

Estudios Hidrológicos en los Ríos Tapiracuai y Cuarepoti, Región Oriental del Paraguay

Hydrologic studies at Tapiracuai and Cuarepoti Rivers, Eastern Paraguay

F. Cáceres Dueñas¹, V. Parra¹, M Delgado, P. Alonso^{1,2}

1. Hydroconsult srl.; 2. Facultad de Ciencias Agrarias UNA; (Asunción Paraguay)
facadu@htmail.com

Recibido: 25/09/2016

Aceptado: 21.11.201

Resumen: Se presentan los resultados de los estudios batimétrico y de aforo realizados en dos importantes ríos del Dpto de San Pedro el Tapiracuai y el Cuarepoti. Se basan en los registros diarios limnimétricos y en 18 campañas mensuales de campo realizadas, de determinaciones batimétricas y de aforo directo conducentes a establecer su régimen hidrométrico. El régimen hidrométrico que exhibe el Tapiracuai tiene un comportamiento regular mientras que el Cuarepoti es atípico porque los niveles hidrométricos se ven afectados por efecto barrera de las crecientes del Río Paraguay. En ambos cuerpos de agua también fue estudiado el transporte de sólidos; el mismo exhibe fuerte correlación positiva con el caudal en ambos ríos.

Palabras claves: río Tapiracuai, Cuarepoti, aforo, régimen hidrométrico, transporte de sólidos.

Abstract : results of bathymetric and gauging studies carried out in two major streams of the Department of San Pedro: Tapiracuai and Cuarepoti Rivers are presented. They are based on daily hydrometric records as well as on 18 field campaigns of bathymetry and direct gauging leading to establish their hydrometric regimes. The hydrometric regime exposed by the Tapiracuai has a regular behavior while the Cuarepoti is peculiar because the hydrometric levels are affected by the barrier effect of the Paraguay River flood. In addition, in both water bodies solid transport studies were also performed. Solid transport vs water flood shows positive correlation in both streams.

Key words; Tapiracuai brook, Cuarepoti, gauging, hydrometric regime, solid transport

1. Introducción

Los impactos de los fenómenos del Niño/Niña, promueven y acentúan el interés estratégico por los recursos hídricos y consecuentemente son de actualidad las investigaciones conducentes a la evaluación de éstos.

En ese sentido, el departamento de San Pedro, rico en dichos recursos constituye un escenario de suma importancia en la planificación y uso de los mismos. Se han publicado algunos estudios referentes a la evaluación de regímenes correspondientes a los ríos/arroyos Aguaray Guazu y Aguaray mi, Jhu, Pirai, Yetyty, de cursos de agua permanente así como respecto al transporte de sólidos [1,2]; en los mismos se vuelve a enfatizar que hasta ahora resultan limitados los estudios sistemáticos integrales respecto a

los regímenes hidrométricos y sedimentológicos, sus inter-relaciones y correlaciones en regímenes de crecida y estiaje,, su uso como recursos sustentables etc [3-5]. El Departamento de San Pedro de 20.002 Km², además de los grandes ríos está surcado por numerosos riachos, arroyos y su superficie está cubierta por humedales y praderas inundables en significativo porcentaje [6].

Este trabajo presenta los resultados del monitoreo del régimen hidrométrico ejecutado en los ríos *Tapiracuai* y *Cuarepoti* en 18 campañas mensuales así como del transporte de sólidos y los aspectos edáficos de su entorno. Ambos son de cuenca amplia y de largo curso. Forma parte de investigaciones en relación al comportamiento hidrométrico y de calidad de aguas realizados en cuerpos de agua superficiales tanto en el Paraguay Oriental como en el Occidental [7].

2.- Metodología

Puntos de aforo

Fueron establecidas una estación de aforo en el río *Tapiracuai* y una en el *Cuarepoti*. La ubicación de las mismas determinadas *in situ* es como sigue:

Coordenadas Geográficas		
Estaciones	Latitud	Longitud
Río Tapiracuai	7.274.852,80S	549.654,60W
Río Cuarepoti	7300.687,80 S	489.505,40 W

Linnímetros y registros

Se procedió de modo similar a lo descrito en trabajos anteriores [1&ref, inclusas]: Fue establecido el Nivel de Referencia (NR) y los hidrómetros calibrados a escala métrica, fueron instalados y referidos instrumentalmente al NR con empleo de Nivel Óptico Kolida-KL32 y eventualmente con un Teodolito Wild T-16. Las lecturas fueron ejecutadas dos veces al día y los registros obran en los repositorios de Hydroconsult. Las mediciones batimétricas en las campañas de aforo se ejecutaron en los segmentos verticales establecidos (cuadro 1), las lecturas con empleo de Nivel, siempre referidas al NR. Las velocidades de corriente se registraron con un correntómetro digital Horyzon y con *cloruro de 3,9 bis dimetilamino fenazotium* como indicador químico en caudales bajos.

Los datos de las lecturas hidrométricas fueron analizados y contrastados estadísticamente con las mediciones directas de caudales realizadas en la determinación de la relación nivel-caudal.

Cuadro 1

Ancho del río			Subdivisión
De	hasta	1,20 m	Cada 0,20 m
1,20	a	2,10 m	Cada 0,30 m
2,10	a	4,00 m	Cada 0,50 m
4,00	a	8,00 m	Cada 1,00 m
8,00	a	15,00 m	Cada 1,50 m
15,00	a	25,00 m	Cada 2,00 m
25,00	a	50,00 m	Cada 3,00 m
50,00	a	más	Cada 5,00 m

Fuente: Ref 1

Aspectos fisiográficos y edáficos

A partir de la cartografía nacional [8] disponible, se han identificado las cuencas y sus características propias y de los cauces, tomando como referencia los puntos más altos de colección de agua, en curso del cauce principal, el punto de aforo, y el punto de descarga en otro curso mayor y/o humedales. Las características más importantes definidas en cada cuenca son: *Área de la cuenca; longitud del curso principal de agua; cota máxima de cuenca (naciente); cota mínima o punto de descarga; Pendiente media del cauce principal así como el punto de aforo.*

El Mapa de Reconocimiento de Suelos de la Región Oriental del Paraguay [9] que incorpora la clasificación taxonómica más reciente [10] así como el Mapa de Usos de la Tierra del Paraguay [11] fueron empleados en la evaluación. Imágenes provenientes de Landsat 7 (Escala 1:25.000) contribuyeron a la interpretación de las unidades de vegetación y de uso de la tierra lo que favoreció el análisis de las geo-formas y sus posibles relaciones con las unidades reconocidas en las observaciones de campo. *In situ* fueron colectadas muestras de los primeros horizontes para determinaciones físicas como textura al tacto, color del suelo [12].

Campañas de campo

Los estudios se realizaron en 18 campañas mensuales de medición directa de caudales, a partir del mes de abril de 2011 hasta el mes de setiembre de 2012. En todas las campañas se desarrollaron los trabajos de control de niveles hidrométricos, mediciones de secciones de los ríos (batimetría), aforo de caudales líquidos y sólidos.

Para el aforo se realizaron [13-15] las mediciones de batimetría, nivelación y correntometría procediéndose a la determinación de la velocidad de flujo instrumentalmente o con indicadores químicos.

3.-Resultados y Análisis

3.1 Río Tapiracuai

Es un extenso curso de agua cuyo cauce principal es de ~82 km en una cuenca de 19.068

Ha con 3,48% de pendiente general. Sus nacientes en Santa Rosa del Mbutuy están a cota de 334msnm y descarga a cota 99msnm en los esteros del Tapiracuai. El punto de aforo está ubicado a cota 125msnm.

Los datos limnimétricos indican que entre los meses de junio y noviembre se presentaron los mayores caudales, registrándose los valores más altos en el mes de junio de 2012. Los niveles más bajos se han producido entre los meses de diciembre a mayo, registrándose los caudales mínimos en el mes de febrero de 2012. Los valores más resaltantes de dichos registros se indican en el siguiente cuadro:

ESTACION	h Promedio General	h Máximo Absoluto (*)	h Mínimo Absoluto (*)
Río Tapiracuai	0,83 m	1,65 m (19-jun-12)	0,56 m (12-Ene-12)

(*) Se consideró el primer valor histórico registrado en este trabajo

En relación a las campañas de aforos de caudales realizados, en la **Tabla 1** se muestran los resultados de los mismos en las diez y ocho campañas y los registros correspondientes de las alturas de los niveles.

Tabla 1 Río Tapiracuai - Valores nivel-caudal

Camp	Fechas	Lectura de Nivel (M)	Caudal (m ³ /seg)
1	02.5.11	0,78	7,66
2	29.5.11	0,75	7,26
3	27.6.11	0,71	6,53
4	25.7.11	0,93	10,35
5	22.8.11	0,95	13,57
6	23.9.11	1,02	16,32
7	26.10.11	0,71	6,98
8	24.11.11	1,15	23,47
9	17.12.11	0,76	8,44
10	20.1.12	0,84	13,81
11	21.2.12	0,58	6,47
12	22.3.12	0,68	8,54
13	27.04.12	1,04	19,82
14	29.05.12	1,15	29,45
15	26.6.12	0,99	11,83
16	28.7.12	0,9	8,98
17	21.8.12	0,8	6,83
18	18.10.12	0,77	7,98

Los datos de las lecturas hidrométricas fueron analizados y contrastados estadísticamente con las mediciones directas de caudales realizadas en la determinación de la relación nivel-caudal.

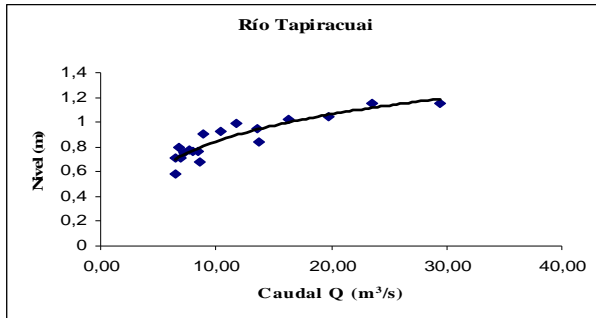


Fig. 1 – Relación nivel - caudal

Con respecto a la relación nivel caudal, la curva ajustada logarítmicamente (*Statistic Excell 2011*) alcanza un grado de correlación positiva del 0,84, lo cual acredita el buen nivel de confianza de la fórmula. La misma se indica a continuación:

$$h = 0,321 \ln Q + 0,1042. \quad R^2 = 0,84 \quad (1)$$

Los máximos y mínimos valores corresponden a los registros establecidos por las mediciones directas con el instrumental. Estos caudales máximos, mínimos y en promedio se presentan en el siguiente cuadro:

ESTACION	Q Promedio Estimado m ³ /seg	Q Máximo Registrado m ³ /seg	Q Mínimo Registrado m ³ /seg
Río Tapiracuai	11,70	29,45 (29-May-12)	6,46 (21-Feb-12)

3.2. Río Cuarepoti

Este es un río que conforma una cuenca relativamente grande, con superficie de ~ 198.000 Ha, con pendiente general de ~ 2,96% y una longitud de cauce 61,4 km, con curso de agua variable durante el año, debido a que en la porción media inferior la cuenca se comporta como de planicie, con varios importantes humedales. La cota máxima hacia la naciente es 275msnm y la de descarga en el Río Paraguay es de 68msnm; en el punto de aforo es de 78msnm.

Los datos limnimétricos indican que entre los meses de julio y diciembre se presentaron los mayores caudales, registrándose los valores más altos en el mes de noviembre de 2011. Los niveles más bajos se han producido entre los meses de enero y junio, registrándose los caudales mínimos en los meses de marzo y abril de 2012. Los valores más resaltantes de dichos registros se indican en el siguiente cuadro:

Estación	h Promedio General	h Máximo Absoluto (*)	h Mínimo Absoluto (*)
Río Cuarepoti	1,08 m	3,30 m (24-Nov-11)	-0,38 m (14-Mar-12)

(*) Se consideró el primer valor histórico registrado en estas campañas.

En relación a los aforos de caudales realizados, en la **Tabla 2** aparecen los resultados de los mismos en las diez y ocho campañas y los registros correspondientes de las alturas de los niveles.

Tabla 2 Río Cuarepoti. valores nivel-caudal

Camp	Fechas	Lectura de Nivel (m)	Caudal (m3/seg)
1	3.5.11	1,28	4,25
2	30.5.11	1,25	1,08
3	27.6.11	1,3	0,18
4	25.7.11	1,57	2,5
5	1.9.11	1,68	2,55
6	23.9.11	1,39	2,39
7	26.10.11	0,98	6,5
8	24.11.11	1,39	2,39
9	18.12.11	1,05	16,33
10	20.1.12	0,03	0,5
11	21.2.12	-0,07	0,13
12	22.3.12	-0,17	0,33
13	27.4.12	1,97	21,03
14	29.5.12	0,89	6,35
15	26.6.12	1,36	8,73
16	27.7.12	0,95	7,76
17	21.8.12	0,15	2,63
18	24.9.12	0,28	0,07

Relación Nivel Caudal

Con respecto a la relación nivel caudal, se ha buscado la mejor correlación posible, para el efecto se tuvo que depurar un valor incongruente, de la campaña N° 03 (junio/11). Esta incongruencia se debe fundamentalmente al efecto barrera que produce la proximidad del río Paraguay; la nube de puntos correspondientes a los caudales medidos presentan cierta dispersión, como puede verse en la Fig.2.

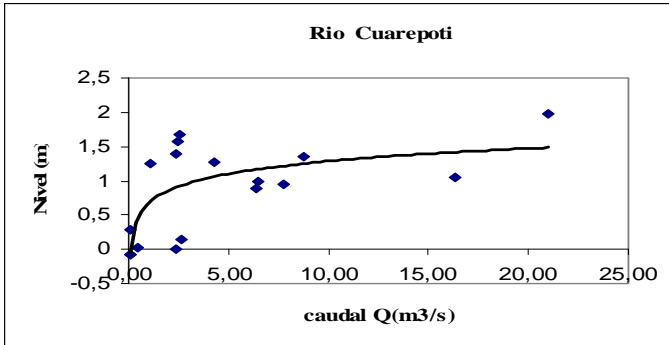


Fig. 2 Cuarepoti- Relación nivel – caudal

Con respecto a la relación nivel caudal, la curva ajustada logarítmicamente (*Statistic Excell 2011*) alcanza un grado de correlación R^2 de 0,46. La fórmula se indica a continuación:

$$h=0,2679\ln Q+0,6699 \quad R^2 = 0,46 \quad (2)$$

Los máximos y mínimos valores corresponden a los registros establecidos por las mediciones directas con el instrumental. Estos caudales máximos, mínimos y en promedio se presentan en el siguiente cuadro:

ESTACION	Q Promedio estimado m³/seg	Q Máximo registrado m³/seg	Q Mínimo registrado m³/seg
Río Cuarepotí	5,03	21,03(27-Abr-12)	0,07 (24-Set-12)

Analizando los registros del río Paraguay durante estas campañas en Puerto Rosario, desembocadura del Cuarepoti y comparándolos con los registros hidrométricos de este último, se observa una correlación exponencial con $R^2= 0,49$ y la ecuación obtenida es $h_c = 0,011 e^{1,0146 H_p}$ (3), donde h_c = altura en Cuarepoti y H_p = altura R Paraguay.

Si bien los datos son limitados por el corto lapso envuelto, dicha ecuación provisional señala una tendencia (exponencial) que merece estudios más extendidos ya que permitirían cuantificar el efecto.

3.3 Usos

Las aguas de ambos cursos son empleadas para uso doméstico, lavadero (automóviles, camiones etc), abrevadero (~ 50L/animal); en pequeñas parcelas se utilizan para cultivo de arroz. También funcionan en ellos balnearios; la mayoría son operados estacionalmente.

Se desconoce la existencia de una planificación coherente para su uso.

3.4. Estudios sedimentológicos

Cuenca del Tapiracuai

También el Cuarepoti es un río de cuenca grande, abarca una superficie relativamente importante, alrededor de 60.000 Ha aguas arriba del aforo y atraviesa varios tipos de suelos, sin embargo, el curso no presenta llanuras amplias en la parte superior de la cuenca, siendo relativamente encajonado, con algunos valles de 1 km de ancho en la porción media del curso. En la proximidad del aforo presenta llano de 600 metros de ancho. La longitud del curso desde el origen (Santa Rosa del Mbutuy) hasta el lugar de aforo es de aproximadamente 82 Km. Las cotas que comprende son de 125 msnm en el lugar de aforo y 380msnm en el lugar de las nacientes.

Los suelos dominantes de la cuenca superior del río Tapiracuai son: a) Psamment Rhodudult, arenosa, de lomada de arenisca, color rojo, profundo, permeabilidad alta, *erodibilidad muy alta*, fertilidad baja, uso actual agricultura y ganadería intensiva, ocupa 30% del área de la cuenca. b) Arenic Rhodic Paleudult, francosa gruesa, de lomada de arenisca, profundo, alta permeabilidad, *erodibilidad alta*, fertilidad moderada, uso actual agricultura y ganadería intensiva, ocupa el 40% de la cuenca. c) Arenic Kandiudult, francosa gruesa, de lomada de arenisca, profundo, alta permeabilidad al agua, *erodibilidad alta*, fertilidad moderada, uso actual agricultura y ganadería intensiva, ocupa una superficie aproximada de 20% de la cuenca. d) Aquic Paleudalf, francosa fina, de planicie, derivado de sedimentos varios, baja permeabilidad al agua, en algunas áreas inundables, vegetación lacustre y bosque en galería, ocupa el 10% de la cuenca. En algunas posiciones topográficas, especialmente de ladera de los cursos de agua aparecen afloramientos de rocas de arenisca, (menos de 5% del área en estudios). La ficha técnica es como sigue:

Ficha Técnica-Suelos Cuenca Tapiracuai

Suelo 1: U12.1 La/A-B2n = Psamment Rhodudult, arenoso, rojo. Ocupa el 45% del área. Capacidad de uso: IIIse/IVset, con moderada y alta erodabilidad y baja fertilidad.

Suelo 2: U 6.2 La/A-B2n = Arenic Rhodic Paleudult, francosa gruesa, rojo oscuro. Ocupa el 40 % del área. Capacidad de uso II/IIIset, con moderada erodabilidad, moderada fertilidad.

Suelo 3: U4.2 La/B-C2n = Arenic Kandiudult, francosa media, de lomada, rojo, drenaje rápido. Ocupa: 5% del área. Capacidad de uso I.

Suelo 4: U 2.3 Lls/A4n = Typic Paleaquult, de llano, drenaje lento. Ocupa: 10% del área. Capacidad de uso: Vwd/Vwi, con exceso de agua y parcialmente inundable.

Cuenca del Cuarepoti

El río Cuarepoti comprende una cuenca de 107.917 ha. y una Longitud del Écauce principal de 61.400,0 m., se escurre entre las cotas 275 y 68 msnm. Él es un río que conforma una cuenca relativamente grande, con una longitud de cauce mayor a 60 km. En la porción media inferior la cuenca se comporta como de planicie con varios humedales que retienen agua de las crecientes.

Los suelos que se desarrollan en la cuenca del río Cuarepoti son: a) Rhodic Paleudalf asociado a Mollic Paleudalf, francosa gruesa, derivado de arenisca, suavemente ondulado, color rojo oscuro, permeabilidad alta, capacidad buena de almacenaje de agua de lluvia, *alta erodibilidad*. Ocupa buena parte del área de la parte superior o cabecera de las lomadas donde están las nacientes y estos suelos se utilizan para cultivos anuales intensivos y cuyo manejo se debe cuidar en forma permanente para evitar erosión hídrica de los suelos. b) Aquic Paleudalf, francosa fina, de llano, derivado de sedimentos de variadas granulometrías, color pardo grisáceo, permeabilidad lenta, en las áreas más baja con proceso de hidromorfismo. Ocupa el 45% de la microcuenca., y este tipo de suelo se utiliza preferentemente para explotación ganadera, campo de pastoreo con pastura natural y muchas parcelas de pastura cultivada. La ficha técnica es como sigue:

Ficha Técnica-Suelos Cuenca Cuarepoti

Suelo 1: A 11.2 La/A2n = Rhodic Paleudalf, francosa gruesa, rojo. Ocupa el 55 % del área. Capacidad de uso II/IIIset, con moderada erodabilidad, moderada fertilidad.

Suelo 2: A 7.3/U1.5 Lls/A5n = Aquic Paleudalf/ Typic Albaquult, francosa media, de llano. Ocupa el 45% del área. Capacidad de uso Vwd/Vwi, drenaje lento, campo de pastoreo.

Transporte de Sólidos

En ambos ríos fueron realizados estudios de caudal sólido, esto es, transporte de sólidos disueltos y en suspensión por el curso del agua.

Para la determinación de los caudales de sólidos en los cuerpos de agua estudiados, se utilizó la misma división en segmentos verticales empleados para la batimetría, determinación de velocidades y cálculo del caudal líquido.

En cada una de dichos segmentos fueron colectadas muestras de agua y enviadas al laboratorio para la determinación de sólidos totales y en disolución que se realizó por *gravimetría*. Con dichos valores se determinó el caudal sólido de cada curso.

En la **Tabla 3** se expone los valores obtenidos en muestras del Tapiracuai.

Tabla 3 río Tapiracuai – Caudal Qs(g/s)

Camp	Fechas	Caudal g/seg)
1	02.5.11	628,65
2	29.5.11	798,7
3	27.6.11	412,374
4	25.7.11	621,3
5	22.8.11	1777,7
6	23.9.11	1305,3
7	26.10.11	432,57
8	24.11.11	1080
9	17.12.11	455,76
10	20.1.12	994,3
11	21.2.12	168,8
12	22.3.12	420,6
13	27.04.12	1779,4
14	29.05.12	3357,4
15	26.6.12	552,54
16	28.7.12	547,48
17	21.8.12	472,6
18	18.10.12	443,7

La figura 3 presenta la relación Caudal sólido Caudal Liquido. La misma es lineal

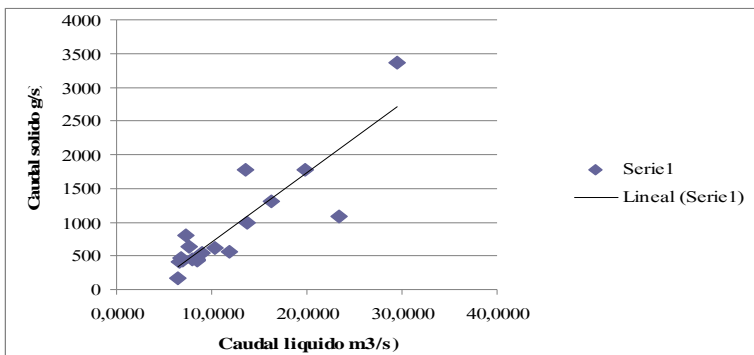


Fig 3- Relaciones Qs vs Ql en el Tapiracuai

La **Tabla 4** presenta los resultados obtenidos para el Cuarepoti de **Caudal Sólido Qs** por campaña.

Tabla 4 río Cuarepoti – Caudal Qs(g/seg)

Camp	Fechas	Caudal g/seg)
1	3.5.11	202,76
2	30.5.11	224,54
3	27.6.11	11,42
4	25.7.11	286,8
5	1.9.11	334
6	23.9.11	336,6
7	26.10.11	793
9	18.12.11	1342,3
10	20.1.12	150
11	21.2.12	128,27
12	22.3.12	94,05
13	27.4.12	1623,5
14	29.5.12	733,6
15	26.6.12	759,8
16	27.7.12	760,4
17	21.8.12	420,9
18	24.9.12	9,68

La relación de caudales Qs y Ql se ve en la fig 4. La correlación observada es lineal con muy buena correlación $R^2 = 0,9642$. La ecuación correspondiente es:

$$Q_s = 76,62 Q_l + 109 \quad (5) \quad R^2 = 0,9642$$

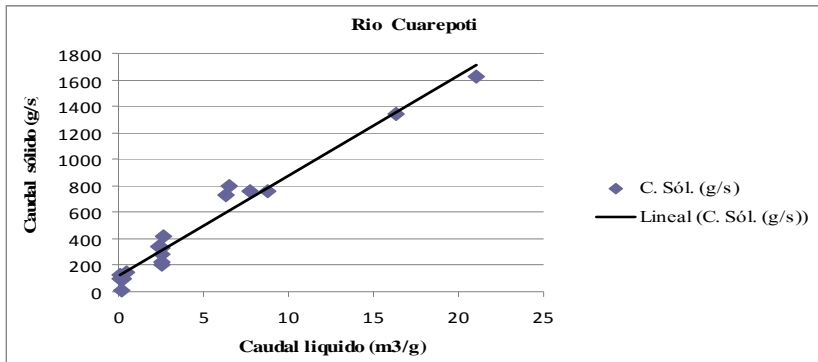


Fig 4 Relación Caudal Sólido y líquido. Cuarepoti

4. Conclusión

Se trata de cuerpos de agua superficiales de caudales importantes; de ellos el Tapiracuai por su discurrir encajonado superior y su cauce ancho inferior, no desborda fácilmente a consecuencia de lluvias; atraviesa terreno de suelos de muy alta a alta erodibilidad empleados básicamente para ganadería intensiva y agricultura; el caudal promedio estimado $Q_m = 11,90 \pm 6,36 \text{ m}^3/\text{s}$ y los caudales máximo y mínimo registrados 29,45 y $6,47 \text{ m}^3/\text{s}$ lo califican como un curso permanente. El Cuarepoti tiene un régimen peculiar, debido a la influencia del río Paraguay; también atraviesa terrenos de suelos de alta erodibilidad empleados para ganadería intensiva y agricultura; el caudal promedio obtenido es $Q_m = 5,03 \pm 5,68 \text{ m}^3/\text{s}$ y los caudales máximo y mínimo registrados 21,03 y $0,070 \text{ m}^3/\text{s}$ lo califican como un curso permanente pero de régimen muy variable.

Como en el caso de otros cuerpos de agua de la región las formulas nivel h-caudal Q establecidas pueden ser de utilidad en la planificación/empleo de los usos del agua.

Referencias bibliográficas

1. Cáceres-Dueñas F, Parra V, Facetti M, JF. Estudio Hidrométrico en el Río Aguaray Guazu y su afluente el Aguaray mi. - Rev Soc. Cient Paraguay. Tercera Época- 2005. Año X, n° 18, 9-21.
2. Cáceres D. F, Parra V, Alonso P, Facetti M. JF. Estudios Hidrológicos en los arroyos Jhu, Piray, Yetyty.-Paraguay Oriental- Rev Soc. Cient Paraguay.Tercera Época- 2016; 21 (1), 61-72.
3. Balance Hídrico Superficial del Paraguay –Dirección de Meteorología e Hidrología –UNESCO. Asunción. 1992
4. Mapa Hidrogeológico de America del Sur -UNESCO- Programa Hidrológico Intern. 1996.
5. Mapa Hidrogeológico - Proyecto PAR/83/005. Gobierno del Paraguay- NN.UU. 1986
6. Facultad de Ingeniería Agronómica. Uso de la Tierra y Deforestación en la Región Oriental del Paraguay –Vol.1. San Lorenzo-Paraguay. 1994.
7. J.F.Facetti-Masulli, F.Cáceres-Dueñas et al.-Una secuencia de estudios hidrométricos y sedimentológicos en cuerpos de aguas superficiales el Paraguay,fueron publicados en la Rev. Soc Cient del Paraguay, en J Earth Scie & Eng, en J Radioanalytical Nuclear Chem. etc.
8. – Cartas Nacionales SG 21-2; SG21-4, Escala 1:250.000,5472, 5572,5571, 5671 Escala 1:100.000. Dirección del Servicio Geográfico Militar. 1993.
9. Mapa de reconocimiento de suelos de la Región Oriental del Paraguay. López O, González E, Alonso P. Proyecto Reconocimiento Uso de la Tierra . Minis. Agric. Ganad. GTZ Asunción. 1995
10. US Department of Agriculture Keys to Soil Taxonomy. 6 Edition U.S.Goverment Printing Office Washington DC. 1994.
11. Mapa de Usos de la Tierra de la Región Oriental del Paraguay. López O, González E, Alonso P. Proyecto Reconocimiento Uso de la Tierra . Minis. Agric. Ganad. GTZ Asunción. 1995
12. Munsell A H) Soil Color Chart. Macbeth, Baltimore. 1990.
13. Linsley RK, Köhler MA, Paulus JL,Hidrología para Ingenieros. Traduc. McGraw Hill (1975)
14. Chow V T, Maidment D, Mays LW. Hidrología Aplicada- Bogotá.McGraw-Hill Interamericana, SA. 1994.
- 15.Fleming J; Diseño de curvas para estimación de sólidos en suspensión. Proc. Inst. Civ. Eng. 1969. 43: pp. 1-9.