

ESTUDIOS LIMNOLOGICOS EN UNA SECCION TRANSVERSAL DEL TRAMO MEDIO DEL RIO PARANA

III: Componentes sólidos transportados en suspensión *

*Hetty Bertoli de Pomar ***

Instituto Nacional de Limnología
J. Macía 1933 - Santo Tomé (3016)
Santa Fe - Argentina

RESUMEN

En el presente trabajo se evalúan algunas características de la concentración y composición mineralógica y micropaleontológica de los sedimentos transportados en suspensión por el río Paraná medio, en un punto próximo al lugar de emplazamiento del cierre sur de la proyectada represa homónima.

La concentración total oscila entre 33, 7 y 893 mg. l⁻¹, para distintas situaciones hidrológicas, con distribución vertical desigual y tendencia predominante a aumentar hacia el fondo.

La asociación mineralógica de los limos abarca especies predominantemente metamórficas y vitroclastos, con predominancia absoluta de cuarzo, seguido de biotita, circón y turmalina.

Los minerales arcillosos son illita, caolinita, montmorrillonita y clorita, con ausencia de los dos últimos durante aguas bajas.

Los componentes biogénéticos corresponden a algunos protistas (diatomeas y crisostomatáceas), espículas de demosponjas y fitolitos de gramíneas, ciperáceas, palmáceas y podostemáceas.

Las fuentes de origen de los minerales parecen corresponder predominantemente a metamorfitas del macizo brasileño, con participación menor de fuentes volcánicas cordilleranas del borde pacífico de América septentrional.

Las partículas biogénicas son autóctonas en su mayoría, con excepción de los fitolitos de palmeras, que proceden de los palmares chaco-correntinos, y los de podostemáceas que se transportan desde el alto Paraná.

* Trabajo presentado en una Reunión Científica Especial organizada por la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral, Santa Fe, Abril 1983.

** Miembro de la Carrera de Investigador Científico del CONICET.

ABSTRACT

Bertoli de Pomar, H. 1984. Limnological studies in a cross-section of the Middle reach of Paraná River, III: solid components transported in suspension. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 15: 25 – 46

This work was undertaken in order to determine the variability of concentrations, mineral associations and biogenic components of suspended solids transported by the Paraná River through a cross-section of its middle reach.

It has been established that total suspended solids concentrations varies between 33.7 and 893.4 mg l⁻¹ according to diverse water discharges. The concentrations are not uniformly distributed in the water column, with a trend to increase towards the bottom.

The silt-size mineralogy contains mainly metamorphic species and vitroclasts, with preponderance of quartz, followed by biotite, tourmaline, and zircon.

The clay-size fraction is composed by variable proportions of illite, kaolinite, montmorillonite, and chlorite. The last two minerals are absent during low waters.

Within the biogenic fraction, protists, demosponges spicules and gramineae, cyperaceae, palmaceae, and podostemaceae phytoliths were found. There is evidence that silt- and clay- sized minerals are supplied by Brazilian metamorphic sources, with lesser contributions from the mountainous Andean environment.

Biogenic silicic particles are mostly authigenic, with the exception of palmaceae and podostemaceae phytoliths, contributed by the palm groves (Chaco-Corrientes) and the upper Paraná River respectively.

INTRODUCCION

El presente estudio se realizó con la finalidad de conocer algunas características de las concentraciones y composición mineralógica y micropaleontológica del material transportado en suspensión por el río Paraná, durante un período de 5 años consecutivos.

El punto de estudio corresponde al perfil "Toma de Aguas Corrientes" en Paraná, Entre Ríos, Argentina, cuya ubicación geográfica y caracteres geomorfológicos e hidrológicos fueron descriptos por Drago ¹¹.

Otros autores se ocuparon de las variaciones de concentración y granulometría de los sedimentos suspendidos, en este y otros puntos del río Paraná medio, para distintas oportunidades y períodos ^{2, 4, 10, 12, 13, 17}.

Parte de la información contenida en este trabajo fue empleada en la redacción de un informe sobre "Estudio Ecológico del Río Paraná Medio", en cumplimiento de un contrato entre Agua y Energía y el INALI ⁴.

MATERIAL Y METODOS

Obtención de muestras

El muestreo se realizó de modo de abarcar 5 ciclos hidrológicos completos, con frecuencia quincenal entre el 28/10/76 hasta el 27/3/79 inclusive, y mensual desde esa fecha hasta el 2/10/81 inclusive, resultando un total de 83 campañas y 741 muestras. Estas se tomaron en tres puntos del cauce, coincidentes con los seleccionados para estudios de sedimentos de fondo, vale decir ribera izquierda, centro y ribera derecha. En cada uno se establecieron tres niveles de muestreo: a 0,02 (superficial), a 0,50 (intermedia) y a 0,95 (profunda) de la profundidad total respectiva.

Las muestras de agua, extraídas con captador de flujo continuo y con botellas de Ruttner, se almacenaron en bidones de 5 litros de capacidad, los cuales se remitieron en el día al laboratorio, donde se procesaron en forma inmediata.

Dificultades operativas, producidas principalmente durante los períodos de altos niveles hidrométricos y elevada velocidad de corriente, impidieron la toma de muestras profundas en algunas oportunidades.

Muestras estudiadas

Para las evaluaciones sedimentológicas se consideró la totalidad de las muestras obtenidas en el centro y ambas riberas.

Los estudios mineralogicos y silicobiolíticos se hicieron sobre 12 muestras profundas del centro del cauce, correspondiendo 10 de ellas a los registros de mayor y menor concentración de sólidos suspendidos durante los 5 ciclos hidrológicos, y las dos restantes tomadas en oportunidad de producirse la "onda roja", motivada por un incremento de los aportes del alto Paraná, por degradación de suelos lateríticos adyacentes.

Los datos de identificación de las muestras empleadas para su estudio microscópico se resumen en el Cuadro 1.

Procesado Previo

El total de cada muestra (5 litros), se filtró al vacío, con sistema de filtros de porcelana tipo Chamberlan, de abertura de poro de 0,1 μm , a fin de reducir su volumen al mínimo. Logrado esto, se lavaron los filtros por el mismo procedimiento, mediante el agregado de 1 litro de agua destilada, para eliminar la posible presencia de sales solubles, aunque éstas son muy escasas en este punto del río¹⁸.

Las porciones residuales se evaporaron a baño María en cápsulas de porcelana, y se llevaron luego a estufa a 105° C hasta peso constante (48 hs.), con precisión de 0,001 g.

La relación entre el peso del sedimento así obtenido y el volumen inicial de la muestra proporciona la concentración del sedimento suspendido, expresado finalmente en parte por millón (ppm = mg. l^{-1}).

Teniendo en cuenta que los silicobiolitos de menor desarrollo hasta ahora conocidos alcanzan diámetros no inferiores a 5 μm y que el poder resolutivo del microscopio óptico hace difícil el reconocimiento de los minerales de dimensiones similares, se dividió la muestra en dos alcuotas. Una se destinó a la determinación de los minerales arcillosos, para lo cual se la conservó sin otros trata-

Cuadro 1

Datos de identificación de las muestras de sedimentos suspendidos, empleadas en la investigación microscópica, tomadas en el centro del cauce. H: altura hidrométrica en Puerto Paraná.

Muestra N°	Muestreo N°	Fecha	H m.	Concentración ppm
A G U A S				
6	1	11/08/76	2,19	53,36
215	25	14/11/77	1,94	69,43
395	45	25/10/78	1,49	70,82
539	61	26/11/79	4,39	93,36
639	72	29/10/80	3,45	109,80
O N D A R O J A				
350	40	09/08/78	2,98	213,16
510	58	28/10/79	3,19	143,63
A G U A S A L T A S				
81	10	13/04/77	3,77	434,20
269	31	09/03/78	2,85	568,80
444	51	14/02/79	3,13	434,88
584	66	28/04/80	3,84	358,66
693	78	27/04/81	3,21	612,36

mientos. La otra se sometió a: 1º) desagregación y destrucción de materia orgánica con perhidrol al 20 % durante 24 hs. con agitación esporádica y repetida; 2º) sifonado a profundidad y tiempo de caída calculados según la ley de Stokes, para eliminar la fracción arcilla.

Análisis microscópico

La composición mineralógica y el contenido en sílice biógena se estudiaron en las fracciones limos y arenas, previamente tratadas. Para ello, se hicieron preparados sueltos por inmersión en eugenol (n: 1,54) y se analizaron en microscopio petrográfico Reichert.

La composición mineralógica se analizó cualitativamente, como una primera contribución a su conocimiento.

El registro gráfico de los silicobiolitos se efectuó con ayuda de un microscopio de proyección Reichert, adoptándose las escalas x 500 para los espongolitos por ser generalmente de mayores dimensiones, y x 800 para los fitolitos. Para cada muestra, se confeccionó una lámina para el archivo de datos originales, de donde se seleccionaron los modelos que ilustran el presente trabajo. Se evaluaron las frecuencias relativas de cada morfotipo hallado.

Los minerales arcillosos fueron determinados semicuantitativamente por difracción de rayos X, en el Centro de Investigaciones de Recursos Geológicos (CIRGEO) del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

RESULTADOS

Concentración de sedimentos suspendidos

La carga de sedimentos suspendidos sufre amplias variaciones a lo largo del ciclo hidrológico y aún entre distintos ciclos (Fig. 1 y 2).

En el cuadro 2 se reproducen los valores mínimos y máximos registrados en cada una de las estaciones de muestreo. Puede observarse que las diferencias de concentración entre aquellos valores superan, en los tres casos, los 550 ppm.

Es necesario destacar que los picos de concentraciones no coinciden generalmente con los de caudal, verificándose un retraso de aquéllos. Este hecho ya fue analizado en detalle por otros autores^{2, 13} para los años 1977, 1978 y 1980, encontrándose diferencias de hasta 39 días entre ambas situaciones. En todos los casos se han detectado valores muy elevados de concentración en los meses de Marzo y Abril, aunque en 1979 y 1980 se han registrado otros picos en Enero y Diciembre. Los citados^{2, 13} demostraron la influencia del río Bermejo en la fijación de los valores máximos de concentración en el tramo medio del río Paraná. Los contenidos de sólidos suspendidos más bajos se verifican por lo general en Agosto y Setiembre en coincidencia con los menores caudales.

Cuadro 2

Contraciones máxima y mínima registradas en cada estación de muestreo, durante el período: 11/08/76 - 02/10/81.

Concentración	Referencias	Ribera izquierda	Centro	Ribera derecha
MINIMA	ppm	33,7	47,7	27,6
	Punto de muestreo	Superficial	Superficial	Superficial
	Fecha	28/10/76	11/09/78	11/08/76
	Altura hidrométrica (H) en metros	2,42	1,73	2,19
	H mínima del mismo ciclo hidrológico en metros	2,46	1,65	2,16
Fecha en que se produjo	(23/10/76)	(13/09/78)	(20/08/76)	
MAXIMA	ppm	838,5	893,4	667,1
	Punto de muestreo	Profunda	Profunda	Profunda
	Fecha	17/12/79	17/12/79	24/04/81
	Altura hidrométrica (H) en metros	4,14	4,14	3,20
	H máxima del mismo ciclo hidrológico en metros	4,57	4,57	5,17
Fecha en que se produjo	(18/11/79)	(18/11/79)	(26/02/81)	

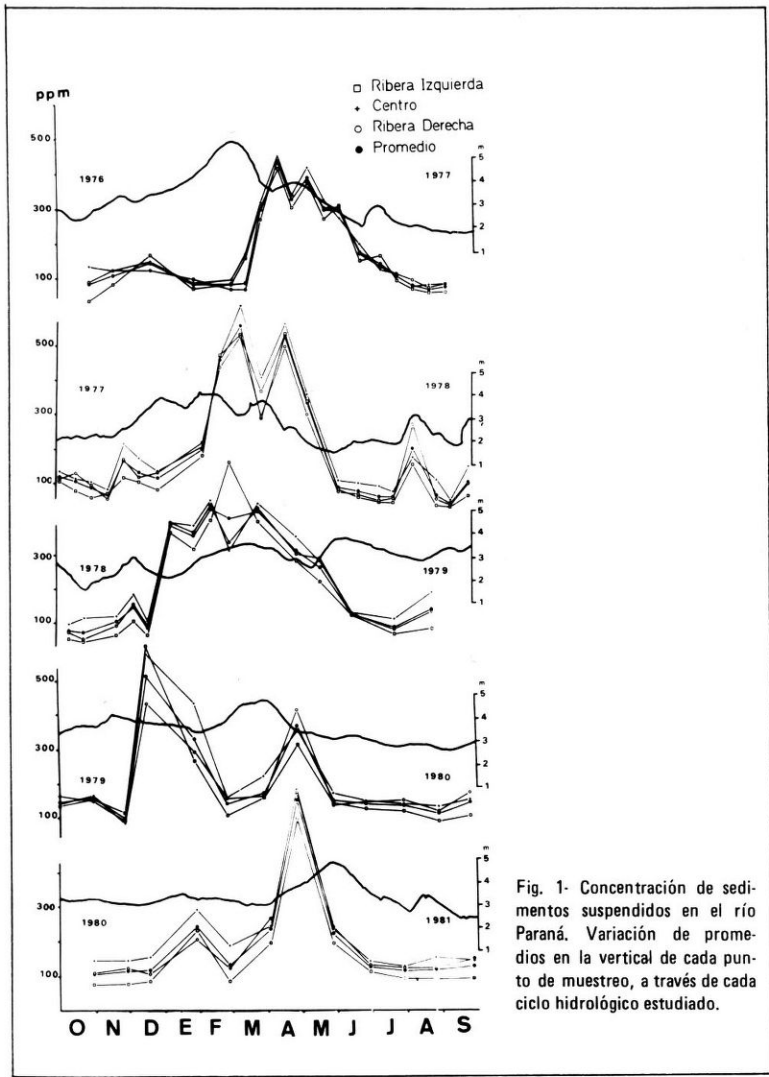
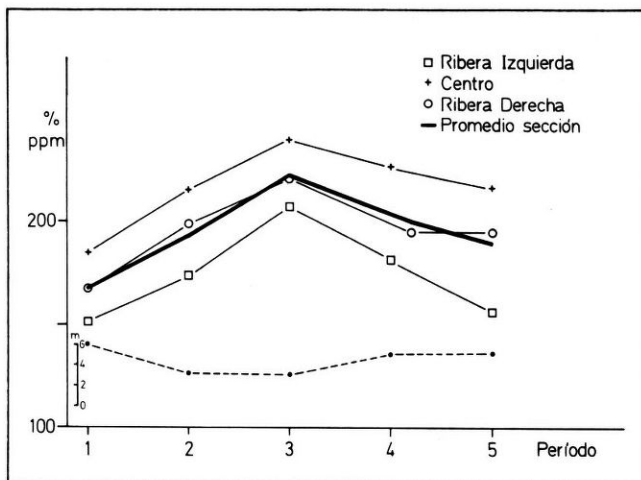


Fig. 1- Concentración de sedimentos suspendidos en el río Paraná. Variación de promedios en la vertical de cada punto de muestreo, a través de cada ciclo hidrológico estudiado.

Fig. 2- Promedios de concentraciones totales de sedimentos suspendidos registrados en cada ciclo hidrológico estudiado.



Además, se comprobó que la distribución vertical de las concentraciones no es uniforme, sino que puede ofrecer las siguientes variantes:

A) aumento progresivo hacia la profundidad; B) disminución progresiva hacia la profundidad; C) mayor concentración en la capa intermedia; D) menor concentración en la capa intermedia.

La frecuencia relativa con que se registró cada caso, se expresa en el Cuadro 3. Como era lógico esperar, la tendencia predominante en los tres puntos es la primera, vale decir que, generalmente, la concentración aumenta paulatinamente hacia el fondo del río. Estos incrementos resultaron en promedio de 14,12 % en la ribera izquierda, 37,5 % en el centro y 36,56 % en la ribera derecha, considerada la totalidad de los datos de los 5 años de muestreo en las estaciones respectivas.

Agrupados los datos de cada vertical según una escala aritmética de grados de concentración, con intervalos arbitrarios de 100 ppm, y calculadas sus frecuencias relativas (Cuadro 4) se advierte que las concentraciones más frecuentes se dan entre 100 y 200 ppm, excepto en la ribera izquierda, donde parecen predominar los valores menores a 100 ppm.

Cuadro 3

Frecuencias relativas de las tendencias de concentración en la vertical de cada estación de muestreo. A) aumento progresivo hacia la profundidad; B) disminución progresiva hacia la profundidad; C) mayor concentración en la capa intermedia; D) menor concentración en la capa intermedia.

Estación de Muestreo	A	B	C	D	No determinado
Ribera izquierda	43,40	2,40	30,10	20,50	3,60
Centro	68,70	2,40	16,85	7,25	4,80
Ribera derecha	60,25	1,20	21,70	16,85	--

Cuadro 4

Sedimentos suspendidos. Frecuencias relativas de concentraciones. Grados I: 0,00 - 99,95; II: 100 - 199,95; III: 200 - 299,95; IV: 300 - 399,95; V: 400 - 499,95; VI: 500 - 599,95; VII: 600 - 700 p p m.

Estación de Muestreo	Profundidad	GRADOS DE CONCENTRACION: % DE FRECUENCIA						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
Ribera Izquierda	Superficial	42,20	27,70	14,45	9,65	1,20	4,80	0,00
	Intermedia	42,00	28,40	9,85	12,35	3,70	3,70	0,00
	Profunda	42,70	26,80	11,00	8,55	4,90	3,65	2,40
Centro	Superficial	39,75	31,30	7,20	10,85	7,20	3,60	0,00
	Intermedia	14,65	48,80	12,20	10,95	8,55	1,20	3,65
	Profunda	10,00	38,75	22,50	10,00	13,75	1,25	3,75
Ribera Derecha	Superficial	44,60	28,90	9,65	10,85	3,60	1,20	1,20
	Intermedia	30,10	37,35	10,85	9,65	8,45	2,40	1,20
	Profunda	21,70	43,35	8,45	12,05	9,65	3,60	1,20

Cuadro 5

Máximos promedios de concentraciones en cada vertical muestreada, registradas en cada ciclo hidrológico del período de estudio.

Estación	1976-77	1977-78	1978-79	1979-80	1980-81
Fecha	13/04/77	09/03/78	14/02/79	17/12/79	27/04/81
R. izquierda	412,20	544,00	399,80	599,20	558,40
Centro	449,60	622,10	460,10	573,40	643,40
R. derecha	441,00	536,30	444,50	429,60	635,30
Promedio en la vertical	434,20	565,80	434,90	510,70	612,40

El cuadro 5 resume los registros de las máximas concentraciones promedio totales de cada vertical muestreada, en cada ciclo hidrológico, y el Cuadro 6 los promedios de concentraciones en cada ciclo hidrológico y en los 5 años.

Cuadro 6

Sedimentos suspendidos. Promedios de concentraciones en cada ciclo hidrológico y en el período completo 1976-1981.

Estación de Muestreo	1976-77	1977-78	1978-79	1979-80	1980-81	Promedio
R. izquierda	150,90	174,10	180,45	182,25	157,90	169,10
Centro	185,60	216,90	240,15	226,40	217,75	217,35
R. derecha	168,50	189,44	221,60	195,15	195,05	193,95
Promedio en la sección	168,35	193,50	214,05	201,25	190,25	193,50
Altura máxima del río en el ciclo	5,91	3,91	3,35	5,14	5,17	4,70

Composición mineralógica

El análisis cualitativo, practicado hasta donde lo permite el poder resolutivo del microscopio petrográfico, proporcionó la oportunidad de apreciar el espectro minerológico de las partículas hasta de limo grueso (51,12 μ m) transportado en suspensión. Las especies identificadas se enumeran alfabéticamente en el Cuadro 7, donde se señala solamente la presencia de cada especie detectada en muestras tomadas a 0,9 de la profundidad total, durante los períodos de aguas altas y aguas bajas (una por cada ciclo hidrológico) y dos muestras durante el paso de la "onda roja".

Los *anfíboles* reconocidos parecen corresponder a una *hornblenda* de color verde botella, con pleocroísmo marcado, en fragmentos alargados, bajo índice de refracción, y en los que se hace apenas advertible un sistema de líneas de clivaje paralelas a las caras largas de los clastos.

Cuadro 7

Composición mineralógica cualitativa de la fracción limos, en los sedimentos suspendidos. Especie registradas: 1: muy abundante; 2: abundante; 3: frecuente; 4: presente.

Muestreo	AGUAS BAJAS					AGUAS ALTAS					ONDA ROJA		
	1	25	45	61	72	10	31	51	68	78	40	58	
Muestra	6	215	395	539	639	81	269	449	584	693	350	510	
MINERAL	Año	'76	'77	'78	'79	'80	'77	'78	'79	'80	'81	'78	'79
Anfiboles	4		4		4					4			4
Biotita	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Circón	2	2	2	2	2	2	2				2	2	2
Clorita							4			4	4	4	4
Cuarzo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Epidoto	4				4								4
Estaurolita						4			4				
Feldespatos							4						4
Granate				4						4			
Magnetita	4						4						
Muscovita	3				3	3	3	3	3	3	3		
Turmalina			2	2	2	2	2	2		2	2	2	2
Vitroclastos			3	3	3	3	3	3	3	3			3

Las laminillas de biotita muestran con frecuencia principios de desferrización o cloritización, sugeridos principalmente por decoloración del castaño anaranjado original hacia el castaño muy pálido o tono verde levemente amarillento, sin inclusiones ni halos pleocroicos. Sus contornos son irregulares tendiendo a circulares.

El *circón* aparece casi invariablemente como cristales idiomorfos de singular belleza, prismático-bipiramidales, incoloros con refringencia muy alta y birrefringencia típica de cuarto orden. Circunstancialmente aparecen como fragmentos irregulares entre las partículas mayores.

La *clorita* constituye pequeñas laminillas de color verde pálido con forma irregular.

Como era de esperar, el mineral absolutamente predominante es el *cuarzo*, al igual que en las fracciones más gruesas. Sus clastos son angulosos e incoloros, no alcanzándose a advertir inclusiones, coloración secundaria o irregularidades de extinción.

El *epidoto* aparece en fragmentos anfractuados de color verde amarillento muy pálido, a veces difícil de identificar por sus reducidas dimensiones.

Los granos de *estaurolita* son también de contornos irregulares, de color amarillento naranja y pleocroísmo notable.

Los *feldespatos* resultan difíciles de identificar, cuando no resultan ad-vertibles las maclas características; en general se trata de *plagioclasas* de bajo índice de refracción, evidentemente de los términos sódicos, o de algún *microclino*. Los clastos resultan por lo general de contornos cuadrangulares.

Los *granates* se evidencian por su carácter isótropo, elevada refrigerancia, en granos angulosos, incoloros, con fracturas concoidales.

La *magnetita* conforma pequeños granos cuadrangulares, opacos y de marcado magnetismo.

La *muscovita* constituye pequeñas laminillas redondeadas, incoloras y sin inclusiones.

Es notable la presencia de *turmalina* en forma de cristales idiomorfos o hemimorfos prismático-bipiramidales de color verde, con pleocroísmo marcado.

La presencia casi constante de *vitroclastos* se verifica entre las partículas más pequeñas. Corresponden a los clásicos vidrios volcánicos de carácter ácido, incoloros y de muy bajo índice de refracción, con estructura fluidal visible, comunes en el área pampásica.

En cuanto al contenido de minerales arcillosos, éstos fueron clasificados como *illita*, *caolinita*, *montmorrillonita* y *clorita*. Las determinaciones semi-cuantitativas, detalladas en el Cuadro 8 señalan algunas particularidades en la

Cuadro 8

Contenido semicuantitativo de minerales arcillosos en sedimentos suspendidos, tomados en situaciones hidrológicas opuestas de cada ciclo estudiados en el perfil Toma de Aguas Corrientes comparado con los resultados de otros autores en puntos próximos.

Muestreo N°	Estado hidrológico	AÑO	ILLITA %	CAOLINITA %	MONTMORRILLONITA MAS CLORITA %
10		1977	60	35	5
30	AGUAS	1978	50	20	30
62		1979	55	20	25
66	ALTAS	1980	55	20	25
78		1981	50	20	30
<hr/>					
2		1976	56	50	-
19	AGUAS	1977	50	50	-
45		1978	50	50	-
57	BAJAS	1979	55	45	-
70		1980	53	47	-
82		1981	60	40	-
<hr/>					
RESULTADOS OBTENIDOS POR DEPETRIS Y GRIFFIN ¹⁰					
R. Paraná		Junio	38	33	14 + 15
	AGUAS	Julio	34	31	18 + 17
R. Colastiné		Junio	40	25	17 + 18
	BAJAS	Julio	37	28	18 + 17
R. Coronda		Junio	43	22	20 + 14
		Julio	41	22	24 + 14