

análisis de la dinámica fluviomorfológica del río bermejo inferior



**PROGRAMA
ESTRATEGICO
DE ACCION**
 PARA LA CUENCA DEL 
RIO BERMEJO

Análisis de la dinámica fluviomorfológica del río Bermejo inferior



1



2



3



4



5

Comisión Binacional para el Desarrollo de la Alta Cuenca Del Río Bermejo y Grande de Tarija ^(1,2)
República Argentina⁽¹⁾
República de Bolivia⁽²⁾
Comisión Regional del Río Bermejo
Comisión Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo
PROGRAMA ESTRATEGICO DE ACCION PARA LA CUENCA BINACIONAL DEL RIO BERMEJO
Organización de los Estados Americanos⁽³⁾
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente⁽⁴⁾
Fondo para el Medio Ambiente Mundial⁽⁵⁾

elemento 2.5 del programa de trabajo Uso del suelo en la cuenca inferior del río Bermejo
Formulación del Programa Estratégico de Acción para la Cuenca del Río Bermejo
Análisis de la dinámica fluviomorfológica del río Bermejo inferior
Noviembre de 1999

Informe producido por:
Ing. José Daniel Brea
Ing. Marcela S. Busquets
Ing. Pablo D. Spalletti



Este documento ha sido elaborado por el Instituto Nacional del Agua y del Ambiente (INA), en el marco del Elemento 1.1 del Programa de Trabajo para la Formulación del Programa Estratégico de Acción de la Cuenca del Río Bermejo (PEA). Las informaciones, elaboraciones, conclusiones y/o recomendaciones que contiene, han constituido un valioso aporte para el desarrollo del Proyecto. Los contenidos expresan la opinión del/de los autores y no reflejan necesariamente la de la Comisión Binacional para el Desarrollo de la Alta Cuenca del Río Bermejo y Río Grande de Tarija, de la Organización de los Estados Americanos, del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y del Fondo para el Medio Ambiente Mundial.

ANÁLISIS DE LA DINÁMICA FLUVIOMORFOLÓGICA DEL RÍO BERMEJO INFERIOR

RESUMEN

En este informe se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo de las tareas correspondientes a todas las actividades previstas en el contrato, a saber: a) Análisis y caracterización de los mecanismos de transporte sólido en la CI del río Bermejo, b) Estudio de la dinámica fluviomorfológica del río Bermejo en su CI. Análisis de los procesos de erosión/sedimentación en el área en estudio, c) Estudio de las inundaciones por desborde del cauce principal del río Bermejo en la CI, y d) Definición y caracterización morfológica de tramos del río para la formulación de proyectos de manejo y control, o adecuación de proyectos ejecutados o en elaboración.

Las tareas realizadas son fundamentalmente la recopilación y análisis de antecedentes, y la interpretación y análisis de la información básica, en los temas respectivos.

DESCRIPTORES

Temáticos: morfología de ríos, caudales líquidos y sólidos, análisis de datos hidrométricos y de sedimentos, modelos morfológicos, inundaciones por desborde.

Geográficos e Institucionales: Cuenca Inferior del Río Bermejo, Comisión Binacional para el Desarrollo de la Alta Cuenca del Río Bermejo y el Río Grande de Tarija, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Organización de los Estados Americanos, Fondo para el Medio Ambiente Mundial.

AUTORIDADES DEL INA

Gerente de programas y proyectos:

Dr. Raúl A. Lopardo

Director del laboratorio de hidráulica y del ambiente:

Ing. Julio César De Lío

EQUIPO DE TRABAJO

Jefe del Programa Hidráulica Fluvial (Coordinador):

Ing. José Daniel Brea

PROFESIONALES:

Ing. Marcela S. Busquets

Ing. César S. Loschacoff

Ing. Pablo D. Spalletti

Sr. Luis A. Lares

Técnico:

INFORME PRODUCIDO POR:

Ing. José Daniel Brea

Ing. Marcela S. Busquets

Ing. Pablo D. Spalletti

a) Análisis y caracterización de los mecanismos de transporte sólido en la CI del río Bermejo.

- a.1) Recopilación y análisis de antecedentes: caudales líquidos y sólidos, secciones transversales del río, granulometrías del material del lecho y del sedimento suspendido, estudios relacionados realizados en la zona.
- a.2) Recopilación de los datos obtenidos en las tareas de campaña. Caracterización granulométrica del material del lecho, a través de la extracción del mayor número posible de muestras del lecho del río a lo largo de la CI.
- a.3) Definición de las características morfológicas y sedimentológicas del río mediante el ajuste de las ecuaciones de transporte sólido a partir de las mediciones, y el análisis de la evolución morfológica de los cauces a partir del estudio de la variación de las secciones transversales en las estaciones de aforo.

b) Estudio de la dinámica fluviomorfológica del río Bermejo en su CI. Análisis de los procesos de erosión / sedimentación en el área en estudio.

- b.1) Determinación de las condiciones iniciales a partir de la información obtenida del punto a) en términos del volumen de sedimento transportado a la CI: transporte sólido total, de fondo y en suspensión, granulometría del material, etc.
 - 1. Aportes desde la cuenca del río Bermejo Superior.
 - 2. Aportes desde la cuenca del río San Francisco.
- b.2) Recopilación de antecedentes e información básica.
 - i. Perfiles transversales y granulometrías del material del lecho, resultantes de las tareas de campo realizadas en el marco del PEA.
 - ii. Datos de niveles y caudales líquidos, y caudales sólidos, en todas las estaciones de la red de mediciones de EVARSA.
 - iii. Datos pluviométricos y pluviográficos en todas las estaciones de la red.
 - iv. Relevamientos de secciones transversales en correspondencia con las estaciones de la red de EVARSA.
 - v. Cartografía de toda la CI, a la menor escala disponible. Líneas de nivelación del IGM en la CI.
 - vi. Imágenes satelitales de la zona de estudio, a escala tal que permita el reconocimiento de cambios morfológicos en los ríos de la red (cambios del ancho, etc). En particular el juego de imágenes satelitales con cobertura total del período seco del año 1997, adquiridas por el Proyecto PEA.
 - vii. Fotografías aéreas de la zona de estudio, a escala adecuada para cumplir los mismos requerimientos citados en el ítem anterior.
 - viii. Estudios de trabajos afines realizados en la zona.
 - ix. Aforos en la estación El Sauzalito.
- b.3) Interpretación y análisis de la información básica.
 - i. Delimitación del área de estudio y definición de la red de cauces a modelar.

- ii. Elaboración de los datos batimétricos y de sedimento.
- iii. Analizar estadísticamente los niveles y caudales. Determinar los caudales característicos de los cauces de la red, incluyendo caudales de diseño para los escenarios de aplicación del modelo matemático.
- b.4) Modelo de transporte.
 - i. Implementación del modelo.
 - 1. Secciones transversales. 2. Caudales y niveles líquidos. 3. Caudales sólidos y granulometrías de lecho.
 - ii. Calibración y validación del modelo, en base a los datos disponibles.
 - 1. Período 1995-96. 2. Período 1994-95. 3. Período 1998-99. 4. Período 1983-84.
 - iii. Corridas de producción.
- c) Estudio de las inundaciones por desborde del cauce principal del río Bermejo en la Cuenca Inferior.**
 - c.1) Efectuar el análisis estadístico de caudales en estaciones características de la Alta Cuenca y Cuenca Inferior. Análisis de correlación de los caudales en las diferentes estaciones. Determinación de caudales de desborde en la Cuenca Inferior. Análisis estadístico de niveles en todas las estaciones disponibles de la CI.
 - c.2) Desarrollar el análisis de frecuencia y duración de caudales en las estaciones analizadas.
 - c.3) Cuantificar los volúmenes de desborde a partir de los registros históricos. Contraste con los mapas de desbordes realizados a partir de las imágenes satelitales.
 - d) Definición y caracterización morfológica de tramos del río para la formulación de proyectos de manejo y control, o adecuación de proyectos ejecutados o en elaboración.

REFERENCIAS

PLANOS

ANEXO I

ANEXO II

ANEXO III

**USO DEL SUELO EN LA CUENCA INFERIOR DEL RÍO BERMEJO
ANÁLISIS DE LA DINÁMICA FLUVIOMORFOLÓGICA**

INFORME FINAL INTRODUCCIÓN

El presente constituye el Informe Final correspondiente al Contrato por Resultados N° 17293, suscripto entre la Organización de Estados Americanos (OEA) y el Instituto Nacional del Agua y del Ambiente (INA), para el estudio de la dinámica fluviomorfológica del río Bermejo en su Cuenca Inferior.

El estudio se enmarca en el Programa Estratégico de Acción para el Desarrollo Sustentable de la Cuenca del Río Bermejo, proyecto del Fondo para el Medio Ambiente Mundial - FMAM (Global Environmental Fund - GEF), que tiene como organismo ejecutor a la OEA.

De las actividades previstas en el contrato, en este informe se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo de todas las tareas previstas, a saber:

- actividad a) Análisis y caracterización de los mecanismos de transporte sólido en la CI del río Bermejo.
- actividad b) Estudio de la dinámica fluviomorfológica del río Bermejo en su CI. Análisis de los procesos de erosión / sedimentación en el área en estudio.
- actividad c) Estudio de las inundaciones por desborde del cauce principal del río Bermejo en la CI.
- actividad d) Definición y caracterización morfológica de tramos del río para la formulación de proyectos de manejo y control, o adecuación de proyectos ejecutados o en elaboración.

Resulta oportuno recordar en este punto el objetivo del estudio, que fue comprender y dimensionar el régimen hídrico y la dinámica fluviomorfológica del río Bermejo en su Cuenca Inferior (CI), estimando la magnitud del transporte de sedimentos en relación a los procesos de erosión y depósito observados en las diversas unidades geomorfológicas del valle, como así también las frecuencias, magnitudes y consecuencias asociadas a desbordes e inundaciones provocadas por las crecidas.

α) Análisis y caracterización de los mecanismos de transporte sólido en la CI del río Bermejo.

a.1) Recopilación y análisis de antecedentes: caudales líquidos y sólidos, secciones transversales del río, granulometrías del material del lecho y del sedimento suspendido, estudios relacionados realizados en la zona.

Se recopiló la información existente en cada caso. En el siguiente cuadro resumen se presenta la información hidrométrica y de sedimentos en suspensión recopilada de diferentes fuentes (EVARSA, Agua y Energía Eléctrica, OEA, COREBE, INCyTH, etc. Ver Referencias), la que es posteriormente analizada. Los lugares mencionados pueden apreciarse en el Plano N° 1:

LUGAR	DATOS	PERÍODO DE REGISTRO
El Colorado	caudales medios diarios	22/11/1968 al 30/09/1997 EVARSA
El Colorado	niveles líquidos, caudales aforados y áreas	22/11/1968 al 04/12/1997 EVARSA
El Colorado	aforos sólidos en suspensión	1969/1971 (OEA) - 1973/1979 (AyEE)
El Colorado	aforos sólidos en suspensión (1)	3/11/1993 al 11/5/1995 (EVARSA)
El Colorado	alturas medias diarias	12/1992 a 1/1998 (COREBE)
El Colorado	Granulometría sedimento en suspensión	Agosto 1969 a Mayo 1971 (AyEE)
Puerto Lavalle	aforos líquidos y sólidos en suspensión	1995 (INCyTH)
Puerto Lavalle	alturas medias diarias	12/1992 a 1/1998 (COREBE)
Río Bermejito (2)	sólidos suspendidos	Junio 1989
El Yacaré	aforos líquidos y sólidos en suspensión	1969 - 1972 Dir. de Hidr. de Formosa.
Santa Rita	alturas medias diarias	10/1996 a 1/1998 (COREBE)
La Victoria	alturas medias diarias	11/1996 a 1/1998 (COREBE)
General Mansilla	alturas medias diarias	12/1992 a 1/1998 (COREBE)

(1) fracción fina y fracción gruesa discriminada - (2) Nueva Pompeya, Palo Marcado, Santa Ana, Villa Río, Bermejito

En lo que hace a caudales líquidos y sólidos, la única estación de aforos que funciona actualmente en el río Bermejo Inferior es la de El Colorado, manejada por EVARSA. En dicha estación, a partir del año 1993 se comenzó a discriminar en los aforos sólidos del sedimento en suspensión, la fracción fina (arcillas y limos) de la fracción gruesa (arenas), siendo 64 micrones el tamaño del grano límite considerado.

Pudo obtenerse también una serie de mediciones de caudales líquidos y sólidos efectuados por Agua y Energía en la estación El Yacaré, ubicada unos 389 km. aguas arriba de El Colorado, para el período 1969-1972. Los datos de esta estación, ya fuera de servicio, resultaron de gran importancia para los análisis efectuados, tendientes a conocer el funcionamiento hidrosedimentológico del río.

Se recopilaron también algunos datos puntuales en la zona cercana a Presidencia Roca, con valores de caudales líquidos (hasta 400 m³/s) y concentraciones de limos y arenas, para el período entre junio de 1970 y agosto de 1971.

En el marco del convenio INCyTH - COREBE (Brea, J.D.; Busquets, M.S.; Spalletti, P.D.; 1996), se realizaron aforos líquidos y sólidos en el puente de Puerto Lavalle, para un estado de caudales altos. En el siguiente cuadro se resumen los resultados correspondientes a los seis aforos líquidos realizados:

Aforo N°	Fecha	Lectura escala P.Lavalle (m)	Qmed (m ³ /s)
1	9/3/95	5.80	1489
2	10/3/95	6.00	1502
3	11/3/95	6.00	1414
4	12/3/95	6.03	1372
5	13/3/95	6.02	1536
6	14/3/95	6.16	1448

En lo que hace a recopilación de datos existentes de secciones transversales del río, la principal fuente de información fue el citado trabajo del INCyTH, en el que se presentan perfiles levantados en los años 1994 y 1995, correspondientes a los siguientes lugares: El Algarrobal, Fortín Belgrano, Paraje El Silencio, Paraje San Camilo, Puerto Lavalle, El Colorado y L.V. Mansilla. El detalle de los mismos se presenta en las Figuras N° 1 a 7 y en las Tablas N° 1 a 7, del presente informe. La ubicación en planimétrica de los sitios citados puede observarse en el Plano N° 1.

Para algunas de las secciones relevadas, en la citada referencia se han completado los perfiles levantados con las líneas de nivelación IGM, obteniéndose de este modo, en forma aproximada, el perfil del cauce y planicie. Esto pudo hacerse para las secciones de Fortín Belgrano (Tabla N° 8 y Figura N° 8), Paraje San Camilo (Tabla N° 9 y Figura N° 9), Puerto Lavalle (Tabla N° 10 y Figura N° 10), El Colorado (Tabla N° 11 y Figura N° 11), Lucio V. Mansilla (Puerto Vélaz) (Tabla N° 12 y Figura N° 12).

La recopilación se completa con una serie de siete perfiles batimétricos en la zona de El Totoral que se ubican próximos y hacia aguas arriba de El Aibal (ver Plano N° 1), extraídos del proyecto de Laguna Yema (Tablas N° 13 a 19).

Los perfiles transversales levantados en el marco del PEA son presentados en el punto b.2) del presente informe.

Los datos básicos sobre las características del material del lecho y del sedimento suspendido son de particular importancia en el río Bermejo Inferior, por el funcionamiento hidrosedimentológico del mismo. Es por esta razón que se puso énfasis en el conocimiento de estos datos, tanto en la recopilación como en la toma y análisis de nuevas muestras.

En la citada referencia del INCyTH, se tomaron muestras del material del lecho y de márgenes del río Bermejo, de acuerdo al detalle presentado en el siguiente cuadro:

LUGAR	MUESTRA DE
Paraje El Algarrobal	Lecho (Figura N° 13)
Fortín Belgrano	Margen (Figura N° 14)
Paraje San Camilo	Lecho (Figura N° 15)
Puerto Lavalle	Margen (Figura N° 16)
El Colorado	Margen (Figura N° 17)
L.V. Mansilla (Puerto Vélez)	Lecho (Figura N° 18)

En el marco del mismo estudio, se tomaron ocho muestras de sedimentos en suspensión en la sección de Puerto Lavalle. Las curvas granulométricas respectivas se presentan en las Figuras N° 19 a 26.

Siempre de la misma referencia, se obtuvo una serie de 21 curvas granulométricas del sedimento suspendido correspondientes a la estación El Colorado, que abarcan el período agosto 1969 - mayo 1971 (una curva por mes, falta noviembre de 1970). Estas curvas se presentan en las Figuras N° 27 a 47.

Finalmente, también se recopilaron algunos datos puntuales de concentración de sólidos suspendidos y características granulométricas en diferentes puntos del tramo inferior del río, extraídos de distintas referencias presentadas en b.2) viii., de acuerdo al siguiente detalle:

Perfil	% arena	% limo	% arcilla
La Aurora	52	46	2
Presidencia Roca	40	56	4
General Lavalle	58	42	0
Km 503	49	39	12
La Victoria	66	30	4
El Colgado	92	3	5
Embarcación	95	0	5

- curvas granulométricas de material de fondo del río Bermejo en Puerto Vélez.

- curvas granulométricas de material de fondo del Río de Oro, en su cuenca alta y en Ruta 11, y muestras de sedimentos en suspensión en los mismos lugares, que dan un 100 % de fracción fina en ambas ubicaciones, con predominio de arcillas.

- muestra de sedimentos suspendidos en Puerto Vélez: porcentajes de arena (7 %), limo (66 %) y arcilla (27 %).

- muestras de sedimentos suspendidos en el río Bermejito, en las secciones Nueva Pompeya, Palo Marcado, Santa Ana y Villa Río Bermejito.

En lo que hace a estudios relacionados con la temática desarrollada, realizados en la zona, el detalle se presenta en el capítulo de Referencias.

a.2) Recopilación de los datos obtenidos en las tareas de campaña. Caracterización granulométrica del material del lecho, a través de la extracción del mayor número posible de muestras del lecho del río a lo largo de la CI.

Las tareas de campaña consistieron básicamente en el levantamiento de perfiles transversales del río, toma y análisis de muestras de sedimentos del lecho, y realización de aforos líquidos y sólidos en la zona de El Sauzalito. En este punto resultan de interés los datos relacionados con el material del lecho del río Bermejo en la zona en estudio.

En el marco de las tareas de campo realizadas en el marco del PEA por la Dirección de Aguas y Suelos de la provincia de Formosa y la Administración Provincial de Aguas de la provincia del Chaco, se incluyó la extracción y análisis de muestras del lecho del río, en correspondencia con las secciones del río relevadas.

Como resultado del trabajo se elaboró, por parte de la Dirección de Suelos y Agua Rural de la provincia del Chaco, el cuadro que se presenta en la Tabla N° 20. Se presentan allí datos analíticos de las muestras de suelo, con detalle de la textura y los porcentajes de composición de arena, limo y arcilla, para muestras extraídas de algunos de los perfiles relevados.

En el cuadro siguiente se vuelcan los datos de mayor interés para el presente estudio, que son los porcentajes de composición mencionados:

La ubicación de los lugares mencionados puede verse en el Plano N° 1, encontrándose La Aurora, unos 50 km. aguas abajo de El Colorado, y La Victoria unos 100 km. aguas abajo de San Camilo, siguiendo el río, aproximadamente.

La ausencia de análisis granulométricos del material del lecho, dato de fundamental importancia para los estudios de caracterización sedimentológica del río, hizo necesario encarar nuevos muestreos, a cargo de EVARSA, en los siguientes lugares: El Sauzalito, Km 503, Puerto Lavalle, Presidencia Roca, El Colorado y Puerto Vélaz. Los resultados obtenidos se presentan como Anexo I, resumiéndose en el cuadro siguiente los diámetros medios (d_{50}) de cada muestra analizada:

Perfil	d_{50} (Ø)
El Sauzalito	100
Km 503	82
P. Lavalle	130
P. Roca	75
El Colorado	83
P. Vélaz	87

Es de resaltar el hecho que los muestreos se realizaron durante los meses de febrero y marzo de 1999, en correspondencia con el período de crecidas del río. En capítulos posteriores se volverá sobre el tema.

Al margen de los estudios básicos planteados en los términos de referencia, y en virtud de la importancia del tema, se realizaron dos perforaciones, en correspondencia con las secciones de Puerto Lavalle y El Colorado. En ambos casos la profundidad alcanzada fue del orden de los 10 m, ubicando los sondeos lo más próximo posible al río.

En cada caso, se realizaron sobre las muestras extraídas análisis granulométricos y análisis sedimentológicos texturales. El estudio se adjunta al presente informe, como Anexo II.

a.3) Definición de las características morfológicas y sedimentológicas del río mediante el ajuste de las ecuaciones de transporte sólido a partir de las mediciones, y el análisis de la evolución morfológica de los cauces a partir del estudio de la variación de las secciones transversales en las estaciones de aforo.

Al comenzar a tratar el tema de la morfología y sedimentología del río Bermejo en su Cuenca Inferior, debe resaltarse el hecho que, de acuerdo al estudio antecedente más completo sobre el tema (Brea, J.D.; Busquets, M.S.; Spalletti, P.D.; 1996), el material arrastrado por el río en este tramo, tanto en fondo como en suspensión, es muy fino. En el estado actual del conocimiento en materia de transporte de sedimentos no se dispone de fórmulas universales para el cálculo de la capacidad de transporte de limos en agua. Casi todo el conocimiento está circunscripto a materiales aluviales (arenas), y resultó no aplicable al río Bermejo Inferior, de acuerdo a los análisis realizados en la citada referencia.

Es por esta razón que en el marco del presente estudio, se ha puesto énfasis sobre la recopilación y medición de datos básicos que permitan un mejor conocimiento del tema. En este sentido se levantaron los nuevos datos granulométricos de los sedimentos del lecho, ya mencionados, y se instaló una estación de aforos líquidos y sólidos en El Sauzalito.

Con los datos de aforos sólidos de los sedimentos suspendidos en las estaciones El Yacaré y El Colorado, se construyó el gráfico de la Figura N° 48 (Brea, J.D.; Busquets, M.S.; Spalletti, P.D.; 1996), que presenta la concentración media en función del caudal líquido. La alta dispersión de los valores medidos resulta normal en este tipo de variables. Se agregaron al gráfico los puntos correspondientes a los datos recopilados de otras fuentes.

Del total de aforos sólidos disponibles en El Colorado (ver punto a.1)), sólo fueron utilizados los medidos desde 1993 en adelante, por contar con la discriminación entre la fracción gruesa y fina de los sedimentos suspendidos, y también porque en el primero de los periodos se contó con las planillas de aforo, verificándose errores de medición.

Puede apreciarse en la figura citada que las concentraciones en El Colorado son, en general, mayores que en El Yacaré, para caudales que superan los 400 m³/s. Más adelante se volverá sobre este tema.

Siempre analizando los aforos sólidos de El Colorado se obtiene que, en la época de aguas altas, del 100 % de los sedimentos suspendidos, el 78 % corresponde a la fracción fina y el 22 % a la gruesa, mientras que en aguas bajas los porcentajes son el 82 % y el 18 % respectivamente. Los presentados son valores

medios, siendo las proporciones muy variables: para aguas altas el porcentaje de finos varía del 66 al 94 % y el de gruesos del 6 al 34 %, mientras que para aguas bajas, los finos varían del 69 al 100 %, y los gruesos del 0 al 31 % (ver Figura N° 49).

Las curvas granulométricas del material suspendido, también en El Colorado, presentadas en el punto a.1), se han graficado superpuestas en las Figuras N° 50, para aguas altas, y N° 51, para aguas bajas. En el primero de los casos, se observa que las curvas tienen aproximadamente la misma forma, mientras que en el segundo caso existe una dispersión mayor.

A partir de estas curvas se han calculado los porcentajes de arena, limo y arcilla en cada caso, los que se presentan en la Tabla N° 21. Del análisis de estos datos resulta que para el periodo de aguas altas el porcentaje de la fracción gruesa es del 10 % en promedio, y el de la fina del 90 %, con gran preponderancia de limos (81 %). Para aguas bajas, el porcentaje de la fracción gruesa sube al 22 %, bajando el de la fina al 78 %.

De lo expresado surge que puede considerarse que los sedimentos suspendidos del río Bermejo a la altura de El Colorado, en valores medios, están compuestos entre un 80 y un 90 % por materiales finos (arcillas y limos, con gran preponderancia de estos últimos), y el resto por arenas. Se verifica, a partir de los datos analizados, un mayor porcentaje de la fracción gruesa en los periodos de aguas bajas.

Los aforos realizados en el marco de este proyecto en la estación El Sauzalito se presentan en el Anexo III, resumiéndose en el siguiente cuadro los porcentajes de finos y gruesos medidos en cada uno de los seis aforos realizados:

Aforo N°	fecha	Q1 (m3/s)	% Qs fino	% Qs grueso
1	20/01/99	810	77	23
2	02/02/99	1438	73	27
3	03/02/99	1466	82	18
4	13/03/99	1501	80	20
5	24/03/99	1903	71	29
6	25/03/99	1989	70	30
*				

del cuadro presentado en el punto a.2), realizado a partir de los resultados de los muestreos desarrollados en el marco del presente estudio. La zona de El Algarrobal se encuentra entre las de Embarcación y El Colgado, en las que las muestras de lecho dan una clara preponderancia de arenas (95 % y 92 %, respectivamente), en coincidencia con lo expresado en el párrafo anterior. San Camilo, con partes iguales de fracción fina y gruesa, se encuentra aguas arriba de La Victoria, en la que las

Estos porcentajes de finos y gruesos se encuentran dentro de los observados en El Colorado, confirmando las proporciones.

Los aforos recopilados en Puerto Lavalle arrojan en promedio una proporción de 86 % de fracción fina y un 14 % de fracción gruesa, valores que se hallan dentro de los límites antes señalados.

El resto de los datos recogidos sobre sedimentos suspendidos hacia aguas abajo por el río, son aforos aislados que no permiten realizar generalizaciones, pero sí algunos comentarios puntuales.

En efecto, el río Bermejo muestreado en Puerto Vélaz, para una concentración de 875 mg/lit (valor bajo), presenta un neto predominio de la fracción fina (66 % de limos y 27 % de arcillas), con un 7 % de arenas. Si bien se trata de un dato puntual, resulta lógico el decaimiento del porcentaje de arenas en suspensión hacia la desembocadura del río.

Los datos antecedentes sobre sedimentos de fondo del Bermejo fueron muy escasos, motivo por el cual se encararon los trabajos de campo ya citados. En base a las granulometrías obtenidas (Brea, J.D.; Busquets, M.S.; Spalletti, P.D.; 1996), se observa que en la zona de El Algarrobal el lecho está conformado por arenas, de diámetro medio (d₅₀) de 210 (m, con ausencia de limos y arcillas). Ya en Paraje San Camilo, se observa la presencia de partes iguales de fracción fina y gruesa, ubicándose el d₅₀ en 63 (m, prácticamente el límite entre limos y arenas. En Puerto Vélaz, el d₅₀ fue de 35 (m, con un 20 % de arenas y un 80 % de fracción fina, en coincidencia con otro dato recopilado (Orfeo, O.; 1995), en el que la muestra de fondo está integrada por las fracciones limo (73.6 %), arena (22.3 %) y arcilla (3.8 %).

Estos porcentajes pueden compararse con los

proporciones son 66 % de gruesos y 34 % de finos. De aquí hacia aguas abajo, los valores de la fracción gruesa bajan hasta un mínimo del 40 % en Presidencia Roca. El valor de Puerto Vélaz presentado en el párrafo anterior es el menor (20-22 %), y corresponde al registro de más aguas abajo que se dispone.

En el cuadro siguiente se presentan los diámetros representativos (d₅₀) y los porcentajes de fracción fina y gruesa que surgieron de los análisis

sis de las muestras de lecho extraídas por EVARSA en el marco de este estudio:

Perfil	d50 (μ)	% fino	% grueso
El Sauzalito	100	9	91
Km 503	82	17	83
P. Lavalle	130	16	84
P. Roca	75	33	67
El Colorado	83	21	79
P. Vélaz	87	13	87

La mayor proporción del material fino está compuesta por arenas muy finas, entre 62 y 125 μ (ver Anexo I). Como se consignara en el punto a.2), este muestreo se realizó durante los meses de febrero y marzo de 1999, en coincidencia con el período de aguas altas del río. Los muestreos antecedentes, aún los realizados por APA del Chaco en el marco del PEA, corresponden al período de aguas bajas. Teniendo en cuenta esta diferencia temporal, a partir de los datos disponibles obtenidos de los muestreos del lecho de las distintas fuentes, se realizó el siguiente cuadro comparativo (los guiones significan ausencia del dato correspondiente):

Lugar	Aguas bajas			Aguas altas		
	% fino	% grueso	d50 (μ)	% fino	% grueso	d50 (μ)
Embarcación	5	95				
El Algarrobal	0	100	210			
El Colgado	8	92				
El Sauzalito	9	91	100			
San Camilo	48	52	63			
La Victoria	34	66				
Km 503	51	49		17	83	82
P. Lavalle	42	58		16	84	130
P. Roca	60	40		33	67	75
El Colorado		21	79	83		
P. La Aurora	48	52				
P. Vélaz	80	20	35	13	87	87

Se observan diferentes características de los materiales del lecho según el período que se considere. En aguas bajas, después de una zona francamente arenosa, coincidente con el tramo anastomosado del río (Embarcación - El Colgado), la composición del lecho va aumentando la proporción de finos (fundamentalmente limos), desde San Camilo (donde el d50 se ubica en el límite entre arenas y limos) hasta Puerto Vélaz donde los finos alcanzan el 80 % de la muestra.

En aguas altas, más allá del tramo anastomosado, en el primer dato disponible (El Sauzalito) dominan las arenas. Hacia aguas abajo, y hasta Puerto Vélaz inclusive, la proporción de arenas en el lecho del río es predominante, ubicándose en todos los casos el d50 en dicha clase granulométrica.

En las secciones en las que se tienen datos en ambos estados (Km 503, Puerto Lavalle, Presidencia Roca, Puerto Vélaz), puede apreciarse el gran cambio en la conformación del material del lecho: mientras que en aguas bajas el lecho está compuesto por un 58 % de finos y un 42 % de gruesos (en promedio), en aguas altas la proporción es de 20 % de finos y 80 % de gruesos.

Esta diferencia en la composición granulométrica del fondo del Bermejo Inferior en función del estado del río resulta de gran importancia para explicar el comportamiento hidrosedimentológico del río. Sobre este tema se volverá en capítulos posteriores, pudiendo adelantarse que, en situación de crecida, el Bermejo Inferior se comporta como un río de arenas muy finas. Los limos encontrados en abundancia en los muestreos superficiales durante aguas bajas, son depositados en los meses poste-

riores al período de aguas altas, y son los que dan la configuración definitiva a las secciones hasta el siguiente período de crecidas.

En base a los aforos sólidos en El Colorado se han graficado los valores de la fracción gruesa, comparándolos con el 20 % del material total en suspensión (Figura N° 52). Este porcentaje surge al evaluar la composición de ambas fracciones, respecto del total. En la Figura N° 49 se puede observar en función del caudal líquido, cómo es la distribución de dichas fracciones.

Como ya se ha expresado, las ecuaciones de transporte de sedimentos que se disponen son en su mayoría para arenas. Las expresiones que pueden aproximarse a cauces de arenas muy finas son, entre otras, las fórmulas de Engelund - Hansen, y las de Leo Van Rijn. La primera de las mencionadas, resuelve el transporte total del material presente en el fondo, mientras que la segunda, permite la división según transporte en la capa de fondo, y en suspensión.

Para aplicar ambas fórmulas es necesario conocer, además de los parámetros hidráulicos del escurrimiento, como la pendiente, caudales, anchos superficiales, áreas, etc., la granulometría del material del lecho.

El resultado de estas expresiones se ha graficado en la Figura N° 53, en la que se puede observar que la expresión de Engelund - Hansen es la que mejor ajusta al transporte de la fracción gruesa, como así también al 20 % del total del transporte en suspensión considerado. Como ya se explicara, de la expresión de Engelund Hansen se obtiene el transporte total del material del fondo, y para poder compararlo, al graficarlo, se ha restado a dicho resultado un porcentaje que corresponde al transporte del mismo material pero en la capa del fondo. El mismo se ha supuesto por experiencia, igual al 10 % del total del transporte. Como se verá en capítulos posteriores, se obtuvieron excelentes resultados en la modelación morfológica del río Bermejo Inferior, aplicando la expresión de Engelund - Hansen para el transporte de arenas.

El análisis de la evolución morfológica del cauce del río Bermejo Inferior en El Colorado a partir del estudio de la variación de las secciones transversales en la estación de aforo se presenta en el punto b.2) iv.

B) ESTUDIO DE LA DINÁMICA FLUVIOMORFOLÓGICA DEL RÍO BERMEJO EN SU CI. ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE EROSIÓN / SEDIMENTACIÓN EN EL ÁREA EN ESTUDIO.

b.1) Determinación de las condiciones iniciales a partir de la información obtenida del punto.

A) EN TÉRMINOS DEL VOLUMEN DE SEDIMENTO TRANSPORTADO A LA CI: TRANSPORTE SÓLIDO TOTAL, DE FONDO Y EN SUSPENSIÓN, GRANULOMETRÍA DEL MATERIAL, ETC.

Esta etapa del estudio parte de la base de los resultados de la tarea descrita en el punto a) del presente informe, así como del conocimiento del comportamiento morfológico del río Bermejo en su Alta Cuenca (Elemento 1.1. del Programa de Trabajo: Movimiento Transfronterizo de Contaminantes).

De las dos subcuencas principales que conforman la Alta Cuenca del río Bermejo, la subcuenca del San Francisco, aporta el 30 % del caudal líquido, y la del Bermejo, el 70 %. Si se analizan los caudales sólidos en suspensión, los porcentajes pasan a ser 20 % y 80 % respectivamente.

En efecto, considerando la serie de aforos sólidos en Zanja del Tigre - Pozo Sarmiento, en el río Bermejo, y en Caimancito, en el río San Francisco, se obtiene para la primera un transporte en suspensión medio de 70508100 toneladas al año (79 %), y para la segunda, uno de 18901200 toneladas al año (21 %), lo que da un total de 89409300 toneladas al año.

Analizando los registros en Pozo Sarmiento, desde que se computa la fracción fina y gruesa de los sedimentos suspendidos, se observa una altísima variación de las proporciones de ambas fracciones. Para aguas altas (sobre 72 datos), se tiene en promedio un 77 % de finos y un 23 % de gruesos, mientras que para aguas bajas (22 datos), los porcentajes son del 73 % y 27 %, respectivamente. Se observa que, al igual que en El Colorado, un aumento del porcentaje de la fracción gruesa con respecto a la fina en aguas bajas, lo que estaría indicando la asociación directa entre la carga de lavado y la alta pluviosidad en la cuenca.

Al entrar en la cuenca inferior, gran parte de la arena queda depositada en el primer tramo, en el que el río es anastomosado. Los registros de fracción fina y gruesa del sedimento suspendido en El Colorado son muy escasos como para determinar montos de arena depositada hasta ese punto.

Como ya se expresara, la proporción de arenas en suspensión a la altura de El Colorado varía entre un 10 y un 20 %, en promedio, de la carga total suspendida. La fracción fina está fundamentalmente compuesta por limos.

Para los diferentes escenarios estudiados en la Alta Cuenca, en los párrafos siguientes se presentan los resultados obtenidos, extraídos de la referencia respectiva (Brea, J.D.; Busquets, M.S.; Spalletti, P.D.; 1999).

1. Aportes desde la cuenca del río Bermejo Superior.

En este caso los escenarios estudiados fueron:

* Situación con las presas proyectadas.

* Situación con intervenciones de mitigación en las subcuencas de los ríos Iruya y Pescado.

En el primer caso, se consideró la construcción de los aprovechamientos de Las Pavas y Arrazayal, sobre el río Bermejo, y Cambarí, sobre el río Tarija.

Para los cálculos se asumió que, por efecto de la sedimentación en el embalse, las presas atrapan la totalidad de los sedimentos provenientes desde aguas arriba de la cuenca.

El proceso de sedimentación en los embalses genera una mayor tendencia a la erosión del cauce en los tramos aguas abajo de las mismas. El aumento del proceso erosivo genera una incorporación mayor de sedimento en el flujo líquido, de modo de equilibrar la menor alimentación de sedimento desde la zona aguas arriba de la cuenca. En síntesis, el resultado final obtenido es de una ligera disminución de los volúmenes transportados, efecto que desaparece por completo después de recibir los aportes de los afluentes Iruya y Pescado.

El proceso erosivo que se desplaza hacia aguas abajo tiende a una situación de equilibrio a largo plazo con una menor pendiente longitudinal del cauce, que se traducirá en una disminución de la capacidad de transporte sólido.

En el otro escenario analizado se consideró la reducción del aporte sólido del sistema Iruya - Pescado al Bermejo Superior, en tres condiciones: a un 75 %, 50 % y 25 % del volumen de aporte total anual actual (de arenas).

Estas disminuciones del aporte sólido se consideran producidas por efecto de potenciales intervenciones en el territorio, tales como acciones difusas (como prácticas agropecuarias especiales, de reforestación, etc) o construcción de obras de retención de sedimentos en la red fluvial (como protecciones de márgenes, obras transversales de interceptación, cuencas de depósito, etc). La falta de asociación de los escenarios a obras concretas se basa en la ya señalada dificultad para identificar políticas factibles de manejo de cuencas que afecten significativamente la carga sólida de los ríos de la cuenca del Bermejo, lo que motivó que los escenarios de análisis efectivamente utilizados consideren directamente disminuciones porcentuales en las cargas sólidas aportadas, para cada caso de interés, de modo de conocer cuál es la respuesta del sistema a tal sollicitación, independientemente de la potencial causa que pueda generarla (Brea, J.D.; Spalletti, P.D.; Spalletti, L.; Rafaelli, S., 1999). Lo expresado vale también para la cuenca del río San Francisco.

La reducción del aporte sólido del sistema Iruya - Pescado a un 75 % del valor actual, puede asociarse a una hipótesis de intervención difusa en el territorio, con prácticas especiales de protección contra la erosión del suelo. El resultado obtenido en este caso indica que una eventual reducción del 25 % en el aporte sólido del sistema Iruya - Pescado produciría una reducción del 6 % en Pozo Sarmiento, y del 3 % de las arenas transportadas en la Junta de San Francisco.

La reducción del aporte sólido a un 50 % del valor actual, por su magnitud, puede asociarse, además de a una intervención difusa en el territorio, a la construcción de obras de retención de sedimentos en la red fluvial secundaria. El resultado obtenido en este caso indica que una eventual reducción del 50 % en el aporte sólido del sistema Iruya - Pescado produciría una reducción del 9 % en Pozo Sarmiento, y del 4 % de las arenas transportadas en la Junta de San Francisco.

Finalmente, la reducción del aporte sólido a un 25 % del valor actual, supone, además de una intervención difusa en el territorio y a la construcción de obras de retención de sedimentos en la red fluvial secundaria, la construcción de obras importantes en el cauce principal del río Iruya (protecciones de márgenes, grandes obras transversales de retención de sedimento, deflectores de sedimento y/o generación de cuencas de sedimentación, etc). El resultado obtenido en este caso indica que una eventual reducción del 75 % en el aporte sólido del sistema Iruya - Pescado produciría una reducción del 11 % en Pozo Sarmiento, y del 6 % de las arenas transportadas en la Junta de San Francisco.

Es de resaltar la poca influencia que tienen fuertes reducciones del aporte de arenas en la cuenca más productora de sedimentos, en la morfología del tramo de río Bermejo Superior aguas abajo, y en los aportes de arena hacia la Cuenca Inferior del río Bermejo.

Sobre la influencia del corte en el aporte de materiales finos (limos y arcillas) deben hacerse algunos comentarios. Como ya se expresara, el modelo numérico utilizado no simula el sedimento fino en suspensión. Dadas las características de los ríos de la red, puede afirmarse que el transporte de finos se realiza como carga de lavado en todo el río Bermejo Superior. En estas condiciones, dicho río no "sentiría" reducciones en el aporte de finos, quedando determinada la concentración de limos y arcillas por la cantidad de estos materiales aportada a la corriente y no por la capacidad de ésta para transportarla.

Lo expresado estaría indicando que reducciones de las cantidades de sedimento fino aportadas, por ejemplo, en el sistema Iruya - Pescado, se reflejarían casi sin alteraciones a la salida de la cuenca, en la Junta de San Francisco. Si bien esto es cierto en teoría, en la práctica la situación es más compleja, entrando en juego otros factores, tales como cambios morfológicos, reincorporación de finos de las planicies inundables y de las márgenes, que hacen que exista una recuperación de materiales finos.

En el caso del Bermejo Superior, la disponibilidad de finos en el lecho resulta escasa (a partir de los

análisis granulométricos efectuados), mientras que el aporte puede ser mayor desde las márgenes barrancosas del último tramo.

Puede apreciarse el alto grado de dificultad que presenta intentar cuantificar cuál es el grado de recuperación de finos en el río, en relación con potenciales cortes en el suministro de los mismos en las cuencas de aporte. No obstante, los balances de transporte en la red realizados permiten afirmar que dicho grado es mínimo en relación a los escenarios de reducción analizados, y teniendo en cuenta además la escala de análisis y los objetivos del estudio (Brea, J.D.; Busquets, M.S.; Spalletti, P.D.; 1999).

Por otro lado, se puede asumir de todos modos que existe una reducción del sedimento fino en suspensión, asociada a la reducción del sedimento grueso en suspensión, pero cuya relación no es fácil de predecir, dependiendo de las medidas adoptadas y de la reacción morfológica del sistema fluvial a tales cambios de aporte sólido.

Obras de mitigación del tipo difuso (prácticas agropecuarias adecuadas, reforestación) actúan más sobre la reducción de la fracción fina, mientras que las medidas estructurales (protección de laderas, obras transversales en la red fluvial), lo hacen más sobre la fracción gruesa. De todos modos, en ambos tipos de intervención, se tendrá una reducción en ambas fracciones.

2. Aportes desde la cuenca del río San Francisco.

A los fines de evaluar cómo se comporta el sistema ante una variación de la carga sólida aportada, se realizó una corrida considerando una reducción del aporte sólido grueso en la sección de inicio del río Grande, del 30 % del aporte total (ver punto b.3) 1 iii.4.). Una reducción del monto mencionado puede asociarse a acciones difusas en la cuenca, como prácticas agropecuarias especiales de protección del suelo.

Los resultados obtenidos resultan coincidentes a lo observado en el río Bermejo Superior. La disminución del caudal sólido grueso ingresante al río Grande se traduce en una erosión en las primeras secciones, con menores deposiciones en la zona anastomosada que las verificadas en la situación actual. Al incorporarse los tributarios, el río toma las mismas características que en la modelación del escenario actual, por lo que se concluye que la reducción del caudal sólido modelada es recuperada casi en su totalidad en el mismo río Grande, y parte en el San Francisco, sin afectar al resto del sistema, esto es, sin variaciones en el aporte al río Bermejo Inferior en la Junta de San Francisco.

Es oportuno resaltar las limitaciones de datos básicos disponibles en este sistema, ya descriptas a lo largo del informe, que hacen que los resulta-

dos obtenidos de la modelación deban considerarse cualitativamente. Este hecho, sumado a considerablemente menor aporte sólido del río San Francisco frente al del Bermejo Superior (20 % vs. 80 % del total ingresante al Bermejo Inferior), motivó no analizar otros escenarios.

Sobre el comportamiento de los limos y arcillas en suspensión, vale lo expresado en el punto anterior.

b. 2) Recopilación de antecedentes e información básica: **i. Perfiles transversales y granulometrías del material del lecho, resultantes de las tareas de campo realizadas en el marco del PEA.**

Como se expresara en los puntos a.1) y a.2), las tareas de campaña consistieron básicamente en el levantamiento de perfiles transversales del río, toma y análisis de muestras de sedimentos del lecho, y realización de aforos líquidos y sólidos en la zona de El Sauzalito. En el punto a.2) ya se analizaron los datos relacionados con el muestreo de material del lecho del río Bermejo en la zona en estudio. En este caso se tratará sobre los perfiles transversales del río levantados.

Las tareas de campo fueron realizadas en el marco del PEA por la Dirección de Aguas y Suelos de la provincia de Formosa y por la Administración Provincial de Aguas (APA) de la provincia del Chaco, las que presentaron sendos informes con el detalle de las tareas realizadas (Dirección de Aguas y Suelos, Departamento de Hidrometría y Calidad, Formosa, 1998; Administración Provincial del Agua, Chaco, 1998).

La Dirección de Aguas y Suelos de Formosa efectuó el levantamiento de tres perfiles transversales: Santa Rita, El Potrerito y San Camilo, los que se presentan en las Figuras N° 54, 55 y 56.

El APA de Chaco realizó seis relevamientos de perfiles: Paraje La Aurora (Estancia Zizuela) (Figura N° 57), Presidencia Gral. Roca (Figura N° 58), puente Gral. Lavalle (Figura N° 59), en el Km. 503 (Formosa) (Figura N° 60), Puesto La Victoria (Formosa) (Figura N° 61), y El Colgado (Salta) (Figura N° 62). Los perfiles se encuentran referenciados al cero del IGM.

Más detalles sobre los levantamientos efectuados se presentan en las respectivas referencias ya citadas.

ii. Datos de niveles y caudales líquidos, y caudales sólidos, en todas las estaciones de la red de mediciones de EVARSA.

Como ya se expresara, la única estación de aforos operativa en la cuenca inferior del río Bermejo es la de El Colorado, cuyos datos disponibles ya se han especificado y analizado. Existen sí algunas estaciones hidrométricas en la zona, las que se especifican en el siguiente cuadro, con el detalle de su ubicación:

Código	Estación	Provincia	Latitud	Longitud	Cota cero (m. IGM)
E9	Santa Rita	Formosa	24:08 S	62:13 O	-
E10	El Potrerito	Formosa	24:18 S	61:48 O	-
E11	La Victoria	Formosa	25:01 S	60:50 O	-
E12	Pto. Lavalle	Chaco	25:39 S	60:07 O	98.57
E13	El Colorado	Formosa	26:20 S	59:21 O	67.11
E14	Gral. Mansilla	Formosa	26:39 S	58:37 O	50.92

La estación Santa Rita es operada por la Dirección Provincial de Vialidad de Formosa. Las mediciones se realizan sobre una serie de escalas colocadas en la estructura donde se encuentran las bombas, las que suministran agua a la localidad de Ingeniero Juárez a través de un canal. Debido a que la toma se encuentra sobre la margen del río, sólo se miden datos de altura cuando el río esta crecido. No se conoce la cota del cero de la escala. Las mediciones de alturas comenzaron a realizarse a partir de octubre de 1996, y se han recopilado los datos diarios disponibles desde esa fecha hasta 1998.

La estación La Victoria es también operada por la Dirección Provincial de Vialidad. Las mediciones se realizan sobre escalas colocadas en la estructura de toma. Las bombas alimentan un canal, el cual abastece de agua a la localidad de Pozo del Tigre. Tampoco se conoce la cota del cero de la escala. Las mediciones de alturas comenzaron en noviembre de 1996. Actualmente la estación tiene problemas de atarquinamiento en el canal de entrada hacia las bombas, por lo cual las alturas leídas pueden estar influenciadas por este hecho. Se recopilaron todos los datos disponibles.

La estación Puerto Lavalle es operada por el APA de Chaco. Las mediciones se realizan dos veces por día sobre tramos de escalas colocadas en las pilas del puente. El cero de la escala se encuentra a cota 98.567 m. IGM (Brea, J.D.; Busquets, M.S.; Spalletti, P.D.; 1996). Se recopiló la información diaria desde 1992 a 1998.

La estación El Colorado, como ya se expresara, es operada por EVARSA, y dispone de un limnómetro y una escala que sirve para contrastar al primero. La escala se encuentra sobre una de las pilas de la estructura de toma de agua que abastece a la localidad de Gral. San Martín. EVARSA realiza los aforos en esta sección con una frecuencia que varía de uno por mes en las épocas de crecida a uno cada tres meses en la época de estiaje. La Dirección de Aguas y Suelos de Formosa también recoge la información de dicha escala a través de la policía provincial. De acuerdo a los datos obtenidos, el cero de la escala se encuentra actualmente a cota 67.105 m. IGM.

En la estación Gral. Mansilla los datos de niveles de agua son observados por la policía de la provincia de Formosa, la cual los envía a la Dirección de Aguas y Suelos. Se recopilaron datos desde diciembre de 1992, existiendo discontinuidades en las series ya que en un principio no se recogían las mediciones en la época de estiaje. El cero de la escala se encuentra a cota 50.92 m. IGM (Brea, J.D.; Busquets, M.S.; Spalletti, P.D.; 1996).

En cuanto a la estación El Potrerito, la escala estaba ubicada del lado interior en la obra de la pretoma del embalse de Laguna Yema, razón por la cual la lectura no era representativa de la altura del río. Por otra parte, el río se alejó de la pretoma por lo que fue necesario realizar un canal para guiar el escurrimiento. Debido a estos problemas, y a que se cuenta con el dato de la estación La Victoria, no se consideró esta estación.

iii. Datos pluviométricos y pluviográficos en todas las estaciones de la red.

En las Tablas N° 22 y 23 se presentan las estaciones que componen la red pluviométrica pertenecientes a la provincia de Formosa y Chaco respectivamente.

iv. Relevamientos de secciones transversales en correspondencia con las estaciones de la red de EVARSA.

El conocimiento de la evolución en el tiempo de una sección transversal de un río, es un dato de gran importancia a la hora de evaluar el comportamiento morfológico del mismo en ese lugar. Por esta razón se trató de reunir la mayor cantidad de información básica disponible en este sentido.

Las estaciones de aforo manejadas por EVARSA, constituyen una fuente importante de información, ya que en cada aforo se levanta la sección transversal. Fue así que se destinó una comisión a la sede de la Gerencia de EVARSA del Noreste, en la ciudad de Corrientes, donde se procedió a la recopilación de la información histórica necesaria, directamente de las planillas de aforo. Debe tenerse en cuenta que la

información volcada en dichas planillas tiene como fin específico la determinación del caudal, y no la evolución de la sección transversal del río, razón por la cual pueden encontrarse inconvenientes a la hora de su utilización a tal fin.

Como ya se indicara, en la Cuenca Inferior del río Bermejo existe sólo una estación de aforo en El Colorado. La gran cantidad de información existente en planillas, ya que las mediciones se realizan en esta estación desde el año 1968 a la fecha y con frecuencias que varían desde aforos diarios hasta mensuales, hizo necesaria la identificación de períodos de interés, por lo que se procedió a la recopilación de las secciones transversales correspondientes a caudales característicos, uno por mes durante la década del 80.

Las alturas especificadas en las planillas de aforos son tomadas respecto al nivel de la superficie del agua, especificándose en cada caso el valor de la lectura de escala en el momento de la medición. No se hace referencia a la cota del cero respectivo, por lo que fue necesario investigar la variación histórica del cero de la escala, ya que a los fines perseguidos, los perfiles deben estar relacionados a un nivel de referencia común. En el cuadro siguiente se detallan los valores respectivos según los períodos:

PERÍODO	COTAS DPV
Desde 20/11/68 hasta marzo 1976	63.21 m.
Desde 7/9/76 hasta 31/12/76	64.13 m.
Desde abril 1977 hasta finales 1983	64.92 m.
Desde 1/1/84 hasta la fecha	63.86 m.
	(67.105 m. IGM)

NOTA: Las fechas límites de los períodos son aproximadas, ya que no se conocen con certeza.

La estación de aforo al comienzo del período de registro estaba ubicada unos 1500 m. aguas abajo del puente carretero, realizándose el aforo mediante bote y maroma. Desde el año 1986, la sección de aforo pasó a estar aproximadamente a 400 m. aguas abajo del mismo puente, donde se instaló el sistema de cable con vagoneta. Más allá de este cambio de ubicación, la cota del cero de la escala ha variado, debido a corrimientos de la misma, pérdida de tramos de escala en épocas de crecidas y posteriormente repuestos.

En la Figura N° 63 se han graficado superpuestos perfiles transversales del río correspondientes a fechas con altos valores de caudal líquido, desde febrero del año 1981 hasta marzo del año 1989. Allí queda reflejado el citado cambio de ubicación de la sección de aforo, ya que hasta el año 1986 las mayores profundidades se concentran hacia la mar-

gen izquierda (provincia de Formosa), mientras que los años siguientes lo hacen sobre la margen derecha (provincia de Chaco). Estos cambios obedecen a que el río en esta zona desarrolla meandros, que determinan la ubicación de las zonas de mayores velocidades del escurrimiento en correspondencia con las zonas erosionadas.

En las Figuras N° 64 a 72, se han superpuesto los perfiles transversales año por año, detallándose el caudal correspondiente a cada sección graficada, con el fin de poder apreciar las variaciones de la sección en el transcurso del período de aguas altas anual. De acuerdo a las averiguaciones realizadas con técnicos de EVARSA, hasta el año 1983 pueden resultar dudosos los valores de los ceros, siendo definitivamente más confiables los datos a partir del año 1986. También debieron hacerse correcciones sobre el origen de las progresivas, y desde qué margen estaban consideradas. Gracias a la colaboración de los técnicos de EVARSA pudieron solucionarse estos inconvenientes en cada caso, dando como resultado los gráficos presentados en las figuras precitadas.

El proceso de elaboración de los gráficos explicado permite comprender que los resultados obtenidos no son exactos, pero si adecuados para los fines perseguidos.

Es oportuno recordar que la frecuencia de los aforos fue variando con los años, desde dos aforos por día (mañana y tarde), a sólo un aforo por mes, hasta el día de hoy en que sólo se realiza un aforo por mes en aguas altas. Esto está relacionado con el hecho que, para evaluar las modificaciones de la sección, es importante conocer no sólo el caudal pasante en el momento del aforo, sino los antecedentes al mismo y su duración. De allí que, en algunos casos, se evidencian mayores erosiones y/o deposiciones que las que corresponderían al caudal aforado.

En la ya citada Figura N° 63, de la comparación de las secciones realizada teniendo en cuenta las explicaciones efectuadas en los párrafos precedentes, puede observarse la variación del perfil transversal del río. Para caudales de hasta 2000 m³/s, aproximadamente, la variación del perfil parece acotada, hasta una cota mínima de 66 m. IGM. Para caudales mayores, se nota un aumento pronunciado del área erosionada.

A partir de un estudio estadístico de los caudales, se ha comprobado que la ocurrencia de desbordes en el tramo del río Bermejo Inferior se verifica para caudales líquidos de alrededor de los 2200 m³/s (Brea, J.D.; Busquets, M.S.; Spalletti, P.D.; 1996; capítulo c) del presente informe). Por consiguiente valores mayores de 2000 m³/s, constituyen prácticamente el orden de los máximos esperables en la sección de El Colorado (máximo registrado: 2362 m³/s el 14 de marzo de 1985). Se aprecia que supe-

rando ese umbral, también se tienen efectos notables en la configuración de la sección del río en la zona, como se observa para los perfiles del 25/4/1984 (2241 m³/s) y 15/3/1985 (2145 m³/s).

En la Figura N° 64 se presenta la comparación de los perfiles transversales para el período 1980-81. Puede apreciarse que, más allá de las correcciones efectuadas a partir de las indicaciones de los técnicos de EVARSA, hay no obstante incoherencias, que en este caso impiden inferir características del funcionamiento del río.

Este hecho empieza a verse mitigado a partir del período 1981-82, tal como puede apreciarse en la Figura N° 65, especialmente para el año 1982. Se observa la ya señalada concentración de las mayores profundidades sobre margen izquierda. La evolución del perfil en el tiempo combina situaciones de profundizaciones sobre margen izquierda acompañadas de deposiciones sobre la margen opuesta, con otras con variaciones más uniformes en todo el ancho. Los perfiles inicial y final del período analizado tienen configuraciones similares. La profundización máxima desde enero de 1982 está en el orden de los 2.2 m., llegando a una cota de 67 m. IGM.

En la Figura N° 66 se presenta la comparación de secciones para el período 1982-83. El comportamiento observado es similar, con fuertes deposiciones sobre la margen derecha que son posteriormente removidas. Contrastando el primer perfil (16/10/82) con el último (6/7/1983), se aprecia una configuración similar. La profundización máxima en este caso está en el orden de 1 m. La cota mínima alcanzada también está en el orden de los 67 m.

La Figura N° 67 corresponde al período 1983-84, que presentó caudales importantes, tanto en el valor del pico como en la duración, lo que se ve reflejado en la configuración de los perfiles. Nuevamente en este caso, los perfiles iniciales y finales tienen similar configuración. En el cuadro siguiente se presentan los valores de las cotas del talweg de cada sección, a partir de los perfiles del gráfico:

Fecha	cota talweg (m)	QI (m ³ /s)
08/10/83	67.05	67
24/01/84	64.76	1244
22/02/84	64.10	1554
25/04/84	63.38	2241
04/05/84	63.49	1052
07/06/84	64.25	400
20/09/84	66.40	115
18/10/84	66.37	70

Desde el perfil del 8/10/1983, de cota de talweg 67.05 m. IGM, se llega a una cota mínima de 63.38 m. IGM el 25/4/1984 (profundización de 3.67 m.). Para setiembre - octubre del mismo año se tiene una cota de 66.40 m. IGM, lo que da una erosión final de 0.65 m, entre el inicio y el fin del período de análisis (que implica una sedimentación de 3 metros respecto de la cota mínima señalada).

De acuerdo a los análisis efectuados, el descripto aparece como el funcionamiento normal de los procesos de erosión - sedimentación en la zona: desde una cota inicial del lecho del río, conformada definitivamente durante el período de aguas bajas, comienzan a observarse erosiones a medida que escurren los altos caudales propios del período de aguas altas. De este modo se llega a un estado de erosión máxima, a partir del cual se desarrolla una recuperación del nivel del lecho (sedimentación), que termina en un nuevo nivel del fondo para aguas bajas. Los valores de erosión - sedimentación están asociados a la magnitud y duración de los caudales del río.

La Figura N° 68 corresponde al período 1984-85, que también presentó caudales importantes en pico y duración. La comparación de los perfiles presenta algunas incongruencias, seguramente producto de las fuentes de error señaladas al comienzo, en especial en los perfiles de los meses de enero y febrero de 1985. Se cumple, no obstante, también aquí, que los perfiles iniciales y finales tienen similar configuración. Si no se consideran los perfiles señalados, se tiene una profundización máxima de 2.81 m, con una cota mínima de 63.30 m. IGM.

Los períodos 1983-84 y 1984-85 se caracterizaron por una duración mayor a la normal del período de crecientes, con altos valores de caudales que llegaron a los meses de abril y mayo.

La Figura N° 69 corresponde al período 1985-86. Como ya se expresara, en 1986 la estación de aforo cambió de ubicación, pasando a estar unos 400 m. aguas abajo del puente. También en este período los perfiles iniciales y finales tienen similar configuración, siendo las cotas del talweg de

66.15 y 66.29 m. IGM, respectivamente.

La Figura N° 70 corresponde al período 1986-87. Se cumple la similar configuración de los perfiles iniciales y finales. Se observa la ya señalada concentración de las mayores profundidades sobre la margen chaqueña, a partir del cambio de la sección de aforo. La profundización máxima alcanzada fue de 0.50 m, correspondiente a una cota del lecho de 65.78 m. IGM.

Similares conceptos pueden expresarse a partir de la Figura N° 71, correspondiente al período 1987-88. En este caso la profundización máxima alcanzada fue de 1.30 m, correspondiente a una cota del lecho de 65.48 m. IGM.

Finalmente, en la Figura N° 72 se presenta la com-

Resulta interesante en este caso agregar al análisis los resultados obtenidos del estudio de suelos realizado en El Colorado, que se presenta como Anexo II. En el cuadro siguiente se resumen los porcentajes de cada fracción de material presente, surgidos del sondeo.

Luego de una capa de un metro con abundante material limoso, viene un manto de seis metros de espesor compuesto mayoritariamente por arenas, con predominio de la fracción muy fina. Es en este manto en el que se desarrollan fundamentalmente los procesos de erosión/ deposición hasta aquí descritos. La cota inferior de este estrato (63.66 m. IGM) es muy cercana a los valores máximos de erosión registrados en el presente estudio. A partir de esa cota, si bien el material sigue

Cota (m. IGM)	Limo grueso (31 - 62 μ m.)	Arena muy fina (62 - 125 μ m.)	Arena fina (125 - 250 μ m.)
69.66			
68.66	38	59	3
63.66	12	61	27
60.16	12	50	38

paración de los perfiles recopilados para el período 1988-89, donde también valen los conceptos anteriormente expresados. En este caso la profundización máxima alcanzada fue de 1.20 m, correspondiente a una cota del lecho de 65.54 m. IGM.

En la Figura N° 73 se presenta la evolución de la sección transversal a partir de los aforos disponibles en el período enero a mayo del año 1998. Puede apreciarse que el comportamiento observado coincide con el descrito en los párrafos precedentes.

En la Figura N° 74 se presenta el hidrograma de caudales a partir de los aforos en la estación El Colorado, para el período 1980-89, con el fin de poder apreciar la magnitud y duración de los caudales, y compararlos con los análisis de la evolución de las secciones realizados.

Como conclusión general del análisis efectuado, tomando como punto de partida el año 1986, en el que los datos se hacen más confiables, puede decirse que en El Colorado:

* comparando épocas de aguas bajas, las secciones transversales se mantienen similares en su forma y en la cota del lecho en la zona más profunda, que se ubica alrededor de los 67 m. IGM, siempre sobre margen derecha, en el período analizado.

* se observa en los períodos de crecida, y siempre sobre margen derecha, una profundización del orden del metro.

En el caso de crecidas de importancia, tanto en el valor como en la duración de los caudales (por ejemplo, períodos 1983-84 y 1984-85, ver Figura N° 74), se manifiestan erosiones mayores, con cambios de forma de la sección, llegándose a cotas mínimas del lecho que apenas superan los 63 m. IGM.

siendo arenoso, hay un aumento de la proporción de las arenas finas frente a las muy finas, que dan un mayor diámetro representativo a la mezcla. Si bien estos comentarios se realizan a partir de una sola perforación, los resultados obtenidos concuerdan con los análisis de la evolución del talweg del río Bermejo en El Colorado.

En la Figura N° 75 se presenta la evolución de la cota de dicho talweg para el período analizado. Se graficaron los datos desde el período 1981-82 hasta el 1988-89, unificándolos a pesar del cambio de la ubicación de la estación intermedio, a fines comparativos. Se incluyó también la recta correspondiente al nivel medio del talweg en el período, que resultó de 66.41 m. IGM. Se observa el funcionamiento antes descrito, resultando de interés el comportamiento en las épocas de altos caudales. En efecto, después de las fuertes erosiones del período de aguas altas 1983-84, no se llegó a una recuperación de la sección a su cota original. Lo mismo para 1984-85, verificándose en el resto del período el proceso de erosión - deposición descrito para crecidas normales del río.

Es de hacer notar que aún después del período de aguas altas (mayo), y hasta los meses de caudales mínimos (setiembre), se observan variaciones de la configuración de la sección transversal del río.

En la Figura N° 76 es similar a la anterior, presentando los valores de erosión o sedimentación en función del tiempo.

En el punto a.3), se presentaron los aforos sólidos de los sedimentos suspendidos en las estaciones El Yacaré y El Colorado, que se grafican en la citada Figura N° 48. Se señaló el hecho que las

concentraciones en El Colorado son, en general, mayores que en El Yacaré, especialmente para caudales altos. El Yacaré se encuentra unos 389 km. aguas arriba de El Colorado, ver Plano N° 1.

En base a los análisis comparativos de secciones realizados, se construyó la Figura N° 77, en la que se ha graficado el área erosionada en El Colorado en función del caudal líquido, para períodos de aguas altas. Deben recordarse aquí las dificultades en vincular en corte y altimétricamente las secciones estudiadas, por lo que este gráfico tiene sólo un valor general, sirviendo al presente análisis.

Si consideramos un caudal líquido de 1250 m³/s (medio del período de aguas altas para la década del 80), del gráfico presentado se obtiene un área media erosionada en la sección El Colorado de 200 m². Si se considera dicho caudal escurriendo durante el período de aguas altas (diciembre a abril), y la misma área erosionada sobre un tramo de longitud igual a la distancia entre El Yacaré y El Colorado, puede tenerse una idea de la magnitud del volumen de material resuspendido (Q_s resusp EY-EC) en el tramo en estas condiciones. El valor resultante en este caso es:

$$Q_s \text{ resusp EY-EC} = 6 \text{ m}^3/\text{s}$$

Considerando un peso específico de 1.3 t/m³, se tiene un incremento del caudal sólido debido a la resuspensión de 7800 kg/s.

En la Figura N° 78 se ha repetido el gráfico de la Figura N° 48, pero se han dibujado aproximaciones logarítmicas de los valores de concentración en El Yacaré y El Colorado. Para un caudal de 1250 m³/s, la diferencia de concentración entre ambas estaciones es de aproximadamente 4.7 kg/m³, por lo que el caudal sólido diferencia resulta:

$$Q_s \text{ dif EY-EC} = 4.7 \text{ kg/m}^3 \times 1250 \text{ m}^3/\text{s} = 5875 \text{ kg/s}$$

Como puede apreciarse, los valores de Q_s obtenidos por ambos caminos son del mismo orden de magnitud, y que pueden considerarse iguales a los fines prácticos, si se tienen en cuenta las simplificaciones realizadas en la estimación, y que estamos trabajando con parámetros de gran dispersión.

Con esto se llega a una importante conclusión cualitativa acerca del funcionamiento hidrosedimentológico del río Bermejo Inferior: los altos caudales pueden generar resuspensiones del material del lecho del río, de magnitud tal que son acusadas por las mediciones. El análisis comparativo de secciones efectuado muestra que luego se producen procesos de sedimentación, que, en condiciones normales de caudal, restablecen aproximadamente la forma y cota de la sección transversal.

Todos los análisis hasta aquí efectuados, en base a las granulometrías del material del lecho, a los estudios de suelos, y a la evolución en el tiempo de la sección del río en El Colorado, permiten concluir que en situación de crecida el Bermejo Inferior se comporta como un río de arenas muy finas. Los limos encontrados en abundancia en los muestreos superficiales durante aguas bajas, son depositados en los meses posteriores al período de aguas altas, y son los que dan la configuración definitiva a las secciones hasta el siguiente período de crecidas. Esta conclusión fue confirmada a partir de las corridas del modelo morfológico implementado, quedando demostrado, como se verá en puntos siguientes, que tanto las erosiones del lecho durante los picos de las crecidas, como las deposiciones en las mismas secciones en las zonas de recesión de los hidrogramas, resultan bien explicadas utilizando ecuaciones que calculan el transporte total de arenas.

v. Cartografía de toda la CI, a la menor escala disponible. Líneas de nivelación del IGM en la CI.

La cartografía IGM a escala 1:500000 disponible en el INA posibilitó la digitalización de un plano general de la cuenca del río Bermejo (Plano N° 1). A tal fin se emplearon las siguientes cartas (que incluyen las de la Alta Cuenca):

HOJA N°	NOMBRE	HOJA N°	NOMBRE
2366	La Quiaca	2557	Clorinda
2363	Tartagal	2760	Corrientes
2566	Salta	2360	Fortín Pilcomayo
2563	Monte Quemado	2767	Posadas
2560	Pirané		

En el mismo plano se puede observar la ubicación de las líneas de nivelación del IGM, con las cotas de los puntos fijos correspondientes. También se han volcado los puntos geográficos más destacables de la cuenca del río Bermejo, considerando entre otros, la ubicación de las estaciones de aforo, perfiles transversales recopilados y relevados, rutas, ciudades, y la red hidrográfica.

vi. Imágenes satelitales de la zona de estudio, a escala tal que permita el reconocimiento de cambios morfológicos en los ríos de la red (cambios del ancho, etc). En particular el juego de imágenes satelitales con cobertura total del período seco del año 1997, adquiridas por el Proyecto PEA.

En este caso el PEA proveyó a este Laboratorio el juego de imágenes Landsat adquirido para el desarrollo del Programa, correspondientes al período seco de 1997. El detalle de las mismas es el siguiente: (ver cuadro en pie de página)

Dichas imágenes fueron de suma utilidad a la hora de determinar cambios morfológicos en planta del río a modelar, anchos del valle y del curso de agua, etc.

vii. Fotografías aéreas de la zona de estudio, a escala adecuada para cumplir los mismos requerimientos citados en el ítem anterior.

Se obtuvieron fotografías aéreas parciales de la zona, que no cubren la totalidad de la cuenca. No obstante, las imágenes satelitales descriptas en el punto anterior, cubren las necesidades de información básica que se pretendía recopilar a los fines del estudio.

viii. Estudios de trabajos afines realizados en la zona.

Se presentan en el capítulo Referencias los estudios y trabajos encontrados referentes a la Cuenca Inferior del río Bermejo, y la bibliografía básica y estudios afines utilizados.

ix. Aforos en la estación El Sauzalito.

Como ya se expresara, la falta de información

de caudales líquidos y sólidos en la Cuenca Inferior, motivó la necesidad de instalar una nueva estación de aforos. La sección elegida fue la de El Sauzalito (Chaco), frente a El Silencio (Formosa), ubicada en la zona del interfluvio Bermejo-Bermejito (zona de desbordes), aguas arriba de la estación El Yacaré, hoy fuera de servicio.

La instalación y operación de la estación estuvo a cargo de EVARSA, y los resultados obtenidos (niveles líquidos, aforos líquidos y sólidos) se presentan en el Anexo III. En el siguiente cuadro se resumen los resultados de los aforos efectuados: (ver cuadro en página siguiente)

b.3) Interpretación y análisis de la información básica.

i. Delimitación del área de estudio y definición de la red de cauces a modelar.

El área de estudio es la Cuenca Inferior del río Bermejo, mientras que el modelo morfológico se realizó sobre dicho río, desde la Junta de San Francisco hasta el puente de la Ruta N° 11, donde se tienen mediciones diarias de nivel líquido (estación L.V.Mansilla).

En la situación actual, los caudales ingresantes surgen de la suma de los del río Bermejo Superior (estación Pozo Sarmiento) y del río San Francisco (Caimancito). Para los escenarios de análisis, se trabajó a partir de resultados de los estudios de la Alta Cuenca (Brea, J.D.; Busquets, M.S.; Spalletti, P.D.; 1999).

El cauce se esquematizó mediante secciones transversales obtenidas a partir de los relevamientos realizados en el marco del estudio, de la información específica adicional recopilada, en combinación con las imágenes satelitales provistas por el PEA.

ii. Elaboración de los datos batimétricos y de sedimento.

Los datos batimétricos necesarios para la implementación del modelo ya están elaborados, todos referidos a cota IGM (ver puntos a.1) y b.2) i.). Lo mismo puede expresarse en lo referente a los datos de sedimento (puntos a.1) y a.3)). En el punto b.4) se volverá sobre el tema.

CTRIMG	PATH	ROW	limsupizq_y	limsupizq_x	FAJA
28595	P226	078	5578373	7227851	5
28596	P226	079	5540436	7062738	5
28597	P227	078	5426075	7228070	5
28471	P227	079	5390192	7068522	5
28472	P228	077	5305327	7389082	5
28473	P228	078	5271043	7228616	5
28348	P228	079	4558000	6938375	4
28349	P229	076	4489567	7545382	4
28350	P229	077	4452612	7386692	4
28225	P229	078	4416692	7228867	4

Aforo N°	fecha	Ql (m3/s)	Qs finos (kg/s)	Qs gruesos (kg/s)
1	20/01/99	810	5180	1543
2	02/02/99	1438	8316	3125
3	03/02/99	1466	9436	2115
4	13/03/99	1501	14515	3642
5	24/03/99	1903	9548	3972
6	25/03/99	1989	9800	4167

iii. Analizar estadísticamente los niveles y caudales. Determinar los caudales característicos de los cauces de la red, incluyendo caudales de diseño para los escenarios de aplicación del modelo matemático.

Los datos básicos de la estación El Colorado, se encuentran disponibles desde el año 1968, pero debido a modificaciones en la ubicación del cero de la escala y a los cambios de la sección por el escurrimiento, sólo se ha podido relacionar la altura con su caudal respectivo en distintos períodos. Así, en EVARSA, utilizan leyes altura - caudal (H - Q), según los años. A continuación se detallan las ecuaciones correspondientes:

ECUACIONES	PERÍODO
$Q = 10.823 (H - 0.05)2.446$	01/11/68 al 31/12/70
$Q = 14.219 (H - 0.05)2.297$	01/01/71 al 31/12/72
$Q = 14.968 (H - 0.05)2.343$	01/01/73 al 31/12/76
$Q = 17.114 (H - 0.0001)2.359$ si $H < 5.67$ m.	
$Q = 21.226 H^2 + 89.305 H - 161.767$ si $H > 5.67$ m.	01/01/77 al 31/12/97

En la Figura N° 79 se puede observar la expresión correspondiente para el último período (1977 / 97).

Como una aproximación a todos los valores leídos de escala hidrométrica en la misma estación entre los años 1968 a 1994, el INCyTH propuso la siguiente expresión (Brea, J.D.; Busquets, M.S.; Spalletti, P.D.; 1996):

$$Q = 13.56 H^{2.45}$$

Esta expresión no aproxima bien para valores de lectura de escala superiores a 7 m., siendo necesario el empleo de otras ecuaciones que contemplen el cambio de la sección para grandes gastos.

A su vez, con los datos de caudales medios diarios se ha elaborado la curva de duración de caudales histórica (período 1968/1997). Del mismo modo se ha confeccionado la curva de duración anual característica de caudales medios diarios, para los años con datos completos (Figura N° 80), de acuerdo con la modalidad seguida para la preparación de datos para los modelos morfológicos de la Alta Cuenca del Bermejo (Brea, J.D.; Busquets, M.S.; Spalletti, P.D.; 1999).

b.4) Modelo de transporte.

Con el objetivo de evaluar el transporte sólido y el cambio morfológico del cauce del río Bermejo Inferior, se implementó el Modelo Morfológico del Río Bermejo Inferior. La herramienta de cálculo utilizada a tal fin fue el programa MIKE 11, que es un software desarrollado por el Danish Hydraulic Institute (DHI) para la simulación de escurrimientos, transporte de sedimentos y calidad de aguas en ríos.

El módulo hidrodinámico del MIKE 11 está desarrollado en un esquema en diferencias finitas para un escurrimiento impermanente en ríos.

El programa es capaz de describir condiciones de flujo subcrítico o supercrítico a través de esquemas numéricos, los cuales se adaptan a las condiciones de flujo local (en tiempo y espacio). También incluye módulos computacionales avanzados para estudiar el escurrimiento sobre estructuras hidráulicas, con posibilidades de analizar la operación de las mismas. Además permite el estudio de descargas laterales puntuales o distribuidas y el comportamiento de planicies de inundación en situaciones de crecidas y su interacción con el cauce principal, entre otras aplicaciones.

El esquema computacional en el que se basa el MIKE 11 permite aplicarlo a un escurrimiento unidimensional, cuya solución se basa en las ecuaciones de continuidad y momenta, en un esquema en

diferencias finitas (Abbott y Ionescu).

La utilización del modelo hidrodinámico permite la evaluación de niveles, caudales y velocidad de un escurrimiento unidimensional en diferentes secciones del río, a través del tiempo.

El módulo de transporte de sedimentos no cohesivos puede ser usado en dos modos: explícito y morfológico. En el primer caso se requiere como dato de entrada la salida del módulo hidrodinámico en lo que hace a niveles y caudales líquidos, en el tiempo y el espacio. No hay actualización de los datos hidrodinámicos a partir de los cambios en las condiciones de transporte sólido calculados en base a dichos datos. En estas condiciones, los resultados obtenidos son relaciones de volúmenes de sedimento transportado, y determinación de zonas y volúmenes de depósito o de erosión. El modo explícito es aplicable cuando es improbable la existencia de cambios morfológicos significativos. La utilización del modelo en este modo genera importantes ahorros en los tiempos de las corridas.

En el modo morfológico, que fue el usado en el presente estudio en virtud de las características del río ya explicadas a lo largo del informe, el transporte de sedimentos es calculado en tandem con el módulo hidrodinámico. En este caso los resultados obtenidos son las tasas de transporte de sedimento, cambios en el nivel del lecho, cambios en la resistencia al escurrimiento, dimensiones de formas de fondo, etc. En estas condiciones se incrementa considerablemente el tiempo de máquina, pero se logra una representación muy superior de la dinámica de los procesos aluviales.

El módulo de transporte, en cualesquiera de los modos, cuenta con cuatro modelos para el cálculo del transporte de sedimentos. Los modelos de Engelund - Hansen y de Ackers - White permiten el cálculo del transporte total de arenas, mientras que los de Engelund - Fredsoe y de Van Rijn permiten el cálculo por separado de las componentes en suspensión y de fondo. De acuerdo a los análisis previos, se aplicó en este caso el modelo de Engelund - Hansen, en virtud de la buena correspondencia entre los valores medidos y calculados del transporte de arenas en la estación El Colorado (ver punto a.3).

i. Implementación del modelo.

La implementación del modelo descrito anteriormente requiere la definición de condiciones de borde e iniciales. Para la correcta aplicación del mismo, es necesario conocer los datos geométricos de la sección transversal del río en cada punto de la grilla adoptada, los caudales ingresantes, ya sean líquidos y sólidos, como así también, la composición granulométrica del lecho en el mayor número posible de puntos de la red a modelar.

Debe destacarse que, tal como se ha descripto a lo largo del presente informe, el río Bermejo en su Cuenca Inferior presenta una serie de particularidades, que hacen de la implementación de un modelo morfológico que simule su funcionamiento una tarea compleja. En efecto, los procesos de erosión con el paso de las crecidas y los posteriores procesos de sedimentación (punto b.2) iv.), los cambios en las características granulométricas del material del lecho asociados a dichos procesos (punto a.3)), los desbordes producidos en situación de crecidas importantes (punto c)), las grandes cantidades de sedimento transportado, son algunas de las variables que debe considerar el modelo para lograr una buena representación.

A esto debe sumarse que la información hidro-sedimentológica de base disponible no resulta la adecuada para dar respuesta a todos los interrogantes planteados. No obstante, y como se verá en los puntos siguientes, se ha logrado una correcta simulación de los procesos en juego.

A continuación se analiza cada uno de los datos básicos necesarios considerados.

1. Secciones transversales.

Tal como ya se expresara, el modelo morfológico del río Bermejo Inferior abarca desde aguas abajo de la Junta de San Francisco hasta la Ruta N° 11, en la cercanía de las localidades de L.V.Mansilla (Formosa) y Colonia Vélaz (Chaco) (Plano N° 1, Figura N° 81). La longitud de río modelada es de 1125 km, correspondiendo la progresiva 0 a la sección "aguas abajo Junta San Francisco", y la progresiva 1125 a la sección "L.V.Mansilla".

Las secciones transversales del río utilizadas para la implementación fueron las recopiladas de antecedentes y las relevadas en el marco del PEA, descriptas en los puntos a.2) y b.2). El trabajo fue completado con un análisis realizado sobre las imágenes satelitales disponibles, a partir del cual se definieron anchos de valle y de río, que permitieron una esquematización adecuada. De este modo, se definieron secciones cada 20 km. Finalmente, por interpolación de las anteriores, quedó un esquema con secciones cada 5 km.

Debe señalarse que tanto las secciones relevadas como las recopiladas de estudios antecedentes recientes corresponden a períodos de aguas bajas. Como se verá más adelante, las corridas de calibración y verificación, realizadas para distintos años, parten de las cotas del lecho dato de dichas secciones como condición inicial, siendo que las mismas seguramente fueron diferentes en cada período. Esto se refleja en los resultados obtenidos tal como se verá oportunamente.

En el cuadro siguiente se presentan las progresivas correspondientes a secciones características,

para permitir su rápida ubicación:

Sección	Progresiva (km)
Aguas abajo Junta de San Francisco	0
El Algarrobal	58.0
El Colgado	138.7
Fortín Belgrano	287.9
Santa Rita	310.7
El Potrerito	393.3
El Sauzalito	425.3
El Yacaré	451.8
San Camilo	478.4
Puesto La Victoria	601.2
Km. 503	712.5
Puerto Lavalle	772.5
Presidencia Roca	938.8
El Colorado	996.0
Paraje La Aurora	1052.6
L.V.Mansilla	1125.0

2. Caudales y niveles líquidos.

Los caudales líquidos ingresantes en el borde aguas arriba del modelo fueron la suma de los caudales diarios de las estaciones Pozo Sarmiento (río Bermejo Superior) y Caimancito (río San Francisco).

En realidad, ambas estaciones están alejadas de la Junta de San Francisco, más aún Caimancito (Plano N° 1), y, si bien no existen en el trayecto aportes de importancia, cabría pensar que el hidrograma resultante de la suma directa de los caudales diarios en ambas estaciones fuera diferente del que surgería del traslado desde cada estación hasta la Junta por los respectivos ríos.

Por esta razón se realizó una corrida de prueba (para el período 1998-99) en la que se modeló el tramo del río Bermejo Superior desde Pozo Sarmiento hasta la Junta, y el tramo del río San Francisco desde Caimancito hasta el mismo punto, a partir de donde se conectó el Bermejo Inferior hasta L.V.Mansilla. Finalmente se comparó el hidrograma de caudales aguas abajo de la Junta obtenido en la corrida, con el hidrograma suma de los caudales diarios.

El resultado se presenta en la Figura N° 82. La línea llena corresponde al hidrograma suma y las marcas al resultado de la corrida. Puede apreciarse la coincidencia entre ambos hidrogramas, notándose que en aguas bajas los caudales trasladados son apenas mayores que el hidrograma suma. A base a este resultado, las corridas del modelo se realizaron con el hidrograma suma de los caudales diarios, debido al menor tiempo de máquina que en este esquema requería. Al respecto, cabe señalar que la resolución conjunta de la hidrodinámica y la morfología del río (modo morfológico del modelo) requirió el uso de pasos de tiempo pequeños (del orden del minuto), por lo que las corridas fueron de gran duración.

Los caudales diarios en Pozo Sarmiento y Caimancito fueron recopilados en el Sistema de Información Hidrológica de la cuenca del río Bermejo (COREBE, 1998). Estos caudales diarios puntuales, que COREBE recibe diariamente, varían a veces con los caudales medios diarios suministrados por EVARSA algún tiempo después. Esto puede apreciarse en la Figura N° 83, para el período de aguas altas 1995-96 en Pozo Sarmiento. Como se verá más adelante, estas diferencias se aprecian en las corridas del modelo efectuadas, al comparar los caudales medidos y calculados en El Colorado, donde se dispuso de los caudales medios diarios.

Como se expresa en el párrafo anterior, para todos los períodos analizados se contó con los caudales medios diarios en El Colorado, mientras que para el período 1998-99 se contó además con los aforos en El Sauzalito, realizados por el PEA en el marco del presente estudio.

En lo que hace a los niveles líquidos, como condición de borde aguas abajo del modelo se utilizaron los niveles diarios en L.V.Mansilla, cuyo cero de la escala está referido al cero del IGM. Como secciones de control

de niveles se contó con los registros en Puerto Lavalle y El Colorado, también referidos al IGM. Los datos hidrométricos de Santa Rita, La Victoria y El Sauzalito no están vinculados al plano de referencia común utilizado, por lo que sólo pudieron usarse de un modo cualitativo, para el seguimiento de la onda de crecida.

3. Caudales sólidos y granulometrías de lecho.

Del mismo modo que con los caudales líquidos, los caudales sólidos ingresantes en el borde aguas arriba del modelo fueron los correspondientes a la suma de los de Pozo Sarmiento y Caimancito (Brea, J.D.; Busquets, M.S.; Spalletti, P.D.; 1999). Se ingresó sólo la fracción gruesa del sedimento ingresante, ya que es la que resuelve el modelo. Como ya se adelantara, tanto las erosiones del lecho durante los picos de las crecidas, como las deposiciones en las mismas secciones en las zonas de recesión de los hidrogramas, resultan bien explicadas utilizando ecuaciones que calculan el transporte total de arenas.

También en este caso, los caudales sólidos calculados se compararon en El Colorado con los que surgen de aplicar la relación entre el caudal líquido y el caudal sólido grueso en dicha estación, a partir de los aforos. También en este caso, la comparación en El Sauzalito se realizó con los aforos sólidos efectuados en el marco del presente estudio.

En cuanto a las granulometrías de los materiales del lecho en cada sección, se utilizaron las correspondientes a la situación de aguas altas. La utilización de las granulometrías de aguas bajas implicaba tener diámetros representativos del material que se ubicaban en el rango de los limos, en varias secciones del río. Como ya se indicara, en el estado actual del conocimiento, para este tipo de material no existen fórmulas universales para el cálculo de la capacidad de transporte. Como se verá, el resultado obtenido de la modelación en estas condiciones fue satisfactorio, avalando el procedimiento seguido.

ii. Calibración y validación del modelo, en base a los datos disponibles.

En el punto anterior se describieron, en general, los datos básicos utilizados tanto como condiciones de borde del modelo, como control en secciones intermedias.

Como ya se indicara, el río Bermejo en su Baja Cuenca presenta una serie de singularidades asociadas a su funcionamiento, que debieron tenerse en cuenta para la implementación del modelo. Resulta oportuno recordar las más importantes, descriptas a lo largo del informe:

* importantes procesos de erosión del lecho con el paso de las crecidas,

* procesos de sedimentación en la recesión de los hidrogramas de crecida, que se continúan aún en el período de aguas bajas, donde se da la conformación final de la sección,

* cambios en las características granulométricas del material del lecho asociados a dichos procesos,

* grandes incrementos de los tirantes en aguas altas, conformados tanto por la mayor cantidad de agua como por el descenso pronunciado del lecho,

* cambios en las relaciones altura - caudal en las secciones, como consecuencia de los procesos señalados

* desbordes producidos en situación de crecidas de cierta magnitud,

* grandes cantidades de sedimento transportado,

* una sola estación de aforos en el río

* ausencia de datos hidrométricos en la zona de desbordes (a excepción de los niveles líquidos diarios y los 6 aforos líquidos y sólidos medidos en El Sauzalito en 1998-99 en el marco del PEA)

Las variables asociadas a estos procesos debieron ser consideradas para lograr una buena representación. La idea seguida en el presente estudio fue ir evaluándolas de a una por vez, de modo de saber cuál era la respuesta de los cambios efectuados en los parámetros involucrados en cada caso, en la búsqueda de la calibración.

El marco descripto debe ser tenido en cuenta para el análisis de los resultados obtenidos. No resultó sencillo representar el funcionamiento hidrosedimentológico de un río como el Bermejo Inferior, no obstante lo cual el grado de ajuste logrado fue muy bueno. Contribuyó al mismo el buen conocimiento del comportamiento del sistema alcanzado a partir de la información básica recopilada y analizada.

Como primer paso se buscó trabajar sin desbordes, tratando que los niveles y caudales calculados en las secciones intermedias se correspondieran con los medidos disponibles. También se buscó que los procesos de erosión/sedimentación observados, descriptos en capítulos anteriores, estuvieran correctamente representados. Una vez calibrado el modelo en estas condiciones, se pasó a analizar situaciones con desbordes, considerando crecientes ordinarias y extraordinarias.

En este contexto se seleccionaron cuatro períodos de registro para las corridas de calibración - verificación, correspondientes a los estados de aguas altas de los años 1995-96, 1994-95, 1998-99 y 1983-84. En los puntos siguientes se describen las corridas efectuadas y los resultados obtenidos.

1. Período 1995-96.

Como ya se expresara, en primer lugar se seleccionó una crecida que no hubiera manifestado estados de desborde, al menos pronunciados. Como se analizará en el punto c), los desbordes se manifiestan

tan para caudales ingresantes mayores a los 2200 m³/s, aproximadamente. En la Figura N° 84 se han graficado los caudales diarios ingresantes a la Baja Cuenca, para el período 1/12/1995 - 30/4/1996. Puede observarse que los caudales se mantuvieron por debajo del umbral señalado, salvo un pico de fines de febrero - principios de marzo de 1996.

En la Figura N° 85 se presentan los registros hidrométricos disponibles en el período de análisis, que corresponden a las estaciones Santa Rita, Puerto Lavalle, El Colorado y Mansilla, hasta fines de marzo de 1996. En la estación Santa Rita los niveles no están referidos al cero del IGM, razón por la cual el contraste entre valores medidos y calculados se realizó en Puerto Lavalle y El Colorado, siendo Mansilla la condición de borde aguas abajo. En la citada figura puede observarse que en el caso de Puerto Lavalle las lecturas máximas apenas superan los 6 m en un par de oportunidades, siendo que la cota de desborde tenida en cuenta por COREBE en la zona para esa época era de 5.90 m. Esto indica que, tal como se buscó, este período de aguas altas no generó estados de desborde significativos.

En la Figura N° 86, se presentan, por un lado, los caudales líquidos ingresantes al sistema, y por el otro, el contraste entre los caudales medidos (marcas) y calculados (línea llena) en El Colorado. Puede observarse el buen ajuste logrado, teniendo en cuenta el hecho ya señalado que en El Colorado se trata de caudales medios diarios, y los caudales ingresantes son el dato del aforo diario.

En la Figura N° 87 se presenta la comparación entre los niveles medidos y calculados en Puerto Lavalle y El Colorado. Puede observarse el buen ajuste logrado en ambos casos, siendo mejor en el primer caso. Al estar el tirante de agua afectado no sólo por los caudales líquidos ingresantes sino también por los importantes descensos del nivel del lecho, resulta una variable de difícil representación. También tiene influencia en este caso la cota del lecho inicial de cada sección, que fue constante para todas las corridas, cuando en realidad seguramente fue diferente al comienzo de cada período analizado.

En la Figura N° 88 se presenta el transporte sólido de arenas calculado en El Colorado. Se grafican además los valores surgidos de la aplicación de la expresión que vincula el caudal sólido grueso en función del caudal líquido, obtenida en base a los aforos. Los caudales sólidos gruesos así obtenidos son función del caudal medio diario en El Colorado. Puede observarse el buen ajuste logrado, en función de la variabilidad del parámetro en juego.

En la Figura N° 89 se presenta la evolución de la cota del lecho en El Colorado. No se contó con los datos que permitieran la comparación con lo ocurrido en la realidad. Puede observarse un descenso máximo de la cota del lecho del orden de los 0.70 m, sin que se verifique la posterior sedimentación.

Finalmente en la Figura N° 90, se presentan las velocidades medias en la sección de El Colorado. El máximo valor alcanzado es del orden de 1.90 m/s.

Los resultados presentados fueron considerados adecuados, determinando que el modelo estaba calibrado para una situación sin desbordes.

2. Período 1994-95.

Para continuar con el análisis, se buscó un período de aguas altas en el que los caudales fueran algo superiores que en el anterior, pero sin alcanzar niveles importantes de desborde. En la Figura N° 91 se han graficado los caudales diarios ingresantes a la Baja Cuenca, para el período 1/12/1994 - 30/4/1995. Puede observarse que existen cuatro picos con caudales superiores a los 2500 m³/s, pero de poca duración, lo que implica menores posibilidades de desborde.

En la Figura N° 92 se presentan los registros hidrométricos disponibles en el período de análisis, que corresponden en este caso a las estaciones Puerto Lavalle, El Colorado y Mansilla. El contraste entre valores medidos y calculados se realizó en las dos primeras, siendo Mansilla la condición de borde aguas abajo. En la citada figura puede observarse también en este caso que en Puerto Lavalle las lecturas máximas se ubican alrededor de los 6 m, siendo que la cota de desborde tenida en cuenta por COREBE en la zona para esa época era de 5.90 m. Esto confirma que este período de aguas altas no generó estados de desborde significativos en la zona.

En la Figura N° 93, se presentan, por un lado, los caudales líquidos ingresantes al sistema, y por el otro, el contraste entre los caudales medidos (medios diarios) y calculados en El Colorado. Puede observarse el buen ajuste logrado. Las diferencias se manifiestan en los cuatro picos señalados que seguramente fueron filtrados en algunas zonas de desborde puntuales, siempre teniendo en cuenta además la diferencia entre las características de los caudales ingresados (aforos) y los contrastados en El Colorado (medios diarios).

En la Figura N° 94 se presenta la comparación entre los niveles medidos y calculados en Puerto Lavalle y El Colorado. Puede observarse el buen ajuste logrado en ambos casos, siendo también aquí mejor en el primero. Valen en este caso las consideraciones realizadas al analizar el período anterior.

En la Figura N° 95 se presenta la evolución de la cota del lecho en El Colorado. Tampoco aquí se contó con los datos que permitieran la comparación con lo ocurrido en la realidad. Puede observarse un descenso máximo de la cota del lecho del orden del metro. En este caso se verifica una recuperación de la cota del lecho, del orden de 0.30 m, que sigue la tendencia ascendente al fin del período de tiempo analizado.

Finalmente en la Figura N° 96, se presentan las velocidades medias en la sección de El Colorado. El máximo valor alcanzado es del orden de 2.30 m/s.

Los resultados obtenidos permitieron verificar la calibración del modelo, pasando de este modo a tratar de representar situaciones con desbordes.

3. Período 1998-99.

De los períodos de aguas altas disponibles, en los que se verificaron desbordes del río de carácter ordinario, fue seleccionado el correspondiente a 1998-99 porque presentaba otras ventajas: se contaba para el mismo con niveles líquidos en seis estaciones (tres con niveles referidos al IGM), y con los aforos líquidos y sólidos realizados en el marco del PEA en El Sauzalito.

En la Figura N° 97 se han graficado los caudales diarios ingresantes a la Baja Cuenca, para el período 1/12/1998 - 23/4/1999. Puede observarse que existieron dos importantes eventos con caudales pico superiores a los 5000 m³/s, el segundo de los cuales tuvo una duración tal que provocó desbordes de consideración en la zona.

En la Figura N° 98 se presentan los registros hidrométricos disponibles en el período de análisis, que corresponden en este caso a las estaciones Santa Rita, El Sauzalito, La Victoria, Puerto Lavalle, El Colorado y Mansilla, las tres últimas con referencia común. El contraste entre valores medidos y calculados se realizó en Puerto Lavalle y El Colorado, siendo Mansilla la condición de borde aguas abajo. En la citada figura puede observarse que en Puerto Lavalle desde mediados de marzo a mediados de abril los niveles se ubicaron por encima de los 6 m.

Todos los registros hidrométricos fueron utilizados para tratar de definir zonas de desbordes. Esta tarea se llevó a cabo a partir de comparar las formas de los hidrogramas en cada estación, para el período en análisis. Por ejemplo, de la comparación de las formas de los hidrogramas de caudales al ingreso en la cuenca y de niveles en Santa Rita surge la evidencia de que en ese tramo hubo desbordes. La forma del hidrograma en Santa Rita resulta similar a la de El Sauzalito, existiendo en cambio diferencias entre esta y La Victoria. Ente este último y los tres restantes hacia aguas abajo las similitudes indican que no existieron fugas de agua significativas en el tramo, al menos para el período analizado.

El análisis descrito en el párrafo anterior, da

resultados concordantes a los que surgen del estudio de las inundaciones por desborde, que se presenta en el capítulo c). Esto significa que las zonas de desborde aquí definidas se corresponden con algunas de las identificadas en dicho estudio.

En primer lugar se realizó una corrida del modelo sin considerar desbordes, para luego ubicar derivaciones de agua que representarían los desbordes en las zonas identificadas.

En la Figura N° 99, se presentan, por un lado, los caudales líquidos ingresantes al sistema, y por el otro, el contraste entre los caudales medidos y calculados en El Sauzalito y El Colorado, para la situación sin desbordes. En el caso de El Sauzalito, las seis marcas dibujadas representan los aforos líquidos realizados en el marco del PEA. Puede observarse el buen ajuste de base logrado, sobre todo en El Colorado. Las diferencias más pronunciadas se deben a los desbordes existentes, más allá de los otros efectos presentes descritos en los anteriores períodos analizados.

En la Figura N° 100 se presenta la comparación entre los niveles medidos y calculados en Puerto Lavalle y El Colorado. Valen también en este caso las consideraciones realizadas para analizar los niveles en los períodos anteriores.

En la Figura N° 101 se presenta el transporte sólido de arenas calculado en El Sauzalito y en El Colorado, siempre sin considerar desbordes. En el primer caso se graficaron además los transportes de arena medidos en los seis aforos sólidos, mientras que en el segundo caso, se graficaron los valores surgidos de la aplicación de la expresión que vincula el caudal sólido grueso en función del caudal líquido, obtenida en base a los aforos. Valen sobre el particular las consideraciones realizadas al analizar el período 1995-96.

En la Figura N° 102 se presenta la evolución de la cota del lecho en El Colorado. Tampoco aquí se contó con los datos que permitieran la comparación con lo ocurrido en la realidad. Puede observarse un descenso máximo de la cota del lecho del orden de 1.60 metros. En este caso se verifica una recuperación de la cota del lecho, del orden de 0.50 m, que sigue la tendencia ascendente al fin del período de tiempo analizado.

Finalmente en la Figura N° 103, se presentan las velocidades medias en la sección de El Colorado, siempre sin considerar desbordes. El máximo valor alcanzado es del orden de 2.60 m/s.

A partir de la corrida descrita, se realizaron varias más con diferentes esquemas de desborde. Estos se materializaron a través de derivaciones del caudal del río mediante vertederos laterales. La ubicación, el ancho y la cota de cresta de estos vertederos fueron las variables que se manejaron, con el fin de lograr un buen ajuste de las paráme-

tros de control utilizados. La gran complejidad del fenómeno analizado y la falta de mediciones sistemáticas en la zona de desbordes, que permitieran una calibración del modelo en este sentido, hacen que sean innumerables las posibilidades de combinar las variables mencionadas, sin garantizar la obtención de buenos resultados. Por lo tanto no se buscó la exactitud en los ajustes, sino que los desbordes modelados tendieran a lograr un buen acuerdo entre los valores medidos y calculados, lo que implicaría que se está representando correctamente el problema físico.

Se presentan aquí los resultados obtenidos mediante la ubicación de dos vertederos: uno en la zona de Fortín Belgrano (progresiva 287.9), de 500 m de ancho y cota de cresta 189 m IGM, y otro en la zona de San Camilo (progresiva 478.4), de 200 m de ancho y cota de cresta 153 m IGM.

En la Figura N° 104 se presentan, por un lado, los caudales líquidos ingresantes al sistema, y por el otro, el contraste entre los caudales medidos y calculados en El Sauzalito y El Colorado, para la situación con desbordes. Puede observarse el buen ajuste logrado, sobre todo en El Colorado. Si se la compara con la Figura N° 99, que es su análoga para la situación sin desbordes, se aprecia claramente el descenso de los caudales máximos producido por el esquema de desbordes planteado.

En la Figura N° 105 se presenta la comparación entre los niveles medidos y calculados en Puerto Lavalle, situación con desbordes, observándose el buen ajuste alcanzado. Si se la compara con la Figura N° 100, se aprecia claramente el descenso de los niveles máximos en virtud de los desbordes modelados.

En la Figura N° 106 se presenta la comparación entre los niveles medidos y calculados en El Colorado, situación con desbordes. En este caso el ajuste alcanzado no es muy bueno. Si se la compara con la Figura N° 100, se aprecia el descenso, quizá demasiado grande, de los niveles máximos. Es de resaltar que, con el esquema de derivación planteado, los caudales calculados en El Colorado presentan un buen ajuste con los medidos, pero no así los niveles. Esta aparente incongruencia, que se dio en mayor o menor medida en todos los períodos analizados, indicaría la presencia de algún efecto no contemplado (problemas con la ley altura - caudales, errores en la determinación del cero de la escala, etc). Este es un tema sobre el que resultará de interés investigar en lo sucesivo.

En la Figura N° 107 se presenta el transporte sólido de arenas calculado en El Sauzalito, siempre con desbordes. Se observa un buen ajuste de los valores calculados con los seis puntos medidos.

En la Figura N° 108 se presenta la evolución de la cota del lecho en El Colorado. Tampoco aquí se contó con los datos que permitieran la comparación con lo ocurrido en la realidad. En este caso se observa un descenso máximo de la cota del lecho del orden de 0.90 metros (contra 1.60 metros para la situación sin desbordes, Figura N° 102). También en este caso se verifica una recuperación de la cota del lecho, del orden de 0.20 m, que sigue la tendencia ascendente al fin del período de tiempo analizado.

La modelación de los desbordes permitió comprender el mecanismo de los mismos y su relación con la morfología del río. Los resultados con el esquema de modelación adoptado se consideran muy satisfactorios. Tal como se indicara, dicho esquema es perfectible, pero a partir mayor disponibilidad de datos básicos que permitan una mejor implementación. Lo expresado se ve avalado por los resultados obtenidos para la crecida de 1983-84, que se presentan a continuación.

4. Período 1983-84.

En este período se produjo una creciente excepcional del río Bermejo, tal como puede apreciarse en la Figura N° 109, en la que se han graficado los caudales medios diarios ingresantes a la Baja Cuenca, para el período 1/10/1983 - 31/10/1984. Puede observarse que hubo prácticamente un mes con caudales superiores a los 2000 m³/s, con un pico de más de 12000 m³/s. Hubo en consecuencia importantes desbordes que produjeron grandes superficies inundadas en la Baja Cuenca.

En este caso, para el contraste entre valores medidos y calculados, sólo se contó con los datos de El Colorado, consistentes en caudales medios diarios, niveles líquidos y evolución de la cota del lecho del río. Este último dato, de sumo interés ya que fue la única posibilidad de verificar los procesos de erosión/sedimentación con el paso de una onda de crecida, fue levantado en el marco de la recopilación de información básica realizada en este estudio (ver punto b.2) iv).

Al igual que en el período 1998-99, en primer lugar se realizó una corrida del modelo sin considerar desbordes, y luego una con desbordes, a fines comparativos.

En la Figura N° 110, se presentan, por un lado, los caudales líquidos ingresantes al sistema, y por el otro, el contraste entre los caudales medidos y calculados en El Colorado, para la situación sin desbordes. Puede observarse el buen ajuste de base logrado en El Colorado. Las diferencias más pronunciadas se deben claramente a los desbordes existentes, más allá de los otros efectos presentes descriptos en los anteriores períodos analizados.

En la Figura N° 111 se presenta la comparación entre los niveles medidos y calculados en El Colorado. Valen

también en este caso las consideraciones realizadas al analizar los niveles en los períodos anteriores.

En la Figura N° 112 se presenta la evolución de la cota del lecho en El Colorado, en el supuesto caso de que no se hubieran manifestado desbordes en la crecida de 1983-84. La línea continua representa la evolución calculada, mientras que las marcas corresponden a los puntos medidos. Puede observarse un descenso máximo calculado de la cota del lecho del orden de los 9 metros, verificándose una recuperación de la cota del lecho, del orden de los 6.50 m. El descenso del lecho medido fue de 3.5 m, con una recuperación de 3 m.

Estos resultados permiten resaltar la importancia de los desbordes del río, que constituyen un fenómeno natural. En el hipotético caso de que el río Bermejo hubiera sido provisto de terraplenes en ambas márgenes que impidieran su desborde en toda su longitud, en la crecida de 1983-84 en la zona del puente de El Colorado se hubiera manifestado una profundización del lecho del orden de los 9 metros.

Si bien esta es una situación llevada a un extremo muy poco factible, permite resaltar el hecho de que los terraplenes de defensa contra desbordes del río, que naturalmente ocupa las zonas a proteger, deben realizarse teniendo en cuenta la afectación que generan tanto en la morfología del curso principal, como en los estados de inundación en zonas no protegidas. En este sentido, el modelo morfológico del Bermejo Inferior constituye una herramienta valiosa a la hora de evaluar este tipo de obras.

Finalmente en la Figura N° 113, se presentan las velocidades medias en la sección de El Colorado, siempre considerando que no hubiera desbordes. El máximo valor alcanzado es del orden de 3.80 m/s, lo que explica las erosiones calculadas.

Con el mismo esquema de desbordes implementado para la crecida de 1998-99, se modeló la crecida de 1983-84.

En la Figura N° 114 se presentan, por un lado, los caudales líquidos ingresantes al sistema, y por el otro, el contraste entre los caudales medidos y calculados en El Colorado, para la situación con desbordes. Puede observarse el buen ajuste logrado. Si se la compara con la Figura N° 110, que es su análoga para la situación sin desbordes, se aprecia claramente el descenso de los caudales máximos producido por el esquema de desbordes planteado.

Aparece en este caso un comportamiento no verificado en las crecientes anteriores analizadas. La forma del hidrograma de caudales medidos en El Colorado denota la existencia de una cierta regulación, seguramente producida por el puente ante el importante estado de inundación generado. Este hecho estuvo incorrectamente representado en el modelo, por falta de información específica. No

obstante, si se comparan los volúmenes asociados a los caudales medidos y a los calculados, los mismos resultan comparables, al compensarse las áreas, tal como puede verse en la Figura N° 114.

En la Figura N° 115 se presenta la comparación entre los niveles medidos y calculados en El Colorado, situación con desbordes, observándose el buen ajuste alcanzado. Si se la compara con la Figura N° 111, se aprecia claramente el descenso de los niveles máximos en virtud de los desbordes modelados. Valen también en este caso los comentarios realizados en el párrafo anterior.

En la Figura N° 116 se presenta la evolución de la cota del lecho en El Colorado. Es de resaltar el excelente ajuste obtenido entre los valores medidos y calculados. El grado de recuperación de la cota del lecho calculado resulta también idéntico al medido. Esta verificación es de suma importancia porque permite confirmar lo ya señalado a lo largo del informe, acerca de que tanto las erosiones del lecho durante los picos de las crecidas, como las deposiciones en las mismas secciones en las zonas de recesión de los hidrogramas, son bien explicadas utilizando ecuaciones que calculan el transporte total de arenas. Esto permite concluir que en situación de crecida el Bermejo inferior se comporta como un río de arenas muy finas (d50 entre 80 y 100 micrones), con una carga de limos y arcillas en suspensión que se comporta como carga de lavado. Los limos encontrados en abundancia en los muestreos superficiales durante aguas bajas, son depositados en los meses posteriores al período de aguas altas, y son los que dan la configuración definitiva a las secciones hasta el siguiente período de crecidas.

iii. Corridas de producción.

Bajo este título se presentan las corridas de las situaciones correspondientes a los escenarios de manejo estudiados en la Alta Cuenca, que afectan la carga de sedimentos aportados a la Baja Cuenca (Brea, J.D.; Busquets, M.S.; Spalletti, P.D.; 1999).

En efecto, de acuerdo a lo previsto el análisis de la dinámica del río se realizaría para los mismos escenarios de aplicación, a saber:

* situación natural actual.

* situación con los aprovechamientos de Arrazayal y Las Pavas, sobre el río Bermejo, y Cambarí, sobre el río Tarija, cuyo proyecto está siendo llevado adelante por la Comisión Binacional para el Aprovechamiento de los Recursos de la Alta Cuenca del Río Bermejo y del Río Grande de Tarija.

* situaciones resultantes del análisis de propuestas de manejo de cuencas que surjan del análisis de las unidades de paisaje y mapas de producción de sedimentos o de otras acciones de gran escala que se identifiquen en la Alta Cuenca.

Tal como ya se indicara en el punto b.1) del presente informe, todas las situaciones analizadas en la Alta Cuenca presentan un muy bajo impacto en la disminución de aportes de materiales gruesos en la Junta de San Francisco.

En efecto, la situación con las presas proyectadas en la Alta Cuenca, de acuerdo a los resultados presentados del modelo del Bermejo Superior, no genera cambios en el aporte de arenas a la Cuenca Inferior, razón por la cual no fue considerada esa hipótesis (Brea, J.D.; Busquets, M.S.; Spalletti, P.D.; 1999).

Las reducciones del aporte sólido en el sistema Iruya - Pescado analizadas, producen como máximo una disminución del transporte de arenas en la Junta de San Francisco del 6 % con respecto a la situación actual. Esta pequeña variación resultó imperceptible al ser analizado su impacto en la morfología del Bermejo Inferior.

Esto motivó la selección de dos escenarios que significaran reducciones del aporte sólido grueso más severas. De esta manera pudo analizarse la respuesta del sistema ante tales solicitaciones, aunque las disminuciones estudiadas no puedan ser asociadas a obras o políticas de manejo concretas en la Alta Cuenca.

Los escenarios de cambio en el aporte sólido al Bermejo Inferior en la Junta de San Francisco analizados fueron:

* Reducción del aporte de arenas a un 70 % del actual.

* Reducción del aporte de arenas a un 30 % del actual.

Como resultado se obtuvo que, en ambas condiciones, la recuperación de las arenas se produce rápidamente. Aguas abajo de la Junta de San Francisco, existe un amplio tramo de río anastomosado (aproximadamente hasta el Paraje El Colgado), en el que se produce el depósito de gran parte de las arenas transportadas en la situación actual, y de donde se recuperan las arenas en los escenarios de reducción analizadas.

El impacto de los escenarios planteados se calculó a partir de corridas del modelo para el período 1998-99, presentándose en este informe los resultados correspondientes a la reducción más severa (reducción del aporte de arenas a un 30 % del actual).

En la Figura N° 117 se presenta el transporte total de arenas, para secciones ubicadas en los primeros 25 km de río modelado, en la situación actual. Obsérvese el descenso de los montos transportados, lo que indica condiciones de deposición en el tramo.

La Figura N° 118 es análoga a la anterior, para la situación con reducción del aporte de arenas. Ya a 10 km de la Junta, el transporte de arenas es prácticamente coincidente con el correspondiente a la situación natural.

El mismo efecto puede apreciarse comparando los niveles del lecho. En la Figura N° 119 la evolución del lecho del río para las mismas secciones, ubicadas en los primeros 25 km de río modelado, en la situación actual. La Figura N° 120 es análoga a la anterior, para la situación con reducción del aporte de arenas. Se observan erosiones en las dos primeras secciones, y ya en la tercera, a 10 km de la Junta, no se aprecia variación, siendo el comportamiento prácticamente coincidente con el correspondiente a la situación natural. Para reflejar estos cambios, en la Figura N° 121 se han superpuesto los resultados de las dos anteriores, correspondiendo la línea llena a la situación natural, y las marcas a la situación con reducción.

c) Estudio de las inundaciones por desborde del cauce principal del río Bermejo en la Cuenca Inferior.

c.1) Efectuar el análisis estadístico de caudales en estaciones características de la Alta Cuenca y Cuenca Inferior. Análisis de correlación de los caudales en las diferentes estaciones. Determinación de caudales de desborde en la Cuenca Inferior. Análisis estadístico de niveles en todas las estaciones disponibles de la CI.

Considerando, al igual que a lo largo del informe, al caudal aguas abajo de la Junta de San Francisco como la suma de los correspondientes a las estaciones Pozo Sarmiento y Caimancito, y en base a los datos disponibles, se realizó una comparación de los caudales en El Colorado, con los de las estaciones antes mencionadas. El objeto de este análisis fue tratar de encontrar la relación entre los caudales en El Colorado respecto al caudal suma entrante a la Cuenca Inferior.

Para ello, de la serie de datos de caudales diarios disponibles en ambas estaciones, se extrajeron los valores correspondientes a los días en los que se contaba con datos en El Colorado. Asimismo, debido a la distancia entre las estaciones, y teniendo en cuenta la celeridad de la onda de crecida, se realizaron análisis con desfases entre los datos en El Colorado y las otras estaciones. Así, se repitieron los estudios para 7, 10, 15, 20 y 28 días de diferencia.

Con las series de caudales obtenidas mediante el procedimiento anterior, se calcularon los coeficientes de correlación para los distintos casos. Los resultados se presentan en la Tabla N° 24.

Puede apreciarse que la mejor correlación se obtiene para un desfase de 10 días entre los datos de

Pozo Sarmiento más Caimancito, y los de El Colorado (coeficiente de correlación = 0.77). De modo que se adoptaron estas series de caudales para obtener una ley que vincule los datos.

Se realizó una regresión lineal entre los datos de El Colorado y los correspondientes a la confluencia (suma de los caudales de las dos estaciones de aguas arriba), y una regresión lineal múltiple utilizando como variables independientes los datos en Pozo Sarmiento y Caimancito.

En la Figura N° 122 se ha graficado la comparación entre los caudales medidos y calculados con la ley obtenida de la regresión lineal múltiple, en El Colorado. En la Figura N° 123 se han graficado los caudales en El Colorado en función del caudal suma, representando las leyes obtenidas junto con los datos históricos. En ambas figuras puede apreciarse, que para caudales importantes aguas arriba, los valores calculados a partir de las regresiones se alejan considerablemente de los datos. La causa de este comportamiento es la analizada ocurrencia de desbordes en el tramo del río involucrado, cuando los caudales se encuentran alrededor de los 2200 m³/s.

Esto hecho se aprecia claramente a partir un análisis estadístico de la serie de mediciones disponibles en El Colorado, de la que se han extraído los valores máximos, mínimos y medios de los caudales, los que se presentan en el siguiente cuadro:

	QI (m ³ /s)
máximo	2362
mínimo	12
promedio	448

Se observa que el caudal máximo se mantiene acotado en un valor cercano al de desborde.

Para completar el análisis se repitió el cálculo, eliminando los datos correspondientes a los caudales suma en la Junta de San Francisco superiores al valor de desborde. En la Tabla N° 24 se aprecia que el coeficiente de correlación mejora sustancialmente (0.90). Las Figuras N° 124 y 125 son análogas a las Figuras N° 122 y 123, pero con las nuevas regresiones. Se observa un mejor ajuste de los valores calculados respecto de los datos, siendo aún importante la dispersión.

c.2) Desarrollar el análisis de frecuencia y duración de caudales en las estaciones analizadas.

Con las series de caudales medios diarios, en Caimancito y Pozo Sarmiento, se realizaron además los respectivos estudios de frecuencias. También se efectuó el mismo análisis para el caudal suma de ambos.

En la Figura N° 126 se presentan las curvas de frecuencia (histograma y acumulada) en la esta-

ción Caimancito. El valor más frecuente es del orden de los 20 m³/s, presentándose valores extremos de 2,4 m³/s y 3675 m³/s. El valor medio de la totalidad de datos disponibles es 102 m³/s.

La Figura N° 127 es análoga a la anterior pero para la estación Pozo Sarmiento. Puede apreciarse que el valor más frecuente es aproximadamente 50 m³/s. De la totalidad de datos disponibles, el máximo valor medio diario registrado fue 10714 m³/s, con un caudal mínimo de 18 m³/s, y uno medio de 347 m³/s.

Finalmente, la Figura N° 128 muestra el histograma de frecuencias y las frecuencias acumuladas para la serie de valores obtenida de la suma de las series analizadas precedentemente. La moda tiene un valor cercano a 70 m³/s, teniéndose un máximo de 12164 m³/s y un mínimo de 23 m³/s. El valor medio es 446 m³/s.

En cuanto a los análisis de frecuencia de niveles, se presentan los correspondientes a Puerto Lavalle y El Colorado (Brea, J.D.; Busquets, M.S.; Spalletti, P.D.; 1996). Se presentan los histogramas de frecuencia de alturas para las dos estaciones analizadas en las Figuras N° 129 (Puerto Lavalle) y N° 130 (El Colorado).

c.3) Cuantificar los volúmenes de desborde a partir de los registros históricos. Contraste con los mapas de desbordes realizados a partir de las imágenes satelitales.

Al estado actual de la información hidrométrica disponible, la única manera de cuantificar los volúmenes de desborde es a partir de la diferencia entre los volúmenes ingresados a la Cuenca Inferior (suma de las mediciones en Pozo Sarmiento y Caimancito) y los pasantes por El Colorado. En el cuadro siguiente se realiza este cálculo en base a los derrames anuales extraídos del anuario de EVARSA (EVARSA, 1994).

(ver cuadro en página siguiente)

El cálculo se efectuó para los años en los que se contaba con el dato del derrame anual para las tres estaciones involucradas. No están incluidos años en los que se verificaron importantes estados de inundación, tal como se indicará más adelante. De los resultados del cuadro anterior se desprende que siempre existe una fuga de caudales en el tramo entre la Junta de San Francisco y El Colorado, sin que ello signifique aparición de zonas inundadas.

En distintas referencias se trata el tema de las inundaciones por desborde en el río Bermejo Inferior (OEA, 1975; COREBE, 1994; Brea, J.D.; Busquets, M.S.; Spalletti, P.D.; 1996), al tiempo que el tema fue también abordado por otros proyectos del PEA.

Las características principales de los desbordes, obtenidas a partir de observaciones y algunas mediciones, son las siguientes (COREBE, 1994):

DERRAMES ANUALES (Hm³)

Año	El Colorado	Pozo Sarmiento + Caimancito	Desborde
1968 69	7480	9340	1860
1969 70	7463	9420	1957
1970 71	8541	9837	1296
1971 72	6249	8371	2122
1972 73	12030	13205	1175
1973 74	15854	18107	2253
1974 75	11882	12764	882
1976 77	13809	16723	2914
1987 88	17550	19721	2171
1988 89	8260	9924	1664
1993 94	12651	12732	81

* el frente de inundación tiene características similares en ambas provincias. No obstante, la margen chaqueña resulta más perjudicada que la formoseña.

* los desbordes pueden formar cauces secundarios laterales, los que por erosión retrocedente pueden llegar a capturar el curso principal.

* superada la capacidad de conducción de los cauces, la masa líquida avanza activando el sistema de drenaje no encauzado. El manto de agua se desplaza muy lentamente, llenando los bajos que encuentra en su camino (lagunas, esteros, bañados).

* los volúmenes de agua que se encuentran ocupando grandes superficies no reingresan al cauce principal, aún después de que en este se verifique una bajante en la alta cuenca.

* en general, los anegamientos por desborde coinciden con períodos de lluvias intensas en la zona, generando una dificultad en la discriminación del origen de aquéllos (fluvial o pluvial). Esto indica que, de no existir desbordes del Bermejo, aún podrían verificarse situaciones de anegamiento a partir de las lluvias estacionales.

Las zonas de desbordes identificadas a partir del análisis de imágenes satelitales MSS disponibles en épocas de crecida (octubre 1983, octubre y noviembre 1984), coinciden en general con las citadas en el informe de la OEA (OEA, 1975), y con las surgidas de encuestas en la zona. Estas zonas son las siguientes (COREBE, 1994):

* interfluvio Bermejo-Bermejito (Chaco). Es la zona que presenta los mayores volúmenes desbordados.

* zona de Villa Río Bermejito (aguas arriba, zona de Confluencia).

* paraje El Yacaré. Por margen izquierda es posible una alimentación del arroyo Teuquito por desborde del cauce principal. Los desbordes al interfluvio por margen derecha son mayores.

* desde El Yacaré hacia aguas abajo, hasta el Km 642 (Pto. San Jorge) los derrames se producen hacia margen derecha. Desde este punto hasta el Km 525, la franja de divagación es de 3 a 5 Km, incrementándose los derrames, que también se manifiestan hacia margen izquierda. A partir de aquí, y por aproximadamente 180 km, se verifican los mayores desbordes del Bermejo hacia ambos márgenes, constituyendo la zona más conflictiva.

Documentos de COREBE describen los desbordes producidos en las crecidas de los años 1974, 81, 82, 84 y 85. Las zonas de desborde coinciden con las descriptas.

Estas zonas se han relacionado con perfiles topobatemétricos existentes, y las zonas de inundación resultantes del análisis de imágenes (Brea, J.D.; Busquets, M.S.; Spalletti, P.D.; 1996).

En la citada referencia se señala la correspondencia de los niveles de terreno con las manchas de inundación, en la zona de Fortín Belgrano, en especial sobre margen derecha, en el interfluvio Bermejo-Bermejito (ver Figura N° 8). Dicha correspondencia es aproximada, si se tiene en cuenta que los estados de inundación fueron levantados de imágenes satelitales no georeferenciadas (COREBE, 1994).

Realizando el mismo análisis para el perfil de la zona de San Camilo (Figura N° 9), pueden reconocerse claramente sobre margen derecha (interfluvio Bermejo-Bermejito) los bajos inundables marcados en el Plano N° 1, así como también las zonas bajas ubicadas sobre margen izquierda.

En la zona de Puerto Lavalle (Figura N° 10), el perfil muestra las zonas más bajas sobre margen izquierda, lo que se corresponde con el Plano N° 1, siempre dentro del grado de aproximación permitido por los elementos de análisis.

Los perfiles de la zona de El Colorado (Figura N° 11) y de Lucio V. Mansilla (Figura N° 12) demuestran una uniformidad de la planicie hacia ambas márgenes, con ausencia de bajos pronunciados como en los perfiles antes descriptos.

Como puede apreciarse, la información recopilada de diversas fuentes, apoyada en imágenes satelitales y perfiles topobatimétricos, arroja los mismos resultados sobre las zonas de desbordes del cauce del río Bermejo. Las corridas del modelo morfológico del río Bermejo Inferior, con las zonas de desborde ubicadas de acuerdo a la evolución de la onda de crecida para el período 1998-99, que resultan coincidentes a las aquí explicadas, permitieron comprobar que los desbordes modelados representaron correctamente el funcionamiento morfológico del río.

Finalmente se presentan algunos conceptos sobre los desbordes, generados en otros proyectos del PEA, en relación con algunos ríos de la cuenca.

* Arroyo Guaycurú.

Al Norte de Colonia Miraflores y a lo largo de unos 35 km, el arroyo Guaycurú presenta un curso bien definido, y corta una densa red de albardones cubiertos de bosques, vinculados con el río Nogueira. En este sector, el Guaycurú también imprime un cambio de curso del orden de los 45° que lo acerca al máximo al Bermejito en las proximidades de la Confluencia de éste con el río Teuco, tras lo cual corre paralelo a los desbordes del Bermejo. Los albardones del Guaycurú contienen a dichos desbordes hasta el Norte de Pampa del Indio, donde al ser vencidos lo convierten en el principal tributario de dichos desbordes y por lo tanto en parte activa de la CI del Bermejo.

* Arroyo Teuquito.

Apenas ingresado en la llanura chaqueña, el río Bermejo define claramente su planicie de inundación y dos áreas (una en cada margen), afectadas episódicamente por desbordes. El área ubicada sobre la margen izquierda, en realidad forma un by-pass de unos 125 km en línea recta, pues la presencia de una red de paleocauces provoca un angostamiento, que favorece la canalización de las aguas desbordadas (y de las lluvias locales), a través de la Cañada Honda, que vuelca estas aguas nuevamente al Bermejo (Teuco). Pocos kilómetros más al Este, en el paraje Fortín Belgrano aparece el arroyo Teuquito, que permite canalizar los desbordes, que eran represados naturalmente por una coalescencia de albardones que originaron la Laguna Yema. Este sitio tiene una particularidad que marca una gran diferencia, pues a partir del mismo, las aguas desbordadas ya no vuelven a reingresar al Bermejo. Luego de Laguna Yema se forma una intrincada red de paleocursos que se vincula con la mayor parte de la red fluvial formoseña. Esta red queda contornada al Norte por la red de

grandes paleoalbardones y paleocauces colmatados arriba mencionada, y al Sur por una gran barrera hidrológica, que son los albardones del río Dobagán.

* Arroyo Dobagán - De Oro.

Aparece claramente definido al Sur de Laguna Yema, con un brazo que acompaña a la margen derecha del Arroyo Teuquito, mientras otro brazo corre próximo al cauce del Bermejo (Teuco). Ambos brazos tienen continuidad sobre la costa chaqueña, conformando el potente sistema de albardones del interfluvio Teuco-Bermejito que se extiende desde las proximidades de Comandancia Frías hasta Sauzalito. Estos albardones tienen un papel crucial conteniendo los desbordes del Bermejo, inclusive en eventos extremos, como el de 1984. El Dobagán cumple el mismo papel en la costa formoseña, lo que determina cambios de gran relevancia en cuanto a la génesis fluvial de ambas Provincias.

El Teuquito es la única vía de entrada de las aguas de desborde en el Oeste de Formosa, pues los albardones del Dobagán contienen las aguas eficientemente a lo largo de unos 200 kilómetros en línea recta. En el km 503, al Sur de Estanislao del Campo, donde termina la RP 24, el desarrollo reciente de un inmenso meandro provocó la erosión del mismo. Este hecho, si bien afectó a la infraestructura vial y a productores de la zona, es tan reciente que no generó geoformas asociadas. En cambio, tuvo una influencia local en la reactivación del curso del Dobagán. La mayor destrucción de este albardón se produce 35 km al Sudeste del 503, luego de la confluencia Bermejito-Teuco, en las proximidades de la RN 95 donde la planicie de inundación del Bermejo adquiere gran desarrollo. Esta ruptura abrió una gran vía de entrada para los desbordes, que generan la formación del Estero Bellaco, el mayor humedal de la porción central de Chaco y Formosa.

d) Definición y caracterización morfológica de tramos del río para la formulación de proyectos de manejo y control, o adecuación de proyectos ejecutados o en elaboración.

El desarrollo de este punto está relacionado con la posibilidad de utilización del modelo morfológico del río Bermejo Inferior, en tramos del río de interés, y en proyectos de manejo y control, o la adecuación de proyectos ejecutados o en elaboración. En este sentido se identifican las siguientes áreas de aplicación del modelo:

* Proyecto y determinación del impacto en la morfología del río de obras de control de inundaciones

* Idem obras de derivación

* Protecciones de márgenes

* Puentes

* Determinación de niveles de inundación

* Tomas de agua

* Manejo del recurso hídrico en general

Para una mejor implementación del modelo, que redunde en mejorar la calidad y confiabilidad de los resultados obtenidos, se recomiendan las siguientes acciones (no excluyentes):

* Nivelación de los ceros de las escalas hidrométricas operativas en la Cuenca, con referencia al cero del IGM

* Instalación de nuevas escalas en otros puntos del sistema, también referidas al IGM

* Mantenimiento de la estación de aforos líquidos y sólidos de El Sauzalito

* Mantenimiento de la estación de aforos líquidos y sólidos de El Colorado

* Intensificar las mediciones en periodos de crecidas

* Incluir el análisis granulométrico de las muestras de sedimento en suspensión

* Considerar a ambas estaciones como secciones de control de la evolución del lecho del río Bermejo

* Muestreo sistemático de material del lecho del río y determinación de la granulometría.

§

REFERENCIAS

- Administración Provincial del Agua (APA), 1998. Río Bermejo. Perfiles transversales. Provincia del Chaco.
- Agua y Energía Eléctrica, 1991. Estadística hidrológica hasta 1990. Tomo I: Fluviometría. Tomo II: Sedimentología. Nivología. Argentina.
- Brea, J.D.; Busquets, M.S., 1999 (1). Generación y transporte de sedimentos en la Alta Cuenca del río Bermejo. Impacto en la Hidrovía, Delta del Paraná y Río de La Plata. Informe de Avance N° 1. Informe LHA-177-01-99. PEA-FMAM-OEA-PNUMA. INA. Ezeiza, Argentina.
- Brea, J.D.; Busquets, M.S., 1999 (2). Análisis de la dinámica fluviomorfológica del río Bermejo Inferior. Informe de Avance N° 1. Informe LHA-178-01-99. PEA-FMAM-OEA-PNUMA. INA. Ezeiza, Argentina.
- Brea, J.D.; Busquets, M.S.; Spalletti, P.D.; 1996. Estudio sedimentológico preliminar de la Cuenca Inferior del río Bermejo. Evaluación del impacto de las presas de la Alta Cuenca del río Bermejo en la morfología del tramo inferior. Informe LHA 131-01-96. INCYTH-COREBE.
- Brea, J.D.; Busquets, M.S.; Spalletti, P.D.; 1999. Generación y transporte de sedimentos en la Alta Cuenca del río Bermejo. Impacto en la Hidrovía, Delta del Paraná y Río de La Plata. Informe Final. Informe LHA-177-04-99. PEA-FMAM-OEA-PNUMA. INA. Ezeiza, Argentina.
- Brea, J.D.; Busquets, M.; Spalletti, P.; Pérez Ayala, P.; 1996. Consideraciones sobre los sedimentos transportados por el río Bermejo. XVI Congreso Nacional del Agua. San Martín de los Andes.
- Brea, J.D.; Loschacoff, C.S.; Spalletti, P.; Busquets, M.; Rafaelli, S.; 1998. Funcionamiento hidrosedimentológico del río Bermejo. Taller Regional sobre tópicos básicos y aplicados de la Hidráulica Fluvial. Santa Fe, Argentina.
- Breusers, H.N.C.; 1985. Lecture notes on Sediment Transport. Delft.
- Breusers, H.N.C.; 1987. Lecture notes on River Dynamics. Delft.
- COREBE; 1994. Identificación del riesgo hídrico superficial.
- COREBE; 1994. Sistema de información hidrológica de la Cuenca del Río Bermejo. 1993-1994.
- COREBE; 1998. Sistema de información hidrológica de la Cuenca del Río Bermejo. 1996-1998.
- Chang, H.H.; 1988. Fluvial Processes in River Engineering. San Diego State University.
- EVARSA, 1994. Estadística hidrológica hasta 1994. Secretaría de Energía. Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos, Buenos Aires.
- Ferreiro, Vicente; Abril 1983. El mapa hidrogeomorfológico. Su utilización en el estudio de los recursos hídricos superficiales en regiones con insuficiente información de base. La cuenca hídrica superficial del Río Bermejo. Coloquio Internacional sobre Hidrología de Grandes Llanuras, Olavarría.
- Halcrow & Partners, 1973. Estudio de navegabilidad del río Paraguay al sur de Asunción. Volumen II: Estudios hidráulicos e hidrológicos.
- INCYTH - COREBE; 1994. Determinación de las alteraciones en los hidrogramas del Río Bermejo como consecuencia de la operación de los aprovechamientos de la Alta Cuenca de los ríos Bermejo y Grande de Tarija.

O.E.A., 1973. Estudios de los recursos hídricos de la Alta Cuenca del Río Bermejo y programación para su desarrollo. Departamento de desarrollo regional de O.E.A. Washington D.C., U.S.A.

O.E.A., 1975. Estudio de la Cuenca Inferior del Río Bermejo y programación para su desarrollo. Departamento de desarrollo regional de O.E.A. Washington D.C., U.S.A.

Orfeo, O.; 1995. Sedimentología del río Paraná en el área de su confluencia con el río Paraguay. Tesis doctoral.

Provincia de Formosa, 1973. Aprovechamiento del Río Teuco - Laguna Yema. Ministerio de Obras y Servicios Públicos.

Provincia de Formosa, 1998. Río Bermejo. Perfiles transversales. Dirección de Aguas y Suelos, Departamento de Hidrometría y Calidad. Subsecretaría de Recursos Naturales y Ecología. Ministerio de la Producción.

van Rijn, L.; 1984. Sediment Transport. Part I: Bed Load Transport, Part II: Suspended Load Transport, and Part III: Bed Forms and Alluvial Roughness. Journal Of Hydraulic Engineering.

van Rijn, L.; 1993. Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas. Aqua Publications. Amsterdam. The Netherlands.

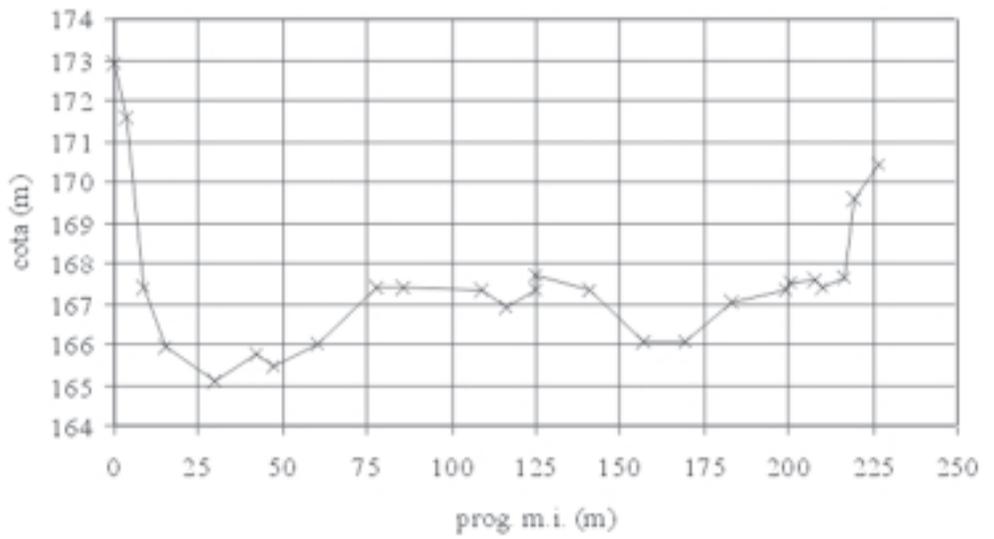
Vanoni, V., 1975. Sedimentation Engineering. American Society of Civil Engineers. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice-No. 54. New York.

FIGURAS

- N° 1: Perfil batimétrico El Algarrobal.
 N° 2: Perfil batimétrico Fortín Belgrano.
 N° 3: Perfil batimétrico Paraje El Silencio.
 N° 4: Perfil batimétrico San Camilo.
 N° 5: Perfil batimétrico Puerto Lavalle.
 N° 6: Perfil batimétrico El Colorado.
 N° 7: Perfil batimétrico L.V. Mansilla.
 N° 8: Perfil sobre línea de nivelación IGM y batimetría Fortín Belgrano.
 N° 9: Perfil sobre línea de nivelación IGM y batimetría San Camilo.
 N° 10: Perfil sobre línea de nivelación IGM y batimetría Puerto Lavalle.
 N° 11: Perfil sobre línea de nivelación IGM y batimetría El Colorado.
 N° 12: Perfil sobre línea de nivelación IGM y batimetría L.V. Mansilla.
 N° 13: Composición granulométrica del lecho El Algarrobal.
 N° 14: Composición granulométrica de margen Fortín Belgrano.
 N° 15: Composición granulométrica del lecho San Camilo.
 N° 16: Composición granulométrica de margen Puerto Lavalle.
 N° 17: Composición granulométrica de margen El Colorado.
 N° 18: Composición granulométrica del lecho L.V. Mansilla.
 N° 19 a 26: Distribución de finos en suspensión - Puente Lavalle. Muestra 1 a 8.
 N° 27 a 47: Sedimento en suspensión - El Colorado. Agosto 1969 a Mayo 1971.
 N° 48: Concentración de sedimentos en suspensión - Río Bermejo Inferior.
 N° 49: Porcentajes de fracción fina y gruesa respecto del total de sedimentos en suspensión. El Colorado.
 N° 50: Curvas granulométricas - Meses de aguas altas. El Colorado.
 N° 51: Curvas granulométricas - Meses de aguas bajas. El Colorado.
 N° 52: El Colorado. Transporte en suspensión de fracción gruesa y 20% del total.
 N° 53: El Colorado. Transporte en suspensión de fracción gruesa, 20% del total y resultados según Engelund Hansen y Van Rijn.
 N° 54: Perfil transversal Santa Rita.
 N° 55: Perfil transversal El Potrerito.
 N° 56: Perfil transversal San Camilo.
 N° 57: Perfil transversal "La Aurora".
 N° 58: Perfil transversal Pcia. Roca.
 N° 59: Perfil transversal Puente Lavalle.
 N° 60: Perfil transversal km. 503.
 N° 61: Perfil transversal "La Victoria".
 N° 62: Perfil transversal el Colgado.
 N° 63: Comparación de la sección transversal en época de aguas altas. El Colorado.
 N° 64: Comparación de la sección transversal con la crecida 80/81. El Colorado.
 N° 65: Comparación de la sección transversal con la crecida 81/82. El Colorado.
 N° 66: Comparación de la sección transversal con la crecida 82/83. El Colorado.
 N° 67: Comparación de la sección transversal con la crecida 83/84. El Colorado.
 N° 68: Comparación de la sección transversal con la crecida 84/85. El Colorado.
 N° 69: Comparación de la sección transversal con la crecida 85/86. El Colorado.
 N° 70: Comparación de la sección transversal con la crecida 86/87. El Colorado.
 N° 71: Comparación de la sección transversal con la crecida 87/88. El Colorado.
 N° 72: Comparación de la sección transversal con la crecida 88/89. El Colorado.
 N° 73: Comparación de la sección transversal con la crecida 1998. El Colorado.
 N° 74: Caudales del río Bermejo en El Colorado 1980-89.
 N° 75: Evolución de la cota del talweg del río Bermejo en El Colorado.
 N° 76: Erosión/sedimentación en el río Bermejo en El Colorado.
 N° 77: Río Bermejo en El Colorado. Área erosionado en función del caudal, en período de aguas altas.
 N° 78: Concentración de sedimentos en suspensión. Río Bermejo Inferior.
 N° 79: El Colorado. Ley H-Q EVARSA.
 N° 80: El Colorado. Curva de duración anual característica de caudales medios diarios.
 N° 81: Plano general.
 N° 82: Creciente 1998-99. Comparación caudales en el ingreso.

- N° 83: Comparación caudales medios diarios y aforados en Pozo Sarmiento, 1995-96.
- N° 84: Caudales líquidos ingresantes a la Baja Cuenca del Bermejo, 1995-96.
- N° 85: Comparación niveles 1995-96
- N° 86: Creciente 1995-96. Caudales ingresantes y en El Colorado.
- N° 87: Creciente 1995-96. Niveles en P.Lavalles y El Colorado.
- N° 88: Creciente 1995-96. Transporte total de arenas en El Colorado.
- N° 89: Creciente 1995-96. Evolución de la cota del lecho en El Colorado.
- N° 90: Creciente 1995-96. Velocidades medias en El Colorado.
- N° 91: Caudales líquidos ingresantes a la Baja Cuenca del Bermejo, 1994-95.
- N° 92: Comparación niveles 1994-95
- N° 93: Creciente 1994-95. Caudales ingresantes y en El Colorado.
- N° 94: Creciente 1994-95. Niveles en P.Lavalle y El Colorado.
- N° 95: Creciente 1994-95. Evolución de la cota del lecho en El Colorado.
- N° 96: Creciente 1994-95. Velocidades medias en El Colorado.
- N° 97: Caudales líquidos ingresantes a la Baja Cuenca del Bermejo, 1998-99.
- N° 98: Comparación niveles 1998-99
- N° 99: Creciente 1998-99. Caudales ingresantes, en El Sauzalito y en El Colorado. Modelación sin desbordes.
- N° 100: Creciente 1998-99. Niveles en P.Lavalle y El Colorado. Modelación sin desbordes.
- N° 101: Creciente 1998-99. Transporte total de arenas en El Sauzalito y El Colorado. Modelación sin desbordes.
- N° 102: Creciente 1998-99. Evolución de la cota del lecho en El Colorado. Modelación sin desbordes.
- N° 103: Creciente 1998-99. Velocidades medias en El Colorado. Modelación sin desbordes.
- N° 104: Creciente 1998-99. Caudales ingresantes, en El Sauzalito y en El Colorado. Modelación con desbordes.
- N° 105: Creciente 1998-99. Niveles en P.Lavalle. Modelación con desbordes.
- N° 106: Creciente 1998-99. Niveles en El Colorado. Modelación con desbordes.
- N° 107: Creciente 1998-99. Transporte total de arenas. Modelación con desbordes.
- N° 108: Creciente 1998-99. Evolución de la cota del lecho en El Colorado. Modelación con desbordes.
- N° 109: Caudales líquidos ingresantes a la Baja Cuenca del Bermejo, 1983-84.
- N° 110: Creciente 1983-84. Caudales ingresantes y en El Colorado. Modelación sin desbordes.
- N° 111: Creciente 1983-84. Niveles en El Colorado. Modelación sin desbordes.
- N° 112: Creciente 1983-84. Evolución de la cota del lecho en El Colorado. Modelación sin desbordes.
- N° 113: Creciente 1983-84. Velocidades medias en El Colorado. Modelación sin desbordes.
- N° 114: Creciente 1983-84. Caudales ingresantes y en El Colorado. Modelación con desbordes.
- N° 115: Creciente 1983-84. Niveles en El Colorado. Modelación con desbordes.
- N° 116: Creciente 1983-84. Evolución de la cota del lecho en El Colorado. Modelación con desbordes.
- N° 117: Creciente 1998-99. Transporte de arenas en los primeros 25 km. Modelación con desbordes.
- N° 118: Creciente 1998-99. Transporte de arenas en los primeros 25 km. (30 % Qs ing). Modelación con desbordes.
- N° 119: Creciente 1998-99. Evolución del lecho en los primeros 25 km. Modelación con desbordes.
- N° 120: Creciente 1998-99. Evolución del lecho en los primeros 25 km. (30 % Qs ing). Modelación con desbordes.
- N° 121: Creciente 1998-99. Comparación evolución del lecho (actual vs 30 % Qs ing). Modelación con desbordes.
- N° 122: Caudales aforados en El Colorado y calculados con regresión lineal múltiple.
- N° 123: Caudales medidos en El Colorado y calculados en función del caudal suma de Zanja del Tigre y Caimancito.
- N° 124: Caudales medidos en El Colorado y calculados con regresión lineal múltiple (caudales suma menores que 2200 m³/s).
- N° 125: Caudales medidos en El Colorado y calculados en función del caudal suma de Zanja del Tigre y Caimancito (caudales suma menores que 2200 m³/s).
- N° 126: Frecuencia de caudales: Caimancito, río San Francisco.
- N° 127: Frecuencia de caudales: Zanja del Tigre, río Bermejo.
- N° 128: Frecuencia de caudales: Caimancito + Zanja del Tigre.
- N° 129: Frecuencia de alturas en aguas altas en Puerto Lavalle.
- N° 130: Frecuencia de alturas en aguas altas en El Colorado.

Perfil Batimétrico 1 - Zona El Totoral



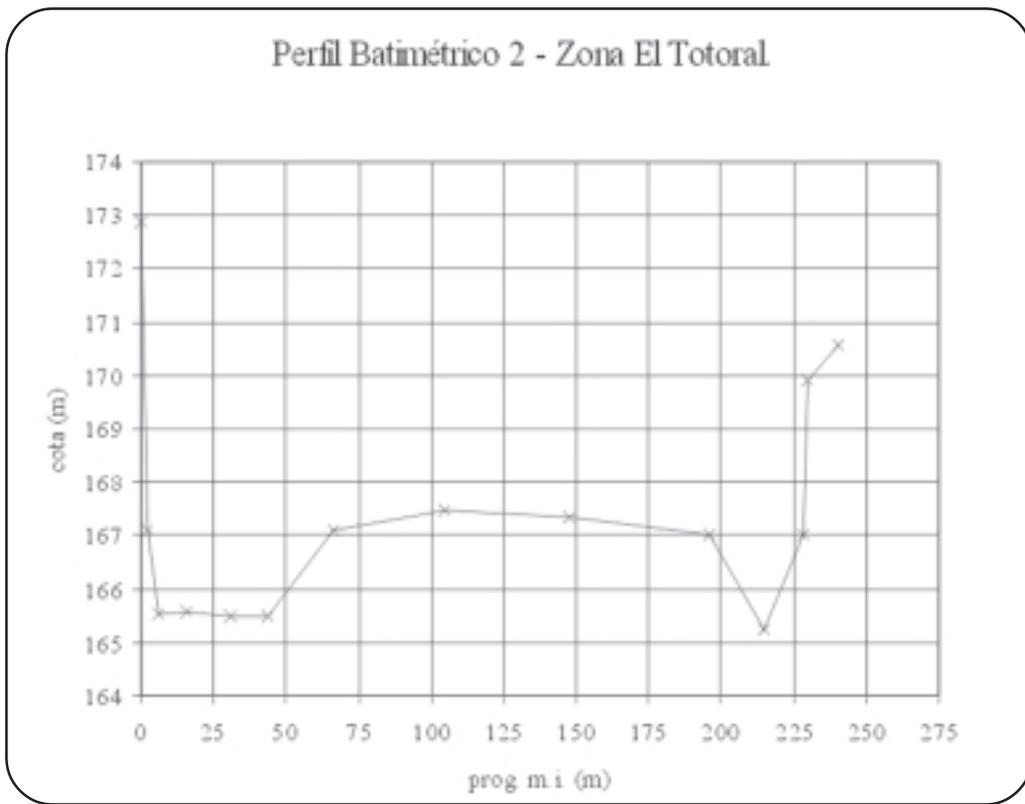


Figura 2

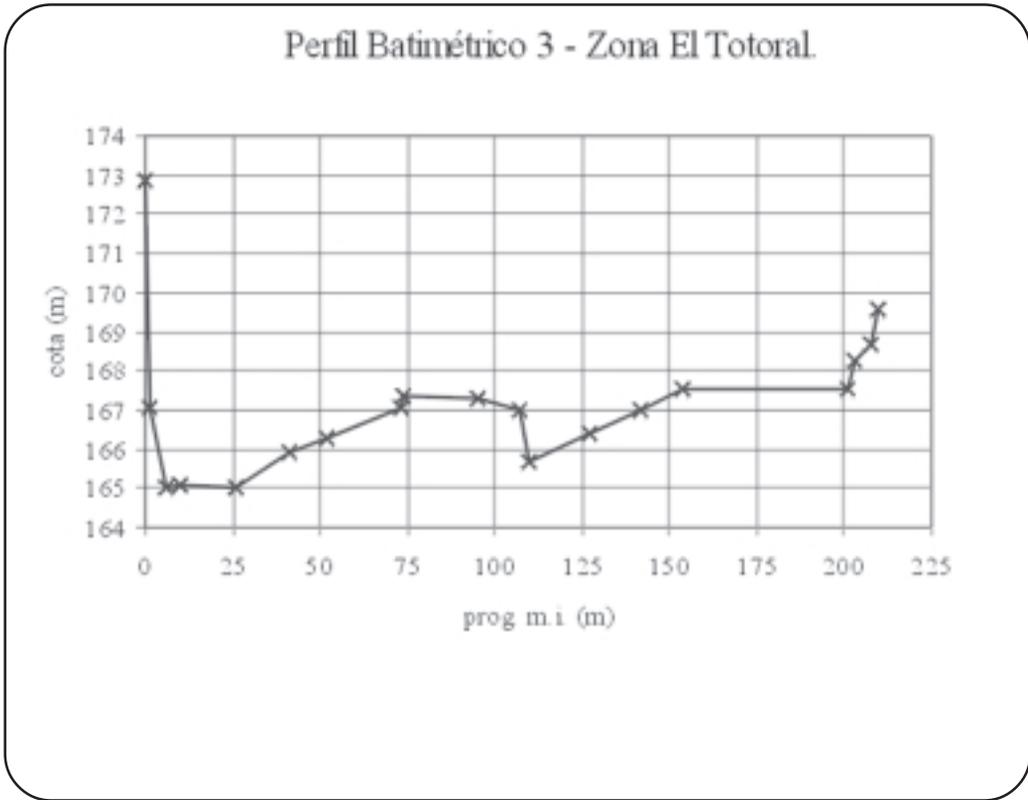


Figura 3

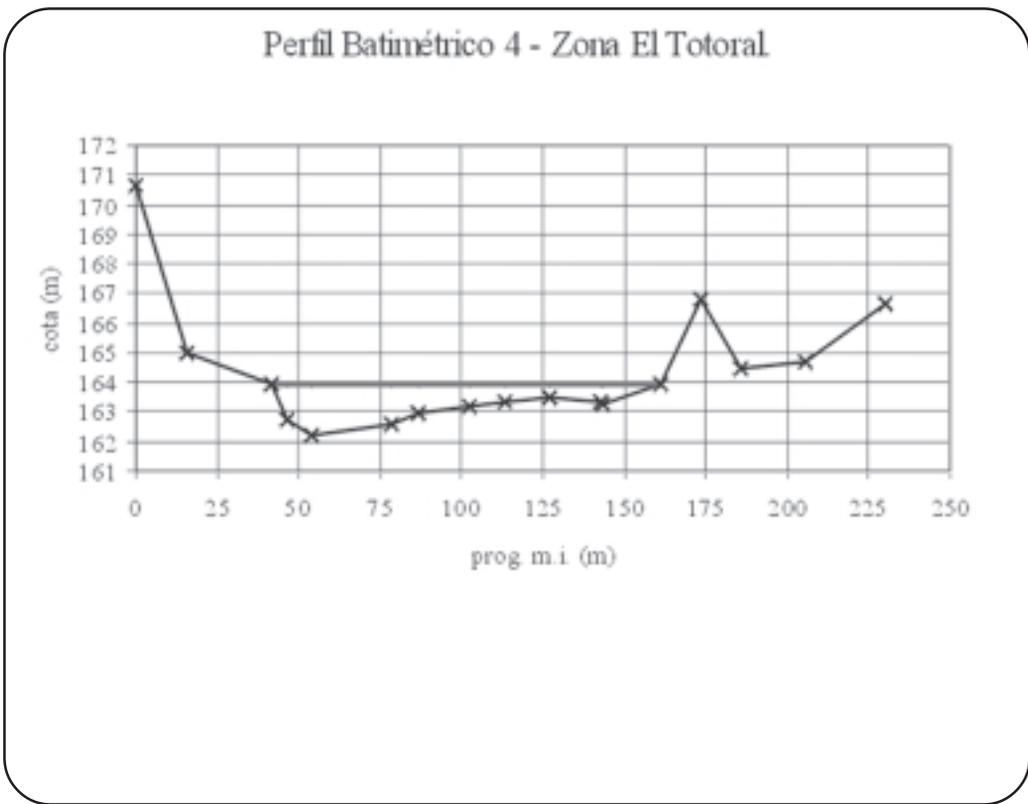
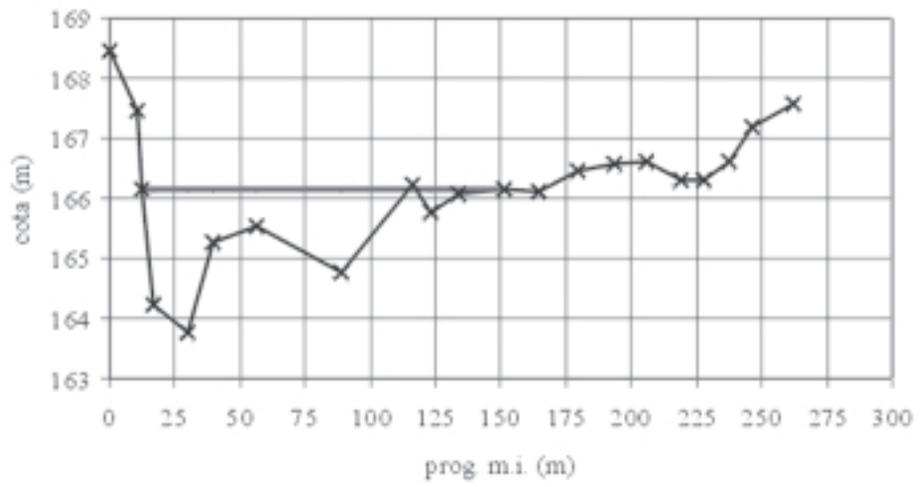


Figura 4

Perfil Batimétrico 5 - Zona El Totoral.



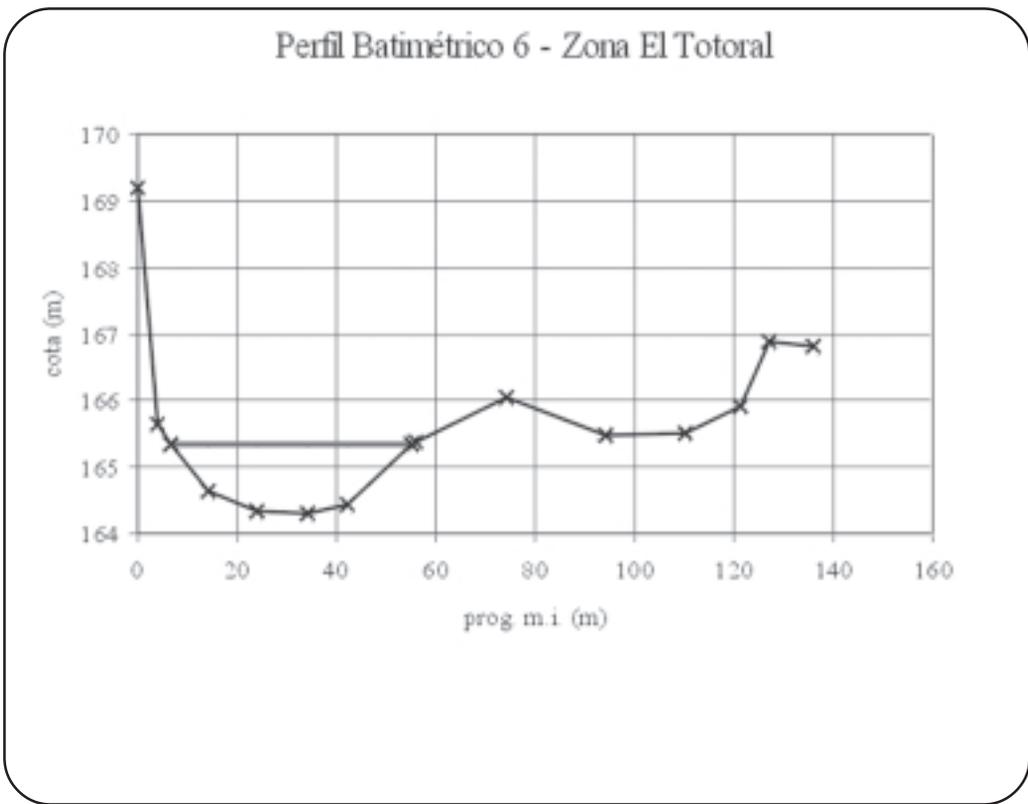


Figura 6

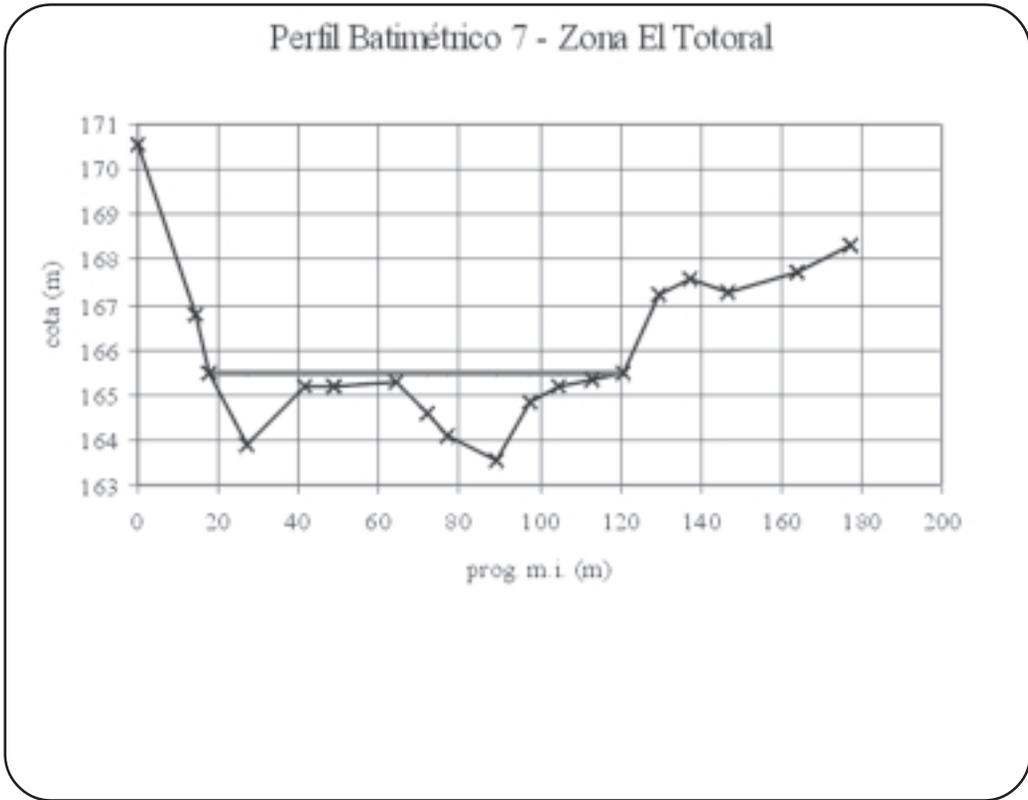


Figura 7

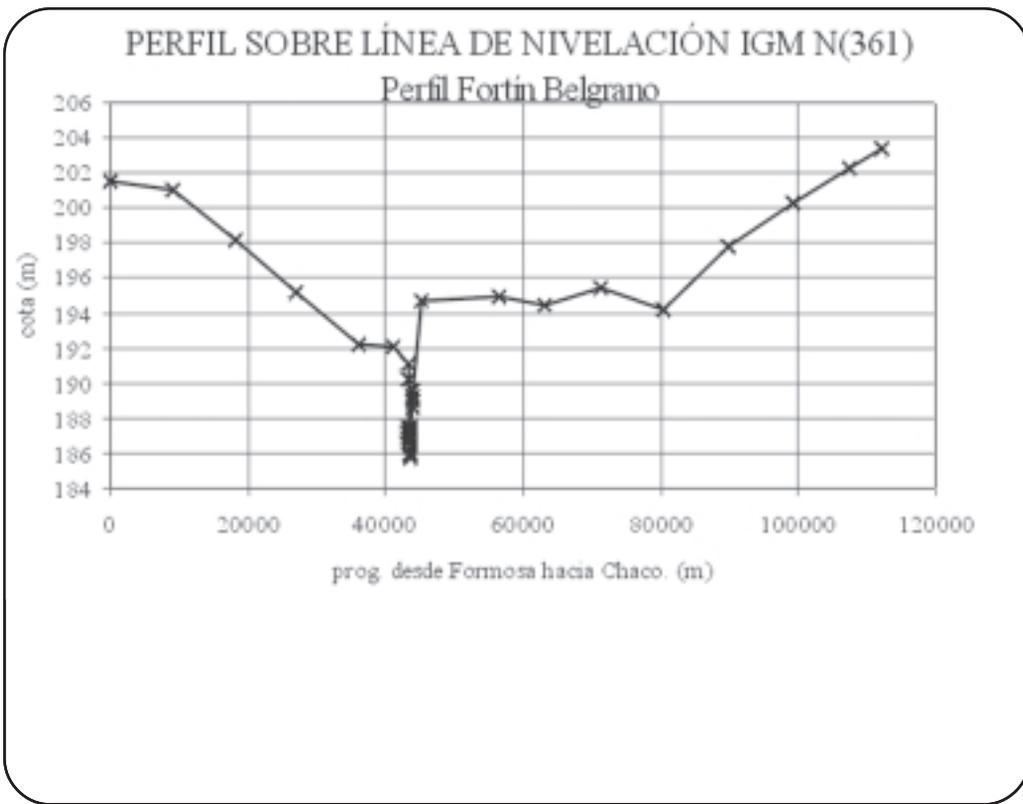


Figura 8

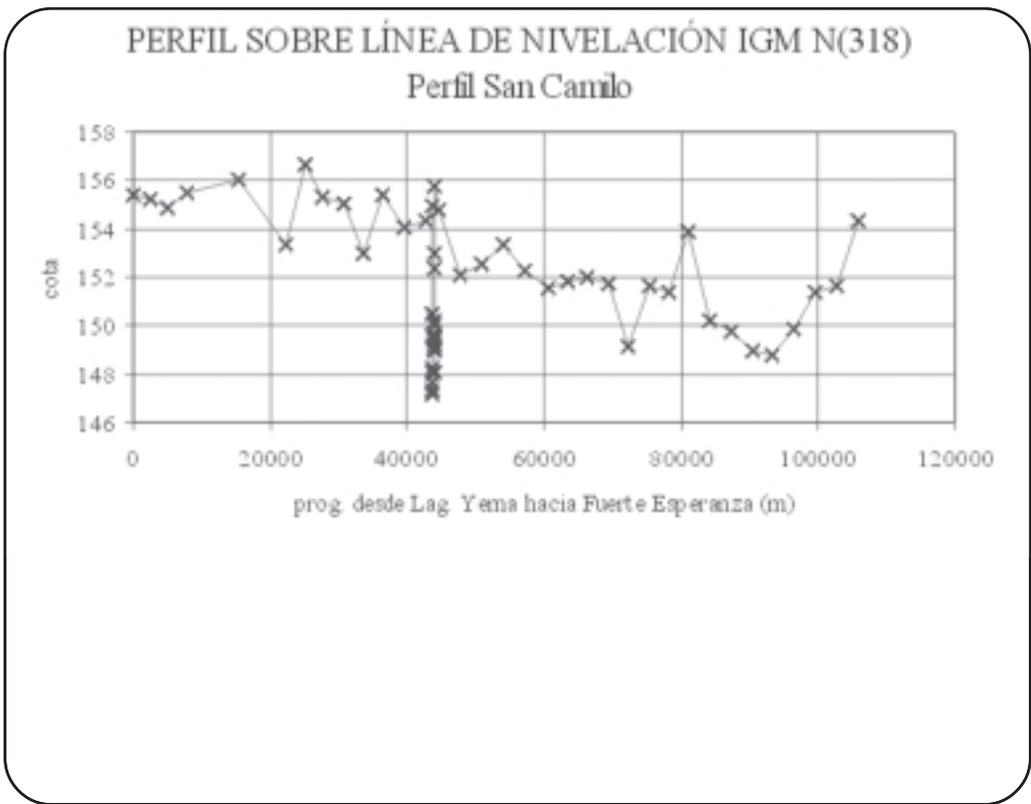


Figura 9

PERFIL SOBRE LÍNEA DE NIVELACIÓN IGM N(267)

Perfil Puerto Lavalle

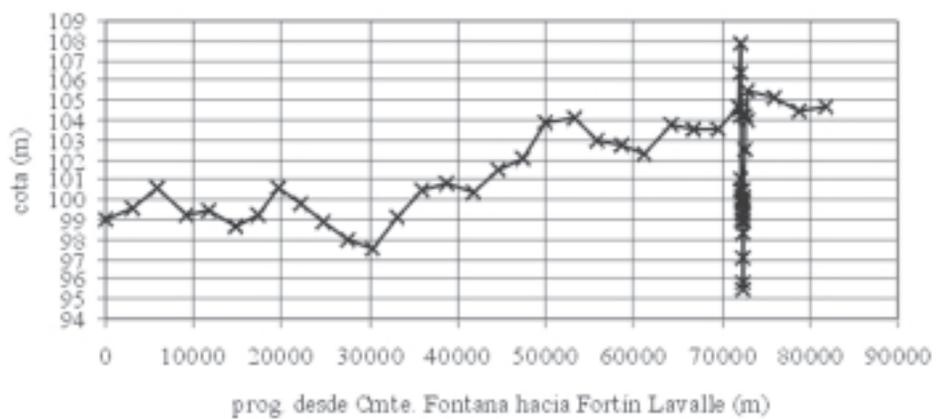


Figura 10

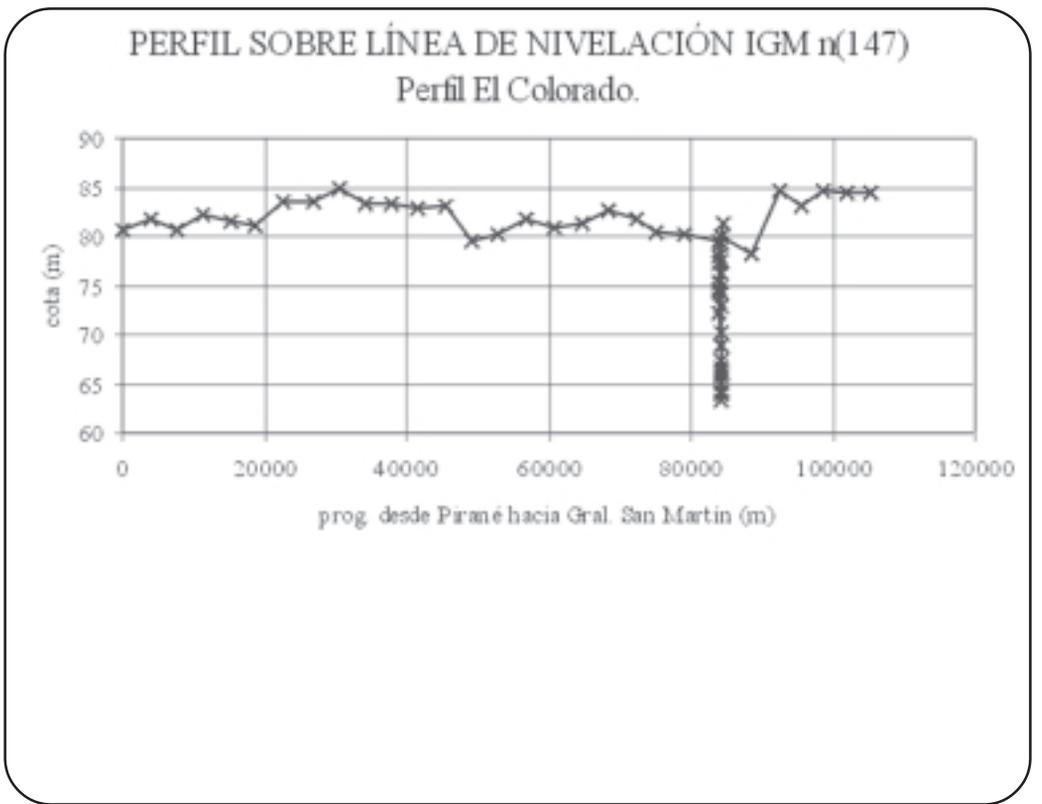
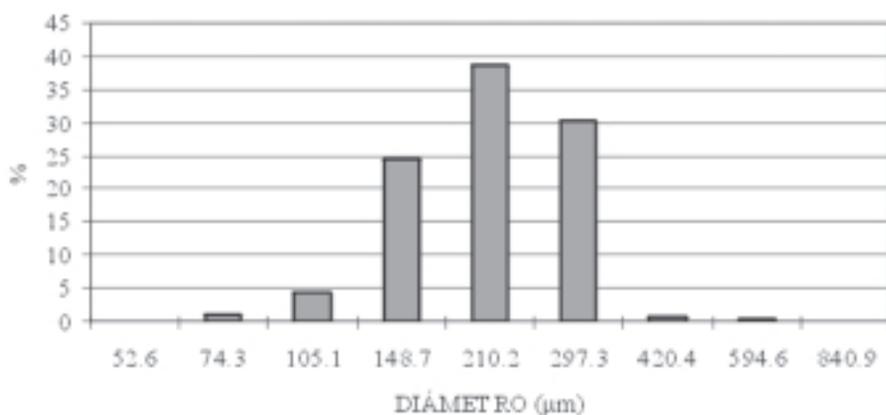


Figura 11



Figura 12

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL LECHO
EL ALGARROBAL



COMPOSICION GRANULOMÉTRICA DEL LECHO
EL ALGARROBAL

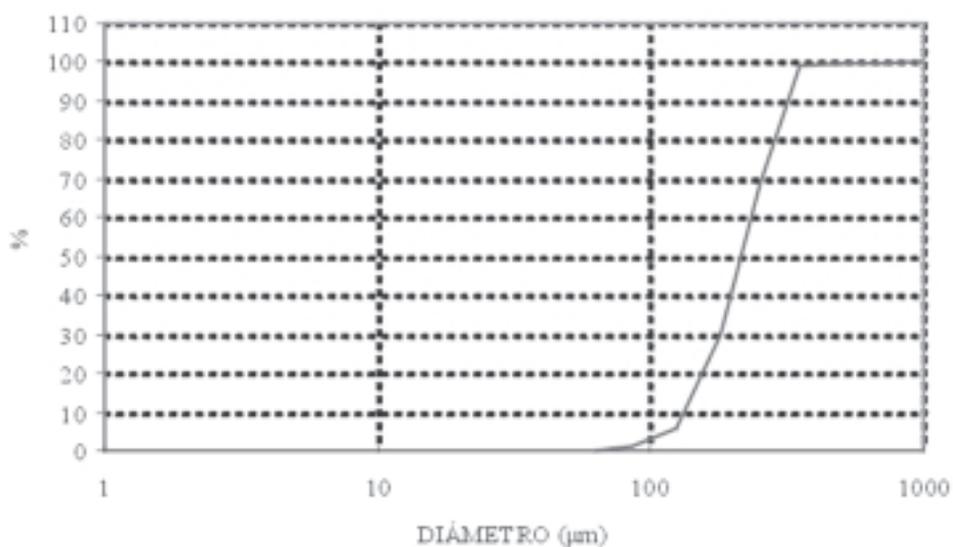
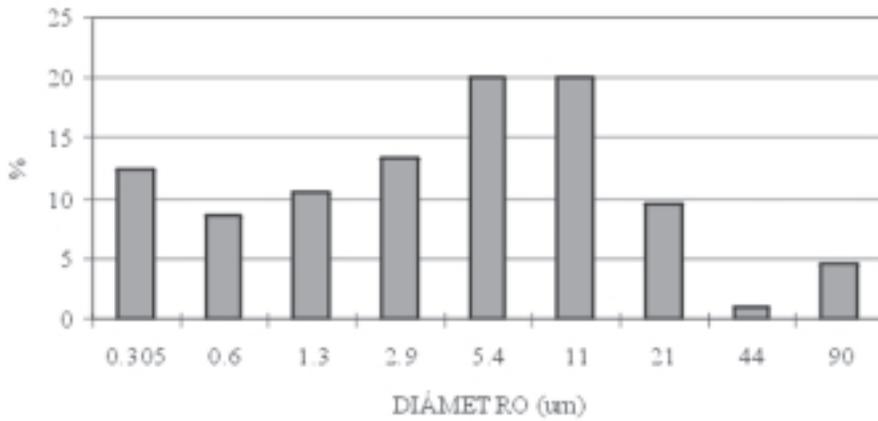


Figura 13

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DE MARGEN
FORTÍN BELGRANO



DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE MARGEN.
FORTÍN BELGRANO

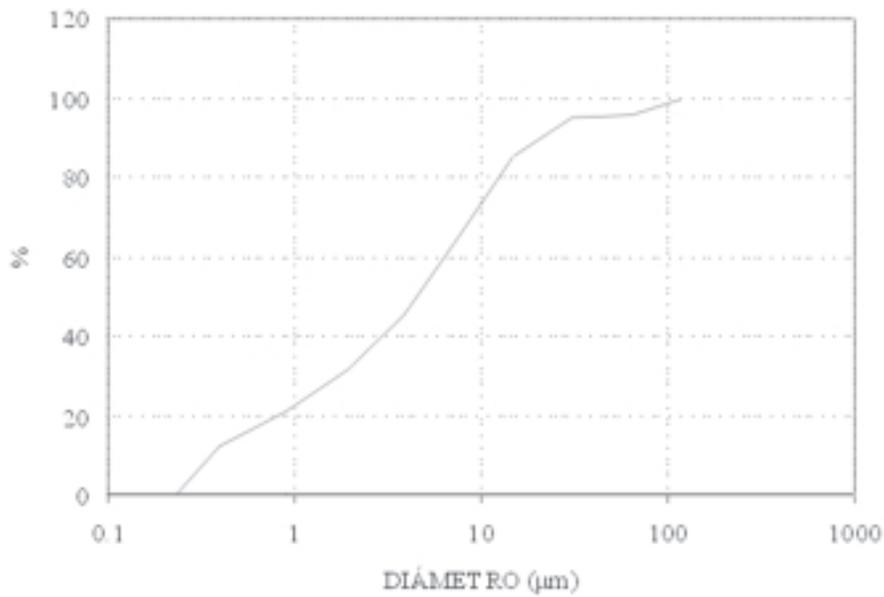
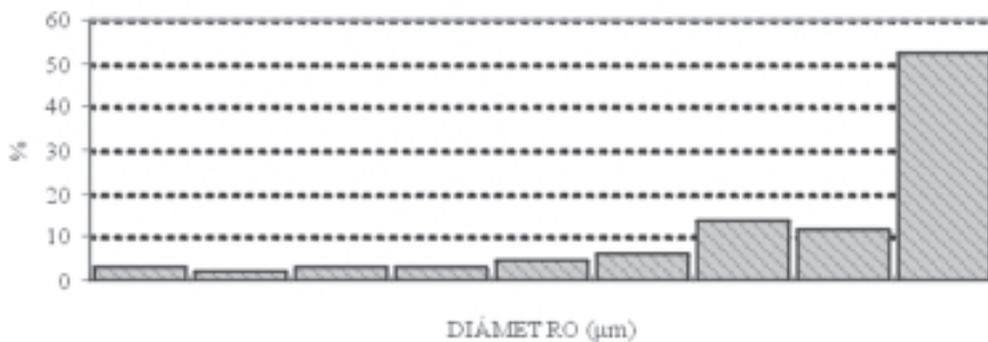


Figura 14

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL LECHO
SAN CAMILO



DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DEL LECHO
SAN CAMILO

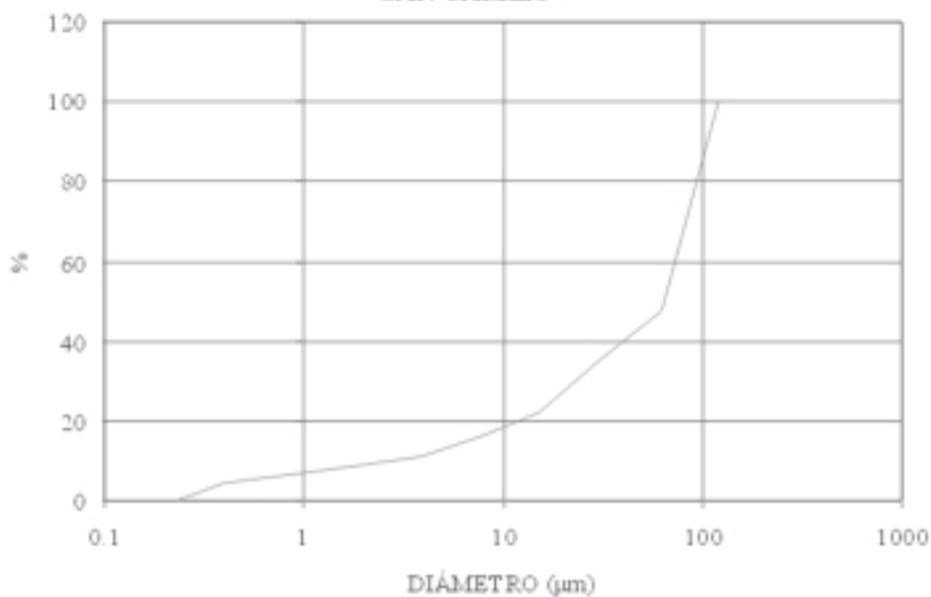


Figura 15

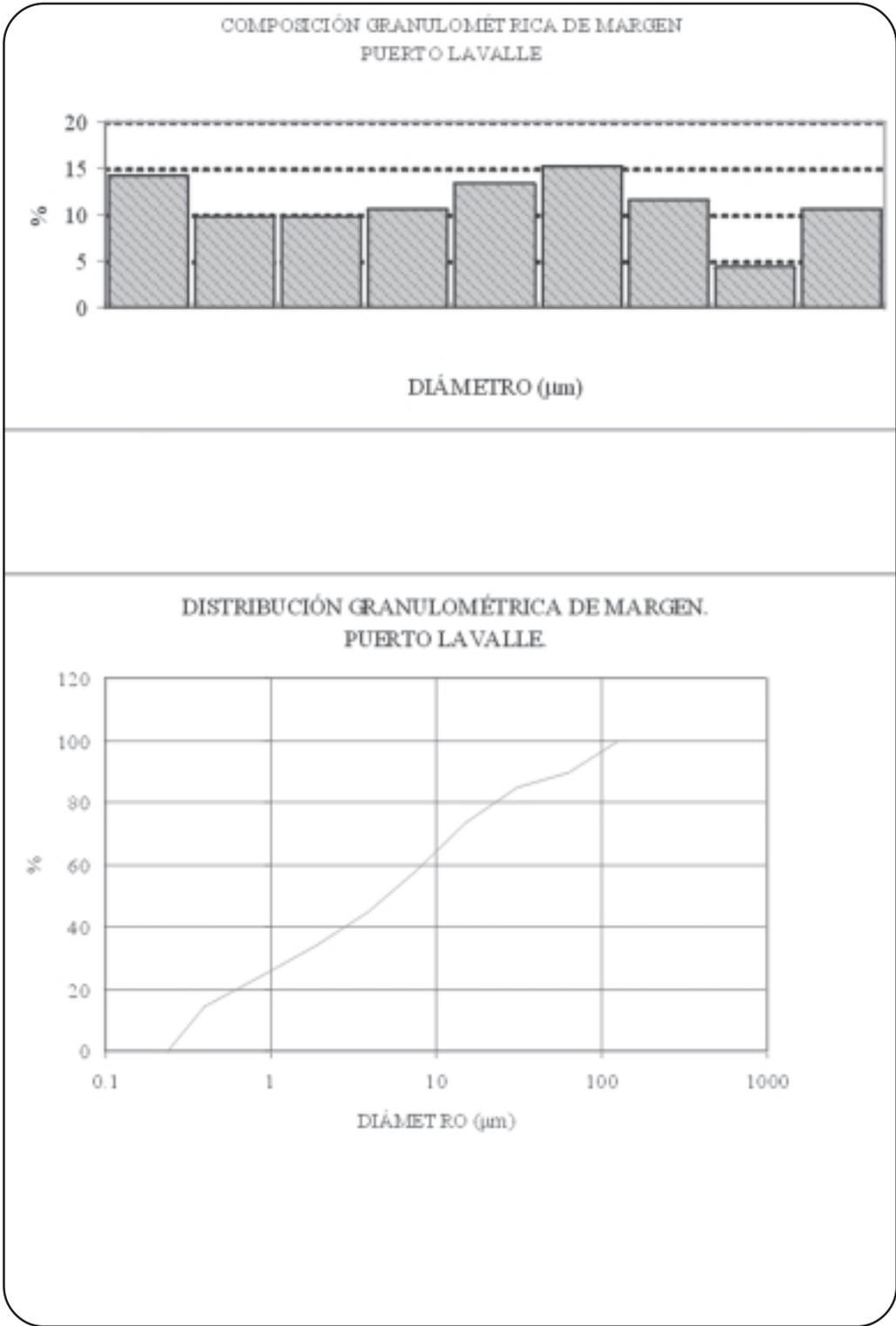


Figura 16

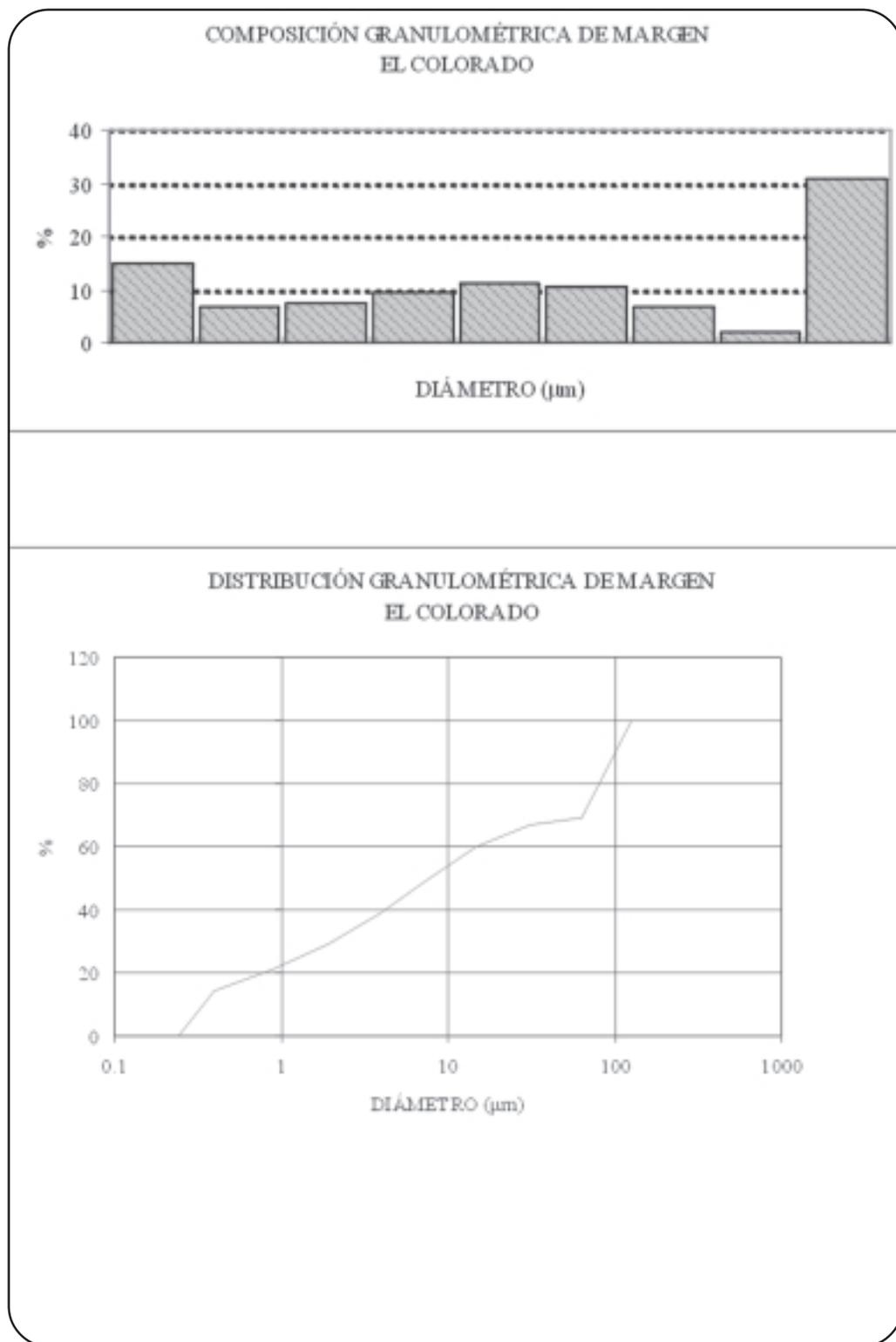
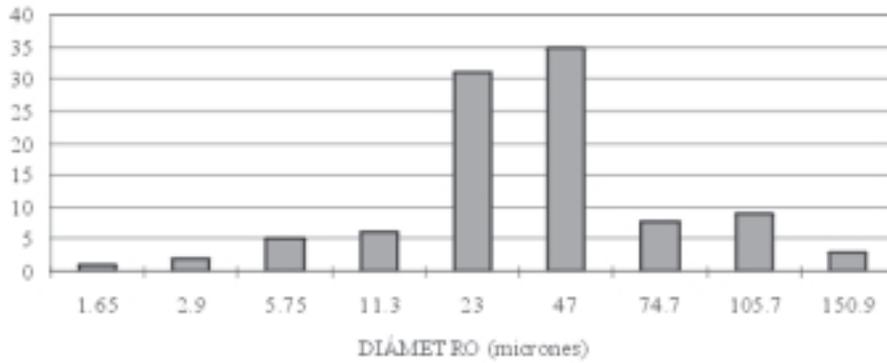


Figura 17

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL LECHO
LUCIO V. MANSILLA



DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DEL LECHO.
LUCIO V. MANSILLA.

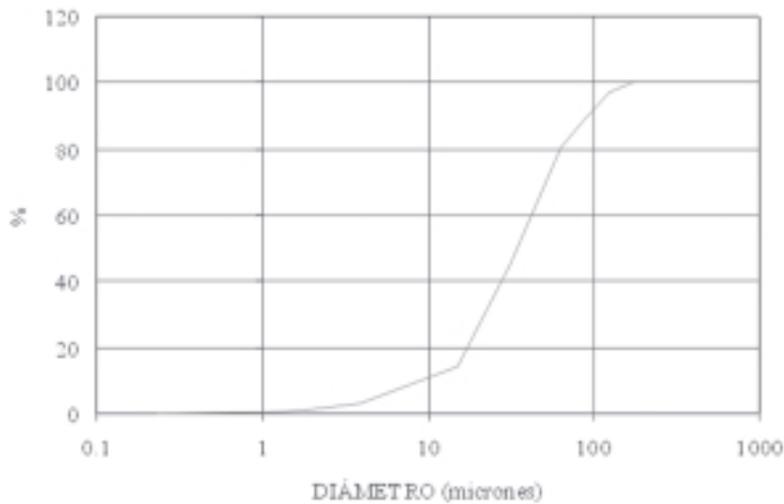


Figura 18

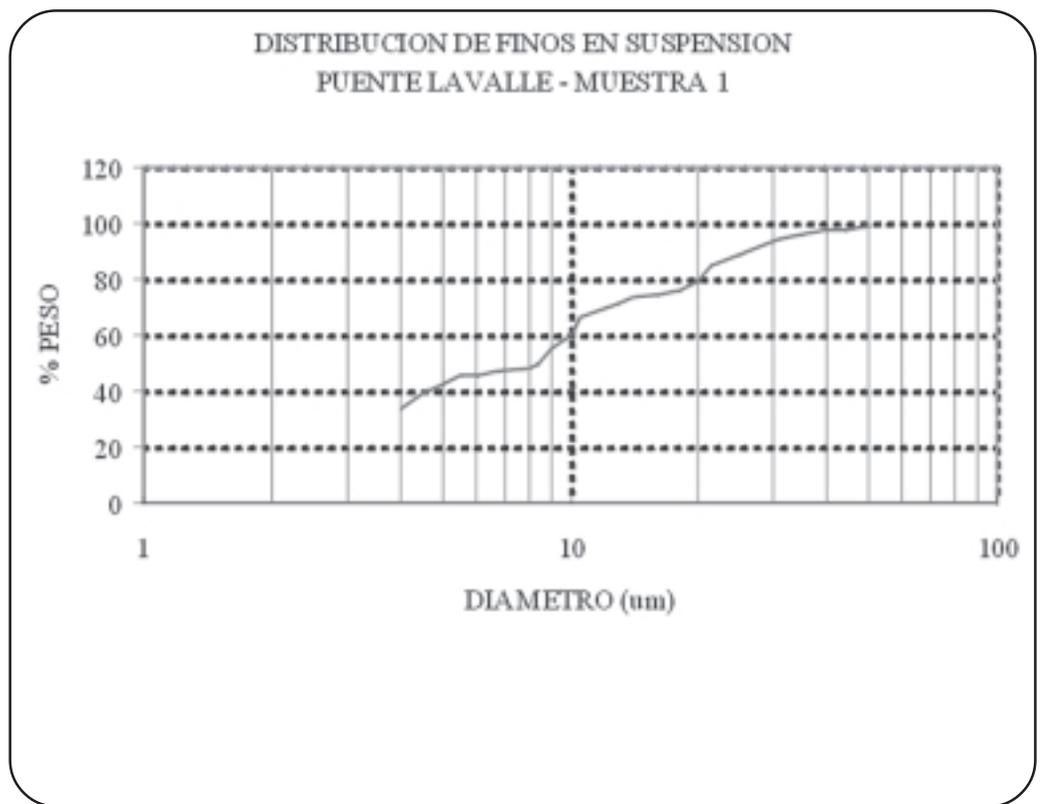


Figura 19

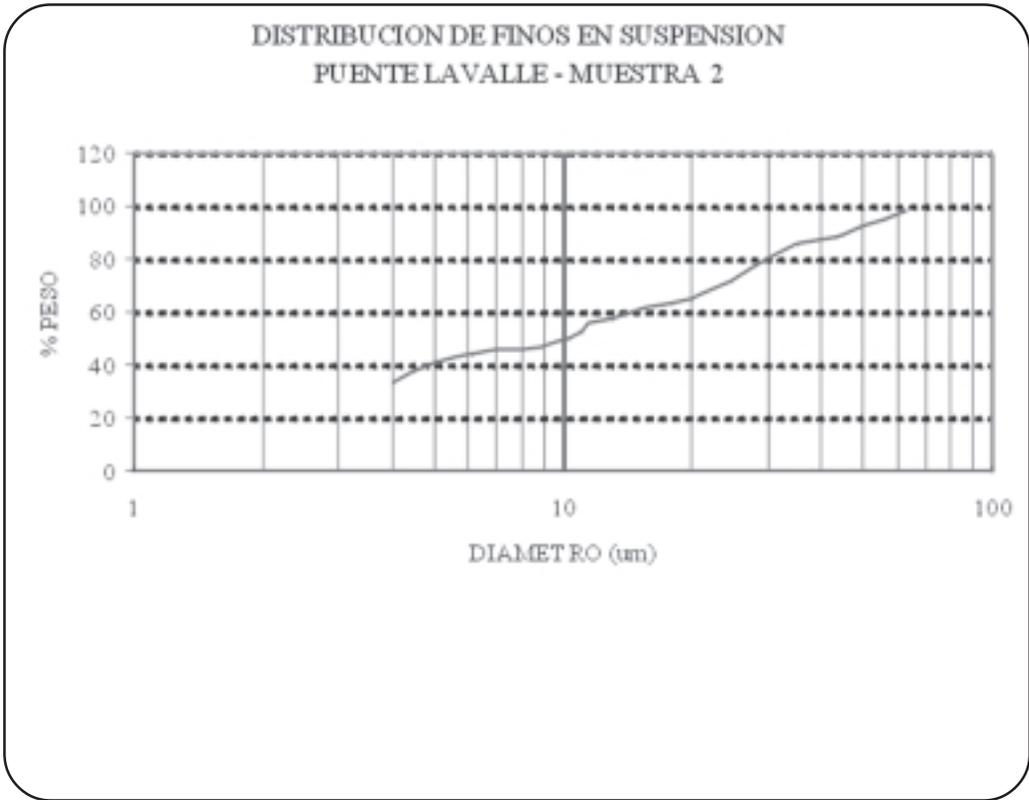
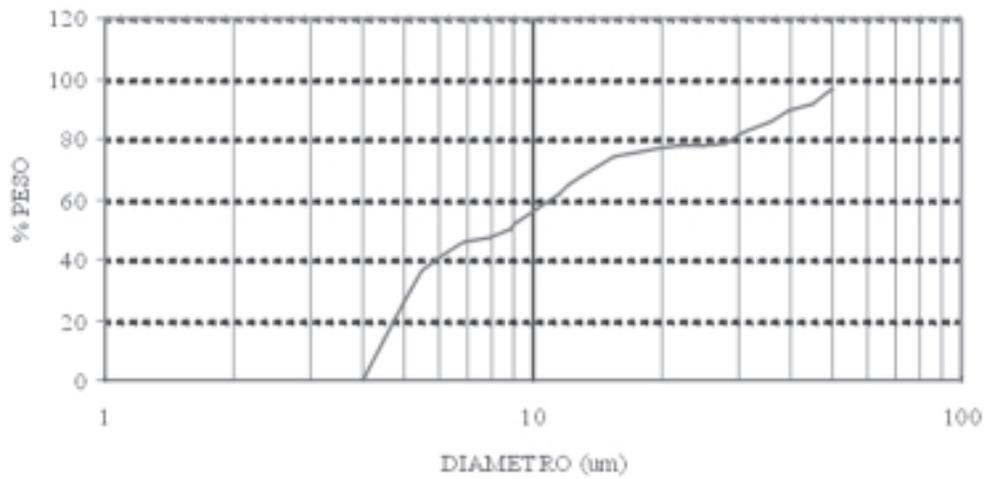


Figura 20

DISTRIBUCION DE FINOS EN SUSPENSION
PUENTE LAVALLE - MUESTRA 3



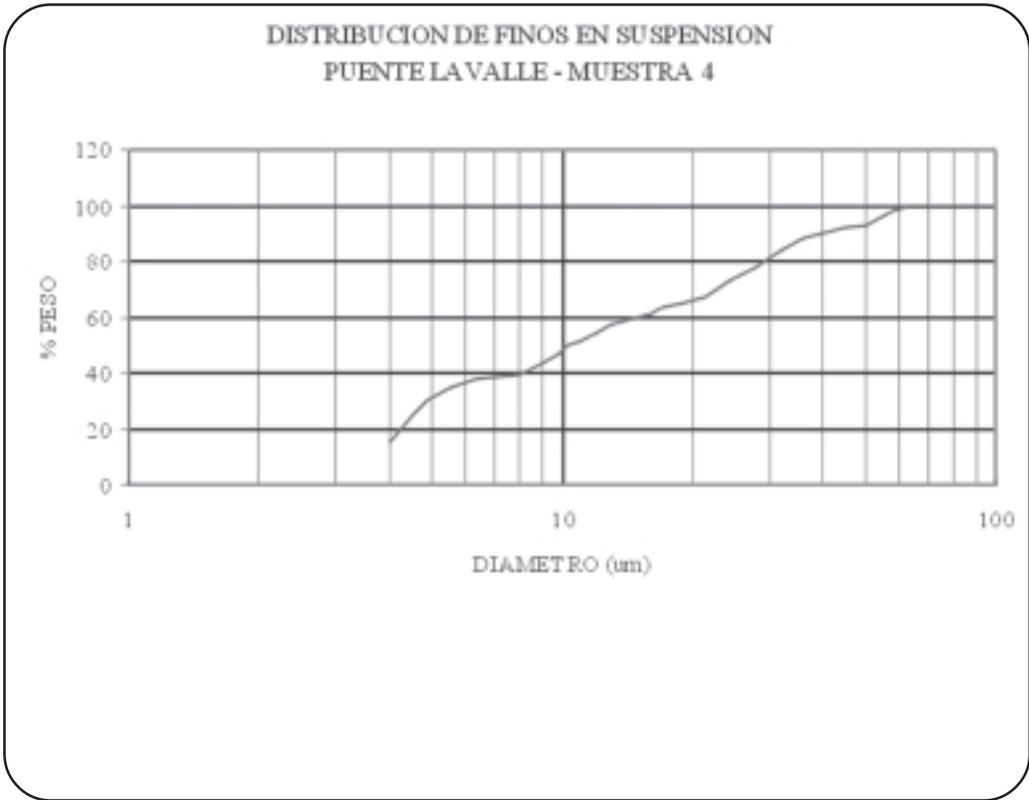
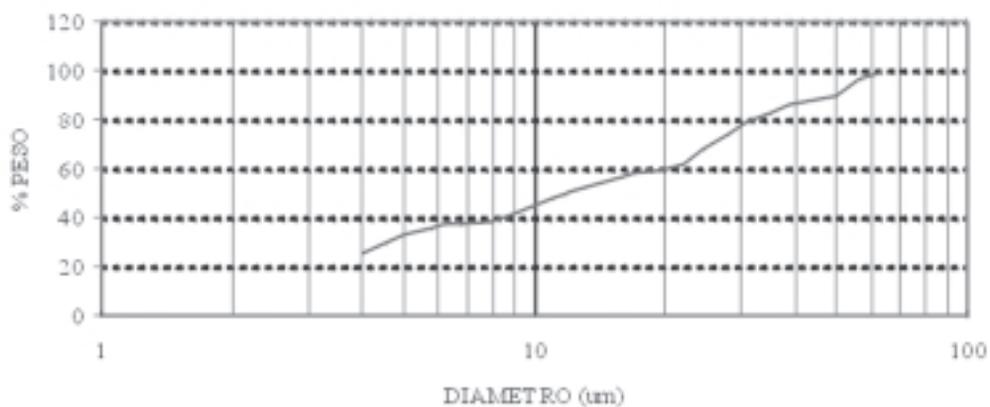


Figura 22

DISTRIBUCION DE FINOS EN SUSPENSION
PUENTE LAVALLE - MUESTRA 5



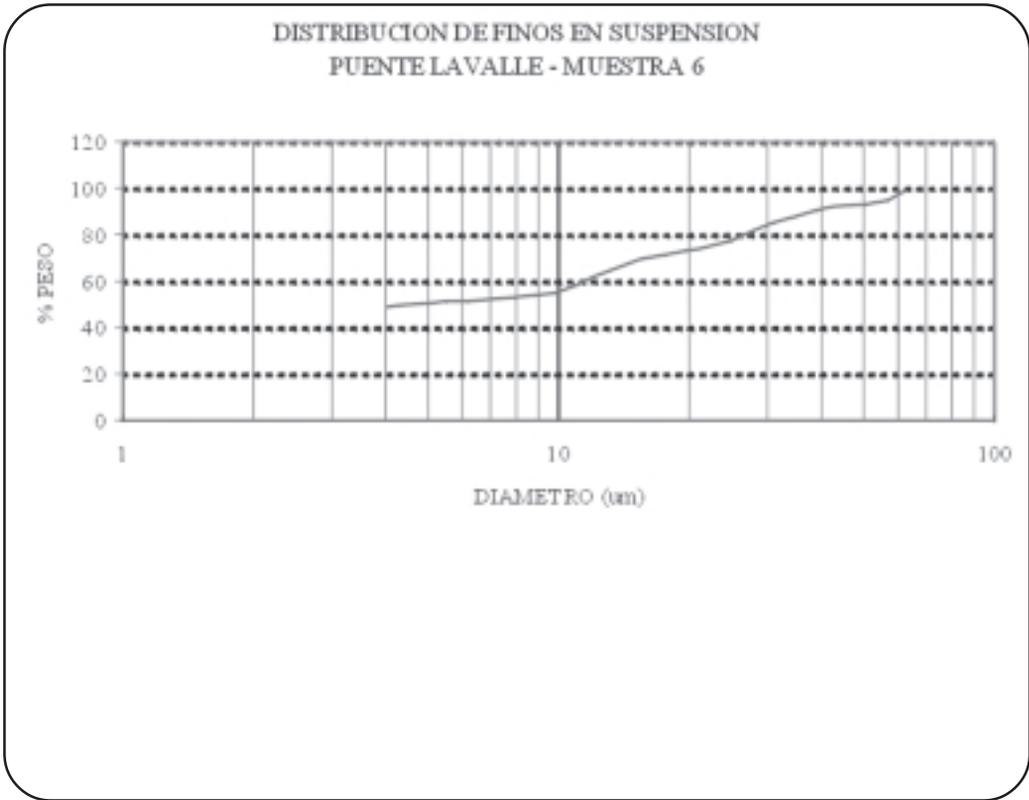
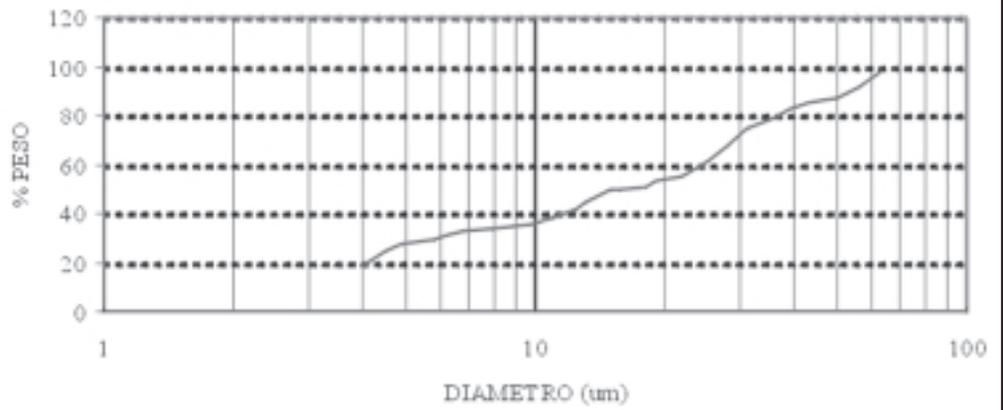


Figura 24

DISTRIBUCION DE FINOS EN SUSPENSION
PUENTE LAVALLE - MUESTRA 7



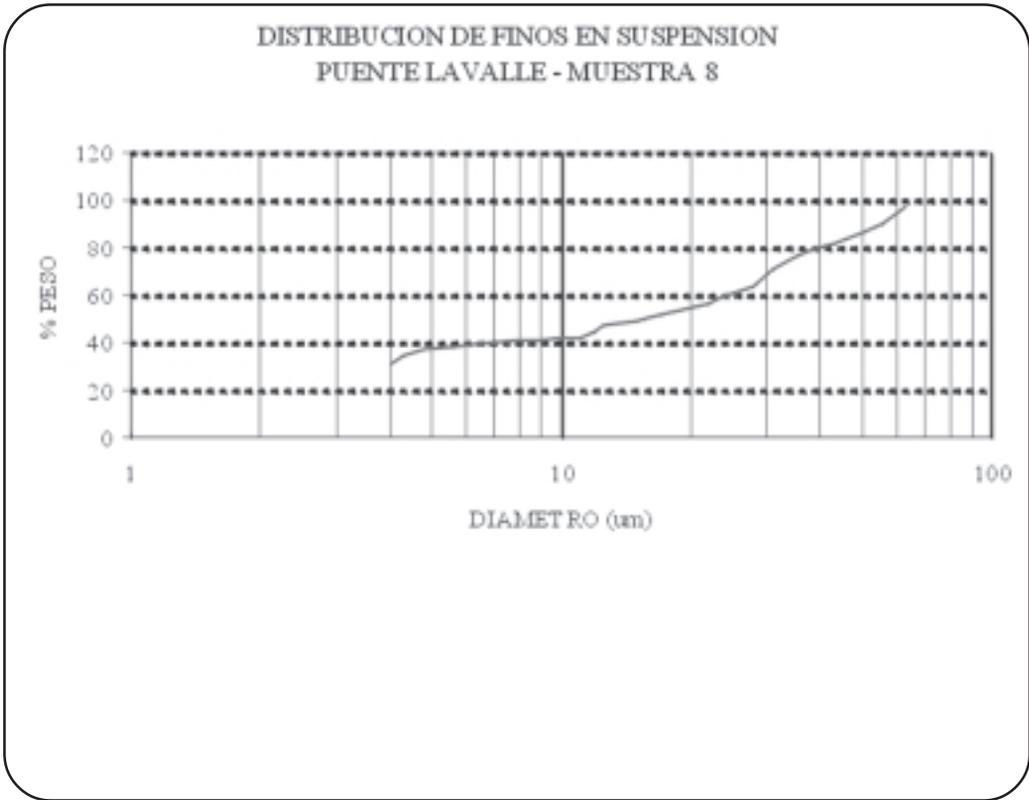


Figura 26

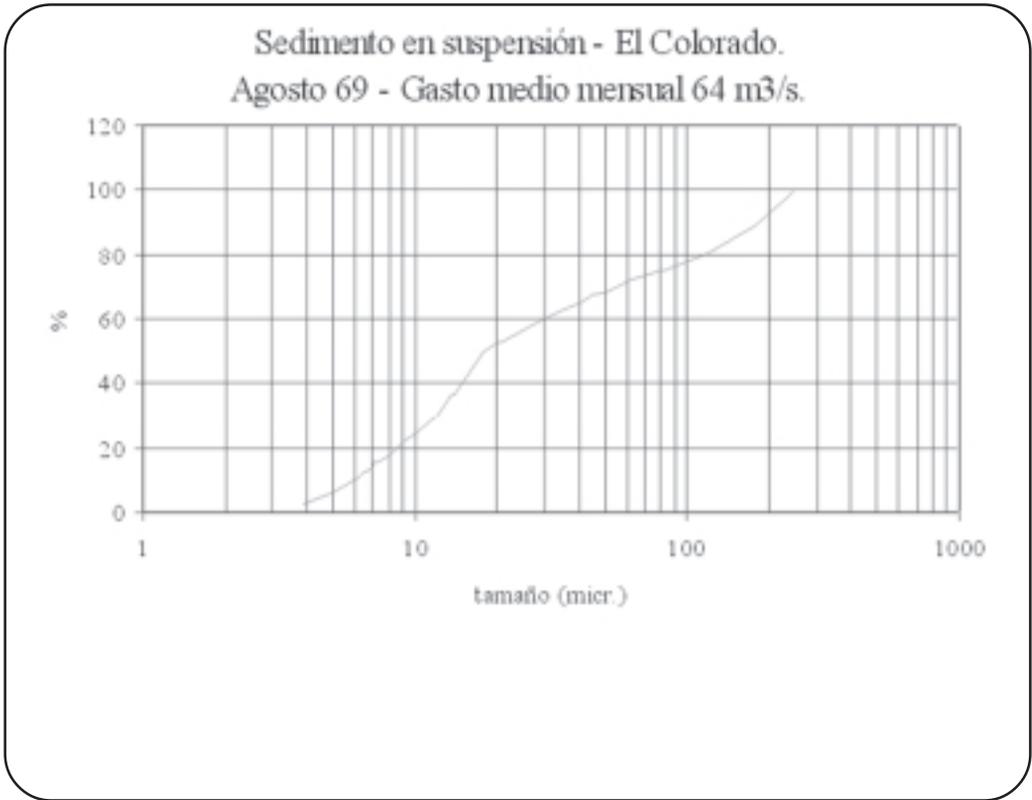
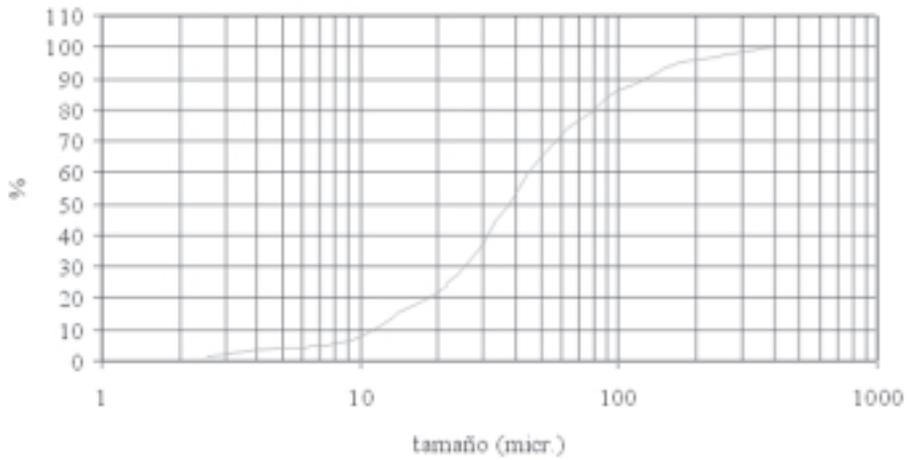
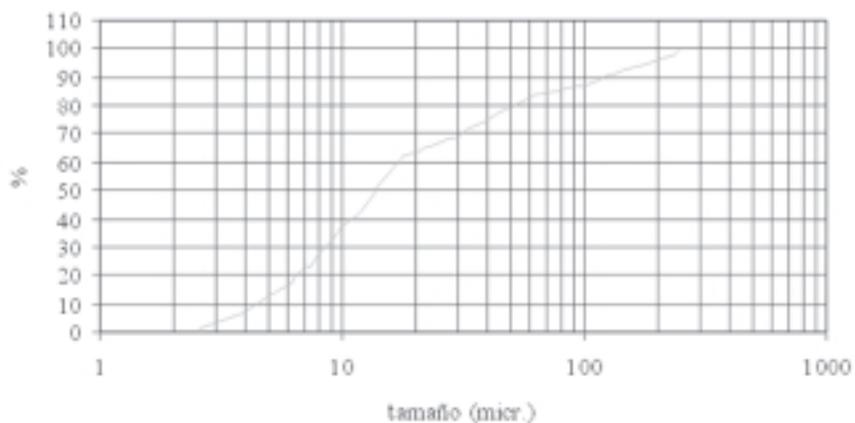


Figura 27

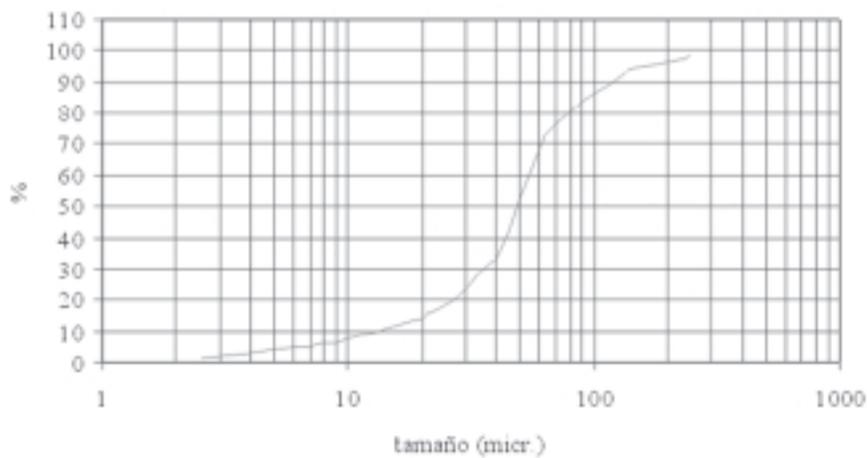
Sedimento en suspensión . El Colorado.
Agosto 70 - Gasto medio mensual 67 m³/s.



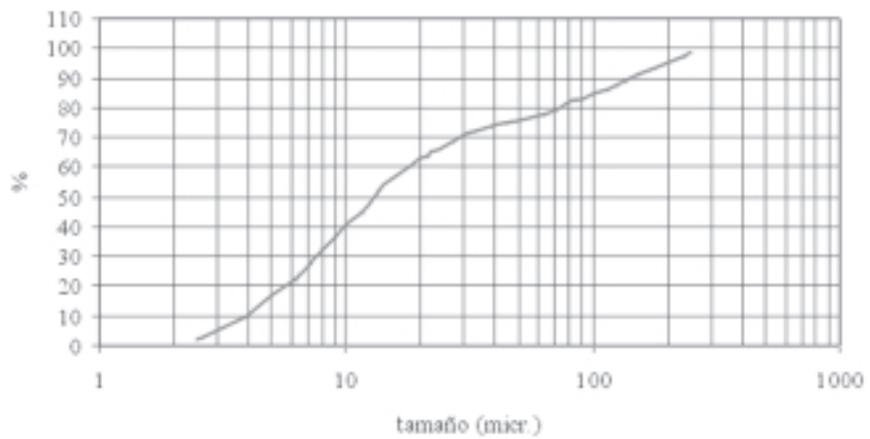
Sedimento en suspensión - El Colorado.
Sept. 69 - Gasto medio mensual 42 m³/s.



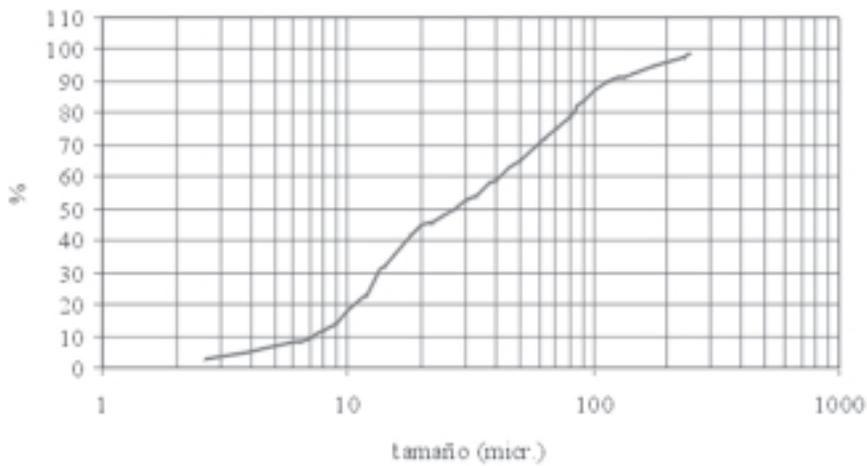
Sedimento en suspensión - El Colorado.
Sept. 70 - Gasto medio mensual 46 m³/s.



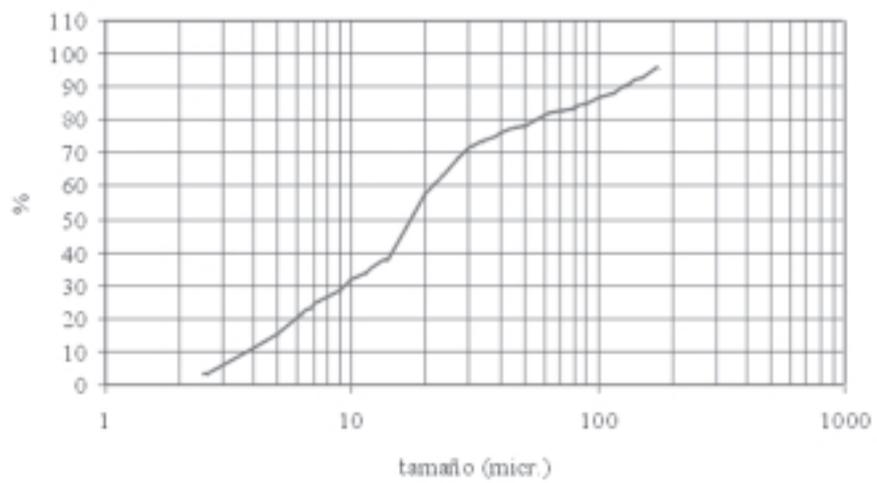
Sedimento en suspensión - El Colorado.
Oct. 69 - Gasto medio mensual 29 m³/s.



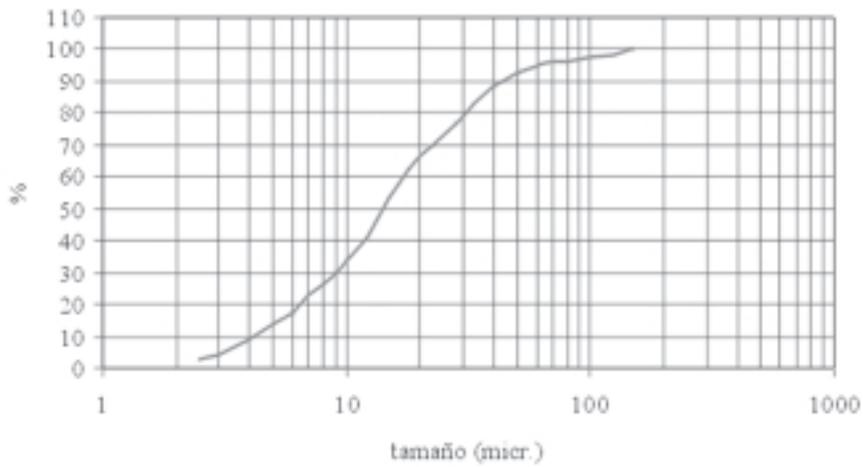
Sedimento en suspensión - El Colorado.
Oct. 70 - Gasto medio mensual 33 m³/s.



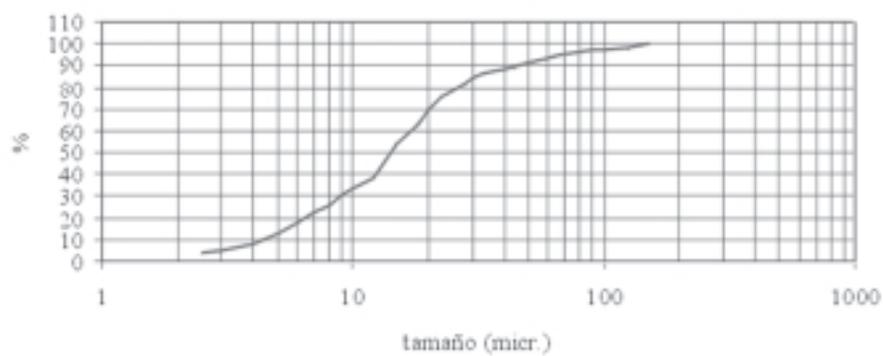
Sedimento en suspensión - El Colorado.
Nov. 69 - Gasto medio mensual 27 m³/s.



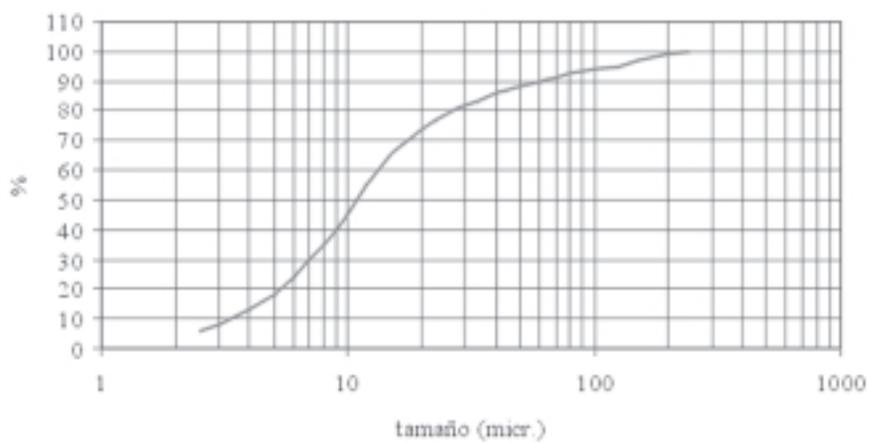
Sedimento en suspensión - El Colorado.
Dic. 69 - Gasto medio mensual 152 m³/s.



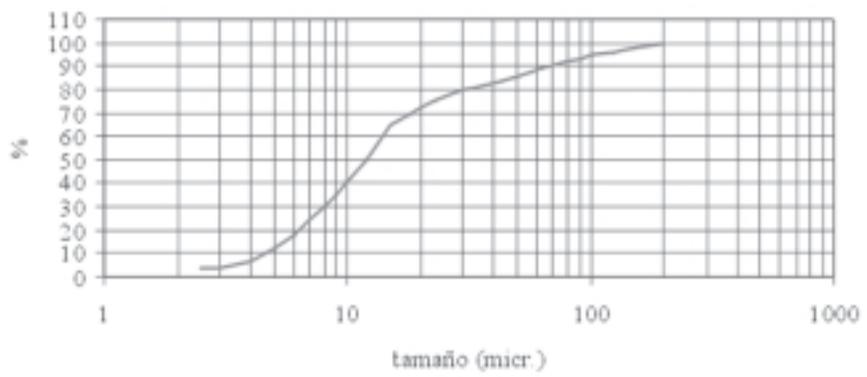
Sedimento en suspensión - El Colorado.
Dic. 70 - Gasto medio mensual 24 m³/s.



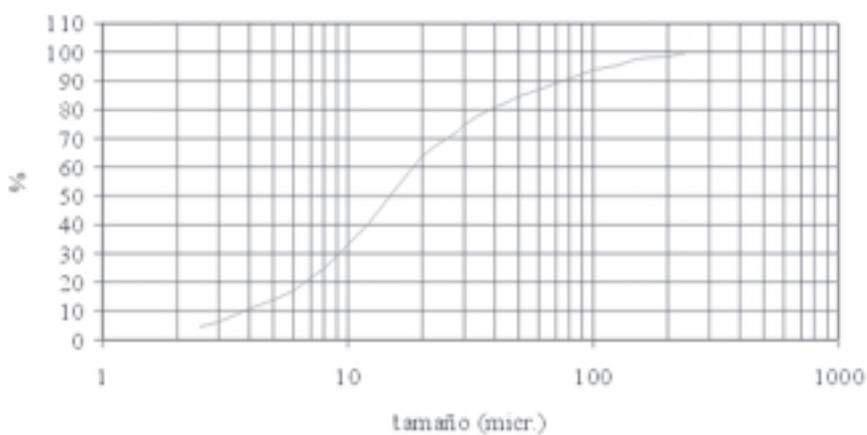
Sedimento en suspensión - El Colorado.
Enero 70 - Gasto medio mensual 392 m³/s.



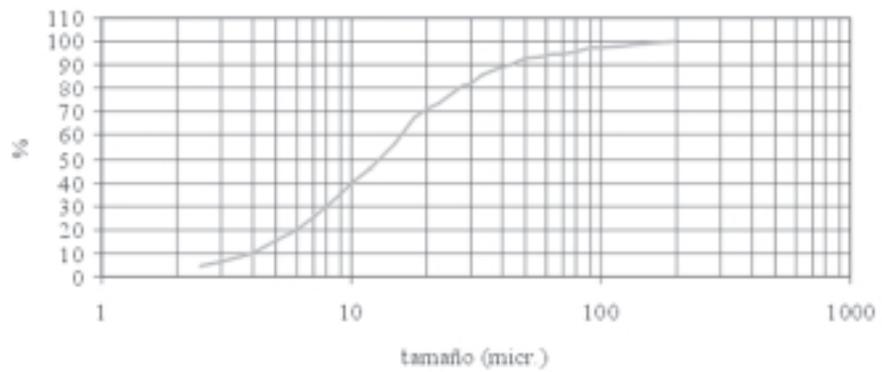
Sedimento en suspensión - El Colorado.
Enero 71 - Gasto medio mensual 258 m³/s.



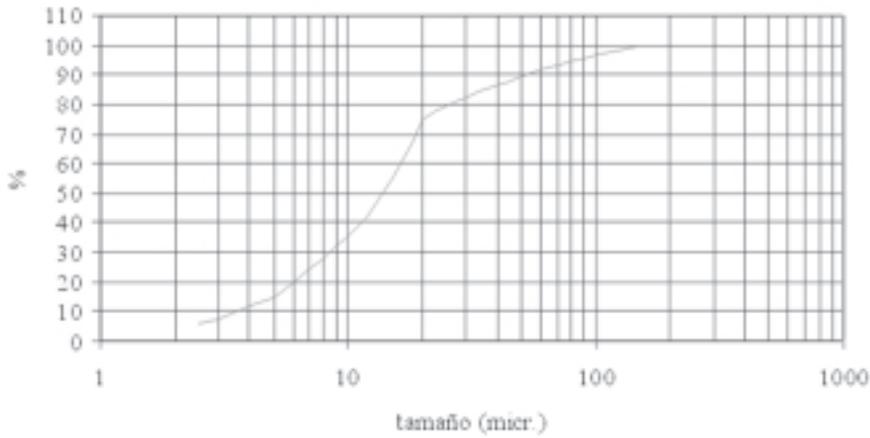
Sedimento en suspensión - El Colorado.
Febrero 70 - Gasto medio mensual 592 m³/s.



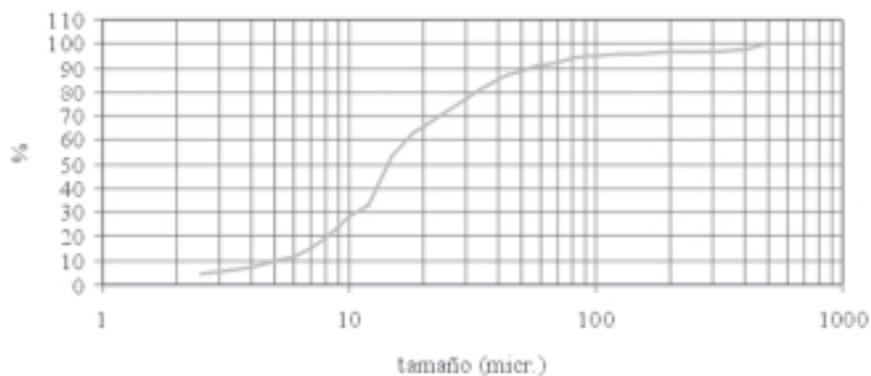
Sedimento en suspensión - El Colorado.
Febrero 71 - Gasto medio mensual 724 m³/s.



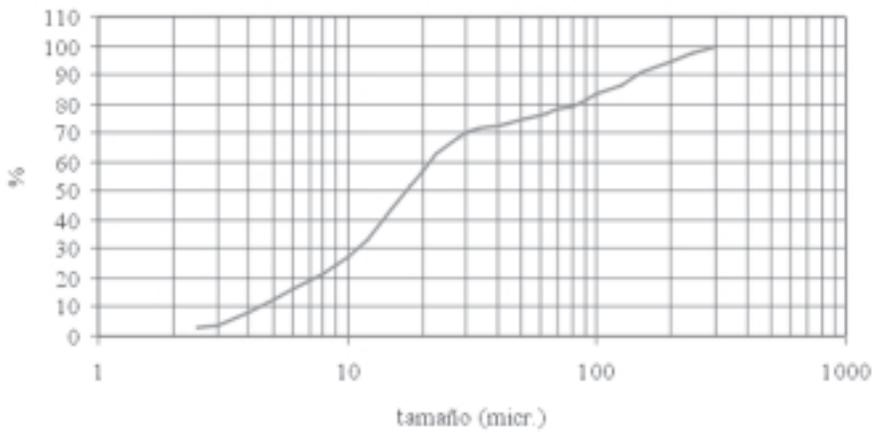
Sedimento en suspensión - El Colorado.
Marzo 70 - Gasto medio mensual 497 m³/s.



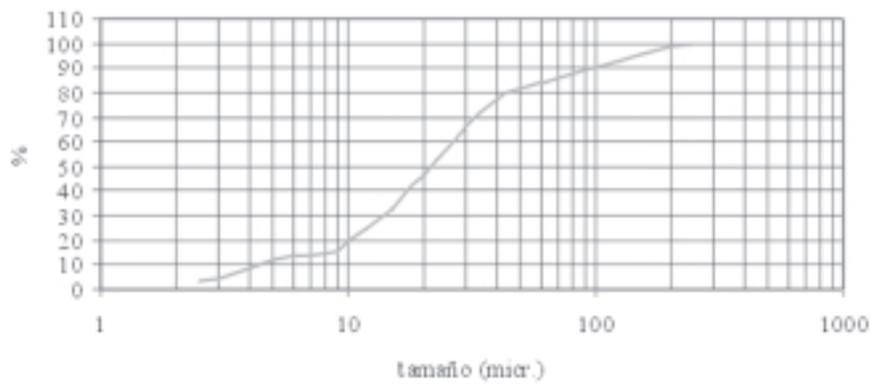
Sedimento en suspensión - El Colorado.
Marzo 71 - Gasto medio mensual 1014 m³/s.



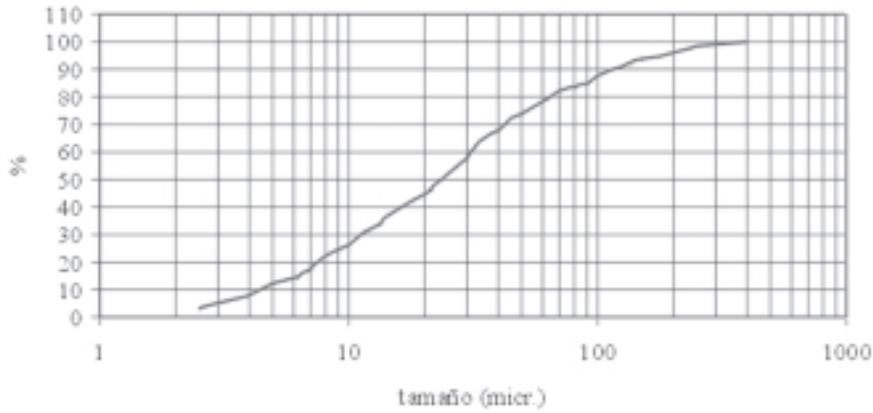
Sedimentos en suspensión - El Colorado.
Abril 70 - Gasto medio mensual 594 m³/s.



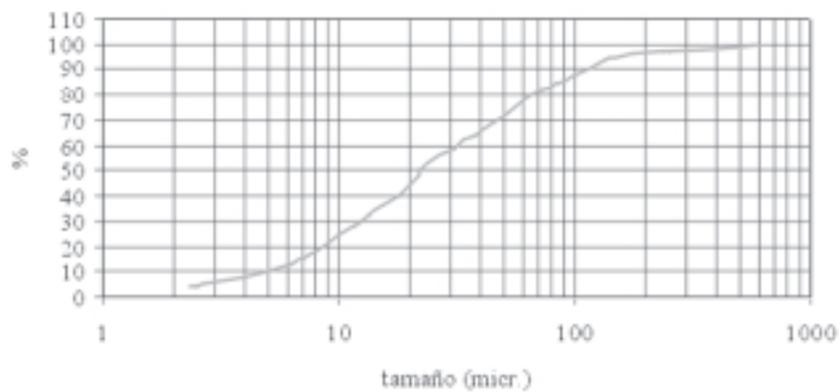
Sedimento en suspensión - El Colorado.
Abril 71 - Gasto medio mensual 583 m³/s.



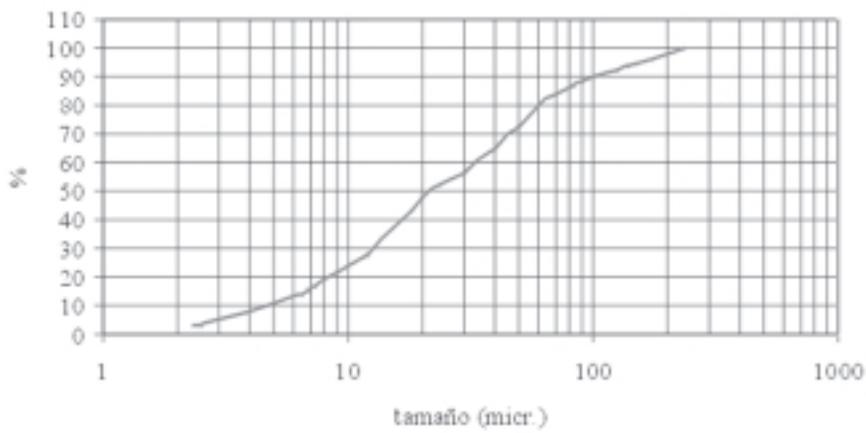
Sedimento en suspensión - El Colorado.
Mayo 70 - Gasto medio mensual 216 m³/s.



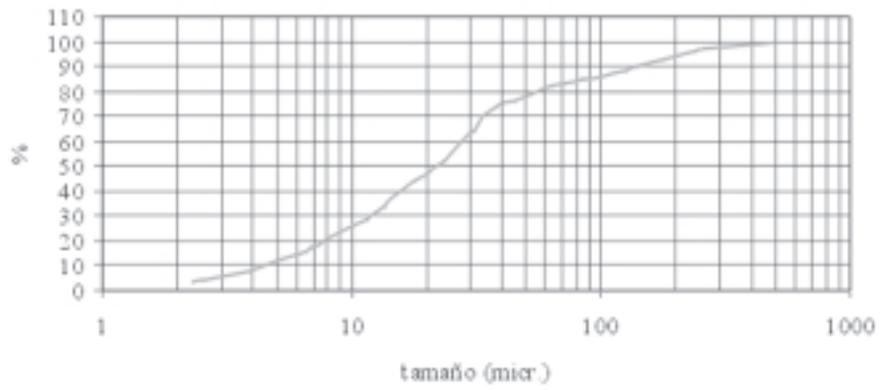
Sedimento en suspensión - El Colorado.
Mayo 71 - Gasto medio mensual 264 m³/s.

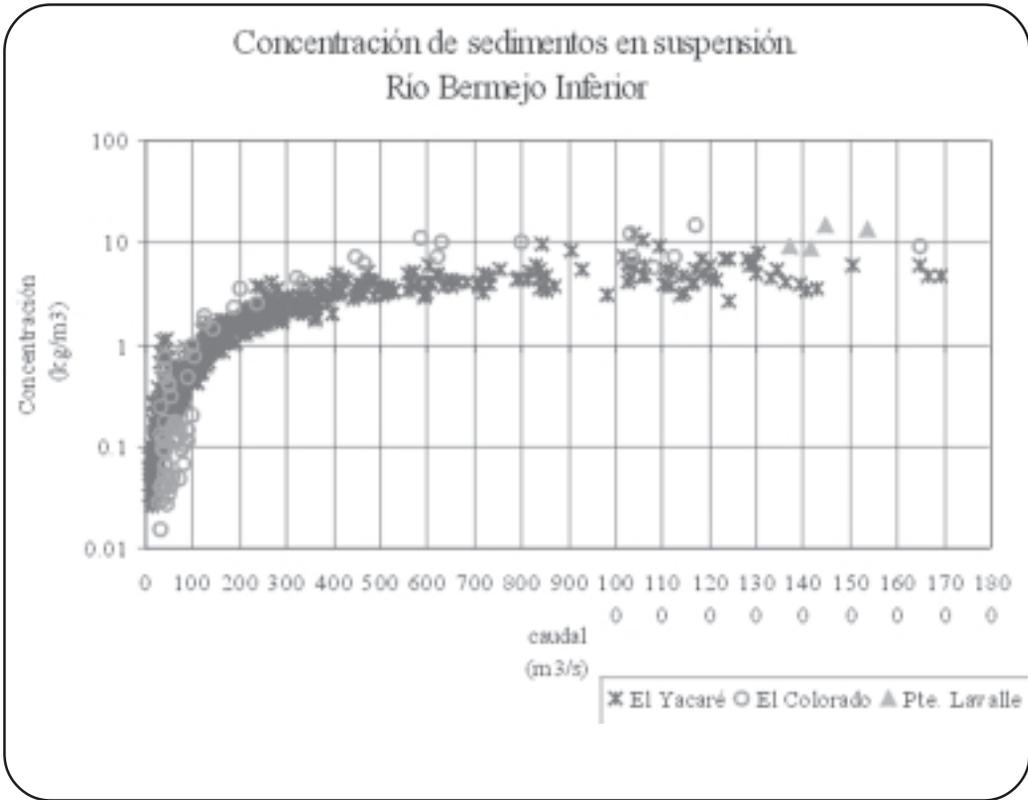


Sedimentos en suspensión - El Colorado.
Junio 70 - Gasto medio mensual 155 m³/s.



Sedimentos en suspensión - El Colorado.
Julio 70 - Gasto medio mensual 107 m³/s.





Análisis de la dinámica fluviomorfológica

Figura 48

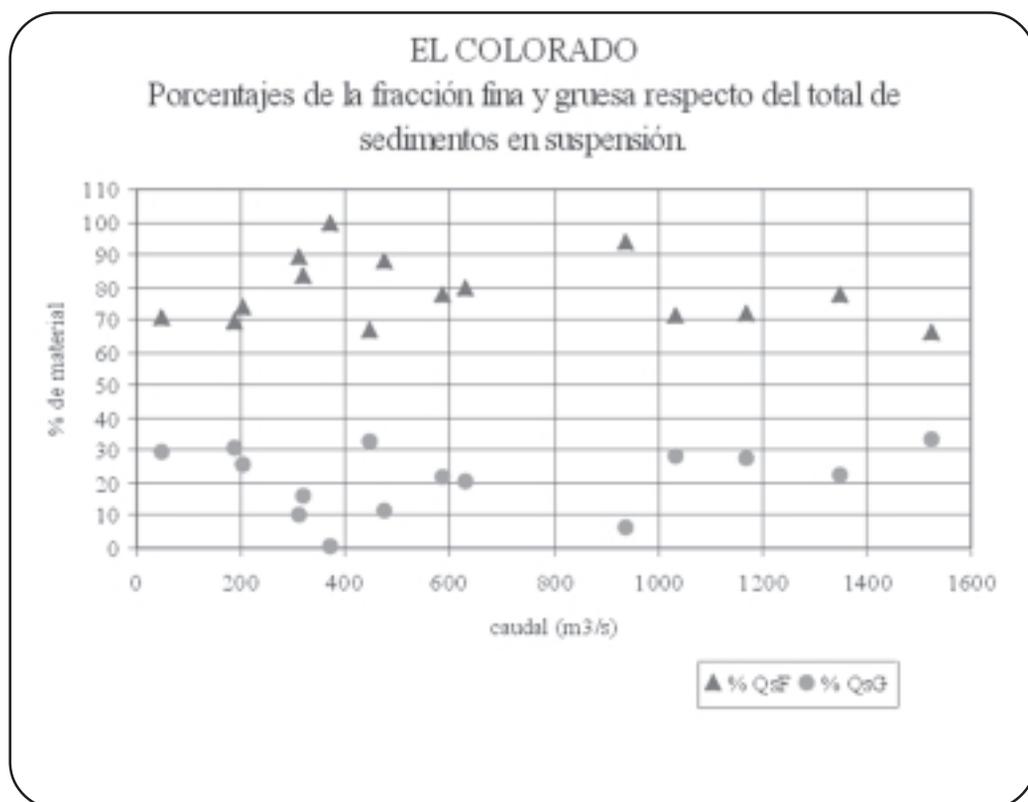


Figura 49

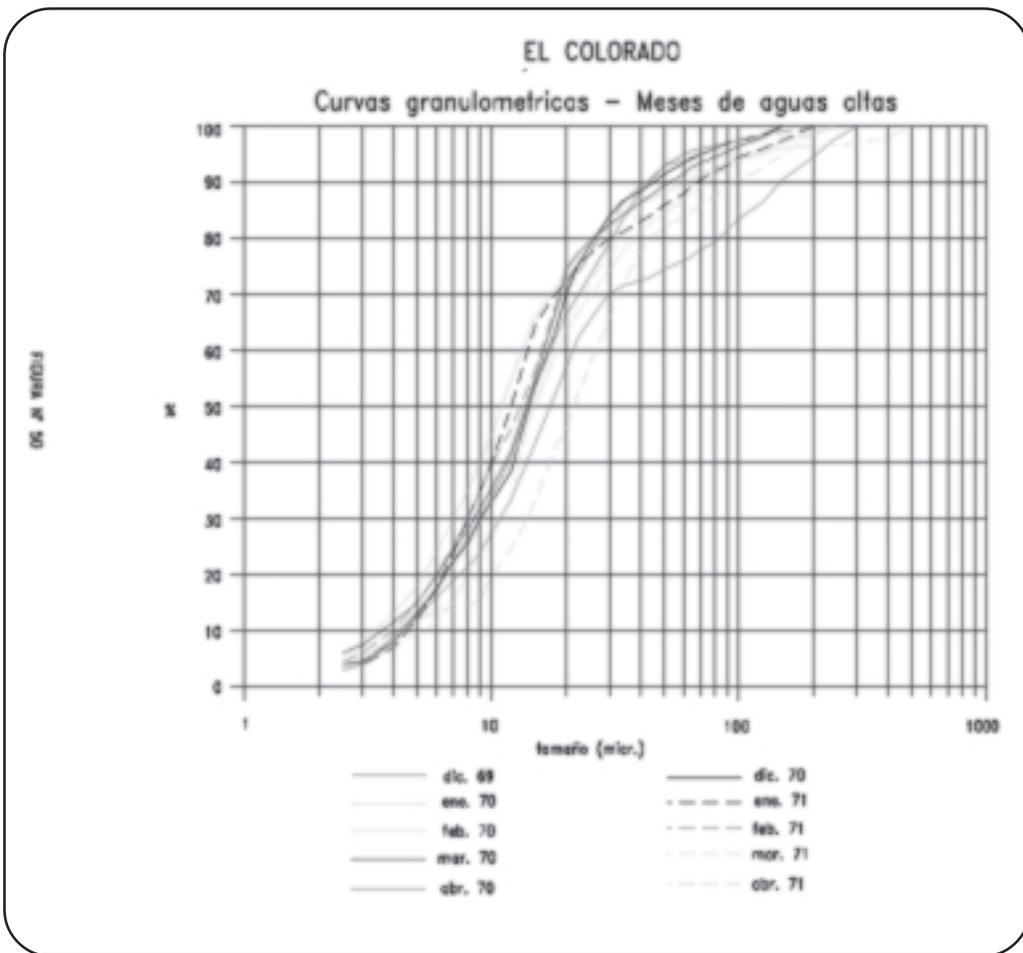


Figura 50

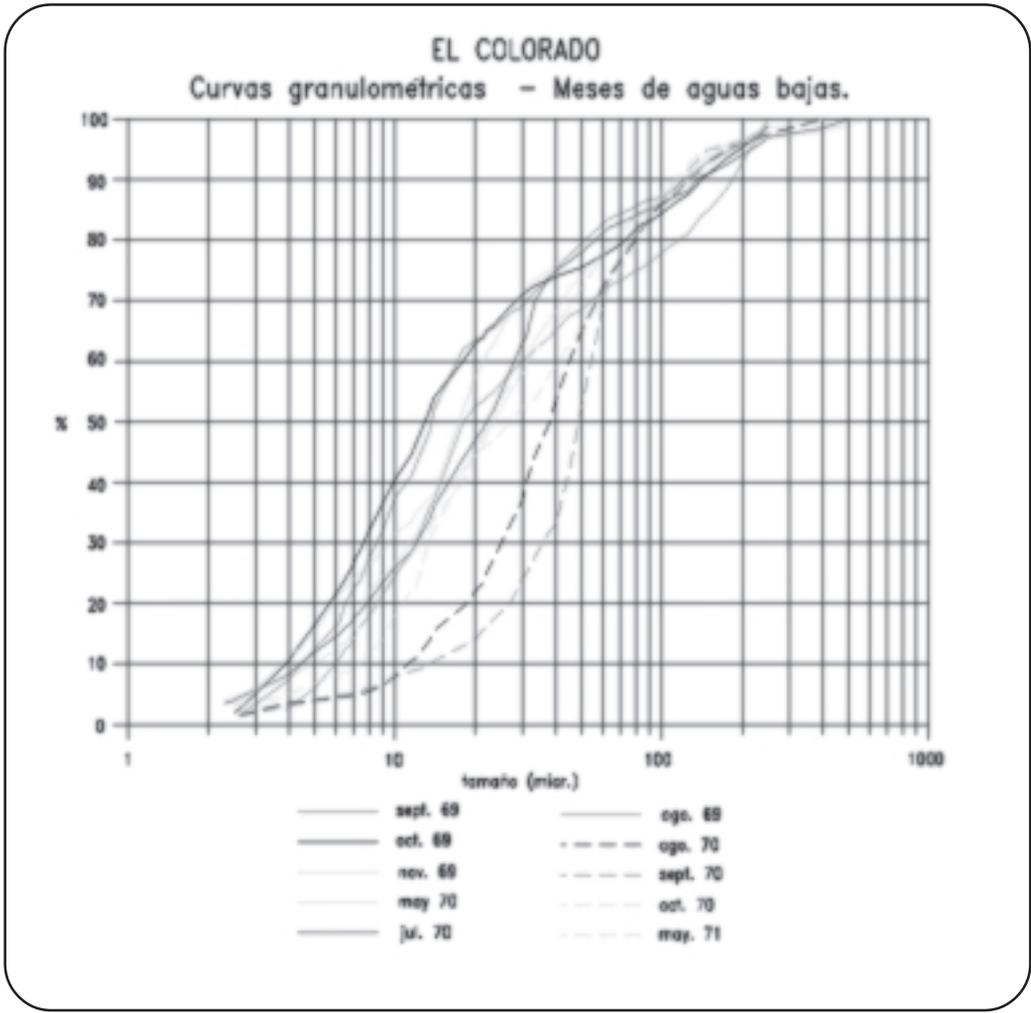


Figura 51

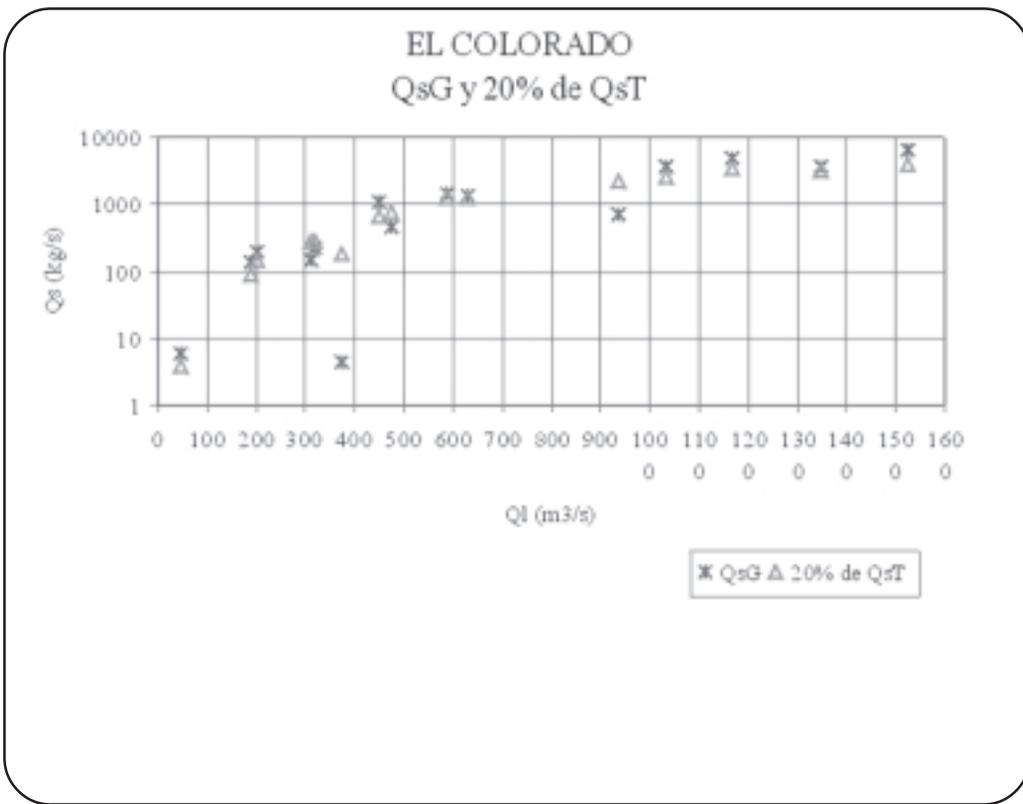
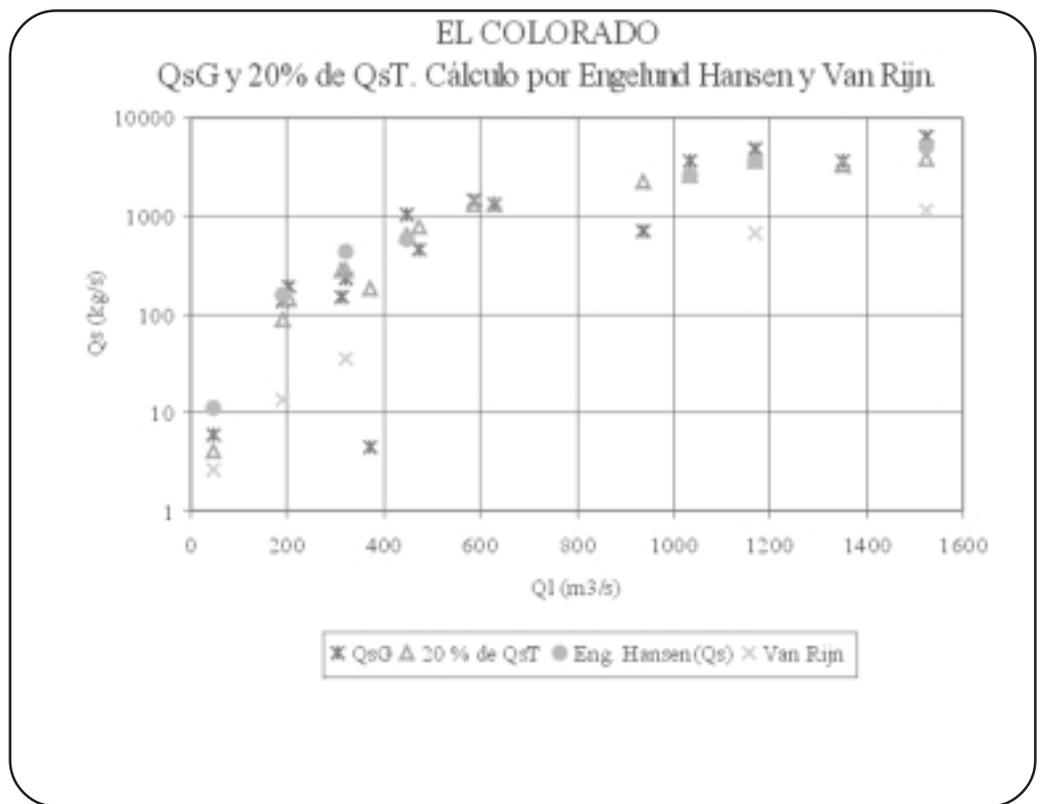


Figura 52



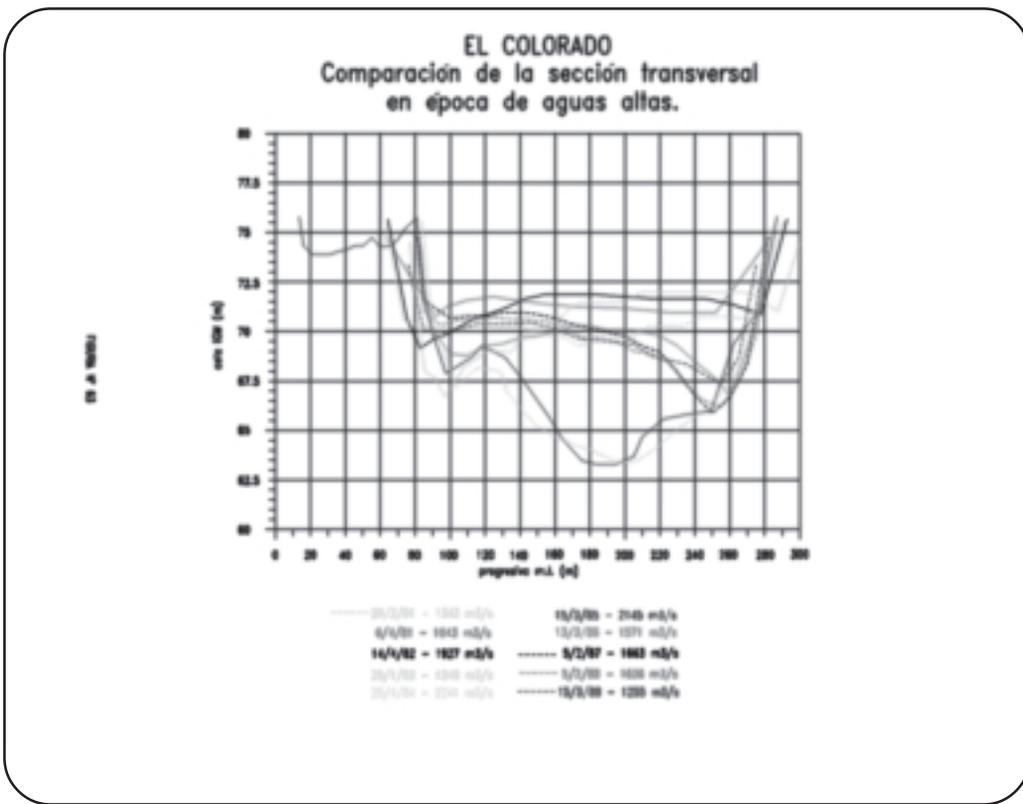


Figura 63

EL COLORADO

Comparación de la sección en la crecida 80/81

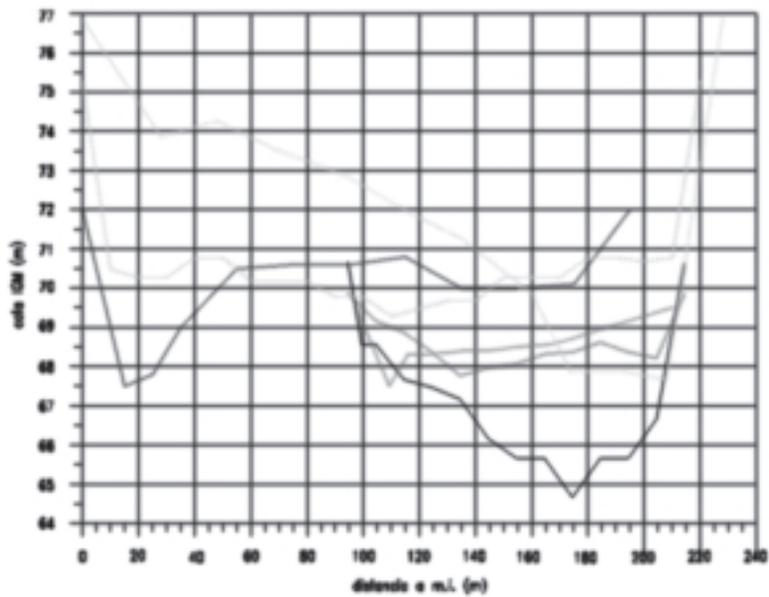


FIGURA Nº 64

Figura 64

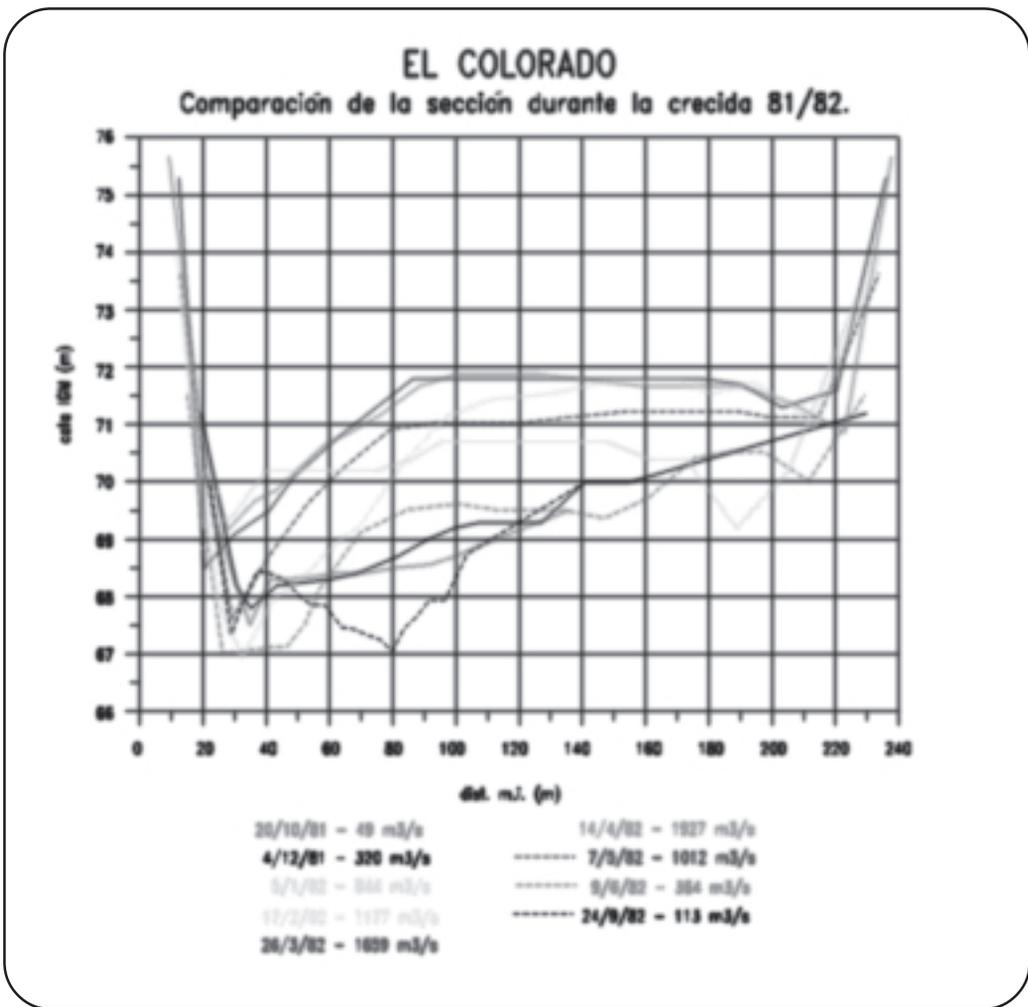


Figura 65

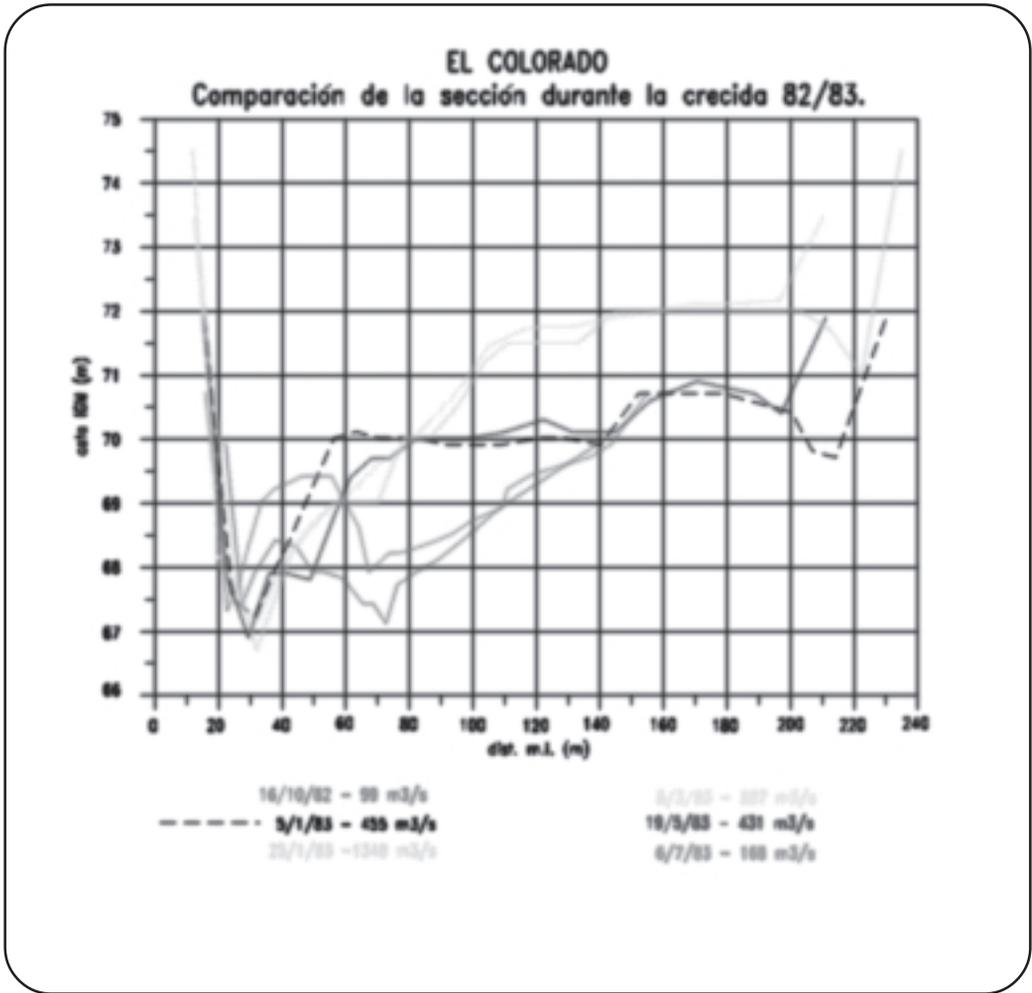


Figura 66

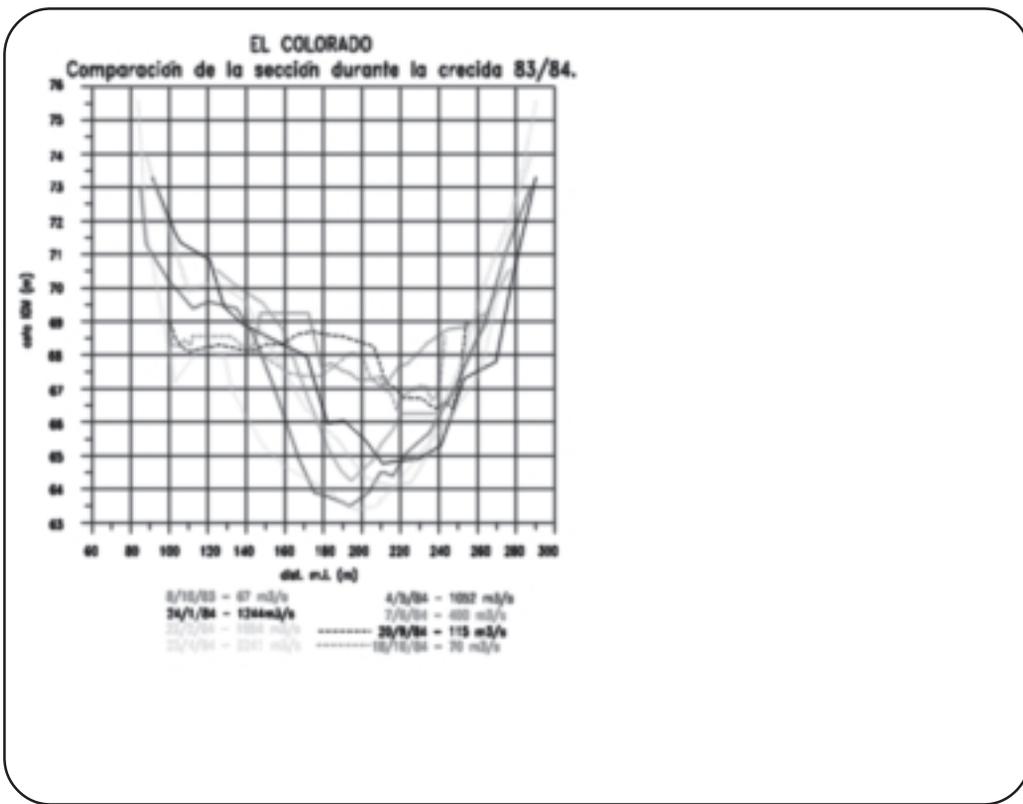


Figura 67

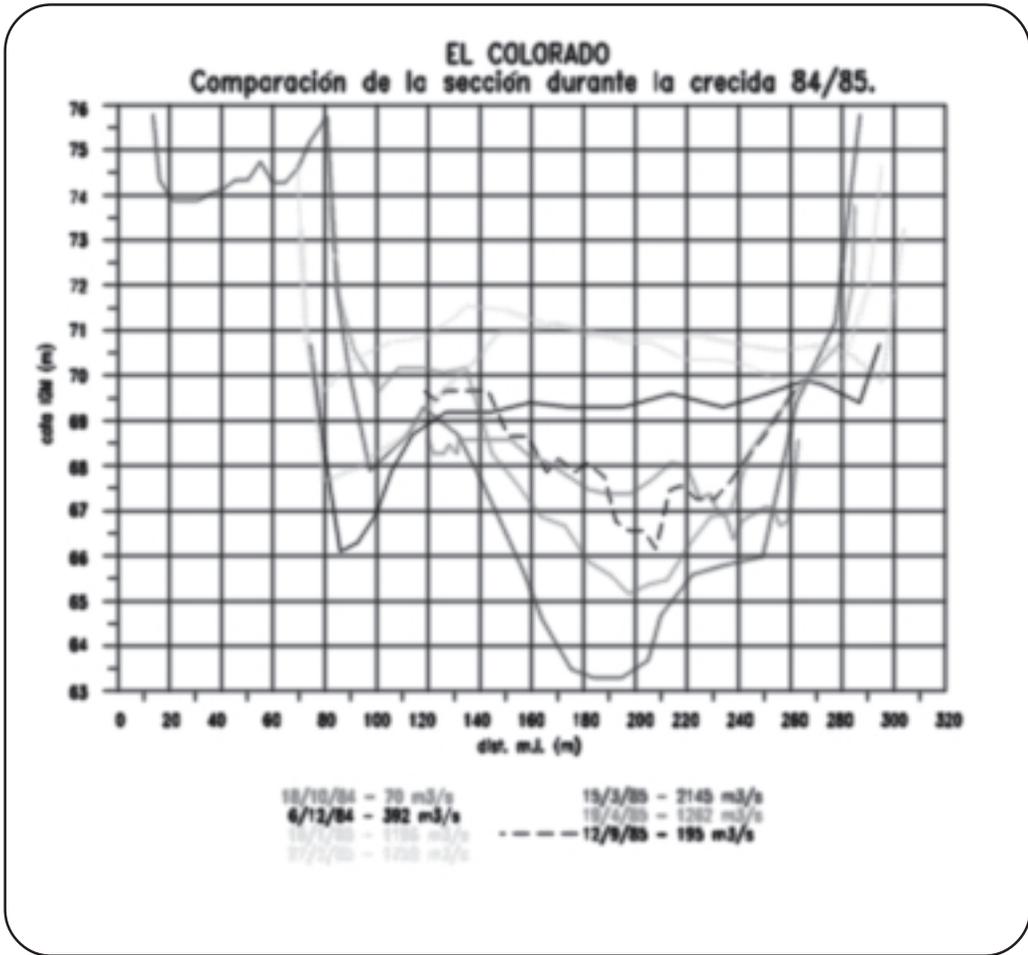
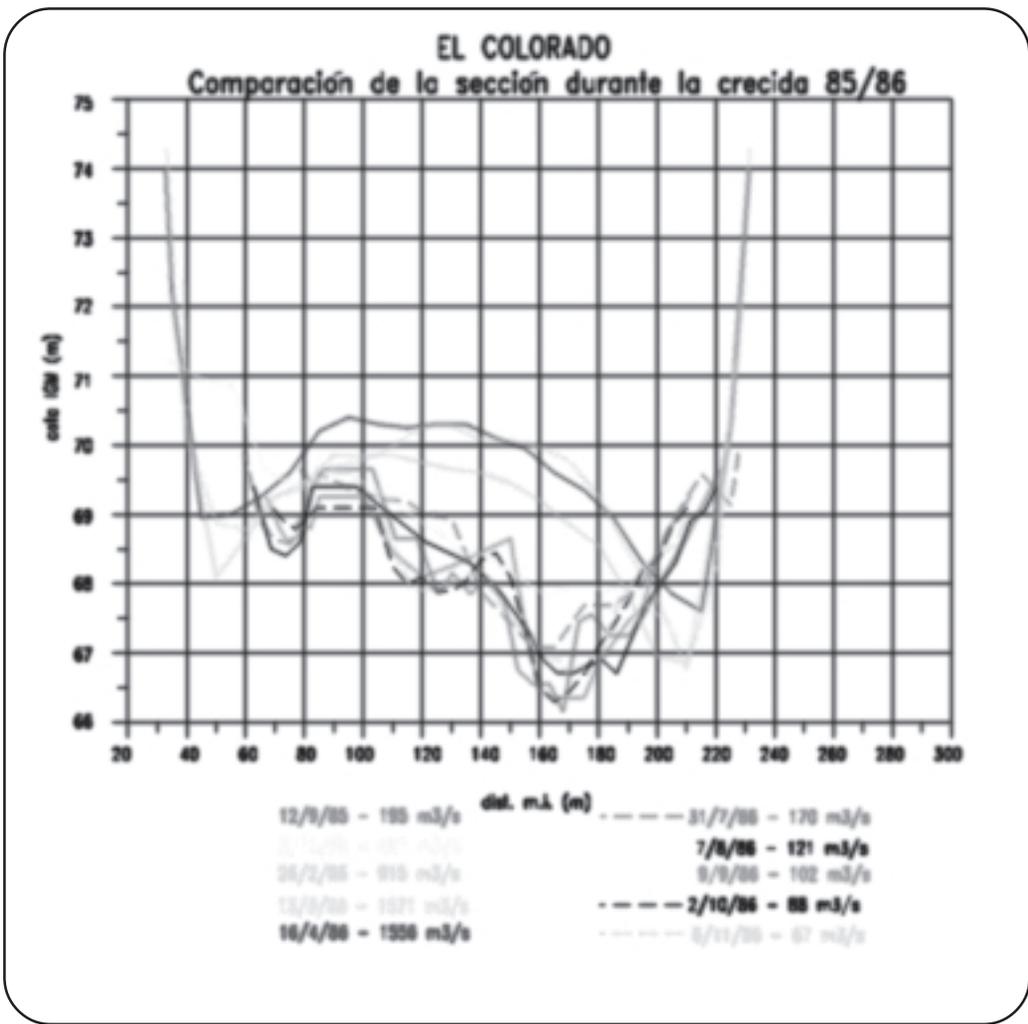


Figura 68



Análisis de la dinámica fluviomorfológica

Figura 69

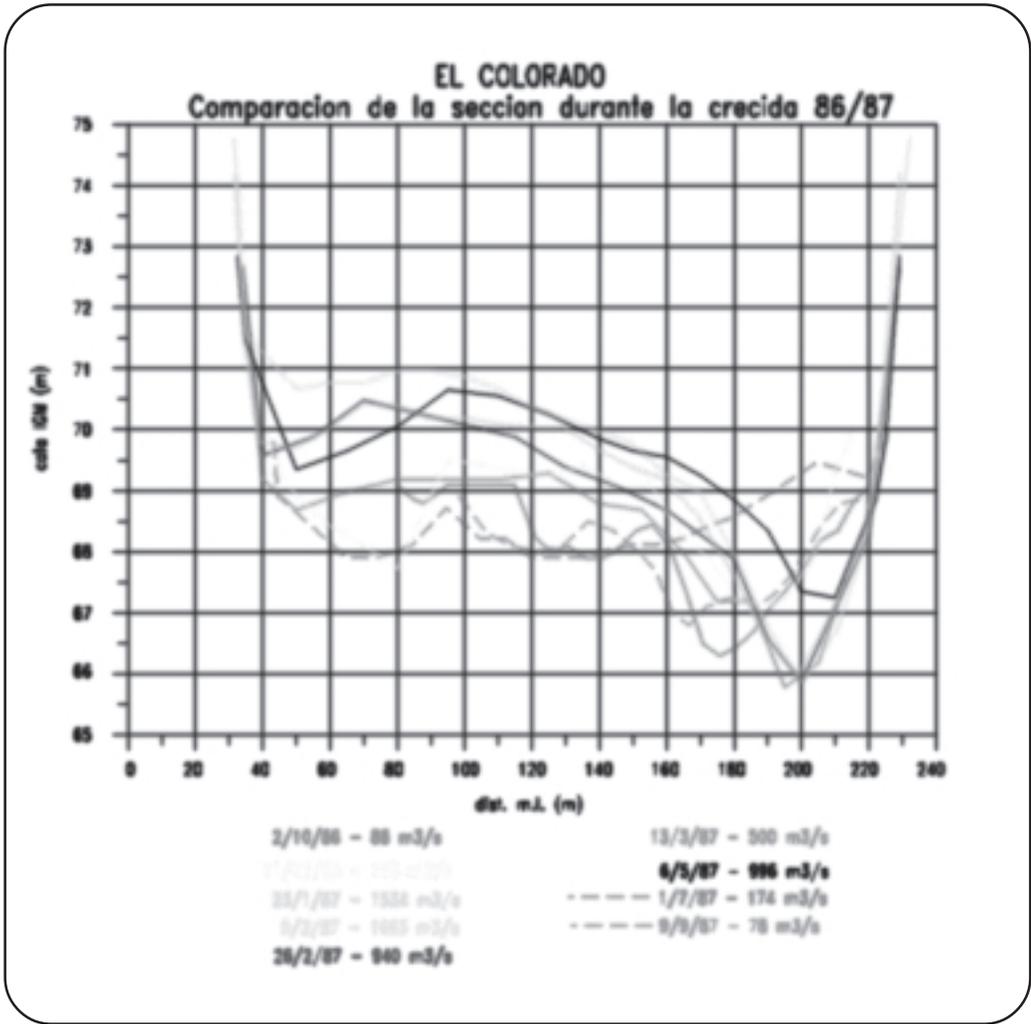


Figura 70

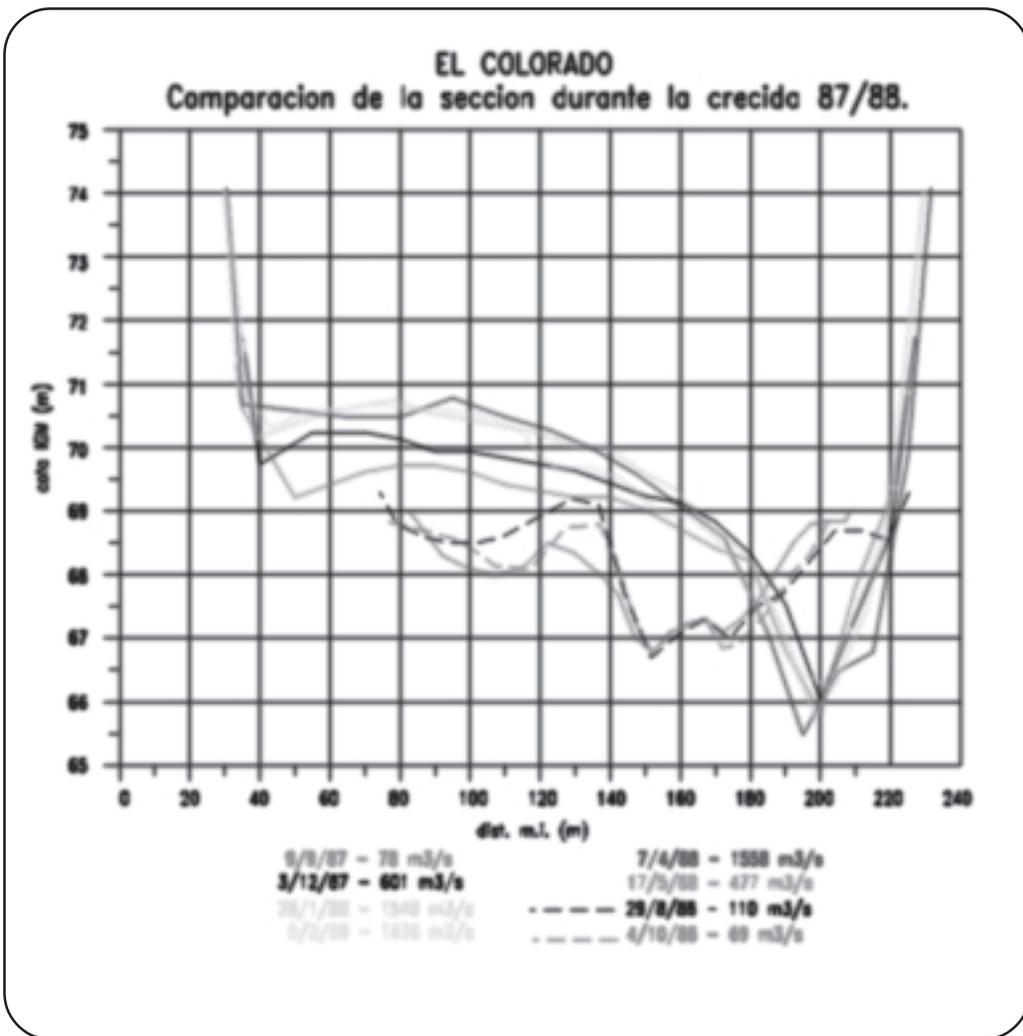


Figura 71

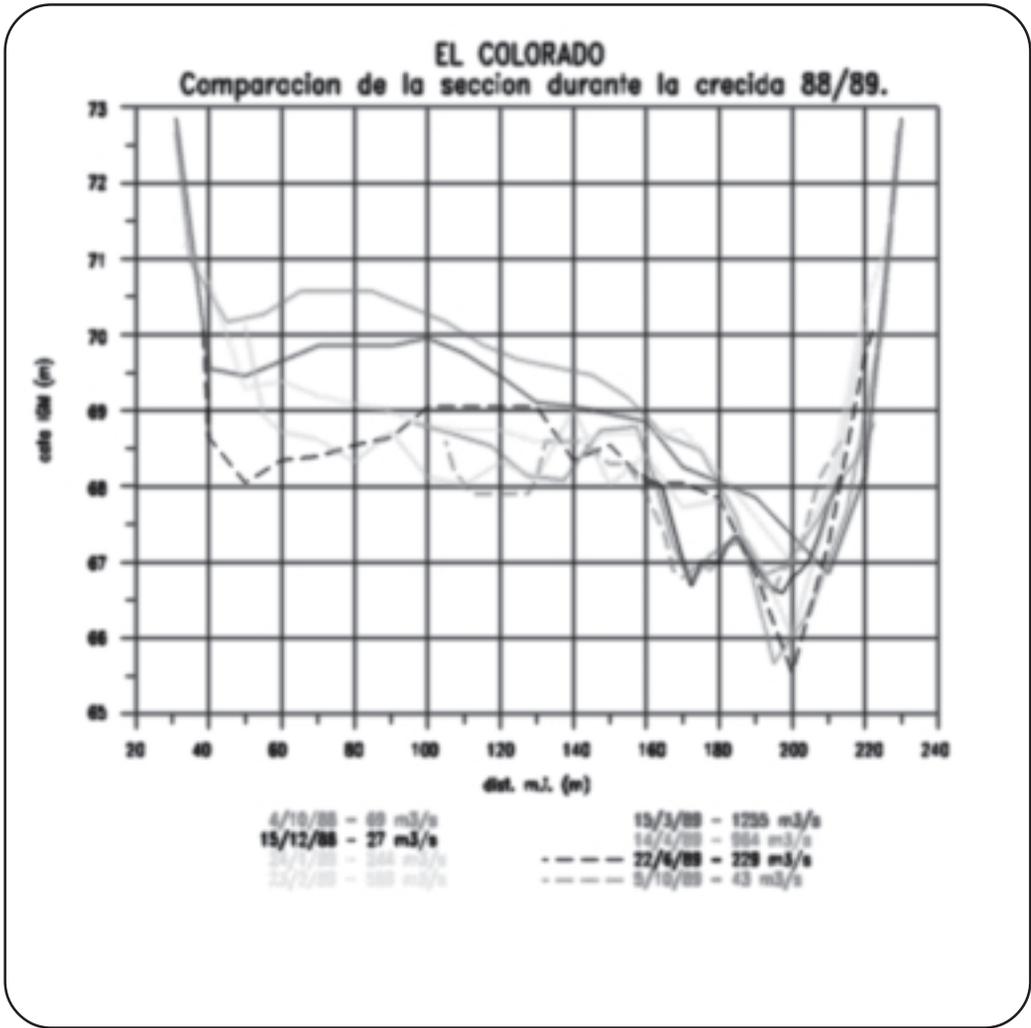


Figura 72

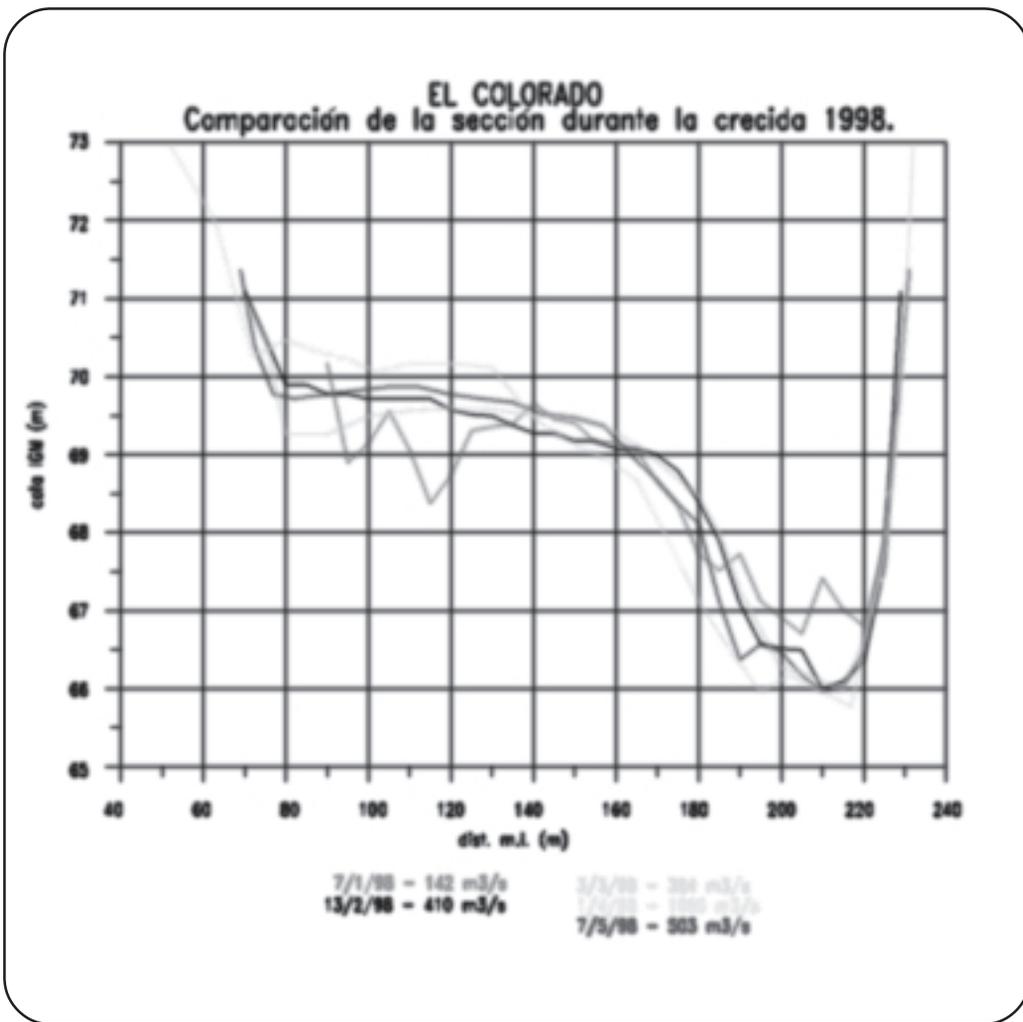


Figura 73

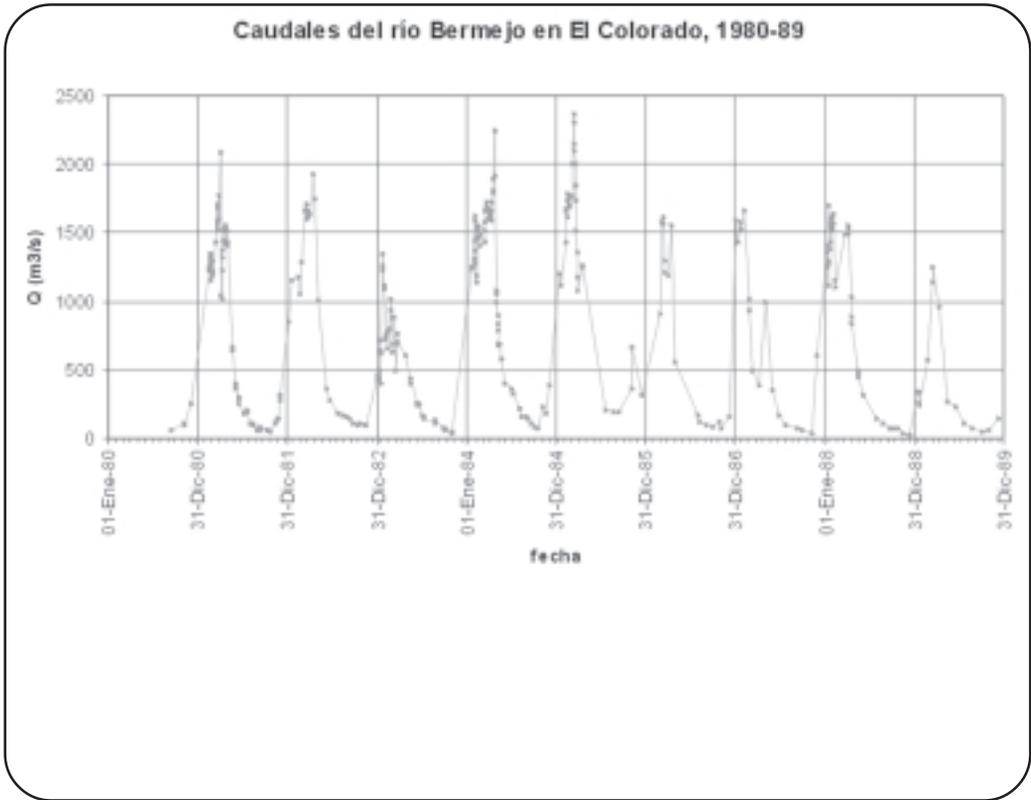


Figura 74

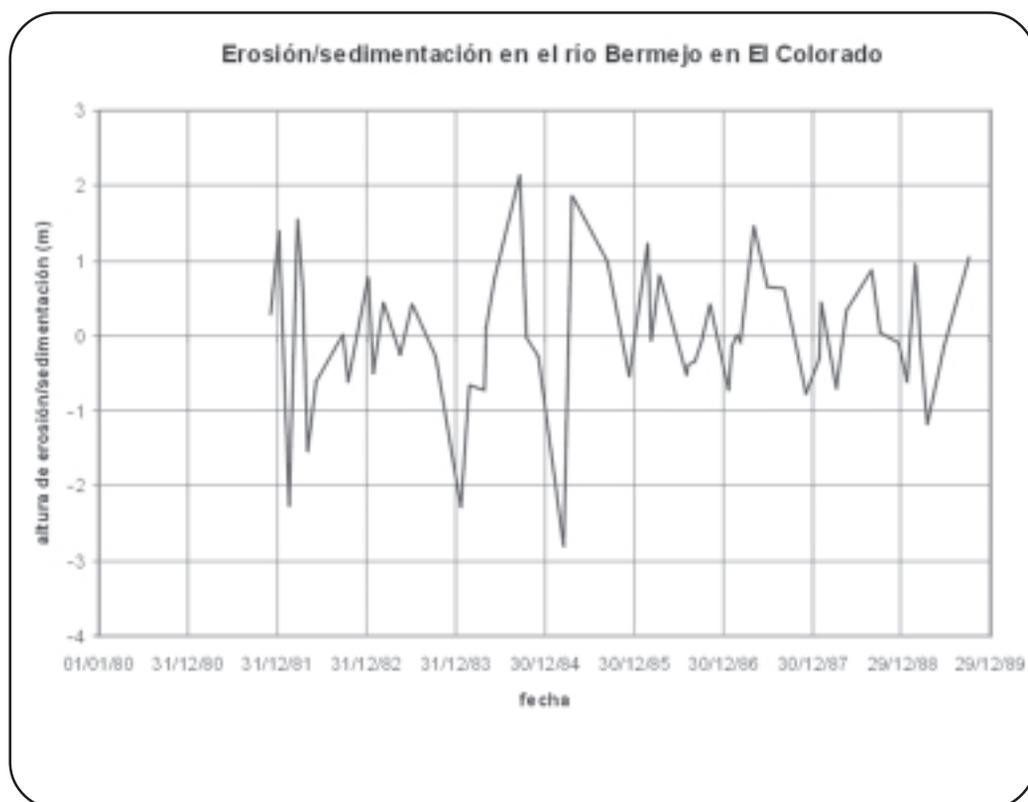


Figura 76

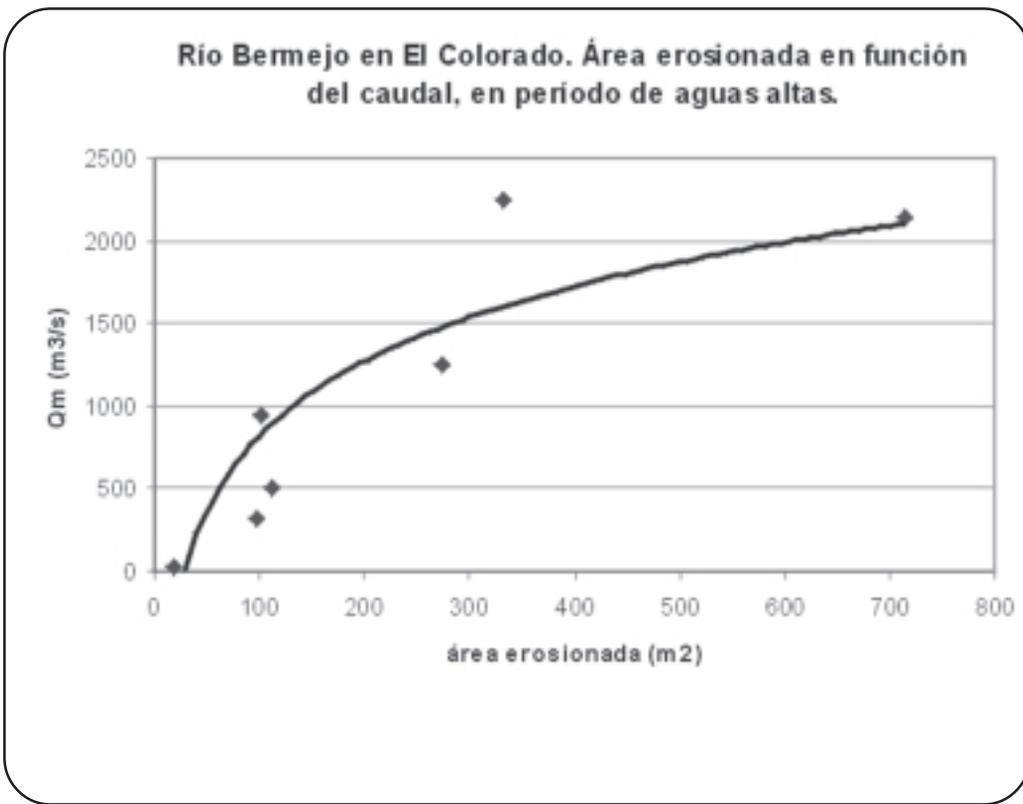


Figura 77

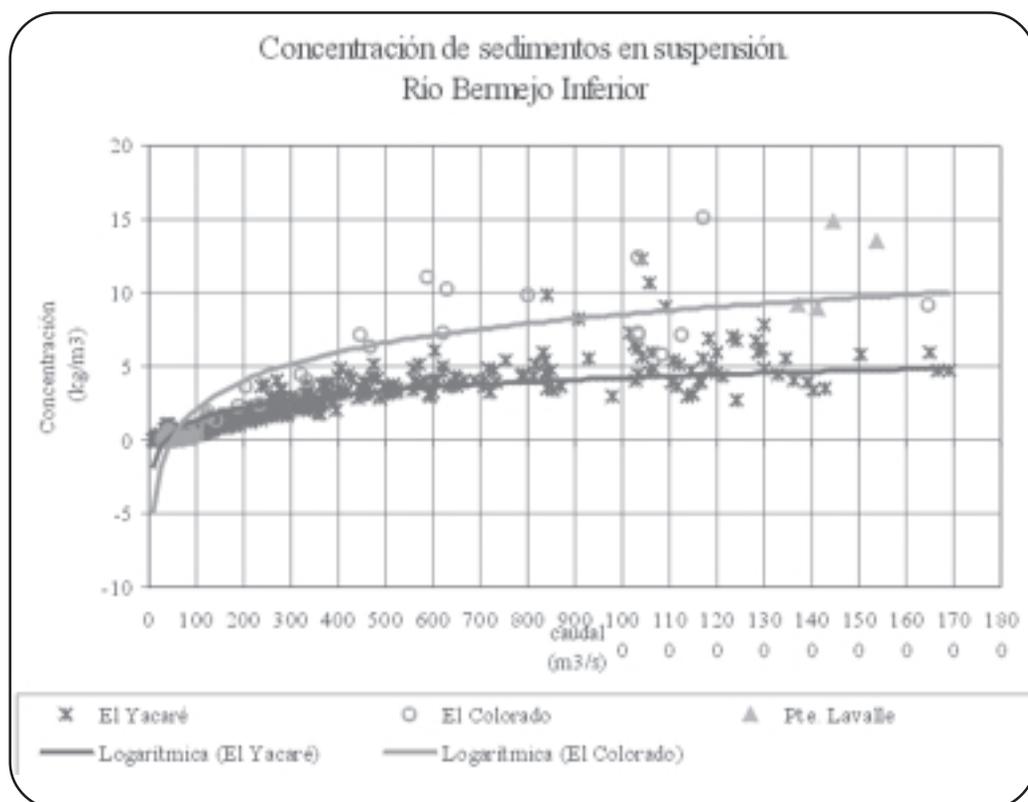


Figura 78

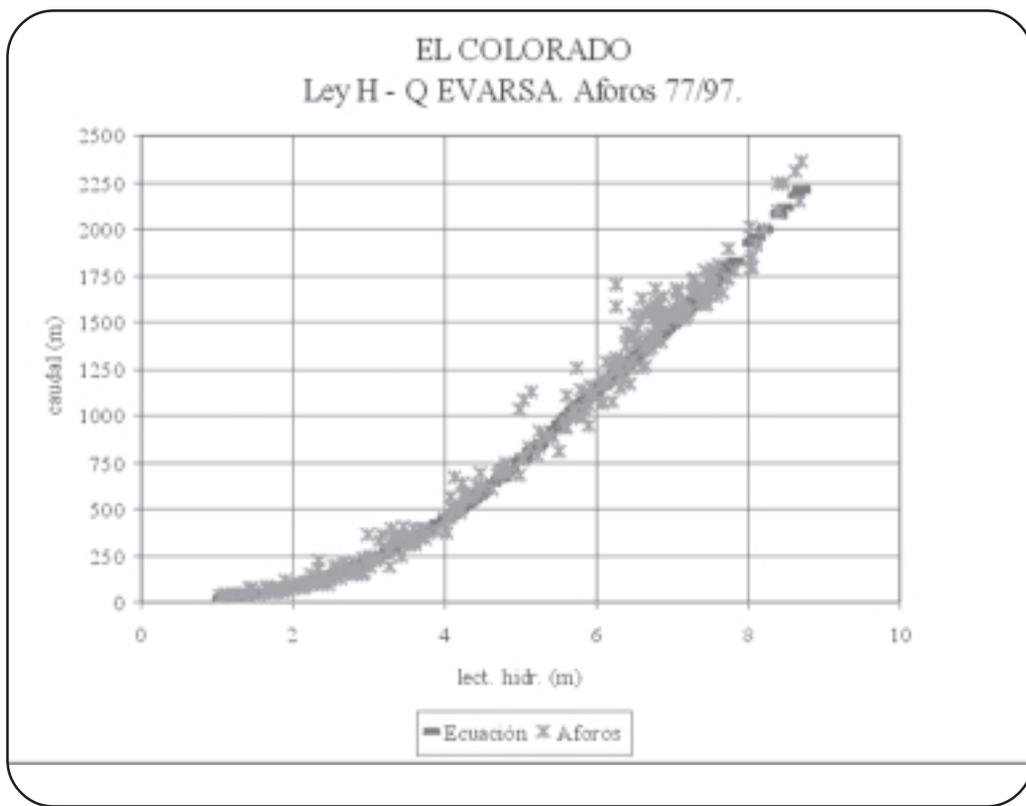
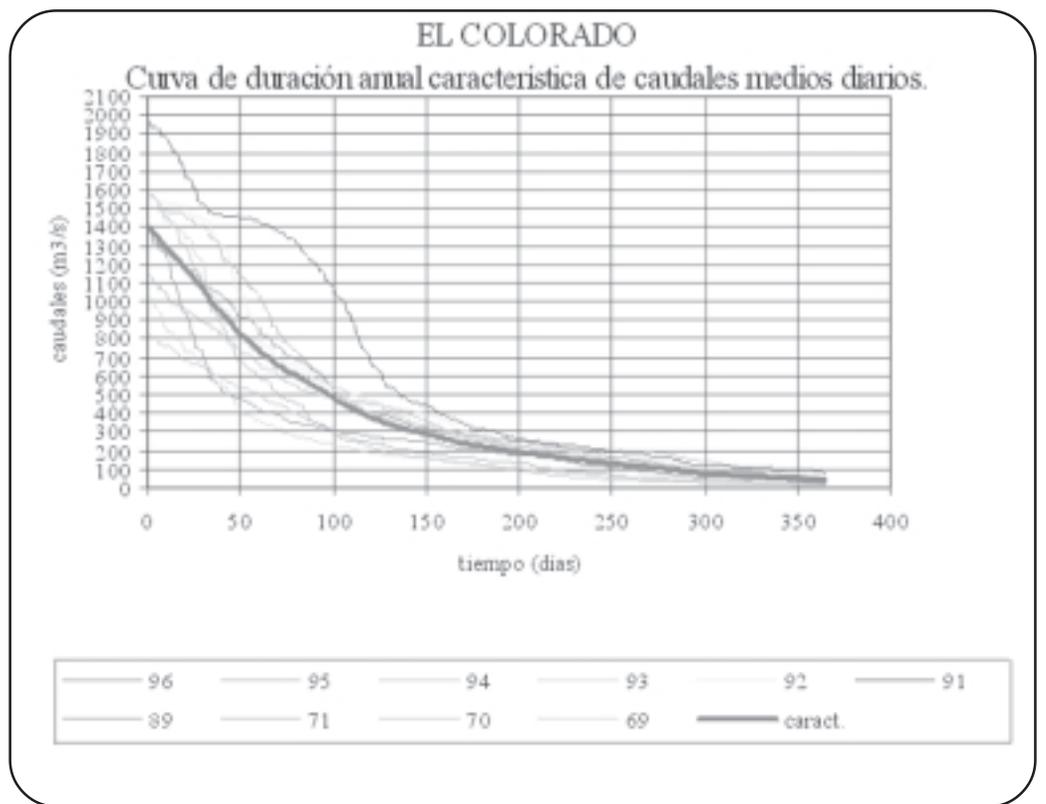


Figura 79



TABLAS

T. 1:	Relevamiento batimétrico El Algarrobal.
T. 2:	Fortín Belgrano. Perfil batimétrico.
T. 3:	Paraje El Silencio. Perfil batimétrico.
T. 4:	Paraje San Camilo. Perfil batimétrico.
T. 5:	Puerto Lavalle. Perfil batimétrico.
T. 6:	El Colorado. Relevamiento batimétrico.
T. 7:	L.V.Mansilla - Puerto Velaz. Perfil batimétrico.
T. 8:	Fortín Belgrano. Perfil línea de nivelación y batimetría.
T. 9:	San Camilo. Perfil línea de nivelación y batimetría.
T. 10:	Puerto Lavalle. Perfil línea de nivelación y batimetría.
T. 11:	El Colorado. Perfil línea de nivelación y batimetría.
T. 12:	L.V.Mansilla - Puerto Velaz. Perfil línea de nivelación y batimetría.
T. 13:	El Totoral. Perfil batimétrico 1.
T. 14:	El Totoral. Perfil batimétrico 2.
T. 15:	El Totoral. Perfil batimétrico 3.
T. 16:	El Totoral. Perfil batimétrico 4.
T. 17:	El Totoral. Perfil batimétrico 5.
T. 18:	El Totoral. Perfil batimétrico 6.
T. 19:	El Totoral. Perfil batimétrico 7.
T. 20:	Datos Analíticos de Suelos.
T. 21:	Granulometría sedimento suspendido en El Colorado.
T. 22:	Red Pluviométrica Formosa.
T. 23:	Red Pluviométrica Chaco.
T. 24:	Coefficientes de correlación caudales en Zanja del Tigre - Caimancito y El Colorado.

PROGRESIVA (m)	COTA (m)	OBS.	PROGRESIVA	COTA	OBS.
			1054.4	10	p.a.(arbitrario)
0	12.64	m.i.	1058.4	9.34	
3.2	11.64		1068.4	9.45	
19	11.38		1076.4	9.45	
32	11.24		1081.4	9.55	
35.3	11.95		1087.4	9.65	
85	11.78		1092.4	9.7	
111.1	11.49		1098.4	9.82	
164	11.8		1103.4	9.71	
176.8	11.42		1113.4	8.85	
211.3	11.56		1119.4	8.87	
238.4	11.48		1127.4	8.93	
301.1	12.17		1135.4	9.23	
338.5	12.74		1144.4	9.01	
416.8	12.05		1149.4	9.23	
451.1	11.89		1159.4	9.05	
483.2	11.63		1169.4	10	p.a.
516.3	11.75		1197.2	11.651	
518.5	11.43		1343	11.516	
552.1	11.46		1499.8	11.38	
579.9	11.19		1666.3	10.948	
607.6	11.14		1816.7	11.321	
640	10.85		1969.1	11.221	
656.1	10.89		2105.3	11.541	
693.6	10.98		2184.3	10.405	paleocauce
746.2	10.67		2238.5	11.48	
757.1	10.5		2368.1	10.736	bajo
770.4	10.71		2407.2	11.243	
806.5	10.94		2496.8	11.634	
836.5	10.9		2632.1	10.367	bajo
867.9	10.65		2668.8	10.471	
877.7	10.34		2753.9	10.326	
908	10.68		2798.1	10.177	
921.1	10.63		2896.5	10.414	
929.1	10.66		3020.1	10.693	
956.3	10.79		3084.1	10.31	
958.7	10.33		3148.1	10.968	
978.8	10.66		3252	12.296	
1018.9	10.05		3393.9	12.934	terreno natural
1054.3	10.09		3393.9	13.328	base mástil escuela

FORTIN BELGRANO

PERFIL BATIMETRICO

PARAJE EL SILENCIO

PERFIL BATIMETRICO

PROGRESIVA (m.)	COTA (m.)	OBS.	PROGRESIVA (m.)	COTA (m.)	OBS.
0.0	191.11		0.0	100.00	Arbitrario vereda escuela
31.8	190.21		113.5	97.51	
52.6	190.17		129.9	95.14	
77.3	187.51	p.a.	138.8	92.33	p.a
84.5	186.50		147.3	91.13	
89.7	187.18		152.9	90.03	
92.0	187.17		153.6	89.83	
96.9	187.14		177.0	90.08	
109.3	186.64		187.6	90.38	
142.3	186.31		198.2	90.78	
162.3	185.76		208.1	90.91	
186.3	185.91		214.5	91.09	
191.3	185.96		221.5	91.68	
300.3	187.23	banco	223.8	92.13	Banco
302.3	186.69		233.8	92.13	""""
322.3	186.71		235.8	92.03	
326.3	185.91		245.3	92.33	p.a
331.3	187.01		273.2	93.35	
345.3	187.27		277.8	95.49	
357.3	186.91		292.3	96.72	
389.3	186.94		351.1	97.86	
446.3	187.51	p.a.			
473.4	189.25				
530.8	188.61				
538.7	188.96				
598.4	189.21				
661.6	189.61				

Relevamiento Socioeconómico Ambiental

Tabla N° 2

Tabla N° 3

PARAJE SAN CAMILO

PERFIL BATIMETRICO

PUERTO LAVALLE

PERFIL BATIMETRICO

PROGRESIVA (m.)	COTA (m.)	OBS.	PROGRESIVA (m.)	COTA (m.)	OBS.
0.0	155.00	Barranca	0.0	107.92	
0.5	150.50		37.0	106.42	
28.0	150.00		192.0	104.52	
33.0	149.57	p.a.	203.0	104.24	
44.0	148.27		203.0	101.09	
56.0	148.07		244.0		Pila 2
69.0	147.37		254.0	100.46	p.a.
79.0	147.17		264.0	100.19	
97.0	147.57		274.0	99.18	
109.0	148.07		282.0	99.91	
114.0	148.97		284.0	98.91	
127.0	149.50		294.0	100.16	
138.0	149.07		304.0	100.06	Pila 3
146.0	149.25		314.0	99.94	
172.0	149.57	p.a.	324.0	99.78	
196.0	150.17	Banco	334.0	99.31	
241.0	149.57	p.a.	344.0	98.93	
251.0	149.37		354.0	98.27	
263.0	149.57	p.a.	364.0	95.50	
265.0	150.00	Barranca	374.0	95.80	Pila 4
265.0	152.40		384.0	97.12	
270.0	153.00	Barranca	394.0	98.95	
270.0	155.80		404.0	100.18	
			406.0	100.46	p.a.
			510.0	102.47	
			665.0	104.21	
			840.0	103.96	
			897.0	105.46	

Cota cero ESC. (I.G.M.) 98.567 m.

Tabla N° 4

Tabla N° 5

EL COLORADO

RELEVAMIENTO BATIMETRICO

L.V.MANSILLA - PUERTO VELAZ

PERFIL BATIMETRICO

PROGRESIVA (m.)	COTA (m.)	OBS.	PROGRESIVA (m.)	COTA (m.)	OBS.
0.0	79.50		0.0	59.44	
10.7	77.91		104.1	58.84	
11.6	77.36		297.3	59.08	
24.3	75.29		498.7	59.92	
66.1	74.47		525.4		Estribo
103.8	74.58		535.3	57.82	
112.5	74.70		542.9	54.76	
129.6	72.31		555.4	51.64	p.a.
191.9	68.87	p.a.	565.4	49.64	
202.0	67.39		575.4	49.64	
209.5		pila	585.4	47.39	
212.0	65.72		595.4	45.14	
222.0	66.62		605.4	44.34	
232.0	66.19		615.4	45.64	
242.0	65.15		625.4	46.64	
252.0	64.13	pila	635.4	49.14	
262.0	63.29		645.4	51.64	p.a.
272.0	64.08		694.9	53.48	
282.0	66.32		713.9	55.69	
287.0	68.87	p.a.	742.4	58.14	
294.5	70.28	pila	763.8	60.91	
301.9	72.86				
305.1	74.21		Cota cero Escala (I.G.M.) 50.922 m.		
309.5		estr.m.d.			
318.5	76.31				
338.1	77.55				
410.5	79.37				
455.9	81.40				

COTA CERO ESCALA (I.G.M) 67.105 M.

Relevamiento Socioeconómico Ambiental

Tabla N° 6

Tabla N° 7

PROGRESIVA (m.)	COTA (m.)	OBSERVACIONES	PROGRESIVA (m.)	COTA (m.)	OBSERVACIONES
0.00	201.486	P.F.5. Línea	43689.30	186.708	
9237.00	201.061	de nivelación N(361)	43693.30	185.908	
18222.00	198.121		43698.30	187.008	
27027.00	195.196		43712.30	187.268	
36013.00	192.163		43724.30	186.908	
41013.00	192.117	P.F.10	43756.30	186.938	
43367.00	191.113	Comienzo batimetría M.I.	43813.30	187.508	Nivel pelo de agua
43398.80	190.213		43840.40	189.248	
43419.60	190.168		43897.80	188.608	
43444.30	187.508	Nivel pelo de agua	43950.70	188.958	
43451.50	186.798		43965.40	189.208	
43456.70	187.178		44028.60	189.608	
43459.00	187.168		45360.60	194.635	P.F.11
43463.90	187.138		56669.60	194.896	
43476.30	186.638		63289.60	194.501	
43509.30	186.308		71225.60	195.430	
43529.30	185.758		80549.60	194.184	
43553.30	185.908		89729.60	197.761	
43558.30	185.958		99140.60	200.259	
43667.30	187.228		107378.60	202.255	
43669.30	186.688		112118.60	203.401	Próximo a Rivadavia

PROGRESIVA (m.)	COTA (m.)	OBSERVACIONES	PROGRESIVA (m.)	COTA (m.)	OBSERVACIONES
0.0	155.426	Próximo Lag. Yema	43963.0	149.570	nivel pelo de agua
2573.0	155.196	Puntos fijos: línea	43973.0	149.370	
5131.0	154.871	de nivelación N(318)	43985.0	149.570	nivel pelo de agua
7818.0	155.480		43987.0	150.000	
15242.0	156.005		43987.0	152.400	
22430.0	153.387		43992.0	153.000	
24981.0	156.635		43992.0	155.800	
27681.0	155.347		44492.0	154.756	P.F. 18
30864.0	155.079		47780.0	152.134	
33600.0	153.018		50962.0	152.569	
36508.0	155.430		54134.0	153.301	
39545.0	154.041		57238.0	152.231	
42722.0	154.361	P.F. 17	60536.0	151.521	
43722.0	155.000	Comienza batimetría m.i.	63536.0	151.845	
43722.5	150.500		66285.0	152.036	
43750.0	150.500		69337.0	151.703	
43755.0	149.570	nivel pelo de agua	72322.0	149.118	
43766.0	148.270		75370.0	151.677	
43778.0	148.070		78236.0	151.355	
43791.0	147.370		81168.0	153.884	
43801.0	147.170		84128.0	150.171	
43819.0	147.570		87275.0	149.773	
43831.0	148.070		90425.0	148.930	
43836.0	148.970		93315.0	148.760	
43849.0	149.500		96307.0	149.834	
43860.0	149.070		99637.0	151.364	
43868.0	149.250		102741.0	151.653	
43894.0	149.570	nivel pelo de agua	105869.0	154.322	P.F. 38
43918.0	150.170				

PROGRESIVA (m.)	COTA (m.)	OBSERVACIONES	PROGRESIVA (m.)	COTA (m.)	OBSERVACIONES
0.0	98.988	P.F.1. Próximo a Cmte.	72218.0	104.520	
3124.0	99.562	Fontana. Línea de	72229.0	104.240	
5851.0	100.635	nivelación N(267)	72229.0	101.090	
9063.0	99.224		72280.0	100.460	nivel pelo de agua
11818.0	99.508		72290.0	100.190	
14801.0	98.666		72300.0	99.180	
17242.0	99.240		72308.0	99.910	
19682.0	100.636		72310.0	98.910	
22107.0	99.766		72320.0	100.160	
24761.0	98.937		72330.0	100.060	
27444.0	97.952		72340.0	99.940	
30255.0	97.516		72350.0	99.780	
33263.0	99.079		72360.0	99.310	
36057.0	100.482		72370.0	98.930	
38846.0	100.781		72380.0	98.270	
41848.0	100.387		72390.0	95.510	
44626.0	101.495		72400.0	95.800	
47363.0	102.122		72410.0	97.120	
50083.0	103.896		72420.0	98.950	
53256.0	104.150		72430.0	100.186	
55940.0	102.921		72432.0	100.460	nivel pelo de agua
58559.0	102.744		72536.0	102.470	
61206.0	102.255		72691.0	104.210	
64181.0	103.789		72866.0	103.960	
66715.0	103.552		72923.0	105.460	
69526.0	103.595	P.F. 26	75923.0	105.088	P.F. 28
71926.0	104.691	P.F. 27 (enterrado)	78769.0	104.431	P.F. 29
72026.0	107.920	Inicio batimetría m.i.	81716.0	104.676	Nodal 208 - Ftín.Lavalle
72063.0	106.420				

PROGRESIVA (m.)	COTA (m.)	OBSERVACIONES	PROGRESIVA (m.)	COTA (m.)	OBSERVACIONES
0.0	80.698	P.F.3 Próximo a	84101.5	74.700	
3838.0	81.768	Pirané. Línea de	84118.6	72.310	
7779.0	80.690	nivelación n(147)B	84180.9	68.870	nivel pelo de agua
11314.0	82.291		84191.0	67.390	
15238.0	81.482		84201.0	65.720	
18744.0	81.140		84211.0	66.620	
22644.0	83.637		84221.0	66.190	
26876.0	83.661		84231.0	65.150	
30536.0	84.894		84241.0	64.130	
34230.0	83.247		84251.0	63.290	
37997.0	83.231		84261.0	64.080	
41384.0	82.919		84271.0	66.320	
45345.0	83.022		84276.0	68.870	nivel pelo de agua
49133.0	79.484		84283.5	70.280	
52905.0	80.136	P.F. 17	84290.9	72.860	
56867.0	81.669		84294.1	74.210	
60888.0	80.949		84307.5	76.310	
64673.0	81.238		84327.1	77.550	
68458.0	82.694		84399.5	79.370	
72260.0	81.832		84444.9	81.400	
75260.0	80.482		84409.0	80.018	
78989.0	80.185	P.F. 24	88409.0	78.126	P.F. 45 N(265)
83989.0	79.500	Inicio batimetría m.i.	92409.0	84.650	P.F.1 n(147)D
83999.7	77.910		95550.0	83.130	
84000.6	77.360		98747.0	84.689	
84013.3	75.290		101859.0	84.487	
84055.1	74.470		105450.0	84.520	P.F.5 Gral San Martín
84092.8	74.580				

PROGRESIVA (m.)	COTA (m.)	OBSERVACIONES	PROGRESIVA (m.)	COTA (m.)	OBSERVACIONES
0.0	58.886	P.F.26 (destruido).Próximo a	69679.4	47.392	
3334.0	59.095	Formosa. Línea de	69689.4	45.142	
6838.0	58.950	nivelación N(268)	69699.4	44.342	
9710.0	57.172		69709.4	45.642	
12790.0	59.195		69719.4	46.642	
15957.0	58.094		69729.4	49.142	
19149.0	58.277		69739.4	51.642	nivel pelo de agua
22024.0	58.574		69788.9	53.478	
25101.0	58.271		69807.9	55.685	
28005.0	58.404		69836.4	58.135	
30980.0	58.406		69857.8	60.910	
34072.0	57.729		70357.8	58.515	P.F.3
37033.0	58.199		73425.8	58.273	
40015.0	58.119		77409.8	61.405	COTA NODAL 240
43059.0	58.498		82784.8	58.629	P.F.29 N(264)
46049.0	58.020		86001.8	58.465	
49000.0	59.243		89157.8	57.681	
51951.0	59.419		92407.8	57.672	
55040.0	58.439		95462.8	57.701	
58046.0	58.267		98549.8	57.782	
61046.0	58.363		101793.8	56.915	
64045.0	58.855		105056.8	56.744	
67094.0	58.773	P.F.4	108537.8	57.029	
69094.0	59.442	Inicio batimetría m.i.	111597.8	56.865	
69198.1	58.844		114761.8	57.484	
69391.3	59.081		118033.8	57.681	
69592.7	59.923		121178.8	57.925	
69629.3	57.821		124132.8	58.606	
69636.9	54.761		127515.8	57.908	
69649.4	51.642	nivel pelo de agua	130628.8	57.434	
69659.4	49.642		133495.8	57.446	INT.R.11 Y R.90 P.F.13
69669.4	49.642				

Tabla N° 12

EL TOTORAL**PERFIL BATIMETRICO 1****EL TOTORAL****PERFIL BATIMETRICO 2**

PROGRESIVA (m)	COTA (m)	OBS.	PROGRESIVA (m)	COTA (m)	OBS.
0.00	172.92	m.i.	0.00	172.90	m.i.
3.50	171.55		2.00	167.09	
9.00	167.38		6.00	165.54	
15.00	165.93		16.00	165.59	
30.00	165.08		31.00	165.49	
42.00	165.78		44.00	165.49	
47.00	165.48		66.00	167.09	
60.00	165.98		105.00	167.46	
78.00	167.38		148.00	167.33	
86.00	167.41		196.00	167.03	
109.00	167.34		215.00	165.26	
116.00	166.88		228.00	167.01	
125.00	167.36		230.00	169.89	
125.00	167.69		240.00	170.57	
141.00	167.34				
157.00	166.09				
169.00	166.09				
183.00	167.04				
199.00	167.34				
200.80	167.52				
207.80	167.57				
209.80	167.37				
216.80	167.62				
219.80	169.60				
226.80	170.42				

Relevamiento Socioeconómico Ambiental
Tabla N° 13
Tabla N° 14

EL TOTORAL**PERFIL BATIMETRICO 3****EL TOTORAL****PERFIL BATIMETRICO 4**

PROGRESIVA (m)	COTA (m)	OBS.	PROGRESIVA (m)	COTA (m)	OBS.
0.00	172.85	m.i.	0.00	170.61	M.I.
1.00	167.03		16.00	165.01	
6.00	165.03		41.50	163.97	p.a.
10.00	165.08		46.40	162.77	
26.00	165.03		54.10	162.17	
41.00	165.93		78.50	162.57	
52.00	166.28		86.70	162.97	
73.00	167.03		102.50	163.17	
74.00	167.34		113.50	163.32	
95.00	167.30		127.30	163.52	
107.00	167.00		142.50	163.37	
110.00	165.65		143.60	163.27	
127.00	166.40		161.30	163.97	p.a.
142.00	167.00		173.30	166.78	
154.00	167.51		186.00	164.46	
201.00	167.56		205.30	164.69	
203.00	168.25		230.00	166.66	
208.00	168.70				
210.00	169.57				

EL NIVEL DEL PELO DE AGUA FUE TOMADO DURANTE EL MES DE OCTUBRE DE 1972

EL TOTORAL

PERFIL BATIMETRICO 5

EL TOTORAL

PERFIL BATIMETRICO 6

PROGRESIVA (m)	COTA (m)	OBS.	PROGRESIVA (m)	COTA (m)	OBS.
0.00	168.48	M.I.	0.00	169.19	m.i.
10.20	167.48		4.20	165.65	
12.20	166.17	p.a.	6.70	165.35	p.a.
16.50	164.22		14.20	164.64	
30.30	163.77		24.20	164.32	
40.00	165.27		34.20	164.29	
56.00	165.52		42.20	164.44	
89.00	164.77		55.00	165.35	p.a.
115.90	166.22		56.20	165.38	
123.60	165.77		74.20	166.06	
134.10	166.07		94.20	165.49	
151.50	166.17	p.a.	110.20	165.52	
164.70	166.11		121.40	165.90	
179.90	166.46		127.10	166.89	
193.40	166.56		136.20	166.81	
205.50	166.62				
219.50	166.30				
227.80	166.32				
237.30	166.63				
246.60	167.2				
262.00	167.56				

EL NIVEL DEL PELO DE AGUA CORRESPONDE AL GASTO DEL 18/10/72

EL NIVEL DEL PELO DE AGUA FUE TOMADO DURANTE EL MES DE OCTUBRE DE 1972

Relevamiento Socioeconómico Ambiental

Tabla N° 17

Tabla N° 18

PROGRESIVA (m)	COTA (m)	OBS.
0.00	170.56	M.I.
14.25	166.76	
18.00	165.47	p.a.
27.25	163.87	
41.75	165.17	
48.75	165.17	
64.25	165.27	
72.25	164.57	
76.75	164.07	
89.25	163.57	
97.25	164.82	
104.75	165.17	
113.25	165.32	
120.50	165.47	p.a.
129.75	167.23	
137.25	167.56	
147.00	167.27	
164.25	167.71	
177.25	168.31	

EL NIVEL DEL PELO DE AGUA FUE TOMADO DURANTE EL MES DE OCTUBRE DE 1972

PROVINCIA DEL CHACO
 MINISTERIO DE LA PRODUCCION
 DIRECCION DE SUELOS Y AGUA RURAL
 LABORATORIO - Coronel Falcón 149

DATOS ANALITICOS DE SUELOS

FECHA SOLICITANTE ESTUDIOS BASICOS A.P.A.
 PRODUCTOR LOTE
 LOCALIDAD: NICOSNOSCO COLONIA
 DEPARTAMENTO USO DEL SUELO

Nº DE REGISTRO	5312	5313	5314	5315	5316
Nº DE CAMPAÑA	M.1	M.2	M.3	M.4	M.5
PROFUNDIDAD	0,00-0,25	0,25-0,50	0,50-1,00	1,00-1,50	1,50-2,00

TEXTURA

ARENA	51,68	39,56	57,74	48,67	65,82
ARCILLA	2,22	4,24	0,20	12,57	4,24
LIHO	46,10	56,20	42,06	38,76	29,94
P ppm (Bray Kurtz Nº1)	1,06	4,24	2,10	4,33	2,10
PH EN AGUA 1:2,5	7,43	7,44	8,23	8,13	8,23
PH (CLK)					
MAT.ORGANICA(W.BLACK)	0,68	0,70	0,35	0,71	0,35

EX.AC.NITRICO - 0,05N-mg/100 gr

CALCIO	286,61	371,04	309,27	322,82	383,76
MAGNESIO	1113,20	876,90	166,04	160,81	241,70
POTASIO					

	Arenoso	ARENOSO
Nº de Registro	5337	5338
Nº de Campaña	M 1	M 2
Profundidad (cm)		

Textura	PERFIL 9 EL COLOADO	PERFIL 10 (EMBARRIADO)
Arena %	92,41	94,56
Arcilla %	4,98	4,98
Limo %	2,61	0,50

P ppm (Bray-Kurtz Nº 1)	2,18	3,50
PH en agua 1:2,5	6,93	7,80
PH (Clk)		
Materia orgánica %	—	—

Extracto con ácido nítrico (0,05 N)

Calcio mg/100g	289,82	189,98
Magnesio "	1,98	30,04
Potasio "		

Relevamiento Socioeconómico Ambiental

Composición del material en suspensión	Gasto med. mens. (m³/s)	arcilla %	limo %	arena %	total
Período Aguas Altas					
Diciembre 69	152	8.5	87.0	4.5	100
Enero 70	392	12.5	78.0	9.5	100
Febrero 70	592	10.0	77.5	12.5	100
Marzo 70	497	11.0	81.5	7.5	100
Abril 70	594	7.5	69.0	23.5	100
Diciembre 70	24	7.5	86.5	6.0	100
Enero 71	258	6.5	82.5	11.0	100
Febrero 71	724	9.5	84.8	5.7	100
Marzo 71	1014	6.5	85.0	8.5	100
Abril 71	583	8.0	76.5	15.5	100
Promedio	483	8.75	80.83	10.42	100
Período Aguas Bajas					
Agosto 69	64	2.5	70.0	27.5	100
Septiembre 69	42	7.0	76.5	16.5	100
Octubre 69	29	10.0	68.0	22.0	100
Noviembre 69	27	10.5	72.5	17.0	100
Mayo 70	216	8.0	71.0	21.0	100
Junio 70	155	7.5	74.5	18.0	100
Julio 70	107	8.0	74.0	18.0	100
Agosto 70	67	3.5	70.5	26.0	100
Septiembre 70	46	3.0	70.0	27.0	100
Octubre 70	33	4.8	67.2	28.0	100
Mayo 71	264	7.5	71.5	21.0	100
Promedio	95.5	6.6	71.4	22.0	100

PROVINCIA DE FORBOSA
 MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN
 SECRETARÍA DE RECURSOS NATURALES Y ECOLOGÍA
 DIRECCIÓN DE AGUAS Y SUELOS

N°	NOMBRE ESTACION PLUVIOMÉTRICA	N° SISTEM. (S.M.N)	COORDENADAS		Parámetros medidos	Situación actual	Tipo de Instrumental	OBSERVACIONES
			Latitud Sur	Long. Oeste				
1	AG. LEGUIZAMON	563409	26°18'40"	59°06'20"	Precipitación	1	Pluviómetro Tipo "B"	Necesita tareas de mantenimiento
2	B. PAYAGUA	568304	26°42'08"	59°20'41"	"	1	"	Necesita tareas de mantenimiento
3	BANADEROS	564103	25°54'15"	59°40'30"	"	1	"	Necesita tareas de mantenimiento
4	CABO A. AYALA	568207	26°29'46"	58°49'47"	"	1	"	Necesita tareas de mantenimiento
5	Cerro. FONTANA	564210	25°19'16"	59°40'59"	"	1	"	Necesita tareas de mantenimiento
6	COLONIA YATAY	563413	26°24'25"	58°34'15"	"	1	"	Necesita tareas de mantenimiento
7	EL COATI	564104	25°44'20"	59°38'47"	"	2	"	Necesita tareas de mantenimiento
8	EL COLORADO	563408	26°17'23"	59°23'21"	"	1	"	Necesita tareas de mantenimiento
9	GRAL VICTORICA	563414			"	2	"	Necesita tareas de mantenimiento
10	GRAN GUARDIA	569104	25°49'42"	58°55'49"	"	1	"	
11	IBARRETA	636406	25°12'21"	59°51'40"	"	1	"	
12	Ing. JUAREZ	637106	23°53'00"	61°52'00"	"	2	"	Necesita tareas de mantenimiento
13	JUAN G. BAZAN	639106	24°32'26"	60°48'36"	"	2	"	Necesita tareas de mantenimiento
14	LAGUNA YEMA	636406	24°15'00"	61°24'50"	"	2	"	Necesita tareas de mantenimiento
15	CHIRIGUANOS	636407	24°04'53"	61°28'16"	"	1	"	
16	MANSILLA	568212	28°38'19"	58°39'25"	"	1	"	
17	MISION LAISHI	568213	26°13'06"	58°39'35"	"	2	"	Necesita tareas de mantenimiento
18	PALO SANTO	564310	25°32'35"	59°22'16"	"	2	"	Necesita tareas de mantenimiento
19	PIRANÉ	564312	25°42'20"	59°08'11"	"	2	"	Necesita tareas de mantenimiento
20	POTRERO NORTE	564307	25°47'15"	59°25'58"	"	1	"	
21	POZO MORTERO	637405	24°24'09"	61°02'14"	"	2	"	Necesita tareas de mantenimiento
22	POZO DEL TIGRE	639304	24°53'12"	60°18'42"	"	1	"	
23	P. LAVALLE	559302	25°39'01"	60°07'43"	"	1	"	
24	RAC. ESCOBAR	563206	26°05'53"	59°37'34"	"	2	"	Necesita tareas de mantenimiento
25	SAN HILARIO	568214	26°00'00"	58°40'58"	"	1	"	
26	Sbrte. PERIN	559301	25°32'55"	60°02'40"	"	1	"	
27	Sgto. SANABRIA	559407	25°04'09"	60°19'00"	"	2	"	Necesita tareas de mantenimiento
28	SUMAYEN	636303	24°38'30"	61°24'50"	"	2	"	Necesita tareas de mantenimiento
29	VILLA 213	563411	26°10'03"	59°23'02"	"	1	"	
30	EL POTRERITO	S/N	24°18'50"	61°48'30"	"	1	"	
31	LA VICTORIA	S/N			"	3	"	
32	SANTA RITA	S/N	24°08'27"	62°13'19"	"	3	"	



RED HIDROMETEOROLOGICA

RED PLUVIOMETRICA

Policía - A.P.A

CANTIDAD	ESTACION	COORDENADAS		PARAMETRO	SITUACION	TIPO DE INSTRUMENTAL
		LATITUD	LONGITUD			
1	TACO POZO	25° 34'	63° 17'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
2	RIO MUERTO	26° 18'	61° 39'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
3	LOS FRENTONES	26° 25'	61° 25'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
4	P. DEL INFIERNO	26° 31'	61° 11'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
5	C. DEL BERMEJO	26° 36'	60° 58'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
6	AVIA TERAJ	26° 42'	60° 43'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
7	P. ROGUE SAENZ PEÑA	26° 46'	60° 26'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
8	QUITLIPÍ	26° 52'	60° 03'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
9	MACHAGAI	26° 56'	60° 03'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
10	PCIA. DE LA PLAZA	27° 00'	59° 51'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
11	LA ESCONDIDA	27° 06'	59° 29'	precipitación	1	PLUV. TIPO'B'
12	LA VERDE	27° 08'	59° 24'	precipitación	1	PLUV. TIPO'B'
13	MAKALLE	27° 12'	59° 19'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
14	PTO. TIROL	27° 22'	59° 04'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
15	RESISTENCIA	27° 28'	58° 59'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
16	COLONIA BENITEZ	27° 25'	58° 56'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
17	MARGARITA BELEN	27° 16'	58° 57'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
18	LAS PALMAS	27° 03'	58° 41'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
19	GRAL VEDIA	26° 56'	58° 39'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
20	PTO. BERMEJO	26° 55'	58° 30'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
21	ISLA DEL CERRITO	27° 18'	58° 37'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
22	LA EDUVIGIS	26° 50'	59° 03'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
23	PAMPA ALMIRON	26° 42'	59° 07'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
24	GRAL. SAN MARTIN	26° 32'	59° 21'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
25	PCIA ROCA	26° 09'	59° 36'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
26	PAMPA DEL INDO	26° 04'	59° 55'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
27	COLONIA ELISA	26° 58'	59° 32'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
28	CAPITAN SOLARI	26° 38'	59° 34'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
29	COLONIAS UNIDAS	26° 42'	59° 38'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
30	CIERVO PETISO	26° 35'	59° 39'	precipitación	1	PLUV. TIPO'B'
31	LAS GARCITAS	26° 37'	59° 48'	precipitación	1	PLUV. TIPO'B'
32	LAGUNA LIMPIA	26° 30'	59° 41'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
33	EL TACURUZAL	26° 20'	60° 13'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
34	TRES ISLETAS	26° 20'	60° 25'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
35	J. J. CASTELLI	25° 57'	60° 33'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
36	PUERTO LAVALLE	25° 39'	60° 06'	precipitación	1	PLUV. TIPO'B'
37	V.R BERMEJITO	25° 38'	60° 16'	precipitación	1	PLUV. TIPO'B'
38	MIRAFLORES	25° 39'	60° 54'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
39	FUERTE ESPERANZA	25° 10'	61° 50'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
40	EL ESPINILLO	25° 24'	61° 27'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
41	NUEVA POMPEYA	24° 55'	61° 39'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
42	WICHE	24° 37'	61° 25'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
43	EL SAUZALITO	24° 25'	61° 41'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO
44	COMANDANCIA FRIAS	24° 34'	62° 12'	precipitación	1	PLUV.ELECTRONICO

COEFICIENTES DE CORRELACION

(los días se refieren al desfase entre datos de El Colorado, respecto a los de Caimancito y Zanja del Tigre)

0 días

	El Colorado	Caimancito	Z. del Tigre	Cai+ZdT
El Colorado	1			
Caimancito	0.69530289	1		
Z. del Tigre	0.59198169	0.87744254	1	
Cai+ZdT	0.63031187	0.92690312	0.99332912	1

7 días

	El Colorado	Caimancito	Z. del Tigre	Cai+ZdT
El Colorado	1			
Caimancito	0.73779102	1		
Z. del Tigre	0.72006083	0.84125423	1	
Cai+ZdT	0.74750776	0.90969076	0.98980148	1

10 días

	El Colorado	Caimancito	Z. del Tigre	Cai+ZdT
El Colorado	1			
Caimancito	0.7884217	1		
Z. del Tigre	0.72513017	0.78137769	1	
Cai+ZdT	0.77079411	0.86728197	0.98834181	1

15 días

	El Colorado	Caimancito	Z. del Tigre	Cai+ZdT
El Colorado	1			
Caimancito	0.70863307	1		
Z. del Tigre	0.68273597	0.87797485	1	
Cai+ZdT	0.70575835	0.93056698	0.99227933	1

20 días

	El Colorado	Caimancito	Z. del Tigre	Cai+ZdT
El Colorado	1			
Caimancito	0.73787592	1		
Z. del Tigre	0.67544291	0.78767218	1	
Cai+ZdT	0.71708849	0.86939928	0.98922024	1

28 días

	El Colorado	Caimancito	Z. del Tigre	Cai+ZdT
El Colorado	1			
Caimancito	0.66477438	1		
Z. del Tigre	0.63625848	0.88653641	1	
Cai+ZdT	0.65697703	0.93362929	0.99343955	1

10 días, considerando los Caudales ZdT+Cai menores que 2200 m3/s

	El Colorado	Caimancito	Z. del Tigre	ZdT+Cai
El Colorado	1			
Caimancito	0.84073174	1		
Z. del Tigre	0.88081793	0.81656093	1	
ZdT+Cai	0.90311934	0.89826232	0.98716807	1

Este libro fue editado durante los meses de abril y mayo del 2000, en la ciudad de Buenos Aires de la República Argentina.
Se utilizaron las familias tipográficas Tarzana™ y Filosofía™ de Emigre Fonts.
diseño ibáñez: Felipe Augusto Ibáñez (dirección de diseño y arte), Valeria Safatle y Luciana Rondolini (compaginación).

fin



Comisión Binacional para el Desarrollo de la
Alta Cuenca del Río Bermejo y el Río Grande de Tarija
www.cbbermejo.org.ar

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
www.unep.org

Organización de los Estados Americanos
www.oas.org

Fondo para el Medio Ambiente Mundial
www.gef.org

