderos, esta actividad es de magnitud significativa en Tartagal, debe considerarse que los dos departamentos con mayor actividad forestal en la provincia de Salta son Orán y San Martín. Las dos áreas principales de aprovechamiento forestal del departamento San Martín son las serranías ubicadas al oeste de la ruta nacional n° 34, donde se concentran especies de alto valor comercial de las selvas de yungas, como Cedro, Quina colorada, Lapacho, Roble, Afata, Urundel, Palo amarillo, Palo blanco, entre otros; y hacia el extremo este del departamento en el ambiente chaqueño con especies como Quebracho colorado, Quebracho blanco, Palo Santo, Palo blanco, Algarrobos, Guayacán, Tipa colorada, entre otras especies.



También se observó en los aserraderos la quema de restos del aserrado de madera, principalmente grandes cantidades de aserrín son incendiadas en los alrededores de los mismos.



Continuando aguas abajo del río Tartagal a la altura del cruce de la avenida Packham y el río Tartagal, los procesos erosivos de las márgenes del cauce fueron más intensos. En la fotografía aérea de la pagina siguiente se observa como el poder erosivo del agua del río, en un giro que presenta el cauce (meandro), al adquirir mayor velocidad en dicha curva, excedió las terrazas naturales del río y avanzó sobre parte de de la vegetación de las márgenes arrasando a la misma.



En la intersección de la avenida Packham y el río Tartagal, la situación fue crítica por los daños y riesgos ocasionados producto de las crecidas en las viviendas de las márgenes del río.



En la fotografía aérea de la página siguiente se observa en detalle la situación producto de las crecidas del río Tartagal aguas abajo del puente de la avenida Packham.



Producto de las crecidas reiteradas del río Tartagal, se produjo la ruptura de la canalización que trajo aparejado, el socavamiento del cauce y la erosión acelerada y crítica de las márgenes o terrazas del río. A esta situación se sumo en primer lugar el riesgo y posterior pérdida de las viviendas construidas en las márgenes del río.

En la siguiente fotografía se presenta la captura siguiente a la anterior, donde se observa el giro en sentido SE del río Tartagal, donde el agua del cauce con un poder erosivo significativo, incrementa su velocidad en dicha curva, impactando sobre las laderas de las márgenes.



En esta fotografía aérea se observa el giro del río Tartagal indicado anteriormente.

En las fotografías aéreas de las páginas siguientes se observan en detalle la magnitud del poder erosivo del río Tartagal en sus márgenes y los daños en la infraestructura urbana ocasionada producto de las crecidas.





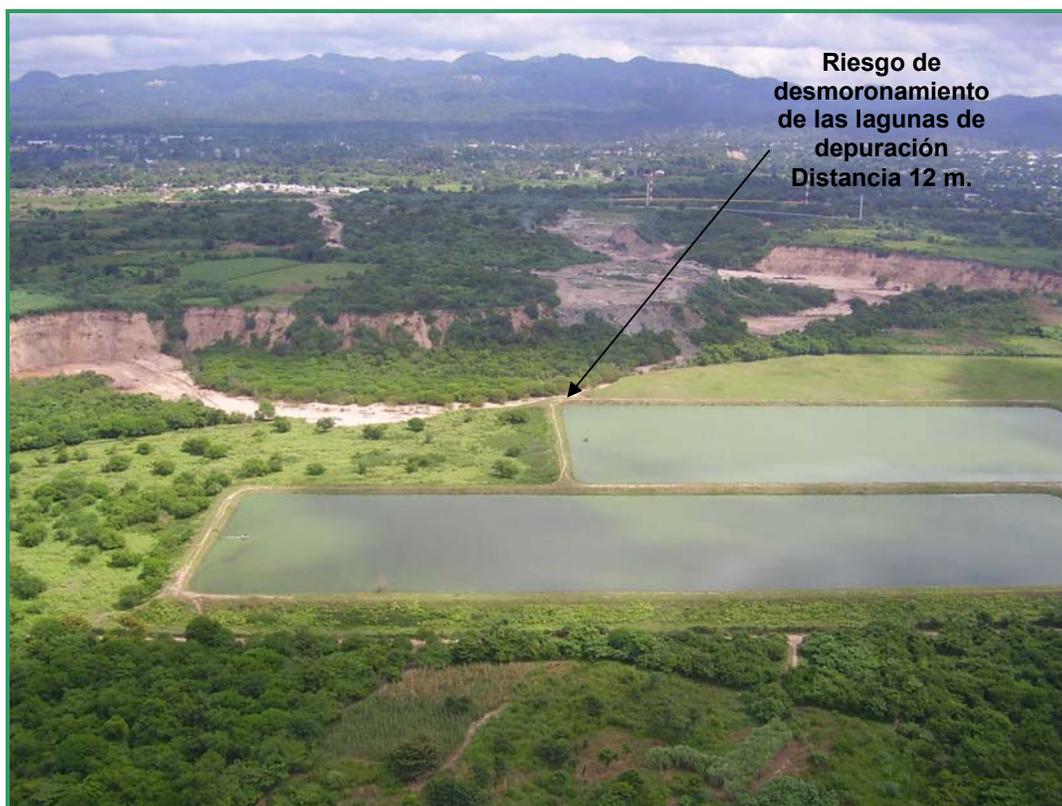
También durante los vuelos aéreos se observaron situaciones de riesgo crítico como la registrada en la planta de tratamiento de líquidos cloacales de la ciudad de Tartagal.

Las crecientes del río erosionaron las márgenes hasta alcanzar el extremo este de una de las lagunas anaeróbicas. Hasta el momento no se produjeron derrames pero los riesgos de derrames de efluentes cloacales directamente al río son de magnitud considerable.

La distancia entre el margen del río Tartagal es decir desde el talud hasta el vértice de la laguna es de 12 m.



En las fotografías siguientes se aprecia la distancia entre la margen del río Tartagal y las lagunas con mayor detalle, así mismo en el extremo inferior de la primer fotografía se observa el sitio de disposición legal de residuos de la ciudad de Tartagal.



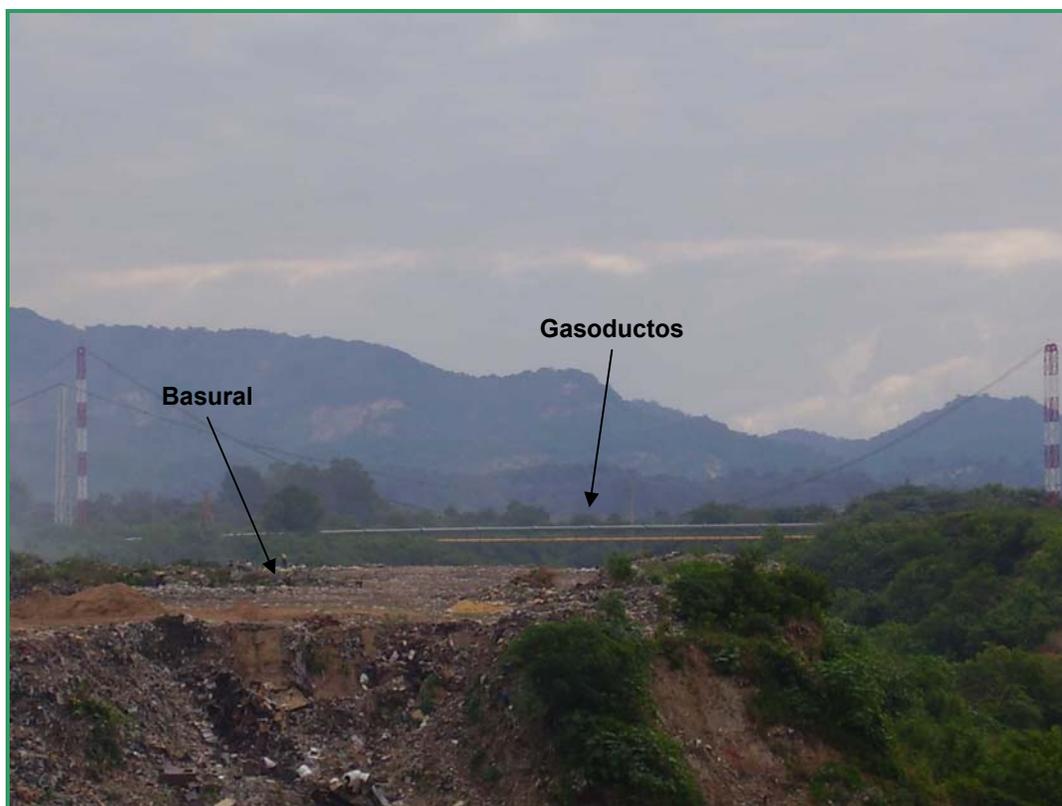
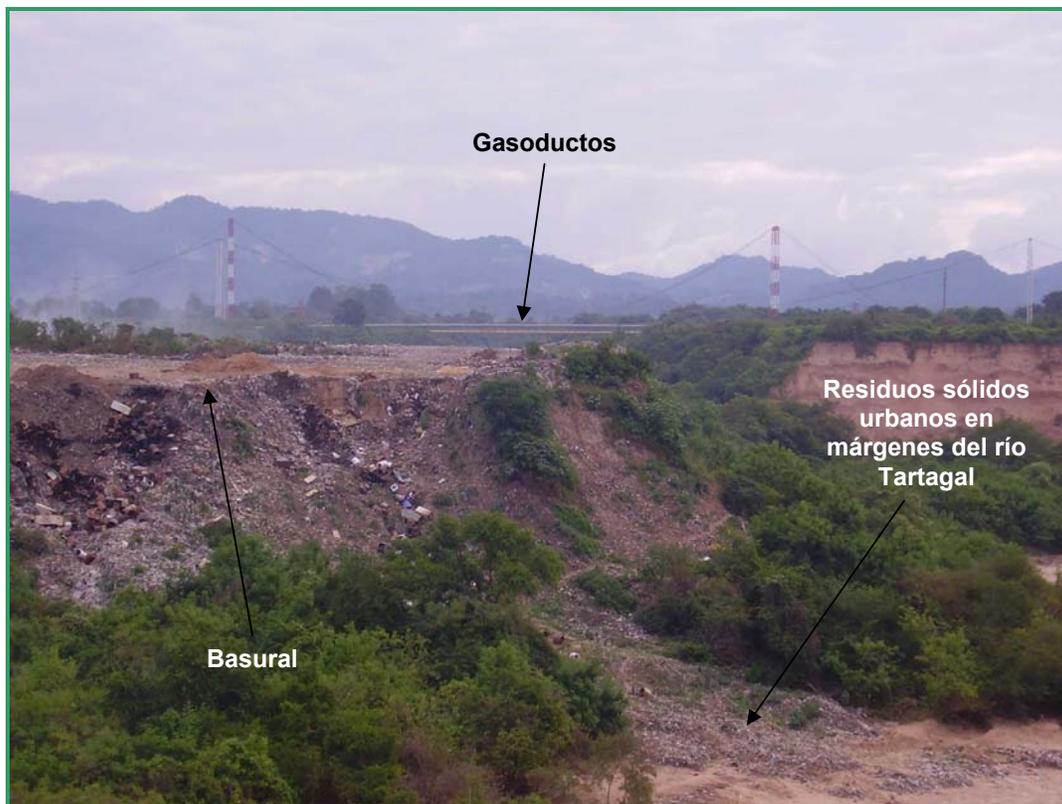
Otra situación crítica registrada es la observada en el sitio de disposición de residuos sólidos urbanos de la ciudad de Tartagal, la disposición de residuos se efectúa a cielo abierto sin tratamiento, esta situación llevó a que durante la erosión de las márgenes gran cantidad de residuos fueran arrastrados y transportados aguas abajo del río Tartagal produciendo la contaminación con residuos sólidos urbanos en el lecho y márgenes del río Tartagal.



Posteriormente durante recorridas terrestre por las márgenes del río Tartagal, se observó puntualmente la situación recientemente planteada. En la siguiente foto se observa el basural visto desde la margen opuesta del río Tartagal.



En la página siguiente se observa el basural y hacia el fondo de la fotografía se observan los dos gasoductos que atraviesan el este de la ciudad de Tartagal.



En las siguientes fotos se presenta los residuos arrastrados, transportados y dispersos por las crecidas del río Tartagal (obsérvese la cantidad de residuos dispersos en el lecho del río).





Durante la recorrida, se identificó que muy próximo a las lagunas de tratamiento de líquidos cloacales se encontraba la Comunidad Chorote Lapacho I. Ante lo observado se entrevistó al Cacique de la comunidad Don Mario Frías.

En primer lugar, se constató que la distancia entre las lagunas y la comunidad es de 800 m.

Durante la entrevista el Cacique de la comunidad indicó que los olores son muy intensos y las moscos y los mosquitos extremadamente abundantes, lo cual impide inclusive hasta alimentarse debido a los olores y moscas.

De acuerdo a lo indicado por Don Mario Frías, la Comunidad obtuvo los títulos de posesión de tierras en el año 1994, siendo los propietarios legales de dichas tierras. Posteriormente en el año 1996 se iniciaron las obras de construcción de las lagunas, que según Don Mario Frías, le indicaron que eran obras para el río Tartagal, no informándoles en ningún momento de que se trataba de una planta de tratamiento de líquidos cloacales.

Un vez finalizadas las obras, el cacique al advertir de que se trataba, efectuó las denuncias correspondientes a la Municipalidad de Tartagal, Secretaría de Obras Públicas y Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, no habiendo recibido hasta la fecha, (es decir 10 años después), ningún tipo de respuesta ni notificación alguna.

Los potenciales impactos sociales de la construcción de la planta según el Cacique de la comunidad no se evaluaron ni se contemplaron antes ni durante la construcción de obras, hasta se menciona la ausencia total de un Estudio de Impacto Ambiental y Social que contemple dicha situación.





Entrevista en la Comunidad Chorote Lapacho I.

Continuando con el análisis de las fotografías aéreas tomadas durante el vuelo con el Ejército Argentino, se registraron procesos erosivos severos en la cuenca media del río Tartagal.

La primer cárcava registrada se sitúa frente a la planta de tratamiento de líquidos cloacales. De acuerdo a apreciaciones del Lic. Roberto Vargas, esta se formó a raíz de los efluentes de líquidos cloacales vertidos desde el barrio Villa Saavedra directamente al río Tartagal en su margen sur (se aclara que la planta de líquidos cloacales se encuentra en la margen norte del río Tartagal) y se incrementó el proceso erosivo producto del caudal escurrido por las precipitaciones recientes.

En la fotografía de la página siguiente se observa la cárcava formada.

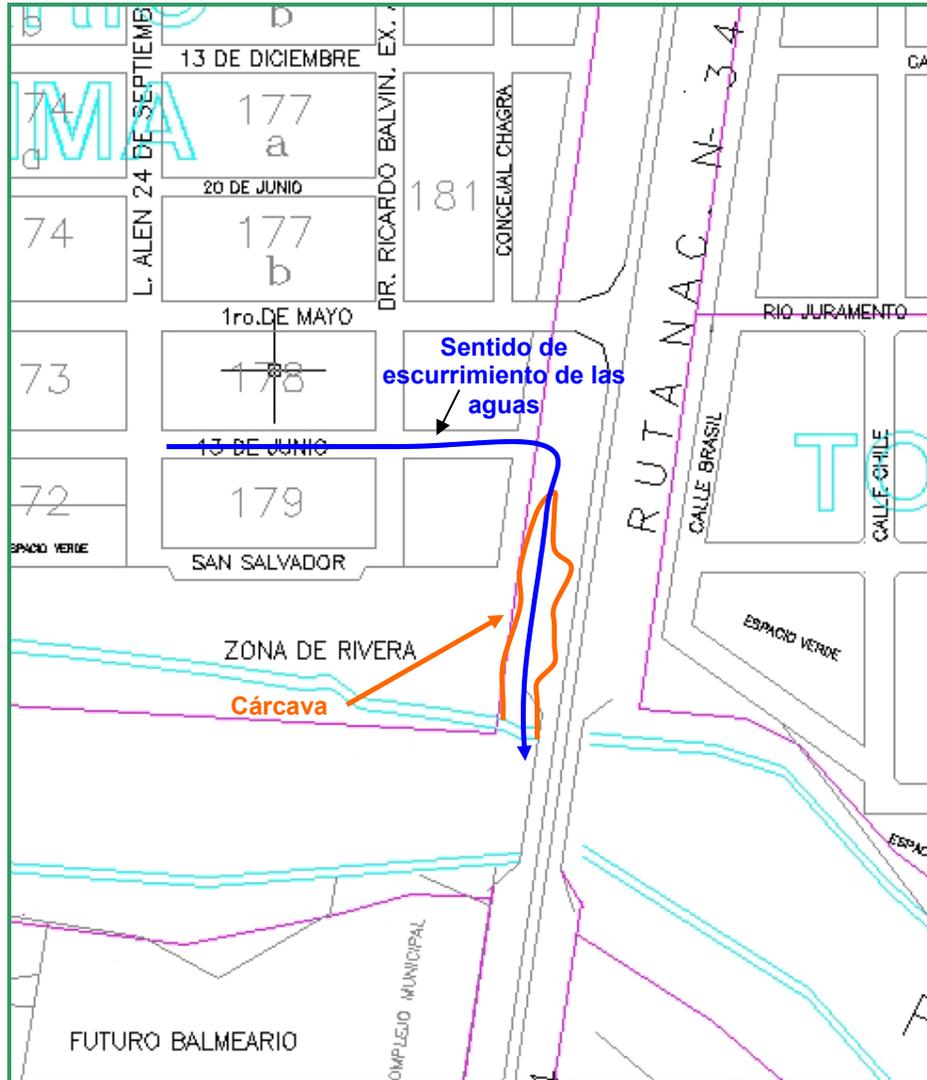


Otra situación registrada de magnitud considerable es la que se presenta a continuación, en la fotografía siguiente se indica la ubicación de dos cárcavas, ambas formadas producto del escurrimiento de las aguas colectadas en barrios asentados en las márgenes del río Tartagal.



En primer instancia se analizará la cárcava indicada en la fotografía anterior como Cárcava N° 1.

Esta cárcava se ubica en la intersección del río Tartagal y la Ruta Nacional N° 34, en su margen izquierda, y hacia el oeste de la Ruta Nacional N° 34, en el Barrio Fátima. En el plano de la ciudad de Tartagal siguiente se detalla la posición de la cárcava en análisis.



La cárcava en estudio se formó debido a que la calle 13 de Junio del Barrio Fátima, colecta aguas de diferentes calles, la concentración de estas aguas generan un caudal considerable que antes de llegar a la Ruta Nacional N° 34, tiene un giro de 90° en sentido sur y es derivado a un canal colector de concreto construido en paralelo a la ruta.

El volumen de caudal excedió la capacidad del mismo produciendo la formación de la cárcava paralela al canal y la ruptura de parte del mismo.

En las fotografías siguientes se observa la situación planteada.



La foto de arriba muestra la calle 13 de Junio del Barrio Fátima colectora de aguas procedente de distintas calles, obsérvese la cantidad de material depositado producto del transporte de las aguas.

En la fotografía siguiente se observa la cabecera de la cárcava formada producto de la situación planteada, hacia la izquierda se observa el canal colector de aguas que son vertidas al río Tartagal.



En la fotografía se observa detalle del proceso erosivo y la presencia de residuos, situación que se observó numerosas veces, en donde las cárcavas formadas se transforman en micro basurales.



En la fotografía siguiente se observa la cárcava en detalle.

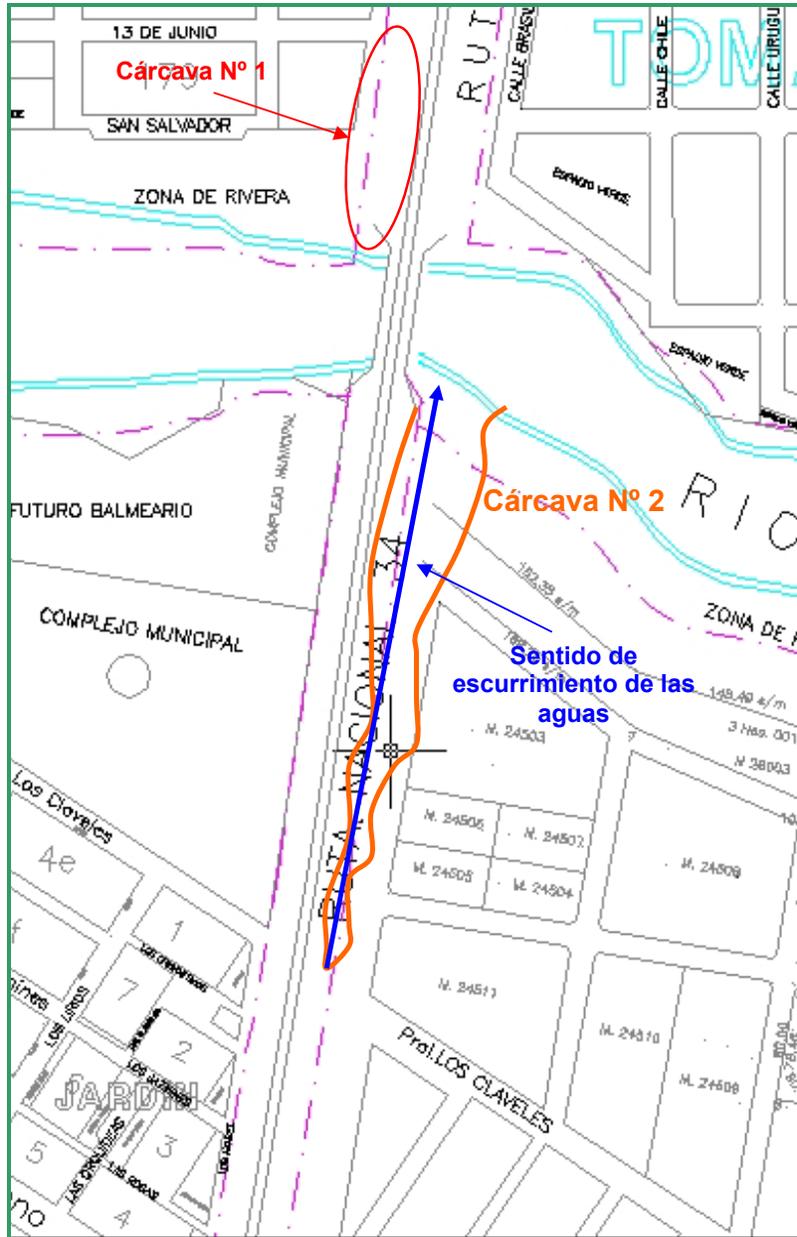


La fotografía de abajo permite tener una aproximación del desnivel del terreno, se observa el canal colector de aguas en su intersección con la canalización del río Tartagal, y aguas arriba del canal puede apreciarse la pendiente del terreno, situación que favoreció la formación de la cárcava que se encuentra paralela al canal.



Esta cárcava posee aproximadamente 150 m de longitud, la pendiente desde la cabecera de la cárcava hasta su intersección con el río Tartagal es aproximadamente del 7 %, siendo una pendiente erosiva de magnitud considerable, la cárcava presenta un proceso avanzado de erosión retrocederte y la misma se ha convertido actualmente en un microbasural ilegal.

La segunda cárcava, se encuentra en sentido contrario a la recientemente analizada, es decir hacia el oeste de la Ruta Nacional N° 34, paralela también al río Tartagal. En el plano siguiente se detalla su ubicación puntal.



La cárcava en estudio es de magnitud significativamente superior a la anteriormente analizada, en las fotografías aéreas siguientes se observa la ubicación y claramente la magnitud de la cárcava en estudio.







Las fotografías aéreas muestran claramente la magnitud del proceso erosivo y del estado de avance al de la cárcava. La formación de la misma se debe a una situación similar a la cárcava anteriormente analiza.

La primer fotografía muestra el canal que colecta aguas de las calles de los barrios situados, tanto en la margen derecha como izquierda de la ruta nacional N° 34.

Se estima que producto de las precipitaciones, el volumen de escurrimiento de las aguas en las calles, su posterior concentración al canal, derivo en la formación de la cárcava que se observa en las fotografías.

El avance de la erosión es de magnitud realmente significativa, se estima que la longitud de la cárcava es de 600 m. y la profundidad alcanzaría los 20 m. en su desembocadura.

También se observa en las fotografías la cantidad de material transportado y depositado en el borde del canal del río Tartagal.

También se recorrió dicha cárcava para tener una aproximación mayor a la situación. Se verifico el grado avanzado de erosión de la cárcava y se identificaron situaciones de riesgo severas que se detallan a continuación.

En la foto siguiente se observa el estado del proceso de erosión retrocedente, la profundidad de la cárcava y restos vegetales desprendidos producto del fenómeno erosivo.



Vista de la cárcava en el punto donde desembocan sus aguas en el río Tartagal. Obsérvese el material transportado y depositado en el lecho de la cárcava, el talud de la margen izquierda del río Tartagal y los sedimentos acumulados producto del material transportado por la cárcava resultante de la erosión retrocederte.



Como ya se indicó la cárcava en análisis se ubica paralela a la Ruta Nacional N° 34. Se registros que en varios sectores, la erosión en los taludes de la cárcava, se aproxima severamente a la Ruta Nacional N° 34, con los riesgo en la infraestructura implícita.

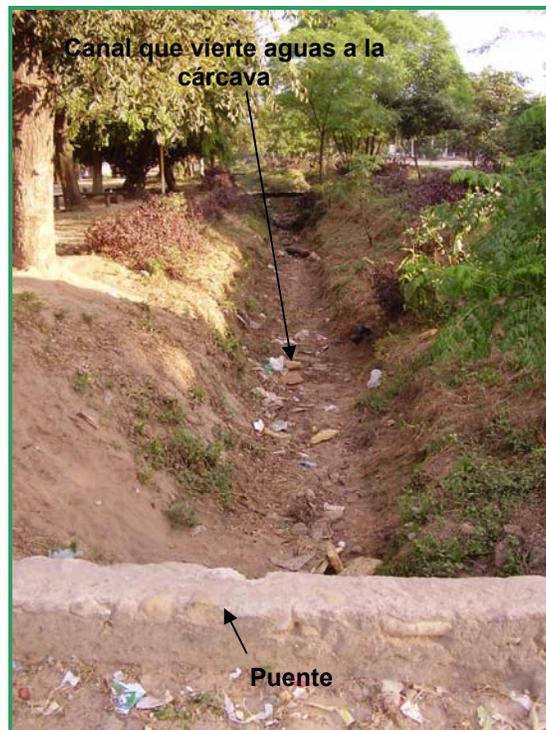
En las fotografías siguientes se detallan las distancias entre el borde de la cárcava y la Ruta Nacional N° 34.



El proceso erosivo se intensificó del tal forma que alcanzó a erosionar los suelos hasta pocos metros a las viviendas como se observa en las fotografías siguientes.

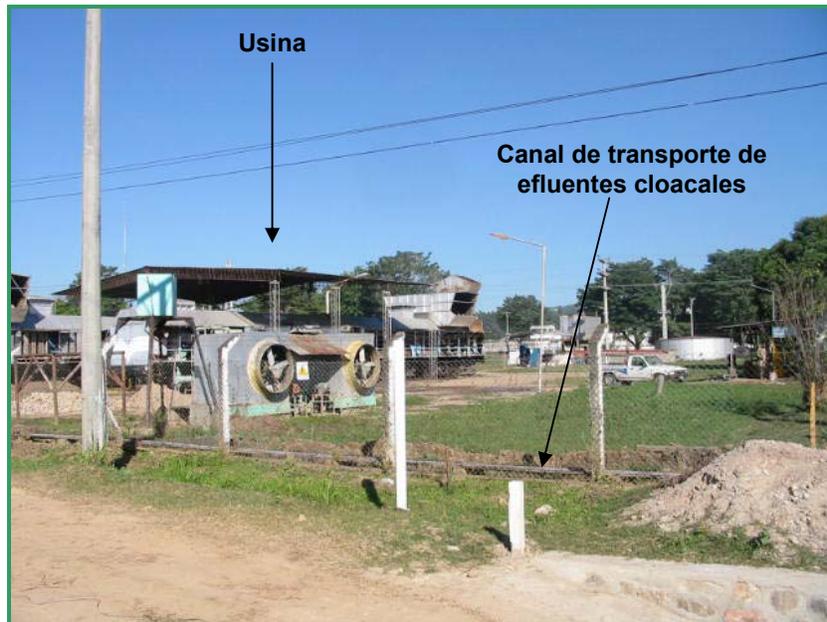


La fotografía siguiente muestra la cabecera de la cárcava. Se observa el inicio del proceso erosivo, pocos metros aguas arriba se encuentra un puente y el canal que vierte aguas causal de la formación de la cárcava.



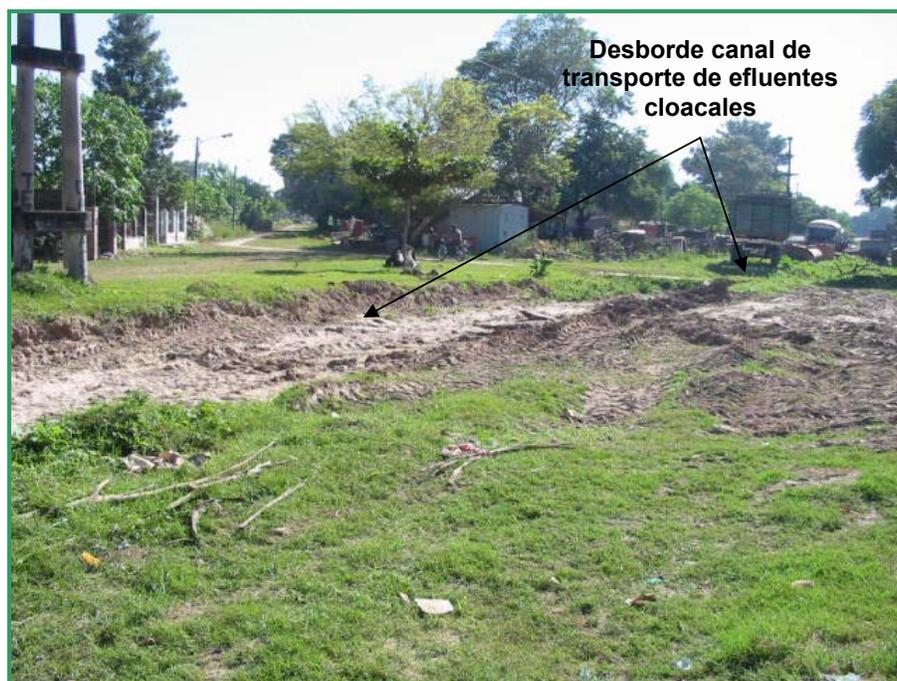
A continuación se tratará situaciones puntuales observadas en el núcleo urbano de la ciudad de Tartagal donde se registraron situaciones tales como el rebalse de cloacas producto de las intensas precipitaciones registradas, carcavamiento en sitios de disposición ilegal de residuos sólidos urbanos, viviendas en riesgo producto de las crecidas registradas, ruptura de cañerías de cloacas y gas en márgenes del río Tartagal. A continuación se presentan las fotografías secuenciadas de las situaciones planteadas recientemente.

En la usina de la ciudad, el predio fue inundado por el rebalse de efluentes cloacales de un canal que proviene de la cárcel, a los que se suman los efluentes de la usina y barrios aledaños. Este canal posteriormente atraviesa la R.N. N° 34 y continúa por los barrios Supe.





En la fotografía siguiente se observa la situación posterior al rebalse del canal de transporte de efluentes cloacales.





Producto de las intensas precipitaciones, sumando a que las calles de la ciudad de Tartagal se transformaron en canales colectores y derivadotes de aguas se registraron situaciones de erosión en las calles producto del gran caudal de agua transportado por las mismas. Esta situación debe considerarse debido a que este volumen de aguas acumuladas en el núcleo urbano, gran parte del mismo, tiene como destino final el río Tartagal.

Obsérvese en la fotografía siguiente la cárcava formada producto de la situación planteada, a lo que se suma que la misma posteriormente fue rellenada con residuos urbanos.





La siguiente situación crítica registrada está relacionada con la falta de planificación urbana, la construcción de un nuevo barrio denominado las 100 viviendas, según comentarios por gente de la zona, el mismo corre un riesgo severo de inundación dado que por ese sector durante las precipitaciones corría un volumen de agua considerable.



A continuación se presentará la situación resultante de las crecidas del río Tartagal en sus márgenes posterior a las crecidas. Se presentará un secuencia de fotografías tomadas a la altura del puente ferrocarril que atraviesa al río Tartagal y aguas abajo hasta la altura de la primer curva del río Tartagal.

En la fotografía siguiente se observa el lecho del río Tartagal a la altura del puente ferrocarril, obsérvese la cantidad de material transportado en suspensión durante las crecidas del río.



En las fotografías siguientes se observan algunas obras de emergencia ejecutadas posterior a las crecidas, corresponde a la altura del puente de la Av. Packham.



En la fotografía de abajo se observa la ruptura de la canalización y parte de las obras en ejecución aguas abajo del puente de la Av. Packham.



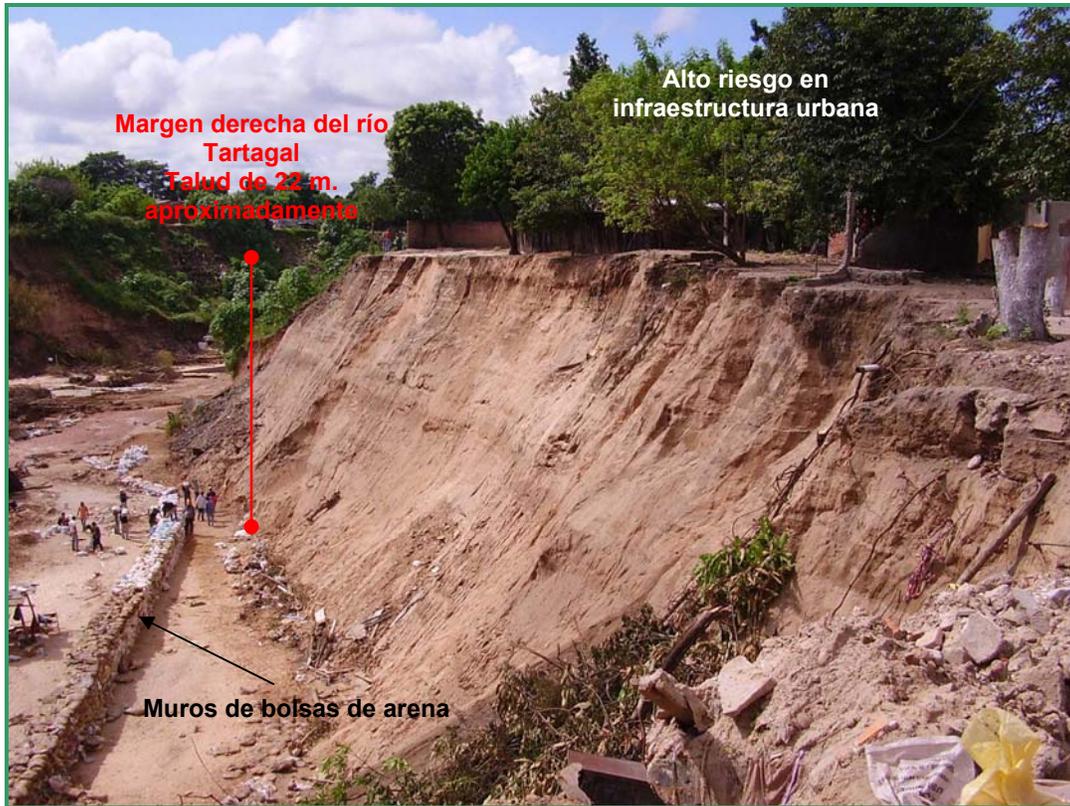
En la fotografía siguiente se observa la magnitud del poder erosivo de las aguas, no solo por la ruptura de la canalización, sino por los taludes resultantes del poder erosivo de las aguas en las márgenes del río Tartagal.



En esta fotografía se observa parte de las obras de armado de gaviones en el río Tartagal, cuya función es atenuar el poder erosivo de las aguas en las márgenes del río.



La fotografía siguiente corresponde a la margen derecha del río Tartagal, se puede observar los muros de bolsas de arena, el talud resultante de la erosión de las márgenes del río y la proximidad de las viviendas a la margen del río.



En la secuencia de fotografías siguiente se observa el poder erosivo de las aguas del río Tartagal, se observa el estado de las márgenes del río posterior a los derrumbes de viviendas, caída de tendidos eléctricos, caída de árboles y otras obras civiles.





La situación posterior a las crecidas y la consecuente evacuación por el riesgo que corrían las viviendas ubicadas en las márgenes del río Tartagal, fue crítica, se registraron daños críticos relacionados con la caída de viviendas, destrucción de cañerías de agua y cloacas, ruptura del tendido de gas con el consecuente riesgo y la caída de postes del tendido eléctrico. A continuación se presenta una secuencia de fotografías de la situación planteada.

En la siguiente fotografía se observa la proximidad del borde del talud de la margen derecha del río Tartagal y un caño de cloaca destruido por el derrumbe.



En la siguiente fotografía se observa una vivienda próxima a derrumbarse debido al derrumbe de la margen derecha del río Tartagal. Previo al derrumbe delante de esta vivienda existía otra que fue destruida completamente y arrastrada por el río Tartagal.



En las siguientes escenas se observan daños en las cañerías de agua, cloaca, gas y tendido eléctrico.



En la fotografía se observa un caño de cloaca que aparentemente derivaba sin ningún tipo de tratamiento al río Tartagal.



En las fotografías siguientes se observa la ruptura de cañerías de gas con el riesgo crítico implícito. No obstante se aclara que según comentarios el tendido de gas hacia dicho sector de las márgenes del río Tartagal habría sido anulado.



También se observaron daños en la infraestructura de tendidos eléctrico en las márgenes del río Tartagal producto de los derrumbes.



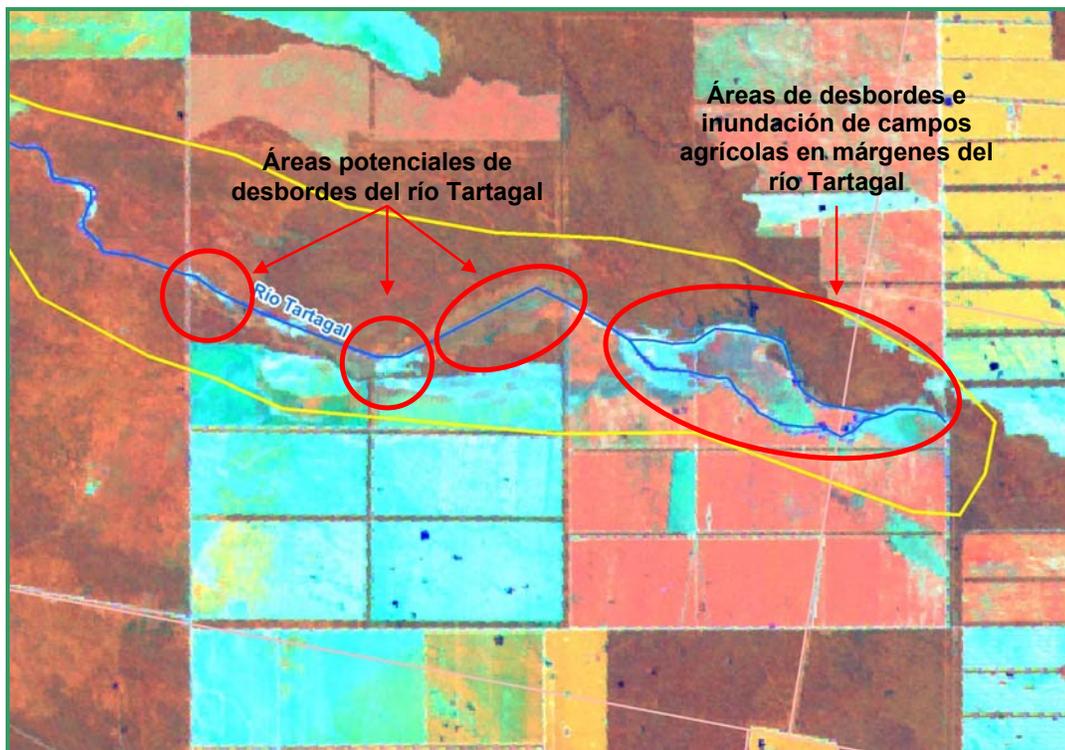
Producto de las intensas precipitaciones ocurridas, el caudal acumulado y transportado por las calles, generó también erosiones intensas. Ante la situación crítica se improvisaron pequeñas obras derivadoras de las aguas acumuladas en las calles y orientadas hacia el río Tartagal, esta situación incrementó y aceleró el procesos erosivos de las márgenes del río Tartagal.



Situación de la Cuenca Baja del Río Tartagal.

La cuenca baja del río Tartagal presenta como actividad dominante a la agricultura a secano para el cultivo de soja, maíz, poroto y maní en verano, con rotación de cultivo de invierno principalmente de trigo y cártamo.

Dada la intransitabilidad de los caminos de acceso a la cuenca baja no pudo relevarse puntualmente dicha área. No obstante se observa en imágenes satelitales de fecha 30/01/06, que no se observan situaciones críticas a excepción de la inundación de algunos campos como se observa en la captura siguiente. Se estima que la situación mas crítica en este sector de la cuenca es la indica, y se estima que el proceso erosivo se intensificó mas en el lecho del cauce y en menor intensidad en las márgenes del mismo, no obstante debería efectuarse un relevamiento puntual del área.

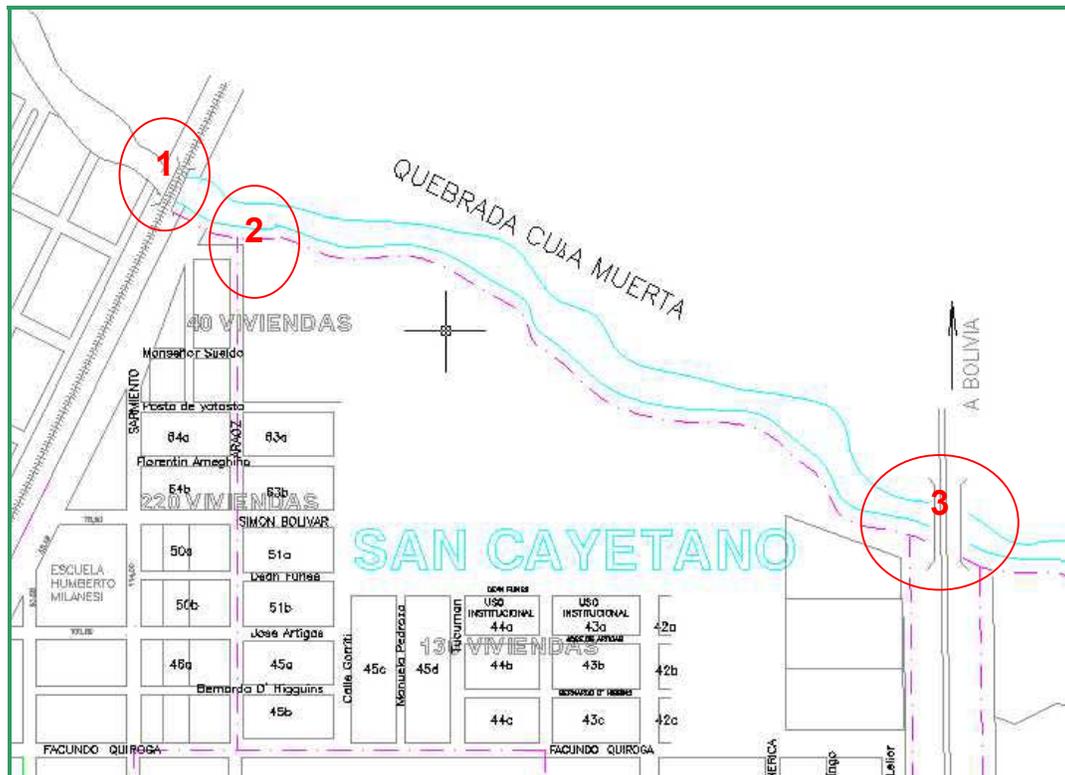


SITUACIÓN DE LOS ARROYOS CUÑA MUERTA, ZANJA HONDA, YARIGUARENDA, YACUY Y QUEBRADA DE GALARZA.

Arroyo Cuña Muerta.

El arroyo Cuña Muerta se encuentra ubicado en las márgenes norte de la ciudad de Tartagal. Se trata de una cuenca pequeña de características torrentes, donde se ha manifestado procesos erosivos de diferente magnitud.

Dos situaciones de riesgo se identificaron en el A° Cuña Muerta, cuya ubicación se indica en el plano siguiente.



La primer situación identificada, se encuentra en el puente ubicado en la intersección del A° Cuña Muerte con el ferrocarril.

Las reiteradas crecientes del arroyo concluyeron en la erosión del cauce, ruptura de obras civiles y corte de caminos. En la fotografía siguiente se presenta una idea de la magnitud de las crecidas.



La fotografía indicada, fue tomada desde un camino de tierra no consolidado que fue destruido por las crecidas y reacondicionado para su tránsito temporario.

En los extremos del puente ferrocarril, se evidencian procesos erosivos en los taludes del mismo.

La erosión en las laderas paralelas al puente se transforma en un riesgo de ruptura y posterior caída del mismo. Dada abrupta pendiente de los taludes paralelos, y la falta de cobertura vegetal, la aceleración del proceso erosivo se evidencia claramente traduciéndose en un riesgo de colapso del puente ferrocarril, dado que se evidencia la formación de cárcavas en ambas márgenes.

A continuación se presenta la situación planteada en las fotografías siguientes.



En el segundo punto de observación se registró una situación de riesgo severo donde la erosión de las márgenes del A° Cuña Muerta colocan en una situación de riesgo a las viviendas ubicadas en su margen derecha.

Esta zona de riesgo se ubica en la intersección de las 40 viviendas y el A° Cuña Muerta, en el punto de coordenadas $63^{\circ}48'1''$, $22^{\circ}29'54,20''$. En este punto la distancia entre la esquina de la última vivienda construida y el arroyo es de 15 m., esta situación genera un riesgo de derrumbe en dicho vértice.



En la fotografía de abajo se observa el A° Cuña Muerta y en su margen derecha se ubican las viviendas pertenecientes al Barrio 40 Viviendas.



También se identificó en esta área la disposición de residuos sólidos urbanos ilegal. Estos microbasurales próximos a cursos de agua se registraron en todos los cursos de agua evaluados.



La tercer zona evaluada, se encuentra en la intersección del arroyo en cuestión y la R.N. N° 34.



Hacia el este de la ruta, sobre el A° Cuña Muerta se evidenció la disposición ilegal de residuos, y procesos erosivos en las márgenes y lecho del cauce.



Hacia el oeste de la ruta, se identificó la ruptura de gaviones producto de las crecidas del A° Cuña Muerta y en mayor medida por las aguas que desaguan en este arroyo procedentes de sector urbano.

El volumen de aguas que se vierten a este arroyo proveniente del sector urbano, generaron un proceso erosivo considerable, que sumando a la crecidas se tradujo en la ruptura de obras como los gaviones que se indican en la fotografía siguiente.



En la fotografía siguiente se observa lo planteado, no solo los desagües que derivan sin canalización ni manejo de dicho caudales en el arroyo, si no también la ruptura de caños de transporte de agua, que dado el tiempo que llevan vertiendo agua ya generaron una pequeña cárcava en las márgenes derechas del arroyo.

Dirección de procedencia de las aguas del sector urbano



Arroyo Zanja Honda.

Se ubica a 3,5 kilómetros de la ciudad de Tartagal, al igual que el arroyo anterior, se trata de una cuenca torrente con gran caudal y movimiento de sedimentos en suspensión. También se evidenciaron daños y riesgos similares a los registrados en el A° Cuña Muerta.



Aguas abajo del puente, sobre la R.N. N° 34, dada la magnitud de la crecida del arroyo, se produjo el levantamiento de las placas de la canalización y la consecuente erosión retrocedente en la obra.

También se evidenciaron procesos erosivos intensos en márgenes del arroyo como se observa en la fotografía siguiente.



Otra situación registrada que potencia los procesos erosivos del lecho de los cauces es la extracción de áridos.

Si bien la situación a plantear se replica en todos los arroyos en estudios, puntualmente en el A° Zanja Honda se constató un intensa actividad de extracción de áridos. Durante el relevamiento, en una hora, se contabilizaron la salida de 7 camiones con áridos de este arroyo.





Aguas arriba en el mismo A° Zanja Onda, a la altura de la escuela, producto de la concentración de aguas de las calles que derivan en el arroyo se formó una cárcava en la margen izquierda del arroyo.

En la fotografía siguiente se observa la cárcava formada y la distancia a la que se encuentra la escuela, situación que genera un riesgo dado que la erosión retrocederte de la cárcava se encuentra a 10 metros de la escuela.



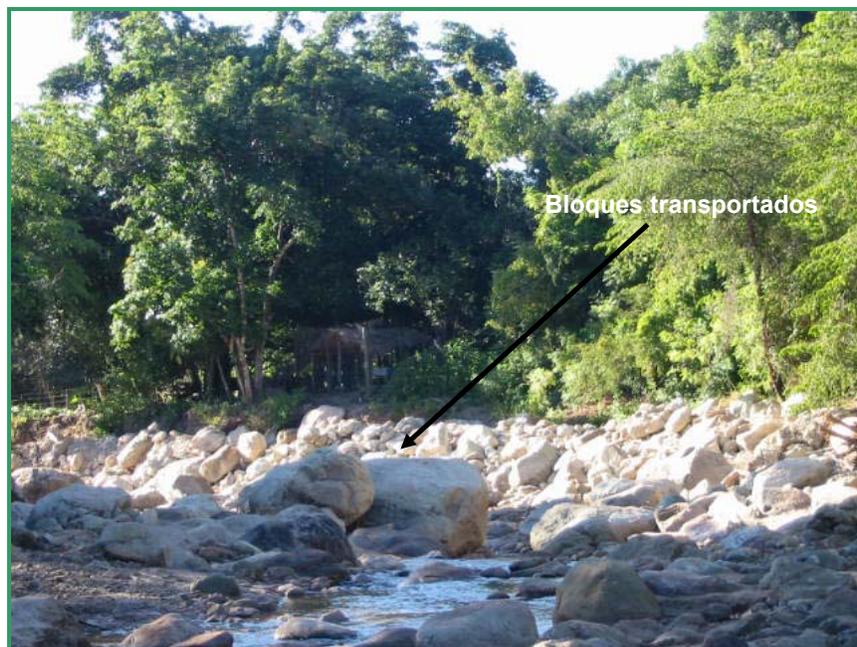
Como ya se indicó en otros casos, estas cárcavas terminan siendo sitios de disposición ilegal de residuos sólidos urbanos, en la fotografías siguientes se observa la cantidad de residuos vertidos en la cárcava.



Arroyo Yariguarenda.

Las situación del A° Yariguarenda no difiere de la observada en los arroyos anteriormente tratados. Los procesos erosivos intensos y la formación de cárcavas son las principales situaciones observadas.

Este arroyo presenta características diferentes en cuanto al material transportados, los clastos y bloques de rocas transportados en suspensión por las aguas del arroyo dan una idea de la magnitud del caudal del A° Yariguarenda.





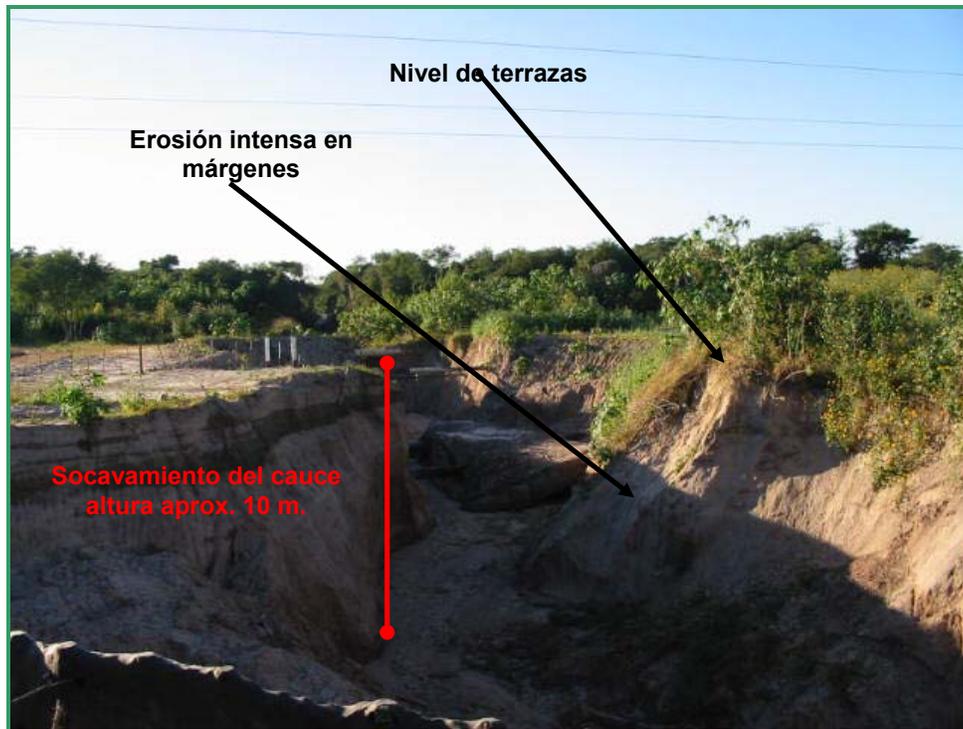


A la altura de la Iglesia de Virgen de la Peña que se encuentra en las márgenes del A° Yariaguarenda, los lugareños improvisaron defensas con rocas, dado que las crecidas ponían en una situación de riesgo crítico a la iglesia.



Otra situación observada, se registró a 1,5 km. hacia el sur del A° Yariaguarenda, que atraviesa la R.N. N° 34, un arroyo menor que también presentó evidencias de procesos erosivos intensos.

En la fotografía siguiente se observa el nivel de socavamiento del cauce.





En la fotografía anterior se observa una fisura en la ruta próximo al puente, producto de una obra de repavimentación de dicho tramo, se estima que no se tuvo en cuenta el equilibrio de fuerzas, sumado a las crecidas recientes, se genera un punto de riesgo crítico que no asegura la transitabilidad sobre el puente y 20 m. antes y posterior al mismo.

Arroyo Yacuy

En el A° Yacuy sumado a los procesos erosivos que se replican en cada una de las cuencas analizadas recientemente, se suma una situación de deslizamiento en masa intenso que provoco la obstrucción e endicamiento del arroyo situación que generó la posibilidad de riesgo de inundación de la población del Paraje Yacuy, con el consecuente riesgo en la población que reside en el lugar. Esto llevó a la evacuación de todo el poblado durante más de una semana hasta que se controló la situación.

En las fotografías siguientes se presenta la situación planteada.

Vista del A° Yacuy en su intersección con la R.N. N° 34.

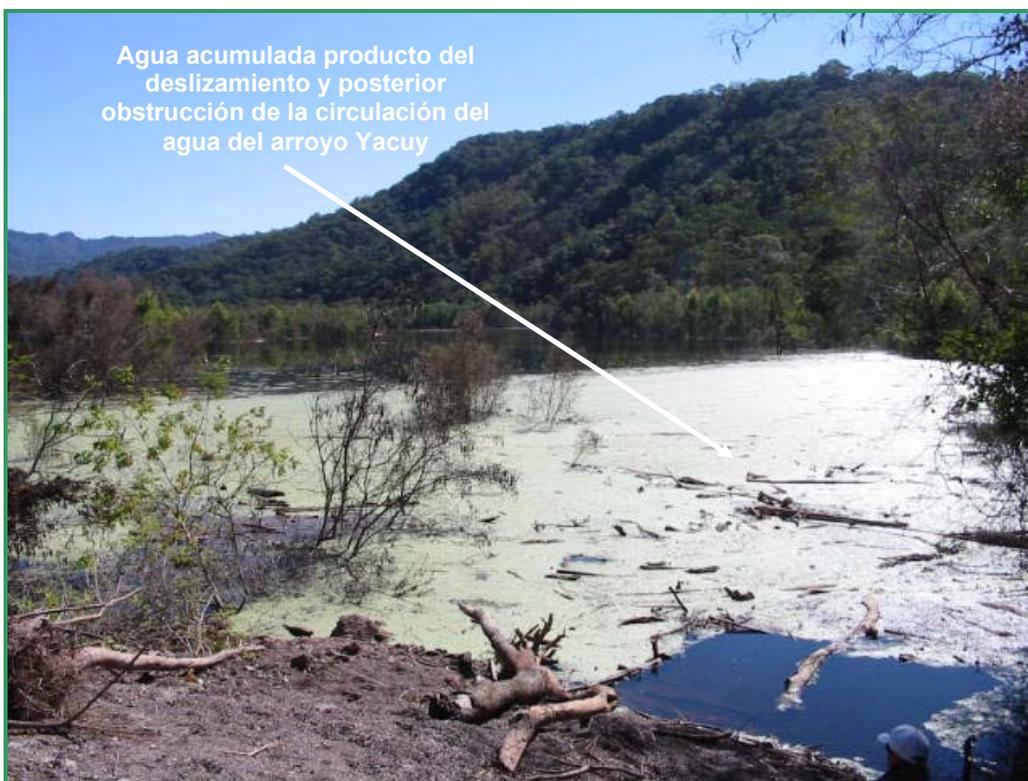


Vista del A° Yacuy aguas arriba

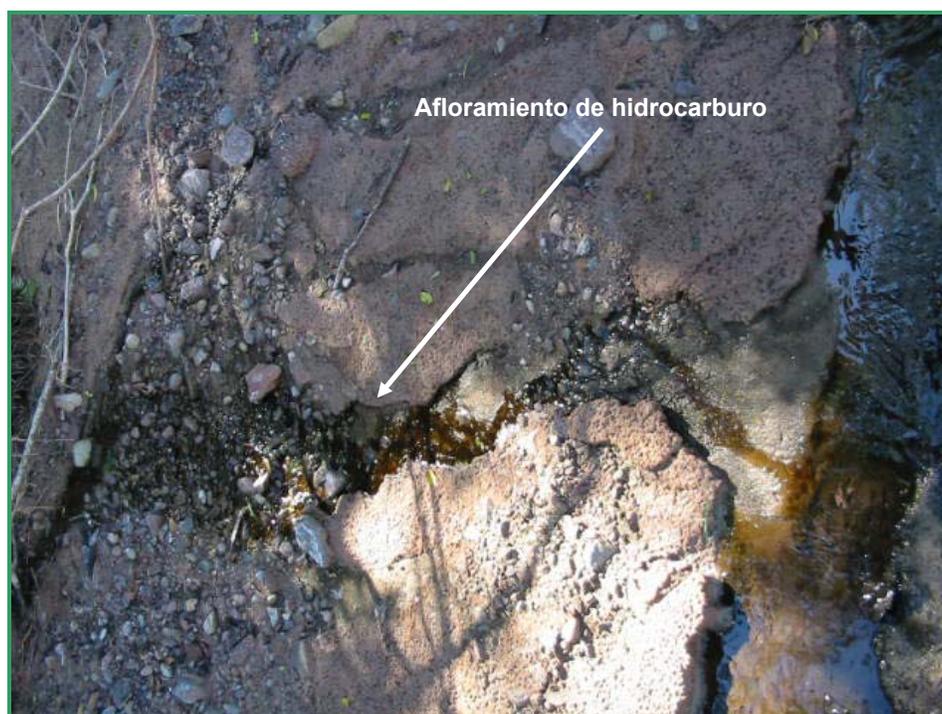


En las fotografías se observa el sector donde se produjo el deslizamiento de laderas y el consecuente endicamiento del arroyo Yacuy.





En este punto se observó una situación particular, en la ladera de la margen izquierda del A° Yacuy, por donde se produjo el deslizamiento, se observó el afloramiento probable de hidrocarburos en la superficie.



Quebrada de Galarza y áreas aledañas.

La quebrada de Galarza se ubica en el municipio de Mosconi, posee sus nacientes hacia el extremo NO de la localidad de Campamento Vespucio, su curso continua por el extremo sur de Gral. Mosconi, continua su dirección paralela por la R.N. N° 34 para finalmente atravesar la ruta y continuar su curso por el núcleo agrícola del extremo este del departamento San Martín.

A lo largo de la Quebrada de Galarza se han registrados durante los vuelos aéreos, procesos erosivos severos relacionados con deslizamientos y erosión retrocedente, erosión en márgenes de caminos, algunos sectores inundados y las consecuentes afecciones a obras civiles.

A continuación se presenta la situación de la Quebrada de Galarza a través de fotografías aéreas y el análisis de la situación de cada caso.



La fotografía anterior, muestra el curso divagante de la Qda. de Galarza a la altura de la localidad de Campamento Vespucio, en esta se puede observar en el giro queda la quebrada como las crecidas, al tomar mayor velocidad las aguas, erosionaron las márgenes, generando el desmoronamiento de las mismas.

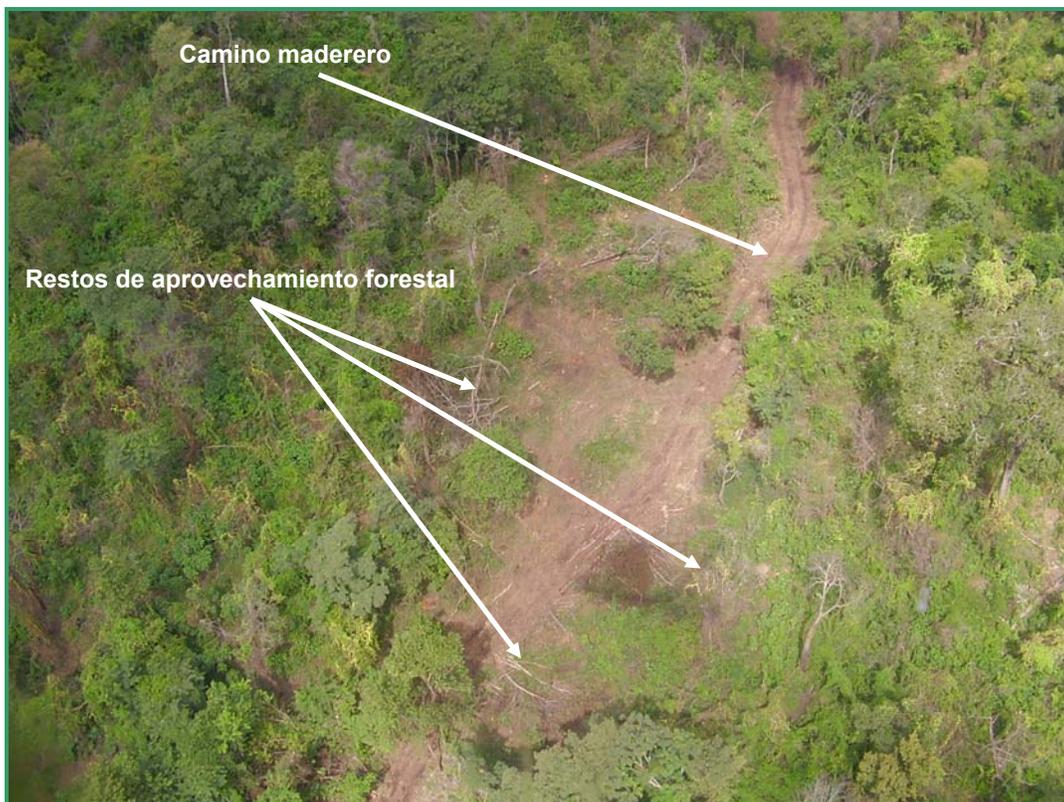
Otra situación registrada muy próxima a la anterior, aguas arriba de la quebrada, en el extremo oeste de la localidad de Vespucio, en el sector periurbano, se registraron varios puntos de sitios de disposición de residuos sólidos ilegales, muy próximos a la quebrada de Galarza.

En la fotografía siguiente se observa, como el desborde de la quebrada inundando un sector donde se encuentra un basural ilegal, produciendo el arrastre de residuos a través de la quebrada.



La disposición de residuos urbanos a cielo abierto en las márgenes de un curso importante, situación similar a la indicada anteriormente con el sitio de disposición de residuos en las márgenes del río Tartagal, trae aparejado situaciones críticas como las planteadas, el arrastre por el desborde y crecida de las aguas de un curso, producen la contaminación a lo largo de todo el curso de agua, debido al transporte de residuos, como lo sucedido en estos dos sectores. Debería contemplarse la responsabilidad de selección adecuada de sitios de disposición y su posterior tratamiento de los residuos sólidos urbanos para evitar situaciones críticas de contaminación como las acontecidas.

Continuando con la situación de la Quebrada de Galarza, otra actividad observada fue el aprovechamiento forestal, en márgenes de la quebrada, en la fotografía siguiente se observa claramente un camino maderero y restos de un aprovechamiento forestal efectuado en una de las márgenes de la quebrada de Galarza.



En el sector donde la quebrada atraviesa la localidad de Vespucio, los procesos erosivos registrados revirtieron un carácter de intenso, como se muestra en las fotografías siguientes. Las crecidas produjeron un proceso de erosión acelerada en las márgenes produciendo la ruptura de caminos pavimentados y colocando en una situación de riesgo a viviendas ubicadas en las márgenes de la quebrada.



En la fotografía siguiente se observa otra situación donde la erosión de márgenes produjo la ruptura de caminos y el afloramiento de cañerías de transporte de agua.



En el núcleo urbano producto del vertido de efluentes y aguas acumuladas por las lluvias en las calle y vertidas sin ningún control en la quebrada se generó una cárcava de magnitud considerable.



También se registró la extracción de árido en la quebrada, situación que se replica en todas las cuencas estudiadas.



Aguas debajo de la quebrada pasando la localidad de Vespucio, los procesos de crecidas y desborde se intensificaron a continuación se presenta una secuencia de fotografía donde se registraron procesos erosivos de diferente magnitud.



Análisis, Discusión y Conclusiones.

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

Los acontecimientos ocurridos entre fines de 2005 y principios de 2006, confirman las hipótesis planteadas años atrás.

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.

Algunos de estos fenómenos pueden considerarse como naturales, mientras que también pueden haberse vistos accionados o acelerados dichos procesos por las actividades antrópicas en sectores de alta vulnerabilidad. No obstante, los resultados de estos procesos, tienen impactos considerables principalmente en:

- La población urbana y rural.
- Los núcleos urbanos.
- La infraestructura.
- Los sistemas productivos.

En este contexto, las variables involucradas en los acontecimientos de crecidas del río Tartagal que trajo aparejado diferentes impactos ambientales y sociales, deben discriminarse y reagruparse para su análisis. Bajo estas ideas, las variables pueden discriminarse en:

- Variables ambientales: morfología de la cuenca, suelos y precipitaciones.
- Variables antrópicas: cambio de uso del suelo, uso del suelo actual vinculado a actividades dominantes en la cuenca.

Cabe aclarar, que bajo ningún aspecto se debe considerar dichas variables en forma aislada y simplista, considerando una relación directa de causa efecto, los acontecimientos presentados durante este estudio, son el resultado de un efecto sinérgico donde no solo los resultados se evidencian por la suma de las variables actuantes sino que se potencian en forma interrelacionada, actuando en sus conjunto como un sistema, donde la incertidumbre y la aleatoriedad juegan un papel importante.

En consecuencia, a continuación se discutirán las variables indicadas discriminadas, los impactos ambientales y sociales resultantes de los acontecimientos a principios de año, su interacción y resultados observados e inferidos.

La cuenca alta del río Tartagal, posee una superficie reducida de 8088 ha., se encuentra en un sector montañoso dominado por una topografía irregular, el punto más alto se encuentra en 1293 m.s.n.m. y el mas bajo a los 541 m.s.n.m., en este tramo de la cuenca la distancia longitudinal desde su extremo oeste a este, es de solo aprox. 8 km., en consecuencia presenta un desnivel altitudinal en esa corta distancia de 752 m.s.n.m. Presenta una variabilidad de pendientes y orientaciones de las mismas considerable, estas varían entre un 20 a 55 % aprox. pudiéndose encontrar algunos sector con pendientes aun superiores. Estas características morfológicas la condicionan como una cuenca torrencial.

A estas características morfológicas debemos relacionarlas con las características de los suelos. Los suelos dominantes en este sector de la cuenca presentan una textura que varía entre media, medianamente gruesa y gruesa.

Bajo condiciones normales de precipitación, suelos de estas texturas Franco, Franco-Arenosa, presentan una tasa de infiltración alta, en consecuencia los escurrimientos superficiales son menores, dado que el volumen de agua recibido por el suelo por precipitación se infiltra al mismo, esta situación se presenta bajo condiciones de suelos estructurados con buena cobertura vegetal y bajo condiciones normales de precipitación.

Pero, si consideramos que este sector de la cuenca, la cobertura vegetal ha sido alterada y modificada, por la actividad antrópica en relación a la apertura de caminos y actividades relacionadas con la explotación forestal que disminuye el porcentaje de cobertura de los suelos, la compactación del suelo por ganadería extensiva sin ningún tipo de manejo; el resultado será diferente.

Las altas precipitaciones registradas, como la del mes de Diciembre de 2005, que alcanzó en este sector de la cuenca los 667 mm. cuando la media esperada era de 219 mm. aprox., es decir 448 mm. por encima del valor esperado y las consecuentes lluvias también superares a la esperadas durante los primeros meses de 2006, bajo condiciones de cobertura del suelo alterada y suelos de texturas gruesas, la capacidad de infiltración de los suelos se vio superada, alcanzando el punto de saturación de los mismos en un tiempo relativamente corto, en consecuencia una vez el suelo saturado todo el excedente de agua, pasa a alimentar el escurrimiento superficial.

Cave resaltar que además, los suelos de texturas medias a gruesas son mas susceptibles a la erosión debido a que presentan menor estabilidad en sus agregados, por lo general la desagregación de las partículas de los suelos aumenta al aumentar el tamaño de estas.

Bajo estas condiciones de precipitaciones muy superiores a la media esperada, alteración de la cobertura vegetal y suelos saturados y de mayor susceptibilidad a la erosión, los volúmenes de agua escurridos fueron de magnitud considerable, sumado a las características torrenciales de la cuenca alta del río Tartagal, donde la topografía, dominada por alta variabilidad altitudinal en longitudes reducidas y pendientes superiores al 20 % y con tiempos de concentración de aguas bajo estas características muy reducidos, el resultado se tradujo a procesos erosivos intensos en el lecho del cauce y márgenes no solo del curso principal sino también de sus afluentes.

Si bien como se indicara, existieron condiciones ambientales favorables, como la topografía de la cuenca, altas precipitaciones no solo en cantidad sino en intensidad y suelos poco estructurados, desagregados y saturados de

humedad, estas variables se vieron intensificados por las actividades antrópicas en la cuenca alta del río Tartagal.

Una de las actividades dominantes en la cuenca alta es la petrolera, los impactos detectados y presentados a lo largo del presente estudio se concentran principalmente con la apertura de caminos y habilitación de tierras para obras y plataformas, y en menor magnitud derrames de hidrocarburos detectados en algunos sectores muy acotados.

El impacto de mayor incidencia en la desestabilización de la dinámica de una cuenca puede ser atribuido a la apertura de caminos. La disección de laderas, que posteriormente no son estabilizados genera procesos consecuentes de magnitud considerable.

Las fotografías presentadas de la situación de la cuenca alta del río Tartagal son evidentes. La disección de laderas no estabilizadas, sin cobertura vegetal que evite o disminuya el poder erosivos de las lluvias, se traduce en fenómenos erosión en masa, vinculados a deslizamientos de laderas; también son reiterados los procesos erosivos que culminan con la formación de cárcavas de magnitud considerables.

A esta situación se suma el aprovechamiento forestal no planificado bajo pautas de manejo sustentable del bosque, donde esta actividad también presenta como uno de sus impactos más significativos la apertura de caminos y vías de saca para extracción de rollos resultantes del aprovechamiento forestal.

A si mismo la ganadería extensivas tiene influencia directa en la disminución del sotobosque que protege los suelos del poder erosivos de las lluvias, y la consecuente compactación del mismo, no obstante en la cuenca alta esta actividad en reducida.

En este contexto de variables y acciones acontecidas en la cuenca alta del río Tartagal, la situación resultante se debió a un conjunto de variables ambientales y antrópicas, que actuaron y se potenciaron resultando en procesos intensificados de erosión en los afluentes del río Tartagal de magnitud considerable como deslizamientos de ladera, coladas de barro, carcavamiento, erosión intensa y progresiva en el cauce y márgenes del mismo producto del incremento del caudal medio del río.

La situación no difirió significativamente en la cuenca media del río Tartagal, donde si bien las características morfológicas de este sector de la cuenca, pasan a ser menos condicionantes que en la cuenca alta, las actividades antrópicas son mas intensas.

La cuenca baja como se indicara durante el estudio, se caracteriza por una variabilidad altitudinal menor que la registrada en la cuenca alta, siendo de 509 m.s.n.m., con un rango altitudinal de 950 a 441 m.s.n.m. En relación a las pendientes de la cuenca media, ésta en su extremo oeste, presenta pendientes altas que se van atenuando a medida que nos dirigimos al este, pasando de una pendiente máxima del 50 % a una mínima del 3%.

Las características de los suelos en este tramo de la cuenca no difieren de los observados en la cuenca alta.

Donde si se observan diferencias es en los volúmenes de precipitación, dado que en la cuenca media las lluvias fueron superiores a las registradas en la cuenca alta, como se indicara en el análisis de las mismas. Las lluvias de Diciembre de 2005 alcanzaron los 675 mm., cuando la media esperada para dicho mes era de 139 mm.

Consecuentemente, en los primeros meses las lluvias también fueron superiores, actuando el fenómeno de manera similar a lo sucedido en la cuenca alta, pero quizás intensificado por el grado de alteración que se observa en la cuenca media.

La cuenca media del río Tartagal, dada su proximidad al núcleo urbano de la ciudad, presenta impactos productos de la actividad humana de mayor intensidad y variabilidad.

En el extremo oeste de la cuenca baja, las actividades de mayor impacto se encuentran relacionadas, al igual que en la cuenca alta, con la apertura de caminos para la actividad petrolera y forestal. Dada la proximidad a centros urbanos, la explotación forestal en este sector de la cuenca ha sido mucho más intensa, alterando no solo la cobertura del suelo, sino también la estructura y composición original del bosque. Los efectos de la actividad forestal en la dinámica hidrológica de la cuenca tienen efectos directos en los procesos de intensificación de la erosión.

En la cuenca media del río Tartagal, a la altura de la ciudad de Tartagal, el grado de alteración es mucho más intenso.

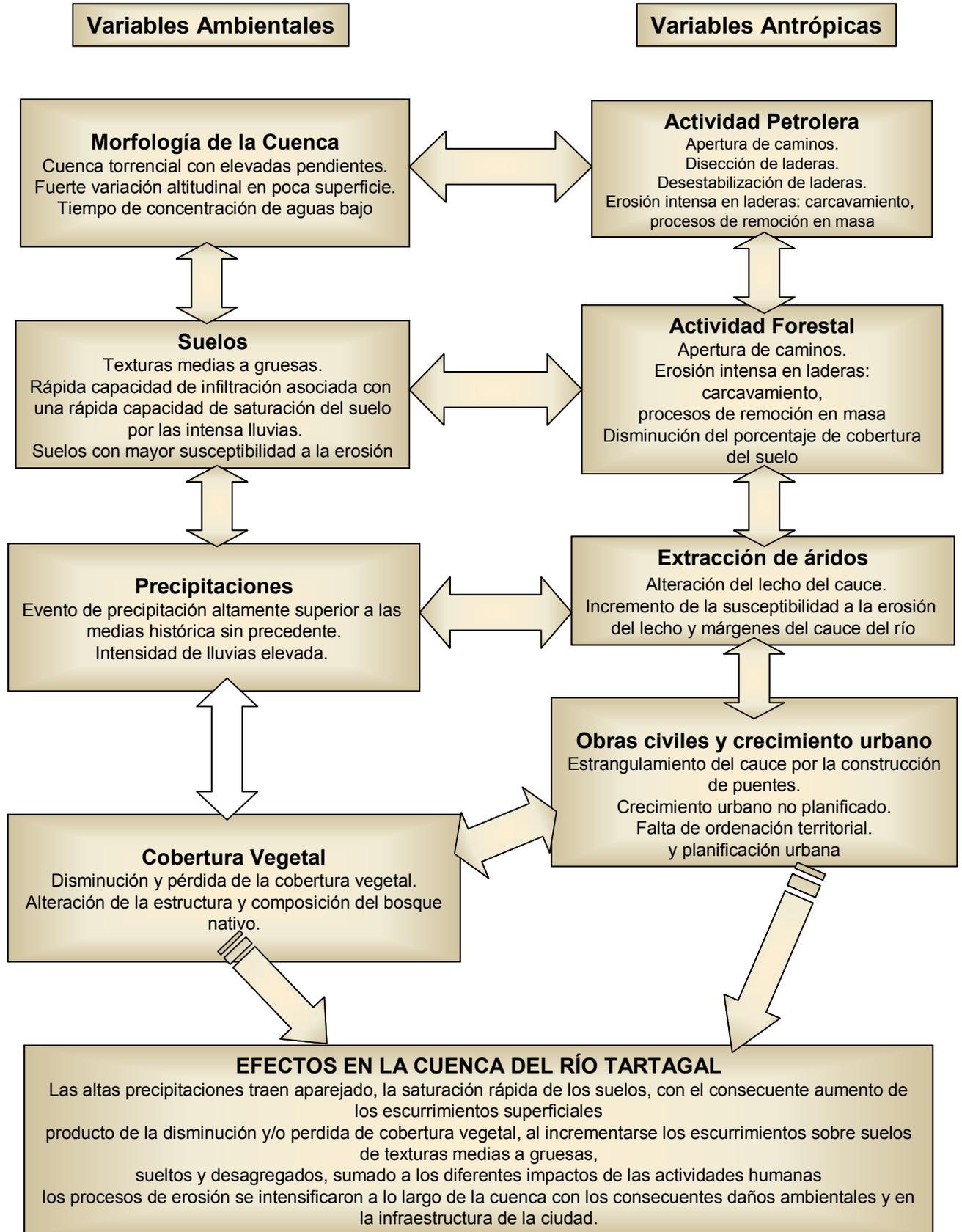
Entre las actividades destacables, se encuentra la extracción de áridos que se ejecuta de manera intensa como se indicara oportunamente. Así mismo no solo la actividad se desarrolla en forma intensa, sino también que se ejecuta sin ningún tipo de manejo ni control. Las alteraciones a la dinámica de la cuenca producto de la extracción de áridos es de magnitud significativa, alterando la profundidad del cauce principal, aumentando la probabilidad de intensificar la erosión del mismo, dado que producto de la actividad el lecho del cauce es desagregado y quedando más suelto, potenciando su erosión.

Otra situación que revirtió daños severos, es que la misma ciudad de Tartagal actuó como una gran cubeta colectora de agua de lluvia. Este volumen de agua colectada, derivado sin ningún control al cauce principal del río Tartagal, incrementó los procesos erosivos en las márgenes del mismo y en el lecho. Esta situación quedó claramente evidenciada en las fotografías aéreas, donde en las márgenes del río Tartagal, en el tramo que atraviesa la ciudad, los derrumbes de viviendas, la pérdida de infraestructura de caminos, puentes, pasarelas, tendidos de luz y gas, fueron destruidos por la erosión intensificada en las márgenes del río Tartagal producto del volumen de agua colectada en la ciudad y vertida al río, sumado además del gran caudal aportado ya desde la cuenca alta y extremo oeste de la cuenca media que también intensificó la erosión del cauce y márgenes.

En consecuencia en la cuenca media, los impactos de las intensas precipitaciones ocurridas entre fines de 2005 y principios de 2006, estuvieron orientados más a aspectos sociales relacionados con daños en la población y obras civiles (viviendas, puentes, canalizaciones, etc.).

Aguas abajo, en la cuenca del 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.

En consecuencia, a continuación se presenta en forma ilustrativa las variables ambientales y antrópicas que a nuestro criterio, tuvieron mayor incidencia en los eventos acontecidos en la cuenca del río Tartagal.



En conclusión, si bien las características ambientales de la cuenca del río Tartagal fueron favorables ante un evento extraordinario de precipitaciones para que resulte un evento con daños de magnitud incalculables, los efectos de las actividades antrópicas favorecieron aun mas los eventos erosivos potenciando los daños.

La vulnerabilidad de la cuenca del río Tartagal a nuevos eventos catastróficos es altamente probable que se repita, para evitar un nuevo evento catastrófico, no solo son necesarias obras civiles en el núcleo urbano de la ciudad de Tartagal y áreas periurbanas, deberán implementarse una secuencia de acciones interrelacionadas que permitan el ordenamiento territorial de la cuenca, entre las que se recomienda:

1. Plan de monitoreo y seguimiento de las actividades antrópicas en la cuenca del río Tartagal, con el objetivo de lograr un aprovechamiento sustentable tanto en el tiempo como en el espacio de los recursos naturales.
2. Estricto monitoreo y control de las actividades petrolera, forestal y ganadera en la cuenca alta del río Tartagal
3. Estricto monitoreo y control de las actividades de extracción de áridos, actividad forestal y habilitación de tierras en la cuenca media del río Tartagal.
4. Diseñar un plan de ordenación territorial de la cuenca del río Tartagal, que contemple los acontecimientos recientes y con visión a futuro.
5. Desarrollar la ordenación y planificación del ejido urbano y periurbano de la ciudad de Tartagal.
6. Reordenamiento territorial a lo largo del cauce del río Tartagal creando áreas buffer para evitar riesgos en la población e infraestructura.
7. Planificar obras correctoras en la cuenca alta del río Tartagal, tendientes a mitigar los fenómenos erosivos intensificados.
8. Elaborar un plan de gestión ambiental integral de la cuenca del río Tartagal a fin de planificar áreas potenciales de aprovechamiento de los recursos naturales, áreas de amortiguamiento y áreas de protección.
9. Establecer pautas de prevención y alerta en la población y la diseminación de los mecanismos y oportuna alerta temprana para agilizar la respuesta ante eventos catastróficos.
10. Planificar acciones tendientes a reducir la vulnerabilidad de los asentamientos humanos y de la infraestructura mediante el establecimiento de instrumentos efectivos de ordenación y regulación del territorio.