



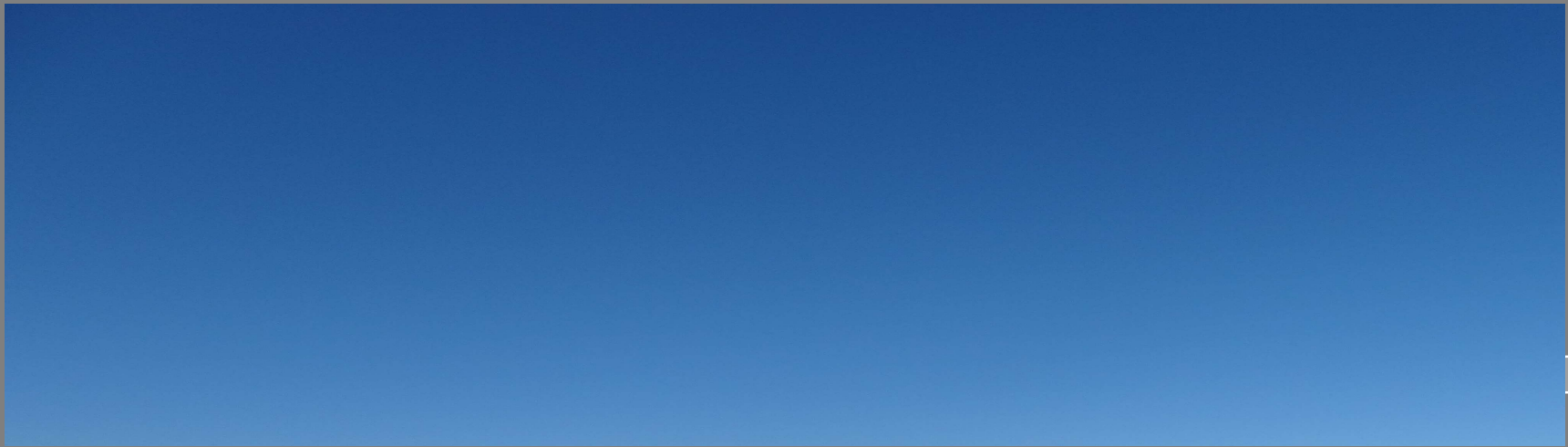
PROYECTO PMSAS 77/10 - SEAM

INFORME CUENCA DEL RIO TEBICUARY

JUNIO 2016

Ing. Sandra Mongelós - Hidróloga

Dentro del Proyecto Modernización del Sector Agua Potable y Saneamiento (PMSAS 7710-PY) se cuenta con un componente de fortalecimiento a instituciones públicas vinculadas al sector. En lo que se refiere a la SEAM este subcomponente tiene como objetivo para la Cuenca del Río Tebicuary el monitoreo continuo de la cuenca (precipitaciones, caudales y niveles), identificación de usuarios y usos actuales del suelo e instalación de equipos clave para la creación del Inventario Nacional de Agua así como otras herramientas para el manejo de los recursos hídricos.





SECRETARIA DEL AMBIENTE

Secretaría Ejecutivo, Ministro:

Ing. Ftal. Rolando de Barros Barreto

Director de la Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos (DGPCRH):

Ing. Agr. David Fariña

Avda. Madame Lynch N° 3500

Asunción - Paraguay

Telefax: 615.803/4

www.seam.gov.py

Proyecto de Modernización del Sector de Agua Potable y Saneamiento – SEAM

Coordinador Técnico SEAM:

Ing Andrés Wehrle

Colaboraron: Lic. Rocío Idoyaga, Ing Federico Ferreira, Ing Francisco Asseretto, Lic Daniel García, Julián Cáceres, Gonzalo Caballero, Lic. Flavia Fiore, Hidro. Dipak Kumar.



SECRETARÍA DEL
AMBIENTE



MINISTERIO DE
**OBRAS PÚBLICAS
Y COMUNICACIONES**

Contenido

INTRODUCCION	1
UBICACION GEOGRÁFICA.....	2
DEMOGRAFÍA	3
TOPOGRAFIA.....	3
Descripción y análisis del relieve.....	4
Pendientes.....	4
Orientación	4
CLIMA	6
ESTACIONES METEOROLOGICAS EXISTENTES	6
Estaciones DINAC	6
Estaciones FECOPROD	7
USO DE SUELO.....	7
CONSUMOS.....	8
MEDICIONES DE CAUDALES.....	14
Datos periodo 1974-2002	14
Datos periodo 2013-actual	14
Datos unificados.....	15
CURVAS HQ.....	16
ANALISIS DE VARIABILIDAD CLIMATICA	16
BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL ANUAL 2012-2015.....	17
DATOS METEOROLOGICOS	17
PERMANENCIA DE CAUDALES	20
ACERCA DEL CAUDAL AMBIENTAL.....	21

RECOMENDACIÓN DE CAUDALES DE REGULACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO TEBICUARY	21
CONSUMO DE AGUA EN LA CUENCA POR EL ARROZ.....	23
PUNTOS DE CONTROL	23
ACTIVIDADES DEL PROYECTO	25
ACCIONES ESPECÍFICAS:	25
IMPLEMENTACION DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROMÉTRICAS	25
BIENES ENTREGADOS RESULTADOS DE LA LICITACION.....	26
La estación de Villa Florida.....	26
La estación de Yuty	27
La estación de Iturbe.....	29
PUESTA EN MARCHA Y FUNCIONAMIENTO DE LA RED	30
RESPALDO TECNICO EN TOMA DE DECISIONES	30
DISEÑO, DESARROLLO Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE MANEJO Y PRESENTACIÓN DE INFORMACIÓN DEL REGISTRO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS.	31
MODELACION DE LA CUENCA EN SAD-IPH	31
CAPABILIDADES	31
DATOS DE ENTRADA AL MODELO	31
RESULTADOS DE LA SIMULACION	32
RECOMENDACIONES DE LA APLICACIÓN DE ESTA HERRAMIENTA EN LA DGPCRH....	33
GOBERNABILIDAD	34
EXPERIENCIA EN LA CUENCA DEL RÍO TEBICUARY.	35
CONCLUSIONES.....	36
RECOMENDACIONES	36
GALERIA DE FOTOS.....	37
BIBLIOGRAFIA	41

Lista de Figuras

Figura 1: Ciudades y Pueblos en la cuenca del Río Tebicuary	2	Figura 23: Cuenca Baja, Balance de caudales para definición del caudal de Bombeo Escalonado.....	23
Figura 2: Ubicación geográfica de la Cuenca del Río Tebicuary.....	2	Figura 24: Cuenca Baja, Balance de caudales para definición del caudal cese de Bombeo	24
Figura 3: Mapa de densidad de sub cuencas y poblacional de la cuenca del Río Tebicuary	3	Figura 25: Cuenca Alta, Balance de caudales para definición del caudal de Bombeo Escalonado	24
Figura 4: Modelo digital del relieve de la Cuenca del Río Tebicuary	3	Figura 26: Cuenca Alta, Balance de caudales para definición del caudal cese de Bombeo.....	25
Figura 5: Modelo digital de pendientes de la Cuenca del Río Tebicuary	4	Figura 27: Plano de ubicación de la estación Hidrométrica de Villa Florida.....	26
Figura 6: Mapa de orientación de la Cuenca del Río Tebicuary.....	5	Figura 28: Imágenes de la estación Hidrométrica de Villa Florida.....	26
Figura 7: Sub Cuencas del Río Tebicuary.....	5	Figura 29: Plano de ubicación de la estación Hidrométrica de Yuty	27
Figura 8: Mapa de estaciones Meteorológicas en la Cuenca del Río Tebicuary.....	6	Figura 30: Imágenes de la estación Hidrométrica de Yuty	27
Figura 9: Eco Región de los Bosques Atlántico del Alto Paraná, al este de la Cuenca del Río Tebicuary	7	Figura 31: Componentes de la estación Hidrométrica de Villa Florida y Yuty	28
Figura 10: Deforestación en el tiempo de la Eco región de los Bosques Atlántico del Alto Paraná	7	Figura 32: Plano de ubicación de la estación Hidrométrica de Iturbe.....	29
Figura 11: Cambio en Cobertura de Bosques en la Cuenca del Río Tebicuary de 1990 a 2000	8	Figura 33: Imágenes de la instalación de la estación Hidrométrica en Iturbe.....	29
Figura 12: Uso de suelo en los distritos de la Cuenca del Río Tebicuary según el CENSO AGROPECUARIO NACIONAL 2008.....	8	Figura 34: Sonda OTT PLS	30
Figura 13: Áreas de cultivo de arroz, identificadas por mes de siembra y consumos mensuales de agua en la campaña 2012-2013.	10	Figura 35: Red de drenaje de la Cuenca del Río Tebicuary y las sub cuencas.	31
Figura 14: Áreas de cultivo de arroz campaña 2013-2014, identificadas por mes de siembra y consumos mensuales de agua.	11	Figura 36: Ventana de Carga de demandas manuales, mes a mes	32
Figura 15: Demanda en m ³ /s de agua para consumo de las poblaciones aledañas al Río.	12	Figura 37: Puntos de extracción de la cuenca.....	32
Figura 16: Industrias en la Cuenca del Río Tebicuary.	13	Figura 38: Plano de disponibilidad de agua del mes de enero	32
Figura 17: Caudales diarios en Villa Florida (m ³ /s) setiembre 2012-agosto 2015.....	19	Figura 39: Plano de disponibilidad de agua del mes de febrero.....	32
Figura 18: Caudales medios mensuales (m ³ /s) setiembre 2012-agosto 2015.....	19	Figura 40: Plano de disponibilidad de agua del mes de marzo	33
Figura 19: Permanencia de caudales (Villa Florida) periodo 1974-2002	20	Figura 41: Plano de disponibilidad de agua del mes de diciembre	33
Figura 20: Permanencia de caudales (Villa Florida) periodo 2012-2015	20		
Figura 21: Permanencia de caudales años secos (Villa Florida) periodo 1974-2002	20		
Figura 22: Parcelas de arroz en la Cuenca del Río Tebicuary.....	22		

INTRODUCCION

Desde el año 2007 se cuenta en Paraguay con la Ley 3239/07 de los Recursos Hídricos del Paraguay, la misma se basa en los siguientes principios los cuales están citados en el Art. 3°

- a) Las aguas, superficiales y subterráneas, son propiedad de dominio público del Estado y su dominio es inalienable e imprescriptible.
- b) El acceso al agua para la satisfacción de las necesidades básicas es un derecho humano y debe ser garantizado por el Estado, en cantidad y calidad adecuada.
- c) Los recursos hídricos poseen usos y funciones múltiples y tal característica deberá ser adecuadamente atendida, respetando el ciclo hidrológico, y favoreciendo siempre en primera instancia el uso para consumo de la población humana.
- d) La cuenca hidrográfica es la unidad básica de gestión de los recursos hídricos.
- e) El agua es un bien natural condicionante de la supervivencia de todo ser vivo y los ecosistemas que los acogen.
- f) Los recursos hídricos son un bien finito y vulnerable.
- g) Los recursos hídricos poseen un valor social, ambiental y económico.
- h) La gestión de los recursos hídricos debe darse en el marco del desarrollo sustentable, debe ser descentralizada, participativa y con perspectiva de género.
- i) El Estado paraguayo posee la función intransferible e indelegable de la propiedad y guarda de los recursos hídricos nacionales.

En dicha Ley se establece que la Secretaría del Ambiente (SEAM) será la Autoridad de Aplicación de la presente Ley, hasta tanto se defina el marco institucional que se encargará de aplicar todas las disposiciones de la presente Ley.

La Ley establece que el manejo de los recursos hídricos en el Paraguay contará con un Plan Nacional de Recursos Hídricos, que será elaborado con base en la Política Nacional de los recursos hídricos. El Plan Nacional de Recursos Hídricos será actualizado permanente y sistemáticamente. Además se elaborará un Inventario Nacional del agua, que permitirá generar el balance hídrico nacional, que será la herramienta fundamental del Plan Nacional de Recursos Hídricos. La autoridad de los recursos hídricos establecerá el Registro Nacional de Recursos Hídricos a fin de conocer y administrar la demanda de recursos hídricos en el territorio nacional.

Dentro del Proyecto Modernización del Sector Agua Potable y Saneamiento (PMSAS 7710-PY) se cuenta con un componente de fortalecimiento de instituciones públicas vinculadas al sector. En lo que se refiere a la SEAM este subcomponente financia estudios técnicos clave para: (a) clasificar las diferentes

cuencas de acuerdo con su capacidad para absorber los efluentes (incluyendo las aguas residuales); (b) definir estándares de acuerdo con la fuente (agua de superficie, agua subterránea y agua de lluvia) y (c) identificar zonas vulnerables, incluyendo zonas para la recarga de agua subterránea.

En base a todo lo citado se estableció trabajar en cuencas pilotos con el fin de cumplir lo estipulado en la Ley 3239/07 en lo referente al Balance Hídrico de las cuencas para lo cual se realizarán mediciones de las diferentes componentes del mismo en dichas cuencas, para de esta manera poder conocer la cantidad y calidad de las aguas en ellas con el fin de gestionar de forma sustentable tan valioso recurso.

Las cuencas seleccionadas son: Cuenca del Río Tebicuary, Cuenca del Arroyo Yuquyry, Cuenca del Arroyo Capiibary, Cuenca del Arroyo Yhaguy y el Acuífero Patiño.

En este informe se describe todo lo realizado respecto a la Cuenca del Río Tebicuary desde diciembre del 2012 a junio del 2016; los análisis en gabinete, los trabajos de campo, las consideraciones, la iteración con los actores de la cuenca y las tomas de decisiones a partir de datos técnicos

En breve, la Cuenca del Río Tebicuary es una de las cuencas más importante, tanto en tamaño, como por la problemática que representa a nivel socio-ambiental. La cuenca alta es una zona de recarga y descarga del acuífero Guaraní y está siendo deforestada para cambio de uso del suelo a monocultivos de soja. La cuenca media se caracteriza por ser una planicie de rocas precámbricas, recubiertas en partes por sedimentos limo-arcillosos que constituyen importantes humedales y la retención de agua es muy pobre. En dichas zonas se cultiva arroz que se riega por canales, con toma de agua desde el río Tebicuary. La zona baja es rica en fauna íctica y por ende existen una cantidad de cooperativas de pescadores artesanales. Dentro de la cuenca y de ríos de la misma se abastece de agua a importantes ciudades del país como ser Villarica, Coronel Oviedo y Villa Florida.

UBICACION GEOGRÁFICA

La superficie de la cuenca es de aproximadamente 27.324 Km2 (equivale al 6,5 % del país y 16,5 % de la Región Oriental). La longitud de su curso principal es de aproximadamente 500 Km y desemboca en el Río Paraguay en el Km 147 (a contar de la Confluencia Paraguay-Paraná), unos 40 Km aguas arriba del Puerto de Pilar.

Los afluentes más importantes en su margen derecha son el Río Tebicuary-mi, Río Pirapó, Río Negro, Arroyo Cabacué y Arroyo Mbuyapey; mientras que en su margen izquierda está alimentado por el Arroyo Aguaray, Arroyo San Roque, Arroyo Gueyracay, Arroyo Taji, entre otros.

La cuenca del Río Tebicuary es la más grande de la región Oriental, se encuentra entre los departamentos de Paraguari, Itapúa, Caaguazú, Guairá, Caazapá, Ñeembucú, Misiones y Cordillera (Figura 2). En esta cuenca se consideran las sub cuencas del río Tebicuary-mi (7300 km²), río Pirapó (4010 km²), arroyo Mbuyapey (1556 km²), arroyo Yaquary (581 km²) y el rio Tebicuary cuenca alta, media y baja (14000 km²).

Las principales ciudades de la cuenca son Villarrica, San Juan Bautista, Villa Florida y Caazapá. Otros pueblos son Caapucú, Quiindy, San Miguel, Yuty, Yegros, Bertoni, Iturbe, Mbocayaty, Cnel Martínez, Troche, Mbuyapey entre otros (Figura 1).

Latitud: 25°43”S a 27°16”S

Longitud: 55°20” O a 58°19”O

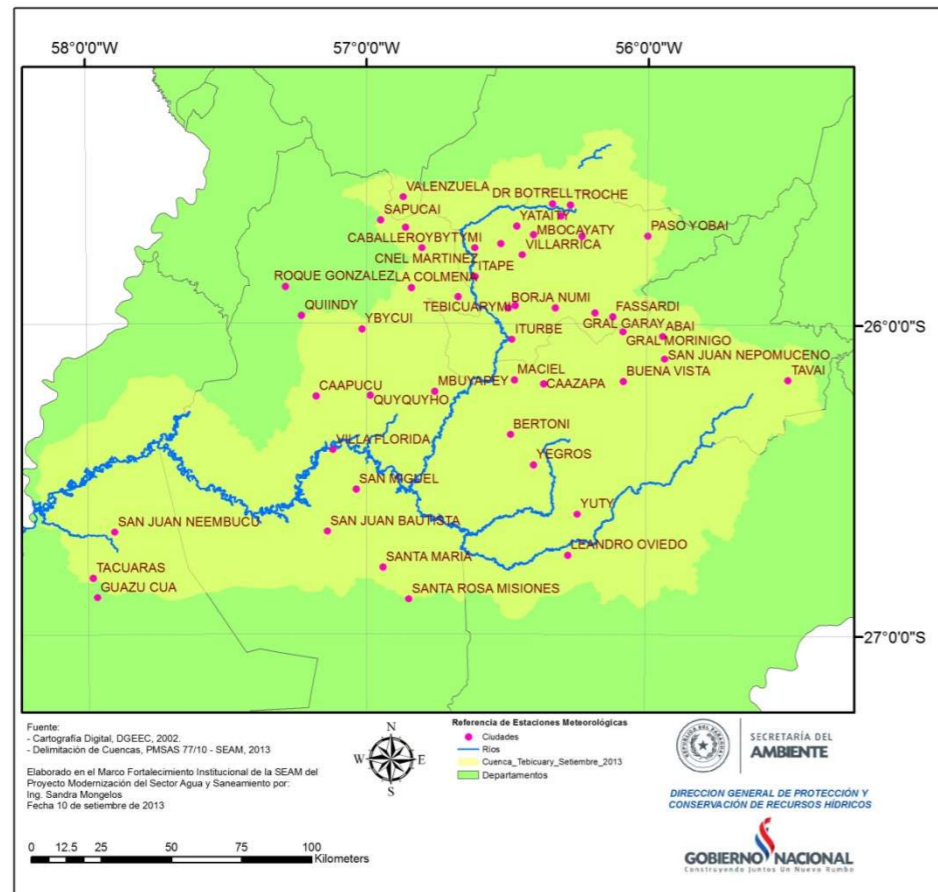


Figura 1: Ciudades y Pueblos en la cuenca del Río Tebicuary

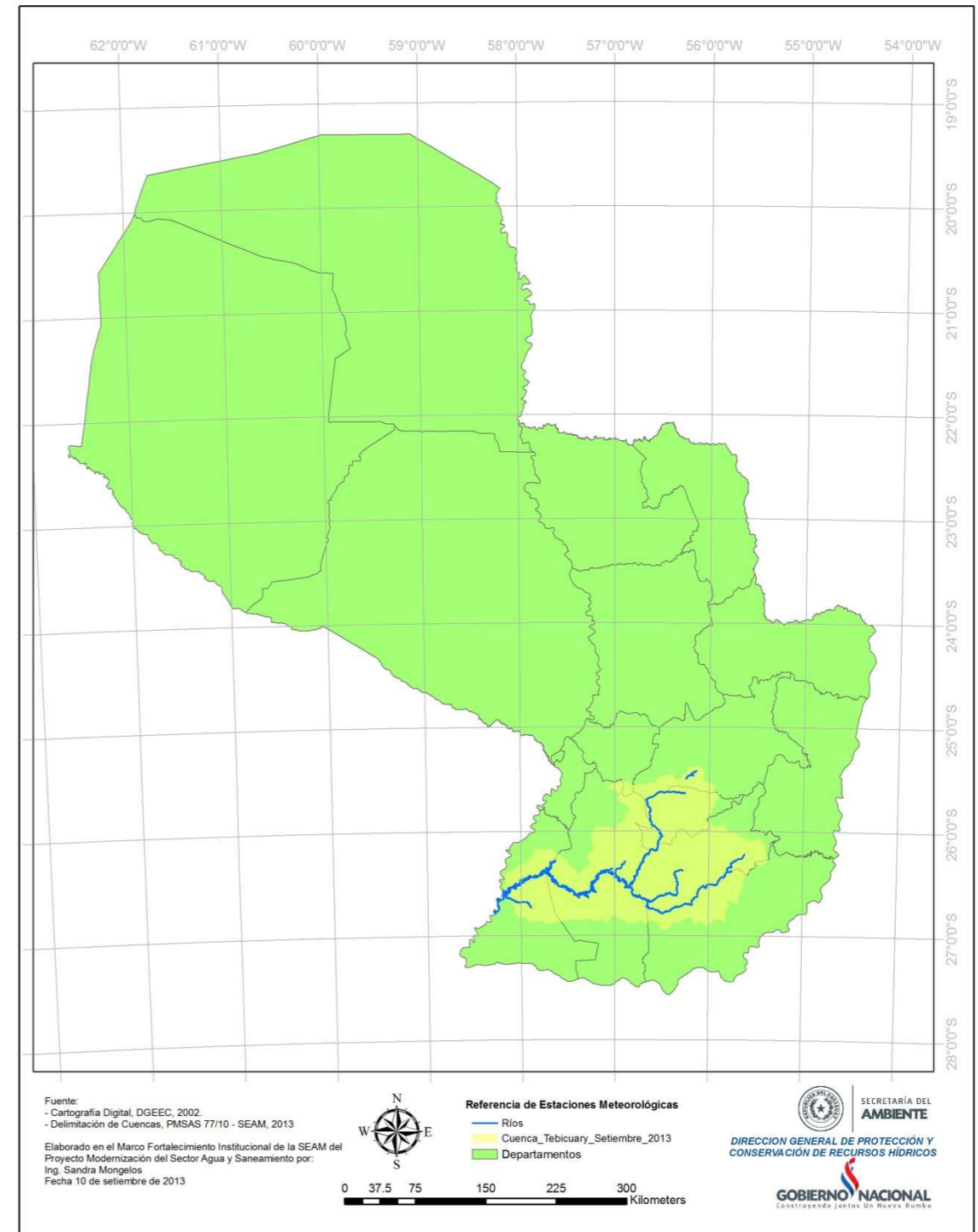


Figura 2: Ubicación geográfica de la Cuenca del Río Tebicuary

DEMOGRAFÍA

La Población en la cuenca es de aproximadamente 140 mil habitantes, la sub-cuenca del Río Tebicuary-mi (departamento de Guirá 60.400 hab) y la sub-cuenca del Río Capiibary (Departamento de Caazapá con 25.479 hab) en la parte alta de la cuenca representan el 62% de la población de la cuenca. La parte baja de la cuenca (Departamento de Ñeembucú con 1018 hab.) representa el 7% de la población, y ocupa el 58% del área de la cuenca según DGEEC 2002.

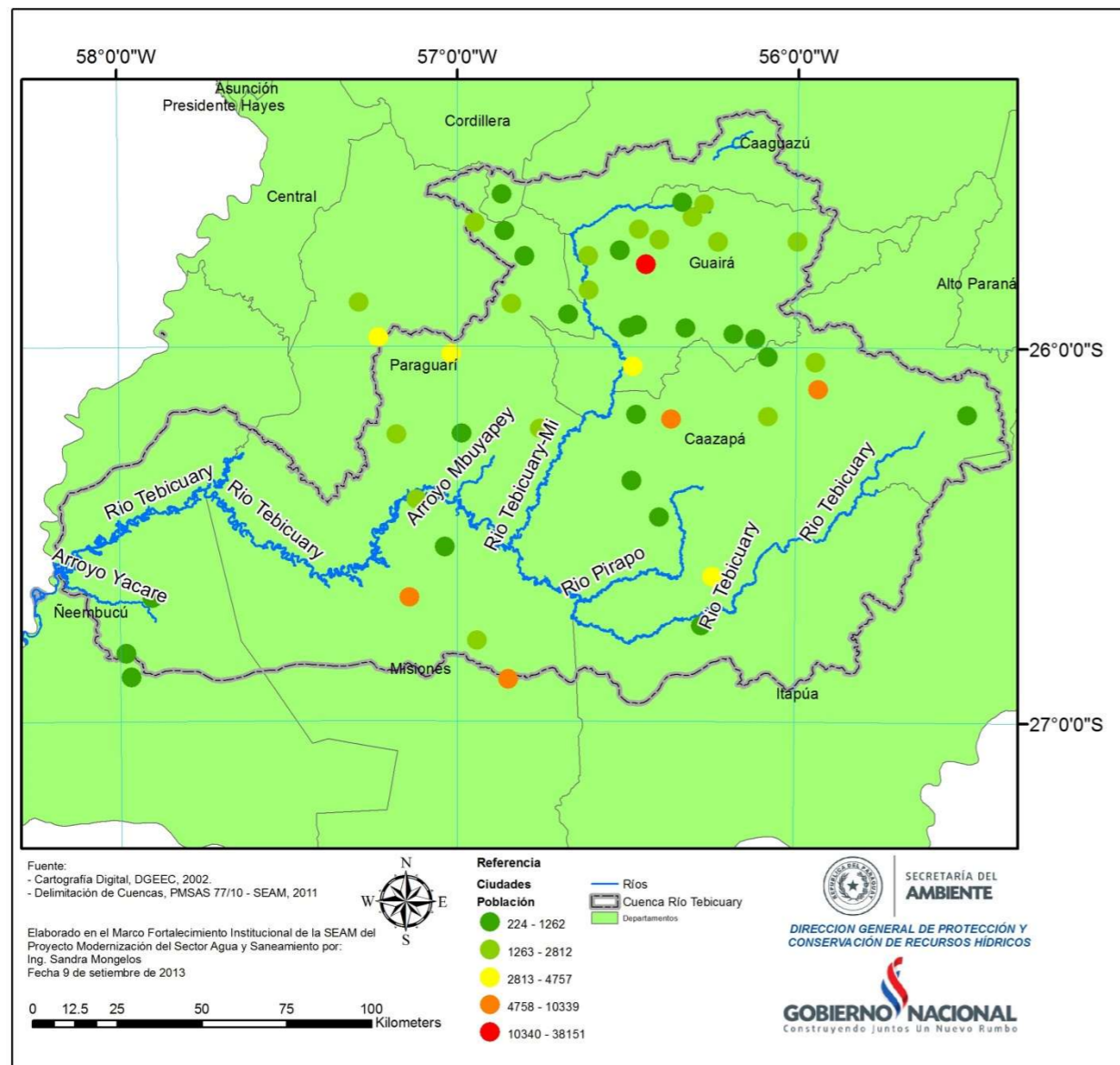


Figura 3: Mapa de densidad de sub cuencas y poblacional de la cuenca del Río Tebicuary

TOPOGRAFIA

El raster ARC GRID, ARC ASCII and Geotiff format, del extent de la cuenca, en grados decimales y datum WGS84, proyectado al WGS_1984_UTM_Zone_21S, que son derivados del USGS/NASA SRTM data es el dato disponible y se utiliza para los análisis topográficos de la cuenca. Esta información está procesada por CIAT y provee una superficie topográfica continua (Figura 4).

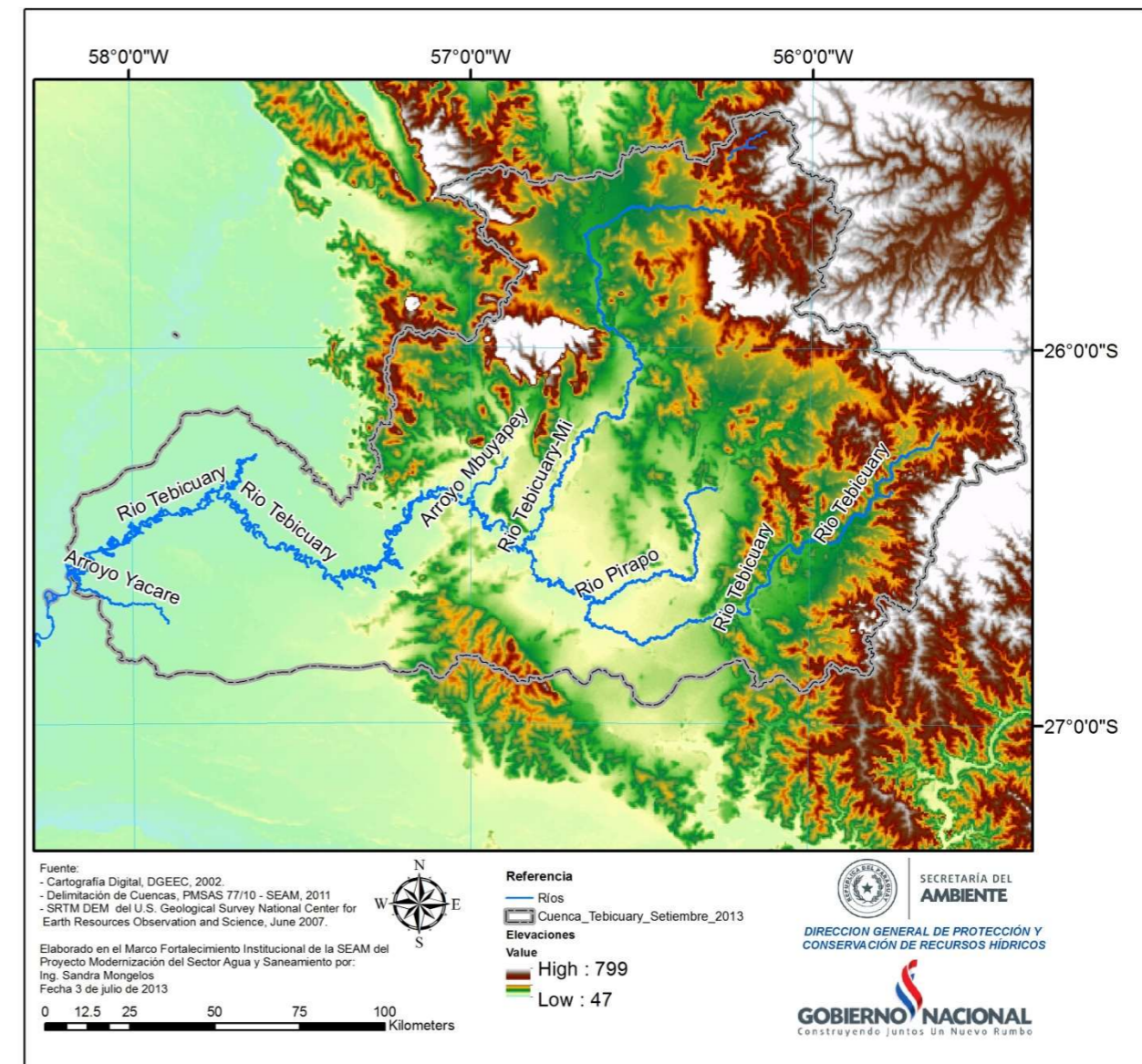


Figura 4: Modelo digital del relieve de la Cuenca del Río Tebicuary

Descripción y análisis del relieve

Pendientes

La inclinación del terreno constituye un factor esencial que controla o interviene en la sensibilidad ambiental a los efectos producidos por el escurrimiento superficial y la erosión.

La pendiente constituye un factor que favorece la delimitación de los procesos y los tipos de formas que se encuentran en el terreno. Los análisis de la pendiente se aplican con diversos fines; por ejemplo, para determinar la capacidad agrologica de los suelos, en obras ingenieriles (aeropuertos, carreteras, urbanizaciones, sistemas de alcantarillado) o en geomorfología (en relación con fenómenos de erosión e inestabilidad de laderas). Existen intervalos bien definidos para describir la pendiente se eligieron categorías más convenientes para la zona de estudio que es predominantemente plana.

La Figura 5 tiene como objetivo principal mostrar la distribución espacial de los diferentes grados de pendiente del terreno, puesto que representa una de las variables esenciales relacionada con la vulnerabilidad a la erosión y escurrimiento superficial. De acuerdo con los rasgos observados en el relieve, se definieron las siguientes cinco categorías de pendiente: plana (de 0° a 1°), ligeramente suave (de 1° a 3°), suave (de 3° a 5°), moderada (de 5° a 15°) y fuerte (mayor a 15°) (MOPUT, 1991).

Se utilizó para elaborar el mapa de pendientes el SRTM DEM del U.S. Geological Survey National Center for Earth Resources Observation and Science, June 2007.

Por lo anterior, dominan en esta región las planicies con pendiente plana (de 0° a 1°) (93% del área de estudio), lo cual favorece que se encuentren permanentemente inundadas o se inunden durante la temporada de lluvias. Los terrenos con esta característica se extienden por gran área de la cuenca, aunque la superficie más importante se encuentra hacia el centro-oeste.

Las dos siguientes categorías de inclinación del terreno, ligeramente suave (de 1° a 3°) y suave (de 3° a 5°) se distribuyen hacia el extremo este y en pequeñas porciones al norte de la zona de estudio. Del total, las áreas de pendiente ligeramente suave cubren un 5% y las de pendiente suave 2%.

Las áreas de pendiente moderada (de 5° a 15°) abarcan menos del 1% de la zona de estudio y prácticamente corresponden a la cordillera del Ybytyruzu, Cordillera de Paraguari, colinas suaves y elevaciones menores, cuyo escurrimiento superficial se considera de lento a medio. Cabe destacar que esta zona es la más alta del país, el Cerro Tres Kandu es el pico más alto. El relieve con estas características se distribuye hacia el extremo este (Cordillera del Ybytyruzu) y al norte (Cordillera de Paraguari). Otras áreas de menor extensión con este valor de inclinación se encuentran hacia el sur y noroeste del área de estudio. El menor porcentaje de superficie (0.4% aproximadamente) corresponde a las pendientes fuertes con más de 15°, las cuales se presentan en laderas superiores de colinas, así como en escarpes del sector oriental donde el terreno es más abrupto; en este último caso el escurrimiento superficial es más rápido.

La cuenca es muy extensa y tiene dirección este a oeste, a fines descriptivos se la divide en Cuenca Alta, Cuenca Media y Cuenca Baja. La Cuenca "Alta" la forman los tres cauces principales que se originan en

la Cordillera del Ybytyruzu, áreas fuertemente onduladas donde las pendientes van de 8% a 0.5%. La cuenca "Media", se inicia en la intersección del Río Tebicuary-mí con el Río Tebicuary hasta Villa Florida, suavemente ondulada con pendientes medias de 0.2% y finalmente la Cuenca Baja casi plana o suavemente ondulada donde predominan pendientes de 0.2% que va de Villa Florida hasta la desembocadura al Río Paraguay.

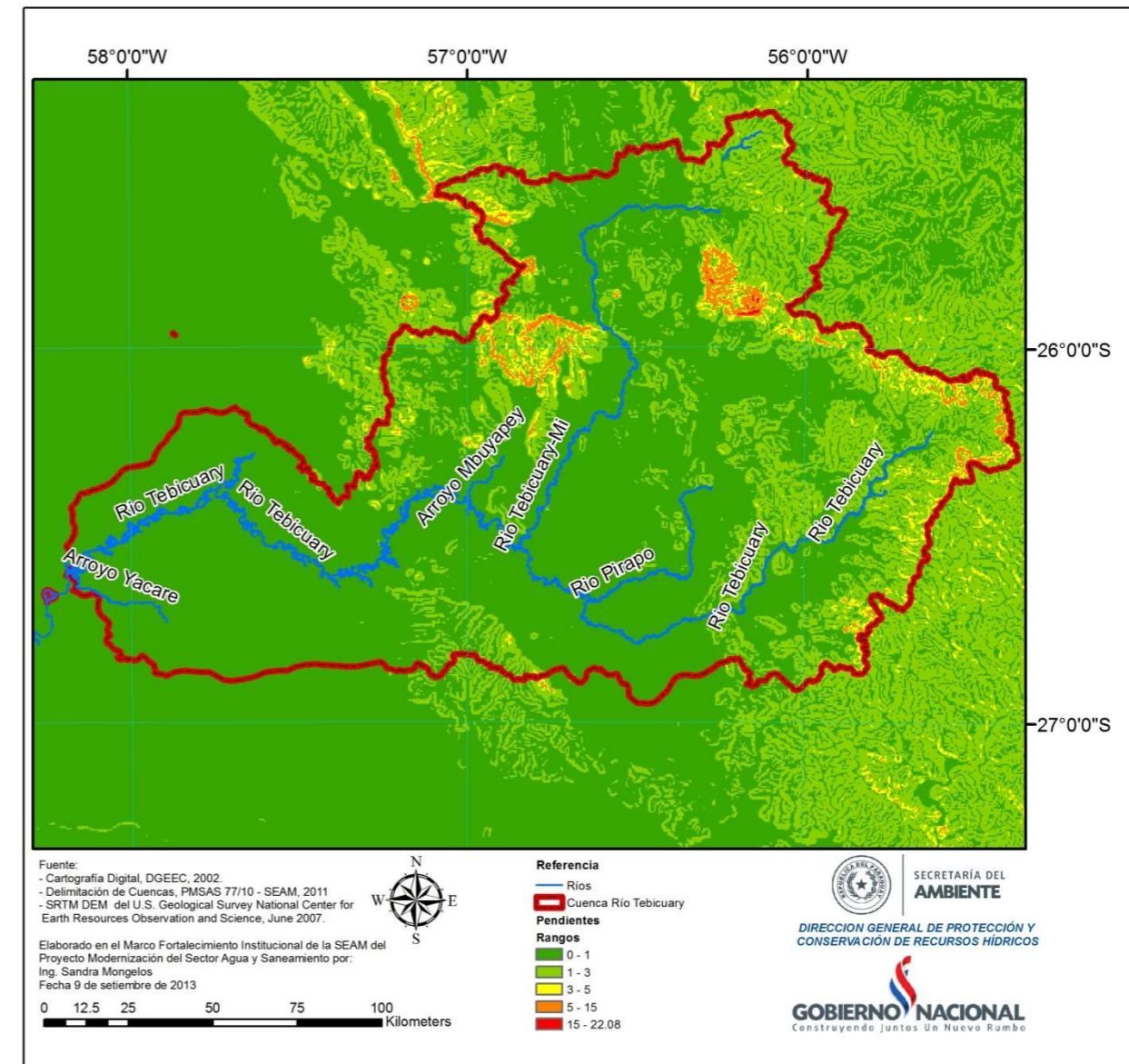


Figura 5: Modelo digital de pendientes de la Cuenca del Río Tebicuary

Orientación

La orientación se puede considerar como la dirección de la pendiente. Los valores del ráster de la orientación serán la dirección de la brújula de la pendiente.

La orientación es una variable de distribución circular que se ha codificado en tonos de gris desde el Norte (negro), aclarándose progresivamente en sentido horario. La Orientación al sur se representa en tono gris medio (Figura 6).

La orientación puede tener una fuerte influencia en la temperatura, esto se debe a que la orientación afecta el ángulo de los rayos del sol cuando entran en contacto con el suelo, y por lo tanto afecta a la concentración de los rayos del sol que golpean la tierra (cantidad de radiación dividida por el área de superficie, es denominado insolación).

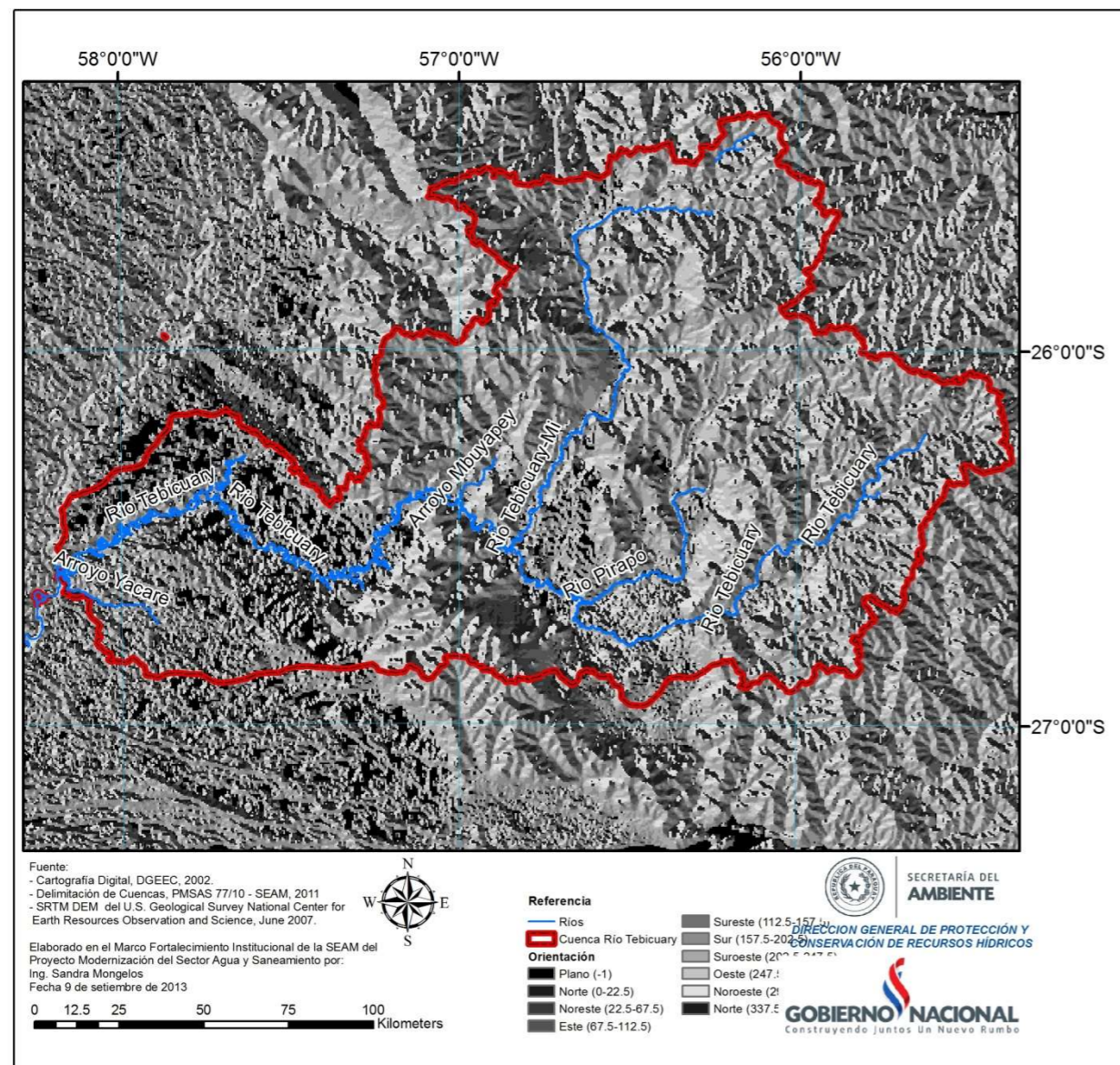


Figura 6: Mapa de orientación de la Cuenca del Río Tebicuary

SUB CUENCAS:

En esta cuenca se consideran las sub cuencas del río Tebicuary-mi (7171km²), río Pirapó (4099 km²), arroyo Mbuyapey (2154 km²), arroyo Yaquary (581 km²) y el río Tebicuary cuenca alta, media y baja (14000 km²).

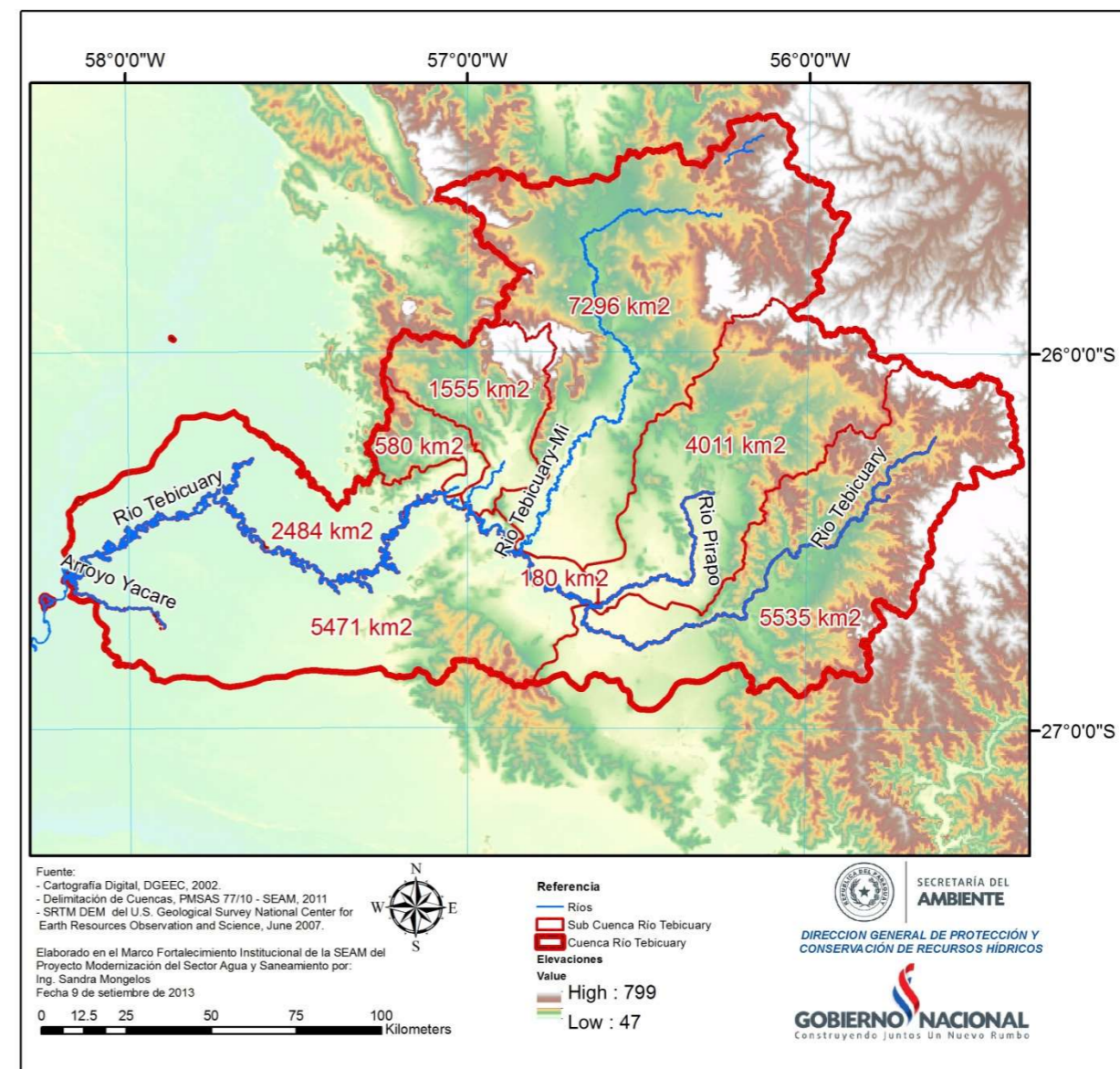


Figura 7: Sub Cuencas del Río Tebicuary

CLIMA

El clima regional es el cálido subtropical, con corrientes cálidas y húmedas del norte y masa de aire frío y seco del sur. La temperatura media anual varía entre 21 y 23 °C, con una máxima promedio en enero de 28 °C y una mínima promedio inferior a los 16 °C (año 1997). La precipitación anual es muy variable y va desde los 1300 hasta llegar a los 2200 mm en la zona sureste de la cuenca.

Las precipitaciones son de tendencia estival y del tipo convectivo (tormentas, chaparrones). Así se encuentra que valores máximos mayores a 100 mm en 24 horas pueden ocurrir principalmente entre octubre y mayo. El período de retorno de precipitaciones que superan 110 mm en 24 horas es de 2 años y precipitaciones que superan 200 mm en 7 días, tienen también un período de retorno de 2 años, mientras que en tiempos cortos de 30 minutos y de 1 hora, pueden ocurrir valores máximos superiores de 35 y 50 mm, respectivamente, también con una frecuencia de 2 años (Silvero, et al.2012).

La duración más frecuente de las tormentas intensas es de 2 días, mientras que la duración media es de 3 días. Estas tormentas intensas, de corta duración, son provocadas generalmente por el paso de las líneas de inestabilidad provenientes del sudoeste, usualmente asociados a frentes fríos de la misma dirección y dependen directamente de la velocidad de desplazamiento de estos sistemas.

La velocidad promedio del viento es de 9 km/h., siendo la dirección predominante, la del sector Noroeste y el cuadrante de vientos prevalecientes es Noreste, Este y Sudeste.

ESTACIONES METEOROLOGICAS EXISTENTES

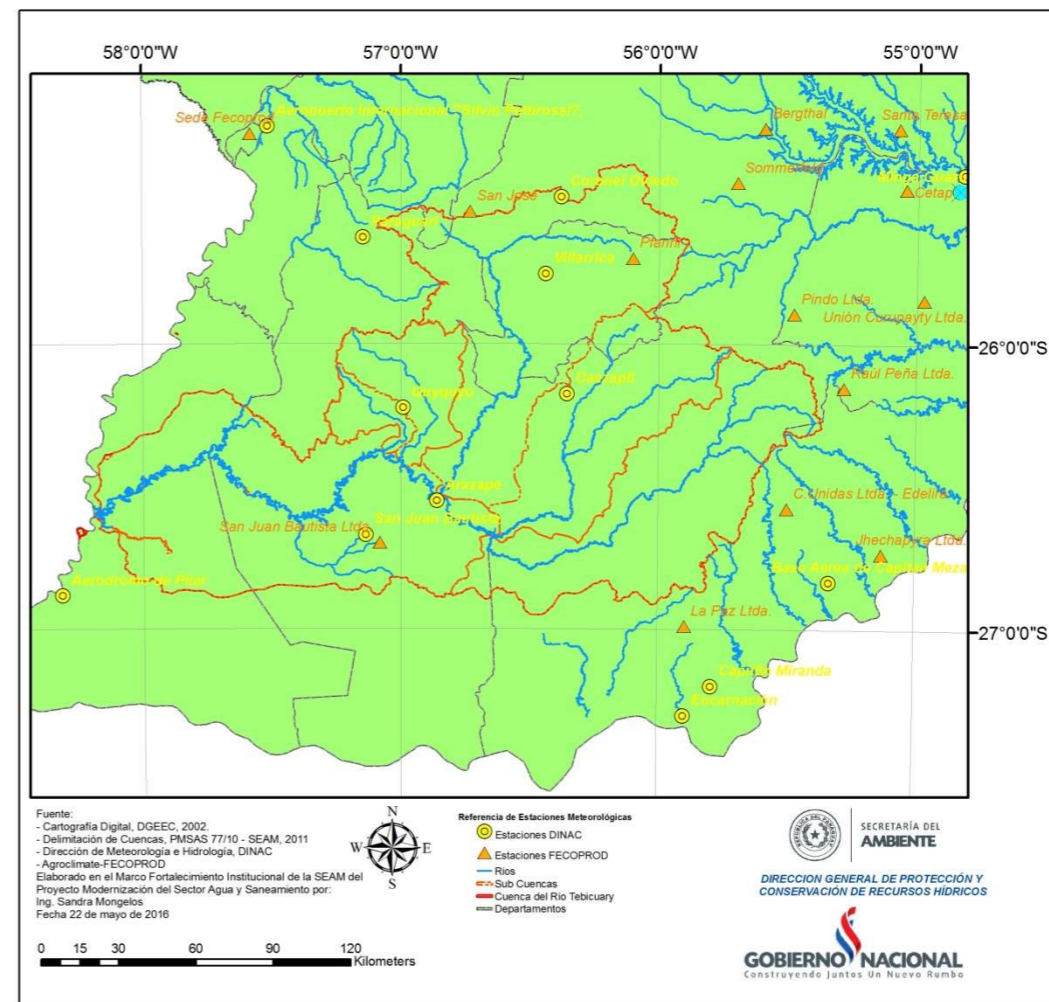


Figura 8: Mapa de estaciones Meteorológicas en la Cuenca del Río Tebicuary

Estaciones DINAC

Las Estaciones administradas por la Dirección de Meteorología e Hidrología (DMH) de la DINAC dentro de la Cuenca son las de Villarrica, Coronel Oviedo, Caazapá, Paraguarí, Quyyquyo, Arazapé y San Juan Bautista.

Las informaciones disponibles de cada estación son de diferentes periodos y en diferentes formatos. La Estación Arazapé se instaló recién en enero 2013, es una estación automática con transmisión de datos a tiempo real y disponible en la web (<http://www.meteorologia.gov.py/emas/arazape/>). Las otras estaciones dependientes de la DMH son estaciones meteorológicas que registran varios parámetros diarios. Se presentan en la tabla los datos disponibles y el periodo de tiempo del cual se dispone de datos.

Tabla 1: Estaciones meteorológicas administradas por la DINAC, Códigos y fecha de inicio de funcionamiento.

CODIGO	ESTACION	INICIO
4000233	Villarrica	1/1/1956
5000234	Cnel Oviedo	11/1/1971
6000268	Caazapá	9/1/1973
8000260	San Juan Bautista	1/1/1956
9000221	Paraguarí	1/1/1981
086262	Arazape	1/1/2013
6 86251	Quyquyo	

Estaciones FECOPROD

AgroClimate Fecoprod es un sistema de información de tiempo y clima desarrollado para ayudar a los productores para la reducción de riesgos de origen climáticos. Las estaciones dentro de la Cuenca del Tebicuary son Edelira, Pfannl, Pindo, San José y San Juan Bautista.

Tabla 2: Estaciones meteorológicas administradas por FECOPROD y fecha de inicio de funcionamiento

ESTACION	INICIO
San Juan Bautista	3/26c"m/2012
San José	11/27/2012
Pfannl	4/29/2013
Pindó	4/29/2013
Edelira	4/29/2013

AgroClimate Fecoprod está siendo implementado con apoyo del Instituto de Biotecnología (INBIO) con base a un trabajo inicial de investigación de la Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción y la Universidad de Florida con apoyo del Instituto Inter-Americano de Investigación para el Cambio Global (IAI).

Los datos climáticos almacenados en la base de datos de Agroclimate Fecoprod están disponibles en http://fecoprod.agroclimate.org/?page_id=133.

USO DE SUELO

Bosques:

Al este de la cuenca se encontraba la eco región de los Bosques Atlántico del Alto Paraná (Figura 9), abarcaban un área de 10832 km² en la parte Alta de la Cuenca, (33% de la misma), la cual vino desforestándose a un ritmo alarmante desde el Año 1970 (Figura 10).

The Global Land Cover Facility realizó en el 2006 un estudio midiendo el área deforestada entre el año 1990 y el 2000, resultando para la Cuenca del Tebicuary un área de aproximadamente 3748.95 km² de Bosque Atlántico y 940.03 km² de pérdida de Bosque del 1990 al 2000 (Figura 11).

En el 2008 el CENSO AGROPECUARIO NACIONAL (Figura 12) refleja un área de 1976 km² de montes naturales o áreas forestales en los distritos de la cuenca Alta, menos del 20% de su área original. Estos bosques se derribaron para actividades agropecuarias altamente mecanizadas.

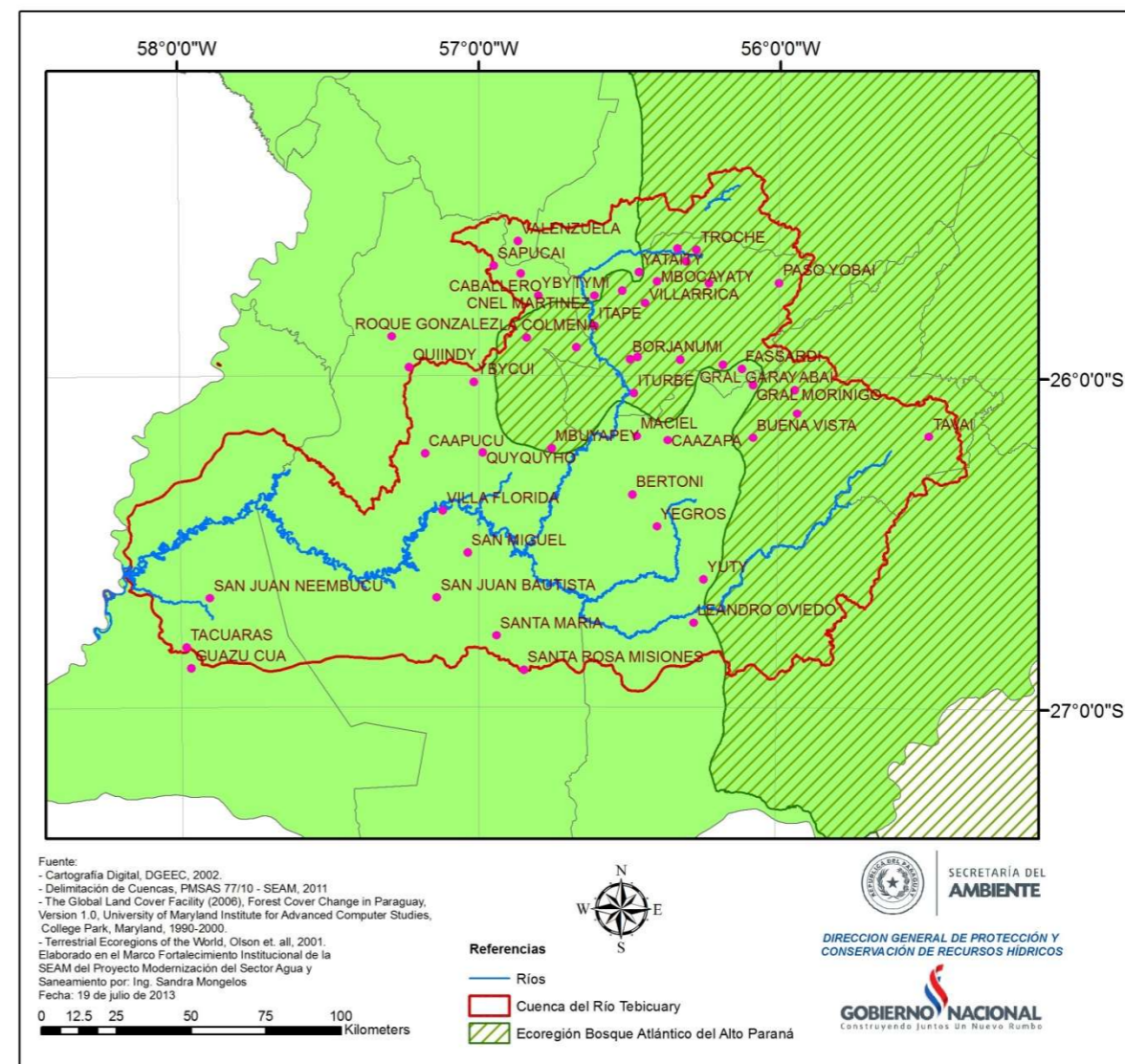


Figura 9: Eco Región de los Bosques Atlántico del Alto Paraná, al este de la Cuenca del Río Tebicuary

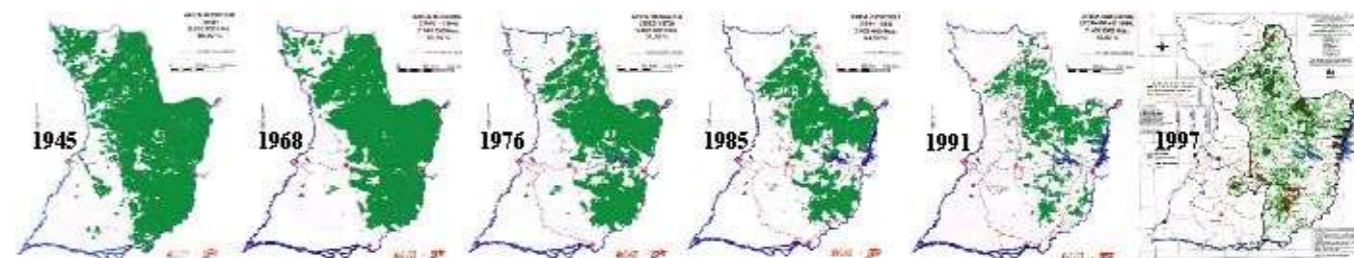


Figura 10: Deforestación en el tiempo de la Eco región de los Bosques Atlántico del Alto Paraná

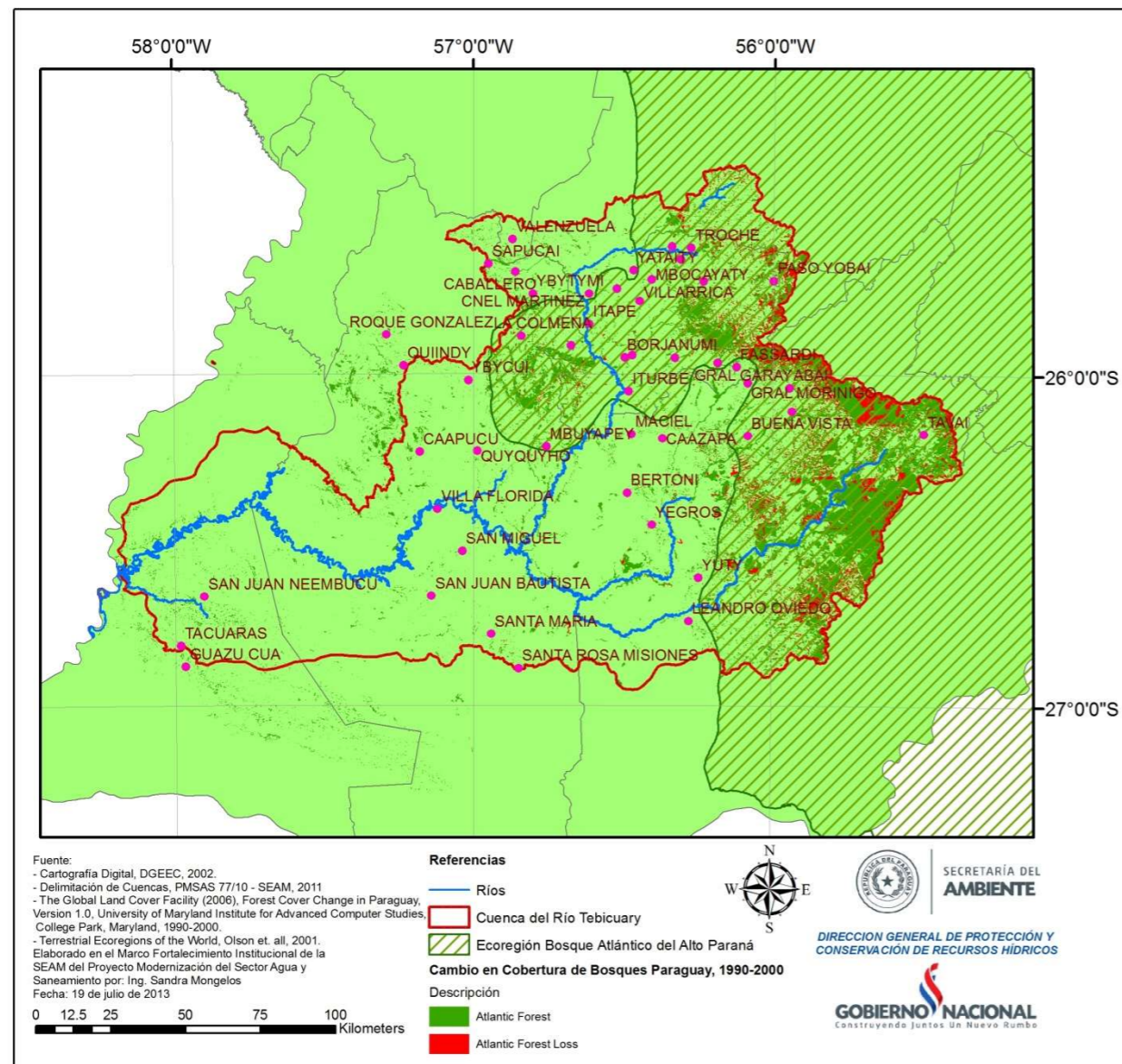


Figura 11: Cambio en Cobertura de Bosques en la Cuenca del Río Tebicuary de 1990 a 2000

Agricultura:

El peligro más apremiante en la Cuenca Alta es el cambio de uso de suelo, para actividades agropecuarias altamente mecanizadas. La Figura 12 es el reflejo del CENSO AGROPECUARIO NACIONAL 2008 donde se identificaron 4546.73 km² de cultivo, 3871.26 Km² están ubicadas en la Cuenca Alta.

Los cultivos que predominan la Cuenca Alta son la Soja y algodón.

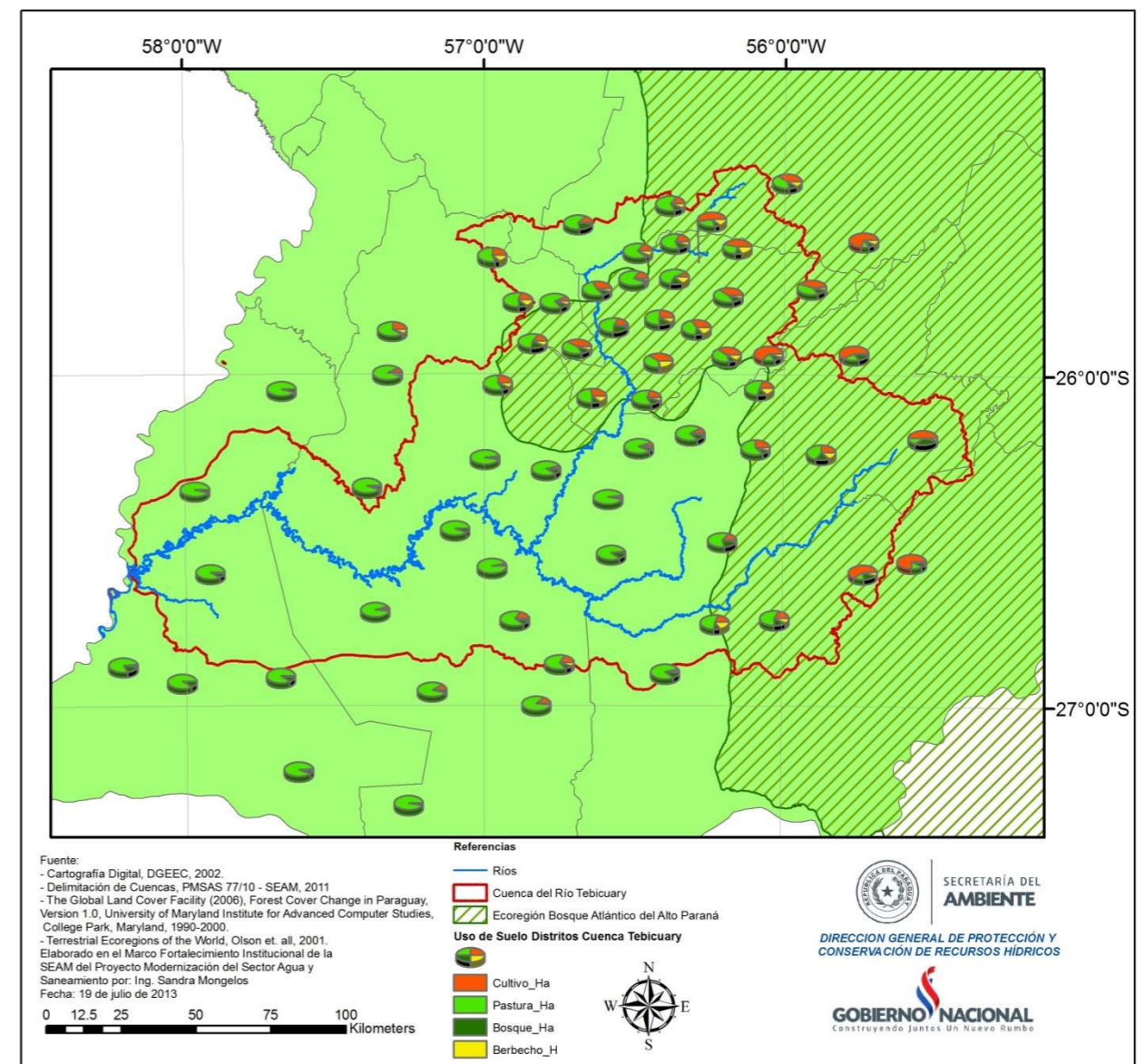


Figura 12: Uso de suelo en los distritos de la Cuenca del Río Tebicuary según el CENSO AGROPECUARIO NACIONAL 2008.

CONSUMOS

PRODUCCIÓN DE ARROZ

En esta cuenca se cuenta con tecnología de punta en la producción de arroz, tanto en lo que se refiere a la preparación del suelo, sistemas de riego por inundación, como en la parte de molinos, laboratorio, silos y maquinarias en general.

Se identificaron mediante análisis de imagen remota unas 73907 has de cultivo en la campaña 2012-2013, los productores están distribuidos a lo largo de la cuenca; 25 % de estas hectáreas se encuentran en la Cuenca Alta; un 6.5% de hectáreas se encuentra en la cuenca Media y un 49 % en la Cuenca Baja.

Para la campaña 2013-2014, utilizando imágenes satelitales landsat 8 descargadas del Servicio Geológico de los Estados Unidos se interpretaron las parcelas en la cuenca y se las clasificó por mes de siembra. Imágenes del 11/09/2013, 14/11/2013 y 17/01/2014 fueron analizadas.

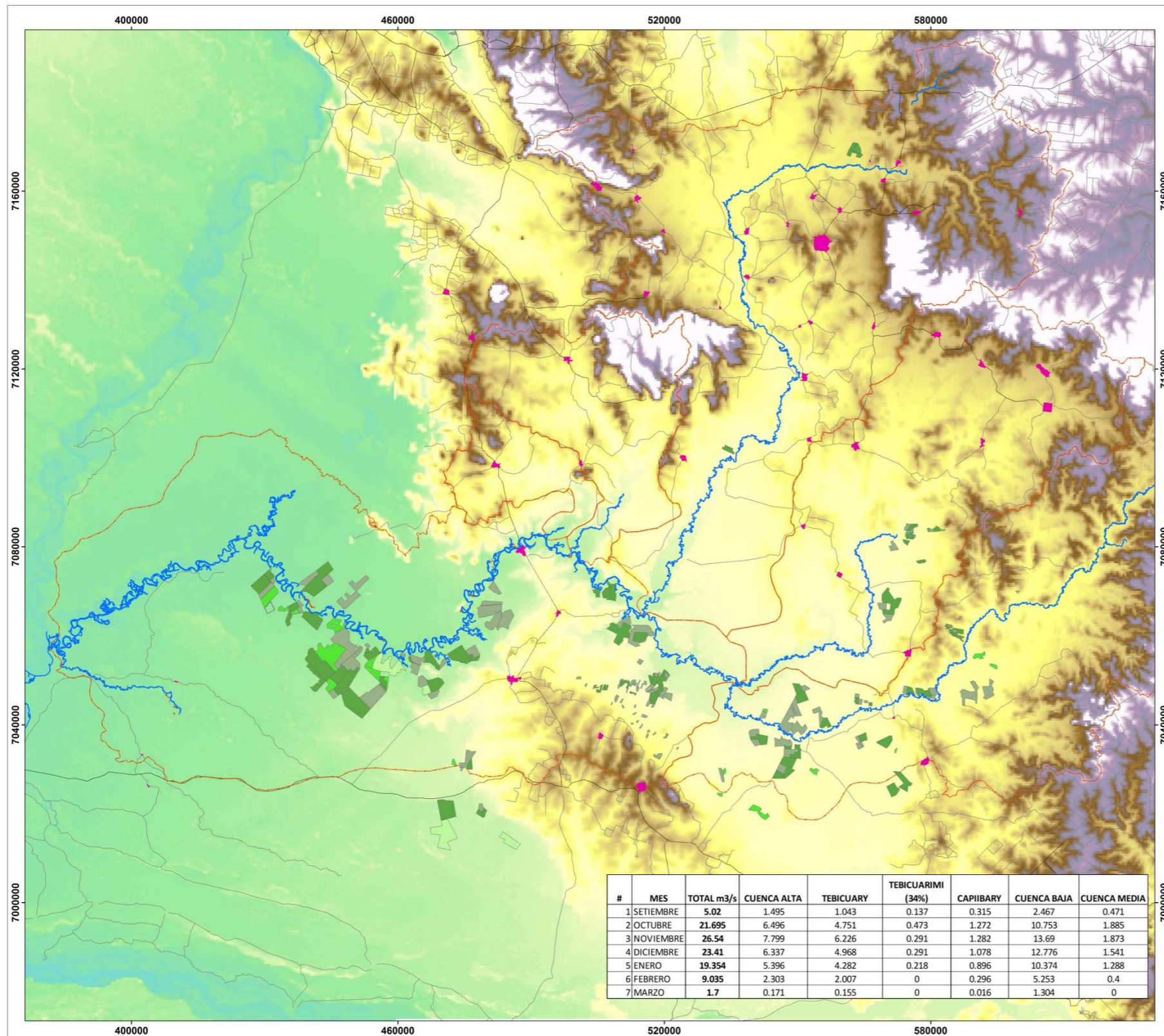
Se identificaron en la Cuenca un área cultivada de aproximadamente 86 000 has. De las cuales en la cuenca Baja se encontraron aproximadamente 51800 has (60%), en la cuenca Media 9700 (11%) has y en la Alta 24500 (29%) has.

Para el calcular el consumo de agua para irrigación de parcelas se consideró:

- Necesidad de agua, el arroz de riego requiere el empleo de bastante agua para que el suelo quede sumergido hasta la maduración. Estas necesidades son muy variables, en un orden de magnitud de 10000 cúbicos por hectárea al año, distribuidos en 6 meses en diferentes proporciones.
- Se identificaron el periodo de siembra de cada parcela en Setiembre, Octubre y Noviembre, en cada campaña.
- Se les asignó a cada mes del año la necesidad de agua y se calculó el caudal demandante mes a mes.
- En base a los diferentes proyectos de cultivo de arroz que ingresan a la Dirección de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos se tienen en la siguiente tabla valores aproximados de caudal necesario para bombeo del Río Tebicuary por mes de cultivo y por cada 1000 has.

Mes de Cultivo	Caudal m ³ /s por cada 1000 has
Mes 1	0.15
Mes 2	0.52
Mes 3	0.32
Mes 4	0.32
Mes 5	0.24
Mes 6	0

Finalmente se llegó a los siguientes caudales de consumo para los meses de Setiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril de cada campaña (Figura 13 y Figura 14).



DIRECCION GENERAL DE PROTECCION Y CONSERVACION DE RECURSOS HIDRICOS



Escala 1/1.40.000

Proyección: Mercator Transversa Universal
Elipsoide de Referencia: WGS-84
Cuadrícula: 50.000; Zona 21J
Meridiano Central: 57°W
Origen Latitud: Ecuador
Falso Norte: 10.000.000
Falso Este: 500.000
Factor de Escala: 0,9996600

Mapa Índice



Referencias

- Casco Urbano
- Cauces
- Cuenca del Tebicuary

Rutas

- 1
- 2
- 3

DEM cuenca del Tebicuary

Valores de elevaciones

High: 799
Low: 47

Arroceros 2012-2013
SIEMBRA

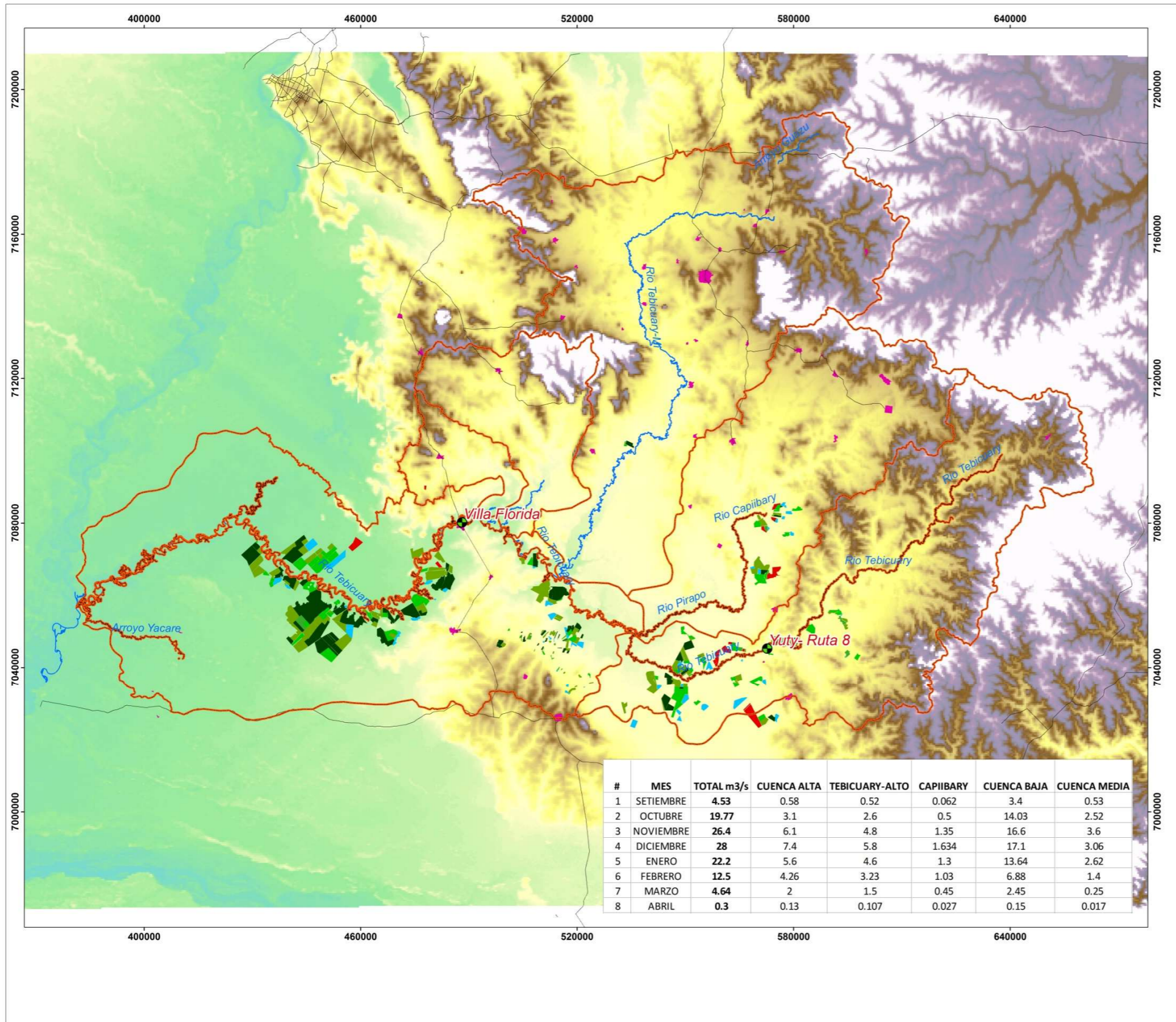
- NOVIEMBRE
- OCTUBRE
- SETIEMBRE

Fuente:
- Cartografía Digital, DGEEC, 2002
- Delimitación de Cuencas, PMSAS 77/10 - SEAM, 2011
- Registro RNRH

Elaborado en el Marco Fortalecimiento Institucional de la SEAM del Proyecto Modernización del Sector Agua y Saneamiento por:
Ing. Sandra Mongelos
Fecha 9 de setiembre de 2013



Figura 13: Áreas de cultivo de arroz, identificadas por mes de siembra y consumos mensuales de agua en la campaña 2012-2013.



TEKOKHA RESAI
SÁMBYHYHA
SECRETARÍA DEL AMBIENTE

DIRECCION GENERAL DE PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS HIDRICOS



0 5 10 20 30 40 50 Km.

Escala 1/1.40.000

Proyección: Mercator Transversa Universal
Elipsoide de Referencia: WGS-84
Cuadrícula: 50.000; Zona 21J
Meridiano Central: 57°W
Origen Latitud: Ecuador
Falso Norte: 10.000.000
Falso Este: 500.000
Factor de Escala: 0,9996600



CUENCA DEL RÍO TEBICUARY
PRODUCTORES DE ARROZ 2013-2014

Referencias

- Puntos de Medicion
- Cuenca del Tebicuary
- Rutas
- Cauces
- ARROCEROS 2013-2014**
- SIEMBRA**
- DICIEMBRE
- INCIERTO
- NOVIEMBRE
- OCTUBRE
- RESERVORIO
- SETIEMBRE
- Casco Urbano
- DEM cuenca del Tebicuary**
- Value
- High : 799
- Low : 47

Fuente:
- SRTM DEM del U.S. Geological Survey National Center for Earth Resources Observation and Science, June 2007.
- Cartografía Digital, DGEEC, 2002
- Delimitación de Cuencas, PMSAS 77/10 - SEAM, 2011
- Registro RNRH

Elaborado en el Marco Fortalecimiento Institucional de la SEAM del Proyecto Modernización del Sector Agua y Saneamiento por:
Ing. Sandra Mongelós
Fecha: Febrero del 2014



Figura 14: Áreas de cultivo de arroz campaña 2013-2014, identificadas por mes de siembra y consumos mensuales de agua.

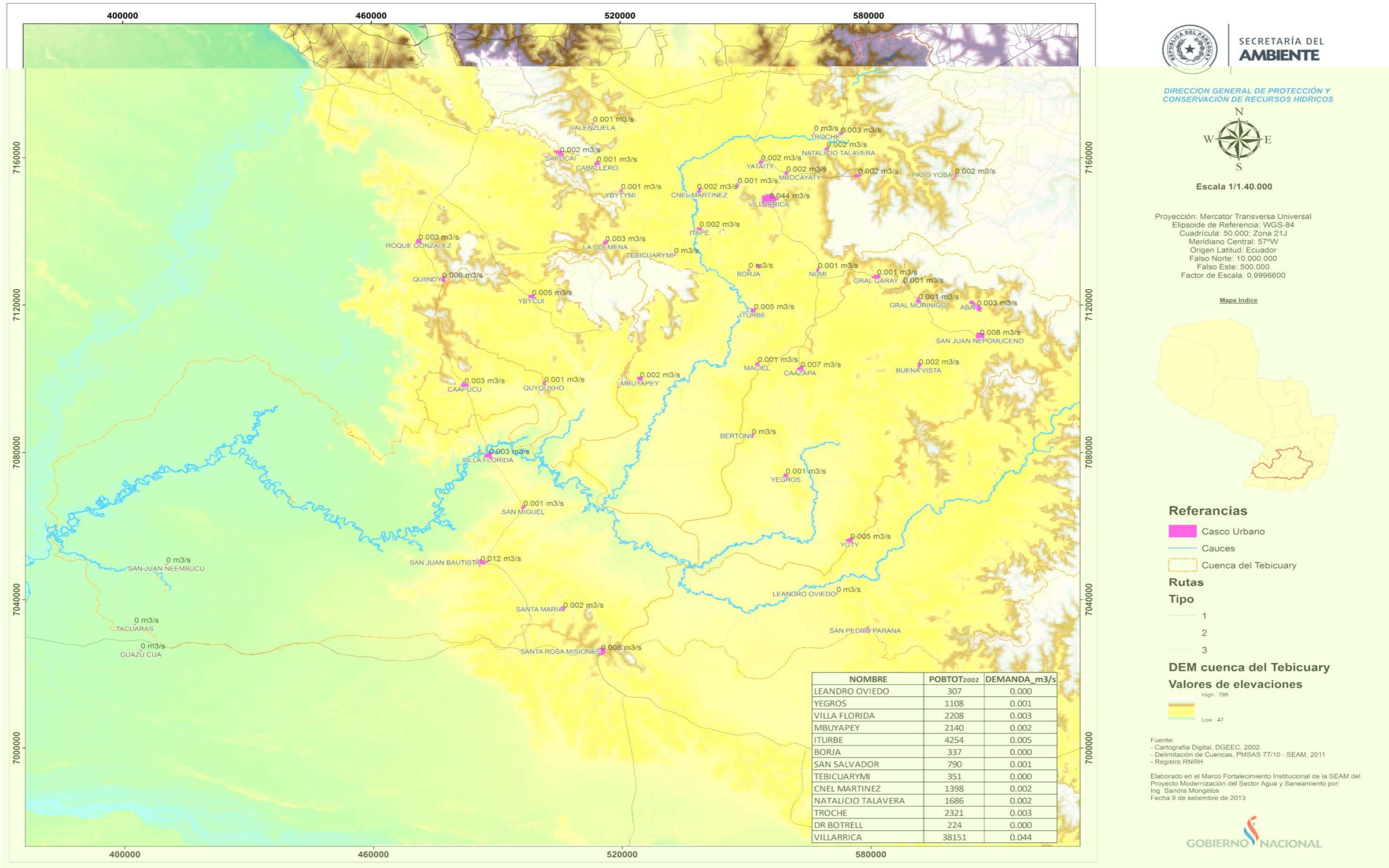


Figura 15: Demanda en m3/s de agua para consumo de las poblaciones aledañas al Río.



SECRETARÍA DEL
AMBIENTE

DIRECCION GENERAL DE PROTECCION Y
CONSERVACION DE RECURSOS HIDRICOS



Escala 1/1.40.000

Proyección: Mercator Transversa Universal
Elipsoide de Referencia: WGS-84
Cuadrícula: 50 000; Zona 21J
Meridiano Central: 57°W
Origen Latitud: Ecuador
Falso Norte: 10 000 000
Falso Este: 500 000
Factor de Escala: 0,9996600

Mapa Índice



Referencias

- Casco Urbano
- Cauces
- Cuenca del Tebicuary

Rutas

Tipo

- 1
- 2
- 3

DEM cuenca del Tebicuary

Valores de elevaciones

- High: 799
- Low: 47

Fuente:
- Cartografía Digital, DGECC, 2002.
- Delimitación de Cuencas, PMSAS 77/10 - SEAM, 2011
- Registro RNRH

Elaborado en el Marco Fortalecimiento Institucional de la SEAM del
Proyecto Modernización del Sector Agua y Saneamiento por:
Ing. Sandra Mongelos
Fecha 9 de setiembre de 2013



Ciudades

49 distritos se encuentran dentro de la cuenca, el área urbana en total no es más que 80 km², que representa 0.3% del área total de la cuenca. Se estimaron las demandas de agua para consumo para las ciudades aledañas al Río.

NOMBRE	POBTOT2002	DEMANDA_m3/s
LEANDRO OVIEDO	307	0.000
YEGROS	1108	0.001
VILLA FLORIDA	2208	0.003
MBUYAPEY	2140	0.002
ITURBE	4254	0.005
BORJA	337	0.000
SAN SALVADOR	790	0.001
TEBICUARYMI	351	0.000
CNEL MARTINEZ	1398	0.002
NATALICIO TALAVERA	1686	0.002
TROCHE	2321	0.003
DR BOTRELL	224	0.000
VILLARRICA	38151	0.044

Industrias

La mayoría de las industrias se encuentran instaladas en la Cuenca Alta, en el departamento de Guairá y Caaguazú. Prevalcen en número las fábricas de Carbón y los aserraderos hacia Caazapá. (Figura 16).

Algunas azucareras de gran envergadura en los distritos de Iturbe, Villarrica y Tebicuary-mi.

Las olerías se ubican en los extremos norte, y sur de la cuenca, en los departamentos de Guairá, Caaguazú, Paraguairí al norte y en Misiones al sur.

Una cantidad interesante de Yerbateras en Caazapá y Misiones.

Otras actividades industriales que se destacan en esta cuenca son las Fábricas de Almidón, destilerías, Fábricas de Miel y Fábricas de muebles.

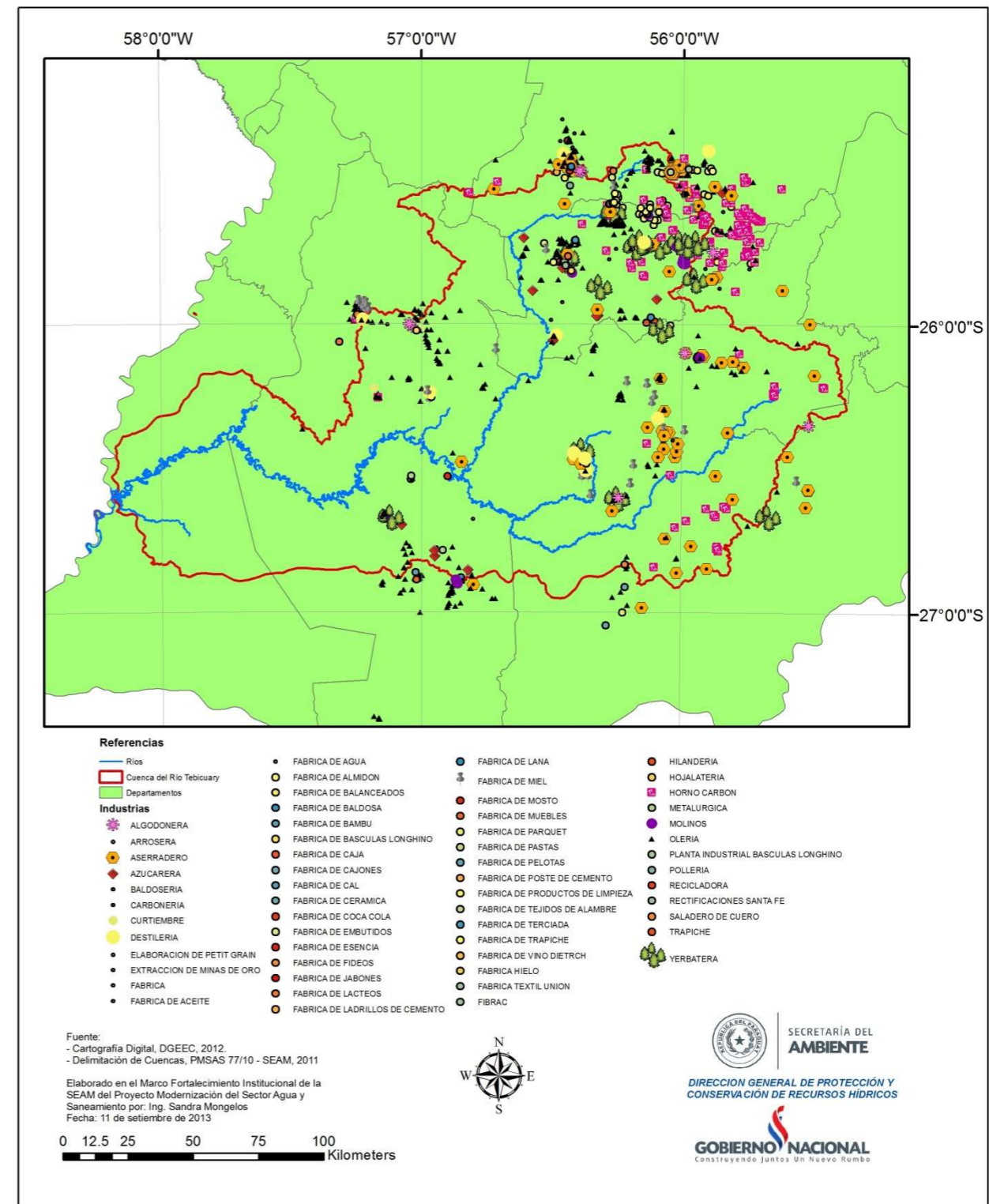


Figura 16: Industrias en la Cuenca del Río Tebicuary.

MEDICIONES DE CAUDALES

Datos periodo 1974-2002

En la Estación Villa Florida se cuenta con datos de niveles históricos en el Anuario Hidrográfico de la ANNP desde el año 1974 hasta el año 1990. Posteriormente se cuenta con otro anuario del año 1996-1998 (ANNP) donde se presentan datos de niveles de la estación Villa Florida. Además se cuenta con datos de los periodos 1990-1995 y 1999-2002 que no se encuentran publicados en forma impresa. Se cuenta además con la monografía de instalación de la regla realizada por la ANNP en donde se registra la cota del “0” con un valor de 61,47 m. Para dicha nivelación se partió de un mojón del IGM ubicado en la plaza de la ciudad de Villa Florida, a unos 1,5 kms. de la estación. La cota de dicho mojón es de 75,8940 m. Es decir existe una diferencia de 14,424 m entre el “0” de la regla y el mojón.

Por otro lado en el Informe “Estudio de crecidas de los Ríos Paraguay y Paraná-EBY” se presentan mediciones de caudales y la ecuación de la curva que relaciona la altura y el caudal (Curva H-Q) para la Estación Villa Florida.

Fecha	Altura Hidrométrica	Caudal m3/seg
17/02/72	1.43	42.82
09/05/72	1.46	46.77
03/11/71	2.12	87
28/09/71	2.4	104.28
28/07/72	3.03	282.62
17/01/74	3.04	228.06
07/06/75	3.56	305.93
17/02/71	3.8	369
05/11/70	4.14	427
28/09/72	4.41	465.49
23/03/73	4.44	473.41
13/05/71	5.01	563.11
12/07/71	5.15	610.67
30/08/73	5.46	915.38
21/10/70	5.53	783
29/11/72	5.95	978.33

29/06/72	6.06	1087.31
09/10/70	6.29	1599
03/11/79	6.48	1448
29/05/83	6.75	2697.6

Tabla 3: Mediciones de caudales 1972-1983 Estación Villa Florida

H= Altura escala en Villa Florida (m)	Q= Caudal (m3/s)
H<5 m	$Q = 8,4 - 6,69 * H + 25,12 * H^2$
5m <=H<=6,5m	$Q = 2212 - 954,34 * H + 126,43 * H^2$
H>6,5m	$Q = 28558 - 9061,2 * H + 750,1 * H^2$

Tabla 4: Ecuaciones de la curva H-Q en la Estación Villa Florida para Estudio de la EBY

Datos periodo 2013-actual

A fines del año 2012 dentro del Proyecto PMSAS-SEAM visita la Estación Villa Florida y se observa que para ese año se cuenta con una regla hidrométrica, la cual fue instalada por el Parque Tecnológico ITAIPU dentro del Proyecto de Inventario Hidro energético del Paraguay.

En febrero del 2016, estudiantes de la carrera de Ciencias Geográficas de la Facultad de Ingeniería hacen el relevamiento planialtimétrico del cero de la Regla Instalada por la Itaipú. En dicho relevamiento se encuentra que la cota del cero es 62,471 metros

Desde diciembre del 2012 en la Dirección General de DGPCRH – SEAM se priorizaron campañas de medición de Caudal en la Cuenca del Río Tebicuary por ser una extensión del territorio con grandes problemas ambientales y sociales, que generan conflictos de uso en la población asentada en ella, debido a la escases por épocas del agua superficial. En febrero del 2013 y en febrero del 2014, por segundo año consecutivo el caudal del río alcanzó extremos mínimos, debiendo la SEAM declarar “cero” bombeo del río para preservar el curso de agua para los demás usos, en función de la Ley 3239/07 de los Recursos Hídricos del Paraguay.

Se realizaron mediciones de caudales en la ciudad de Villa Florida y en las cercanías de la ciudad de Yuty donde se encuentra un puente sobre el Río Tebicuary en la ruta VIII.

Desde 2013, en la cuenca del Tebicuary se miden caudales en 2 puntos que cuentan con regla y monitoreo de niveles, uno es a 500 metros aguas abajo al puente en Villa Florida (la regla está en el puente de Villa Florida) y el otro en Yuty, en una sección 100 m aguas arriba al puente de la ruta 8 (la regla se encuentra por las pilastras del puente viejo).

En las tablas siguientes se presentan los caudales medidos en este periodo.

Tabla 5: Caudales medidos del Río Tebicuary, en Villa Florida de 2012 a 2015

	Fecha	H (m)	Q (m3/s)	Descripción	Equipo
1	13/02/2013	0.07	19.14	bajo el puente	OTT ADC
2	20/02/2013	0.25	44.104	bajo el puente	OTT ADC
3	8/3/2013	0.48	54.32	a 500 m del puente	S5 SONTEK
4	22/02/2013	0.5	59.17	a 500 m del puente	OTT ADC
5	26/02/2013	0.74	86.441	a 500 m del puente	Pelican 1400 CASE Model 2100
6	17/12/2012	0.98	97.757	bajo el puente	OTT ADC
7	14/03/2013	1.21	127.316	a 500 m del puente	OTT ADC
8	10/4/2013	2.2	288.07	a 500 m del puente	OTT ADC
9	22/05/2013	5.25	1252.57	antes del puente	Q LINER
10	4/6/2013	4.58	782	antes del puente	Q LINER
11	1/8/2013	0.86	80.877	a 500 m del puente	Q LINER
12	22/8/2013	0.63	65.71	a 450 m del puente	Q LINER
13	30/8/2013	2.19	306.74	a 500 m del puente	Q LINER
14	28/9/2014	1.17	134.53	a 500 m del puente	Q LINER
15	11/10/2013	1.1	127.6	a 500 m del puente	Q LINER
16	19/10/2013	0.91	107.08	a 500 m del puente	Q LINER
17	10/1/2014	0.88	84.596	a 500 m del puente	Q LINER
18	11/2/2014	0.055	19.9	a 500 m del puente	Q LINER
19	18/2/2014	0.35	42.85	a 500 m del puente	Q LINER
20	8/3/2014	-0.1	17.29	a 500 m del puente	Q LINER
21	28/3/2014	3.43	430.03	bajo el puente	Q LINER
22	11/4/2014		85.44	a 500 m del puente	Q LINER
23	30/6/2014	4.7	833.041	bajo el puente	Q LINER
24	8/8/2014	4.9	962.482	bajo el puente	Q LINER
25	17/9/2014	2.08	251	a 500 m del puente	RDI -EVARSA
26	25/03/2015	0.92	85	a 500 m del puente	M9 ITAIPU 4 PASADAS PROMEDIO RTK

Tabla 6: Caudales medidos Río Tebicuary en Yuty

Fecha	H (m)	Q (m3/s)	Observaciones
14/2/2013		8.9	REGLA MARCA DESDE 70 cm y nivel de agua por debajo de esta marca
21/2/2013	0.74	28.47	
13/3/2013		86.55	REGLA REBASADA
10/1/2014	0.94	35.48	
23/1/2014	0.54	6.94	CESE DE BOMBEO CUENCA ALTA
28/1/2014	0.69	20.445	
6/2/2014	0.48	5.5	
1/3/2014	0.43	3.17	
13/3/2014	0.42	1.163	
11/4/2014	1.18	85.44	
17/10/2014	PUENTE - 6.61	134	
30/01/2015	PUENTE -7.90	111	
26/02/2015	1.37	52.82	8.92m por del bajo del puente
29/04/2015		29.52	9.30m por del bajo del puente

Tabla 7: Caudal medido en el Río Pirapó, afluente al río Tebicuary.

Fecha	H (m)	Q (m3/s)	Observaciones
23/1/2014		2.7	No cuenta con regla/ Puente a 30 min de Yuty
26/02/2015		52.55	No cuenta con regla/ Puente en Yegros
29/04/2015		81.91	No cuenta con regla/ Puente en Yegros

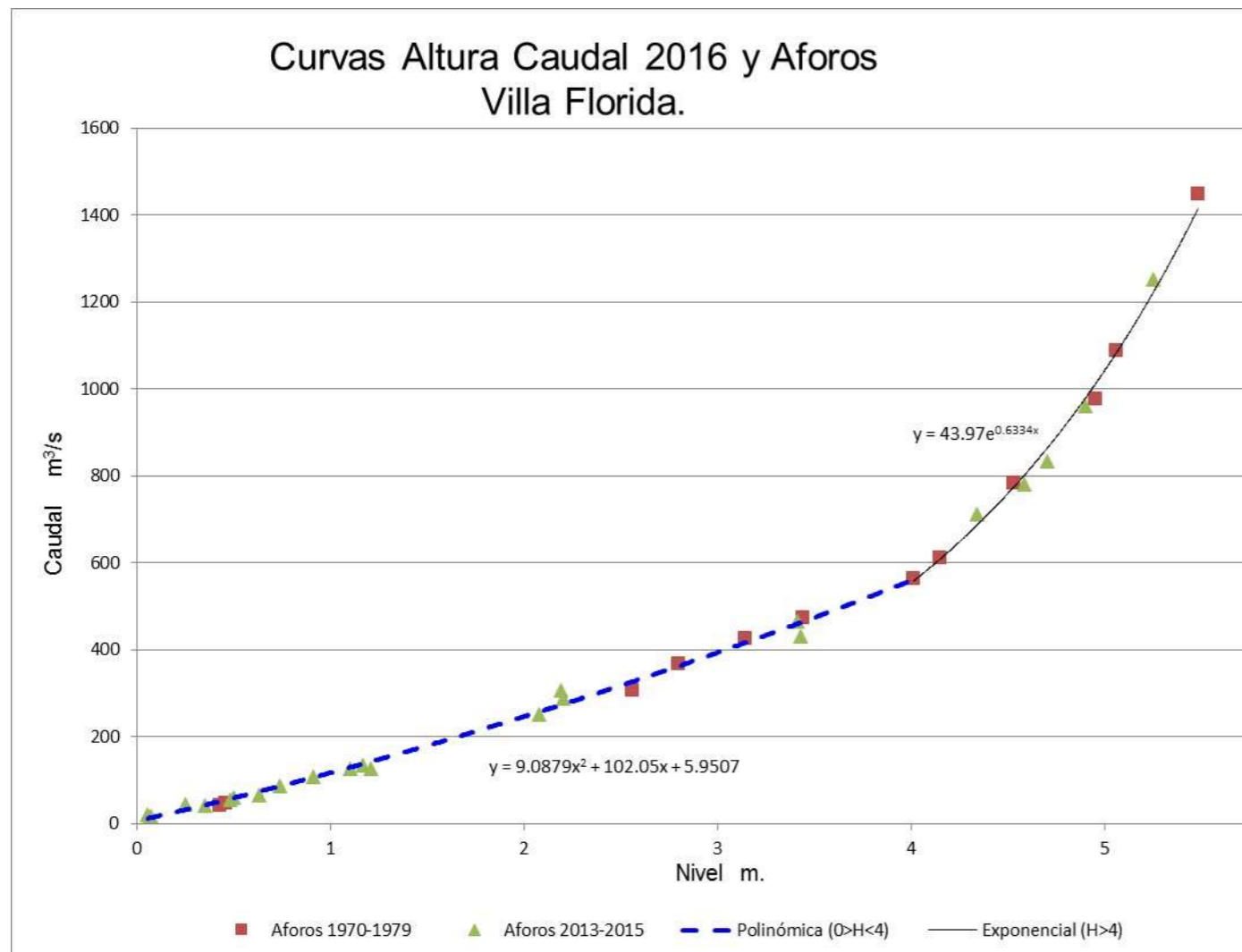
Datos unificados

Conociendo las cotas de los ceros hidrométricos de cada periodo de datos, es posible integrar todas las mediciones para calibrar la relación caudal altura.

Ajustando los valores de altura de las mediciones en el periodo 1974-2002 se tiene la siguiente tabla de alturas en metro referidas a la regla instalada por la Itaipu y caudales en m3/s.

Tabla 8: Valores unificados de alturas hidrométricas y caudales medidos

	Valores en amarillo ajustados			Valores en amarillo ajustados	
	ALTURA HIDROMETRICA	CAUDAL M3/SEG		ALTURA HIDROMETRICA	CAUDAL M3/SEG
1	0.055	19.9	18	2.56	305.93
2	0.07	19.14	19	2.8	369
3	0.25	44.104	20	3.14	427
4	0.35	42.85	21	3.41	465.49
5	0.43	42.82	22	3.43	430.03
6	0.46	46.77	23	3.44	473.41
7	0.48	54.32	24	4.01	563.11
8	0.5	59.171	25	4.15	610.67
9	0.63	65.71	26	4.53	783
10	0.74	86.441	27	4.58	782
11	0.91	107.08	28	4.7	833.041
12	1.1	127.6	29	4.9	962.482
13	1.17	134.53	30	4.95	978.33
14	1.21	127.316	31	5.06	1087.31
15	2.08	251	32	5.25	1252.57
16	2.19	306.74	33	5.48	1448
17	2.2	288.072	34	4.34	713.1

CURVAS HQ

Se tienen dos ecuaciones

Para niveles de Río entre 0 m y 4 m

$$Q = 9.0879H^2 + 102.05H + 5.9507$$

H es nivel del río en metros y Q es caudal en m^3/s

Y la correlación $R^2 = 0.993$

Para niveles de río mayores a 4

$$Q = 43.97e^{0.6334H}$$

Y la correlación $R^2 = 0.9945$

ANALISIS DE VARIABILIDAD CLIMATICA

En el periodo de 1974 al 2001 se analizaron los datos de precipitaciones con el objetivo de confirmar que los caudales disponibles correspondan a periodos secos y húmedos. En lo que se refiere a datos de precipitación se utilizó información a escala mensual, con una resolución de 0.5o x 0.5o, provenientes de la base de datos del Climatic Research Unit (CRU), disponible en www.cru.uea.ac.uk. Con estos datos se determinó la precipitación media mensual de toda la cuenca afluyente a la Estación Villa Florida.

Tabla 9: Caudal medio anual (Q), precipitación media anual (PRE) y relación de la precipitación media anual con la precipitación media del periodo (Pi/Pm)

Año	Q	PRE	Pi / Pm	Año	Q	PRE	Pi / Pm
1974	412.36	140.23	1.05	1988	s/d	126.57	0.95
1975	s/d	110.90	0.83	1989	s/d	167.24	1.25
1976	143.84	100.92	0.76	1990	s/d	118.34	0.89
1977	83.89	86.03	0.64	1991	s/d	163.71	1.23
1978	s/d	121.84	0.91	1992	340.44	115.83	0.87
1979	s/d	137.79	1.03	1993	282.19	133.64	1.00
1980	s/d	98.08	0.74	1994	275.79	126.33	0.95
1981	s/d	120.28	0.90	1995	183.86	117.53	0.88
1982	s/d	213.87	1.60	1996	495.09	156.30	1.17
1983	246.46	119.30	0.89	1997	673.16	191.04	1.43
1984	363.86	142.25	1.07	1998	489.34	144.94	1.09
1985	374.77	129.70	0.97	1999	215.86	109.39	0.82
1986	512.64	169.97	1.27	2000	379.54	138.92	1.04
1987	200.33	100.19	0.75	2001	s/d	134.77	1.01

En la tabla aquellos meses con $Pi/Pm > 1$ representan años húmedos y los que tienen $Pi/Pm < 1$ representan años secos en el periodo 1974-2002. Con esto se determina el porcentaje de años húmedos y secos con datos de caudales.

Tabla 10: Porcentaje de años con datos de caudales en años húmedos y secos

	Años con datos	Años sin datos	Total Periodo
Húmedos	8 (48%)	5 (45%)	13 (46%)
Secos	9 (52%)	6 (55%)	15 (54%)

Total	17 (100%)	11 (100%)	28 (100%)
-------	-----------	-----------	-----------

En base a la Tabla 10 se observa que los años con datos representan 48% años húmedos y 52% años secos. Con esto tenemos que los datos de caudales representan la variabilidad en el régimen hidrológico del periodo, se observa la cantidad de años húmedos y secos del mismo orden.

BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL ANUAL 2012-2015

El año hidrológico para fines de Balance Hídrico Anual comienza en setiembre de cada año calendario, y el escalón de tiempo a considerar es mensual.

DATOS METEOROLOGICOS

Tabla 11: Precipitaciones, evapotranspiraciones y caudales mensuales (mm) setiembre 2012-agosto 2013 medidas en San José, San Juan y Villarrica.

MES	PRECIPITACION (mm)				EVAPORACION (mm)		Caudal (m3/s)	Escorrentía (mm)	
	Estaciones Fecoprod		DINAC		Estaciones Fecoprod				DINAC
	San José	San Juan	Villarrica	Cnel Oviedo	San Jose	San Juan			Villa Florida
Sept-12	0	20.4	36.7	32.3	0	128.02	159.71	19.70	
Oct-12	26	196	318.1	292.5	0	96.2	277.44	35.37	
Nov-12	172.6	89.6	156.5	239.9	0	153.74	336.33	41.50	
Dic-12	99.4	201.2	109	128.9	130.33	158.46	146.90	18.73	
Ene-13	28.6	53	56.4	64.7	156.58	178.17	114.96	14.66	
Feb-13	169.4	126.6	141.6	266.8	123.59	137.14	44.04	5.07	
Mar-13	182	143.8	176.6	136.2	80.85	106.94	138.78	17.69	
Abr-13	220.4	152.8	147.3	170.9	90.64	99.03	423.52	52.25	
May-13	221.6	67.6	406	286.9	49.83	71.25	748.96	95.49	
Jun-13	8.2	96.2	136	215.3	27.48	51.52	528.88	65.25	
Jul-13	0.2	20.8	33.9	4.4	49.86	49.86	334.73	42.68	
Ago-13	0	60.6	69.8	60.7	82.13	100.86	103.24	13.16	
TOTAL	1128.4	1228.6	1787.9	1899.5	791.29	1331.19	3357.50		

Tabla 12: Diferencia entre precipitación y evapotranspiración en las estaciones de San José y San Juan

MES	Estaciones Fecoprod	
	San José	San Juan
SETIEMBRE 2012	0	-107.62
OCTUBRE 2012	26	99.8
NOVIEMBRE 2012	172.6	-64.14
DICIEMBRE 2012	-30.93	42.74
ENERO 2013	-127.98	-125.17
FEBRERO 2013	45.81	-10.54
MARZO 2013	101.15	36.86
ABRIL 2013	129.76	53.77

MAYO 2013	171.77	-3.65
JUNIO 2013	-19.28	44.68
JULIO 2013	-49.66	-29.06
AGOSTO 2013	-77.43	-23.67
TOTAL	341.81	-86

Al hacer la diferencia entre Precipitación y Evapotranspiración en cada estación se tiene que en Setiembre y Noviembre del 2012, enero y febrero del 2013 la zona de San Juan Bautista tuvo estrés hídrico, de igual manera la Zona de San José tuvo estrés hídrico los meses de diciembre del 2012 y enero 2013. Nuevamente ambas estaciones están en estrés en el periodo junio, julio y agosto 2013.

Tabla 13: Precipitaciones, evapotranspiraciones y caudales mensuales (mm) setiembre 2013-agosto 2014 medidas en Pfanll, San Juan Bautista, Arazapé y Villarrica.

MES	PRECIPITACION (mm)						Precipitación (mm)	EVAPORACION (mm)				Evap (mm)	Caudal Medio Mensual (m3/s)	Escorrentía (mm)
	Estaciones Fecoprod				DINAC			Estaciones Fecoprod		DINAC				
	Pfanll	San Juan	Pindo	Edelira	Villarrica	Arazapé		Pfanll	San Juan	Arazapé	Villarrica			
SETIEMBRE 2013	98.8	44.8	128.4	117.4	99.2	71	91.96	91.62	109.97	114	-	98.485	209.29	25.82
OCTUBRE 2013	86.8	89.6	82	67	95.5	91.8	86.830	105.57	118.57	123	-	72.613	170.39	21.72
NOVIEMBRE 2013	132.8	106.4	97.4	163.4	109.2	105.2	120.19	125.69	150.05	157	-	86.452	155.91	19.24
DICIEMBRE 2013	145	61.4	211	110.6	86.8	40.1	86.410	125.1	141.54	134	-	86.046	180.82	23.05
ENERO 2014	178.2	244.4	102.6	122.2	79.3	140	127.99	99.94	165.16	146	-	68.741	58.49	7.46
FEBRERO 2014	1.8	108.8	124.2	52.2	32.9	2.4	28.277	49.39	137.73	132	-	33.971	27.28	3.14
MARZO 2014	239.6	209.4	194.2	110.6	222.5	206	195.45	95.3	115.87	114	-	65.549	202.78	25.85
ABRIL 2014	372.4	147	430.8	301	453.6	292	344.66	75.35	55.92	83	-	51.827	696.51	85.93
MAYO 2014	224	116.8	143.2	174.4	248.4	142	182.90	57.14	60.59	63	-	39.302	1094.29	139.51
JUNIO 2014	194.4	156.2	253.4	291.4	277.3	118.8	206.45	37.57	52.61	47.66	-	25.841	737.19	90.95
JULIO 2014	134.6	110.2	147.4	171.4	235.2	81	145.77	59.15	72.57	73.2	-	40.684	1028.88	131.17
AGOSTO 2014	42	20.6	31.4	26.2	18.4	7.6	19.44	89.76	105.91	93.66	-	61.739	605.12	77.15

Al hacer la diferencia entre Precipitación y Evapotranspiración en cada estación se tiene que en las estaciones de San Juan Bautista y Arazapé, hubo estrés hídrico en los meses de setiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2013 y febrero del 2014. Arazapé también registró más evapotranspiración que precipitación en el mes de enero. En la cuenca Alta, la estación de Pfanll registró mayor evapotranspiración que precipitación en los meses de octubre del 2013 y febrero del 2014. El mes de febrero del 2014 en las tres estaciones hubo déficit hídrico.

Tabla 14: Diferencia entre precipitación y evapotranspiración en estaciones de Pfanll, San Juan, Arazapé

MES	Pfanll	San Juan	Arazapé
SETIEMBRE 2013	7.18	-65.17	-43
OCTUBRE 2013	-18.77	-28.97	-31.2
NOVIEMBRE 2013	7.11	-43.65	-51.8
DICIEMBRE 2013	19.9	-80.14	-93.9
ENERO 2014	78.26	79.24	-6
FEBRERO 2014	-47.59	-28.93	-129.6
MARZO 2014	144.3	93.53	92
ABRIL 2014	297.05	91.08	209

MAYO 2014	166.86	56.21	79
JUNIO 2014	156.83	103.59	71.14
JULIO 2014	75.45	37.63	7.8
AGOSTO 2014	-47.76	-85.31	-86.06

Si se hace la precipitación media areal y la evapotranspiración media areal de la cuenca, se tiene déficit los meses de setiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2013 y en febrero y agosto del 2014.

Tabla 15: Diferencia entre precipitación y evapotranspiración media

MES	Precipitación	Evap	P-E
	media	media	
	(mm)	(mm)	
SETIEMBRE 2013	91.96	98.485	-6.522
OCTUBRE 2013	86.830	110.878	-24.048
NOVIEMBRE 2013	120.19	135.255	-15.061
DICIEMBRE 2013	86.410	128.105	-41.695
ENERO 2014	127.99	114.896	13.094
FEBRERO 2014	28.277	75.352	-47.074
MARZO 2014	195.45	101.194	94.255
ABRIL 2014	344.66	76.923	267.736
MAYO 2014	182.90	58.897	123.999
JUNIO 2014	206.45	40.869	165.585
JULIO 2014	145.77	63.517	82.251
AGOSTO 2014	19.44	91.346	-71.903

Tabla 16: Precipitaciones mensuales (mm) setiembre 2014-agosto 2015 medidas en Pfanll, San Juan Bautista, Pindo, Edelira, Arazapé, Caazapá, Quyyuyo, Paraguari, Coronel Oviedo y Villarrica.

MES	PRECIPITACION (mm)										Precipitación media (mm)
	Estaciones Fecoprod					DINAC					
	Pfanll	San Juan	Pindo	Edelira	Villarrica	Arazapé	Caazapá	Quyyuyo	Paraguari	Cnel Oviedo	
SETIEMBRE 2014	213.8	136.2	263.2	296.6	s/d	161.8	s/d	s/d	s/d	s/d	207.92
OCTUBRE 2014	134.8	43.4	43.6	63	75.2	51.4	75.6	146.5	113.4	117	83.385
NOVIEMBRE 2014	41.8	172.6	153.8	48	290.2	144.6	329.2	254.5	298.7	263.7	212.183
DICIEMBRE 2014	183.4	109.8	70.6	173.6	146.6	168.2	114.4	98.5	61.8	96.4	132.101
ENERO 2015	259	86.4	122.6	261.8	254.4	s/d	224.1	219	201	292	214.49
FEBRERO 2015	157.2	84.8	197	91.2	131.9	s/d	60.4	157.7	162.5	226.1	114.97
MARZO 2015	100.2	115	85	102.4	149.9	s/d	108	143.5	75.8	112.1	118.11
ABRIL 2015	112.8	167.8	82	99.4	147.2	s/d	168.6	252.5	187.4	174.7	166.25
MAYO 2015	411.2	151.2	264.2	242.2	434.8	s/d	431.8	356	428.6	446.2	351.68
JUNIO 2015	93.6	119.6	85.8	55.2	132.7	s/d	103.8	117.5	103	137.3	106.71
JULIO 2015	191.4	47.6	258	16.2	31.5	s/d	16.7	11.5	11.8	46.6	48.23
AGOSTO 2015	s/d	29.2	45.8	0	49.1	s/d	43	55.4	24	35.4	38.29
TOTAL											1794.31

Tabla 17: Evapotranspiraciones y caudales mensuales (mm) setiembre 2014-agosto 2015 medidas en Pfanll, San Juan Bautista, Pindo, Edelira, Arazapé, Caazapá, Quyyuyo, Paraguari, Coronel Oviedo y Villarrica.

MES	EVAPORACION (mm)				Evap media (mm)	Caudal Medio Mensual (m3/s)	Escorrentía (mm)
	Estaciones Fecoprod						
	Pfanll	Edelira	Pindo	San Juan	Villa Florida		
SETIEMBRE 2014	80.44	83.82	96.09	91.95	86.169	282.62	34.87
OCTUBRE 2014	116.33	142.92	154.45	139.86	132.306	648.79	82.72
NOVIEMBRE 2014	105.01	137.77	135.58	144.44	127.793	413.08	50.96
DICIEMBRE 2014	111.02	133.98	136.97	104	114.286	332.98	42.45
ENERO 2015	118.14	130.76	137.7	134.03	127.554	541.01	68.97
FEBRERO 2015	91.31	107.52	115.56	120.23	106.533	368.27	42.41
MARZO 2015	94.96	109.59	114.96	122.29	109.066	207.53	26.46
ABRIL 2015	73.92	86.89	92.41	94.72	85.184	377.93	46.63
MAYO 2015	50.8	60.86	62.65	66.34	59.195	795.40	101.41
JUNIO 2015	51.14	69.47	64.5	64.05	60.295	1117.76	137.91
JULIO 2015	11.54	50.54	46.49	52.12	36.222	722.35	92.09
AGOSTO 2015	s/d	49.49	107.07	99.78	84.587	548.00	69.87

Al hacer la diferencia entre Precipitación y Evapotranspiración en las estaciones con medición de evapotranspiración se tiene que en octubre del 2014 en Edelira, Pindo y San Juan hubo déficit hídrico, en noviembre del 2014 el déficit se registró en la cuenca alta en las estaciones de Pfanll y Edelira. En diciembre del 2014 solamente se registró déficit en la zona de Pindo. En enero del 2015 el déficit se dio en las zonas de Pindo y San Juan. En febrero las estaciones de Edelira y San Juan. En Marzo del 2015 el déficit fue hacia Edelira, Pindo y San Juan. En abril el déficit fue hacia Pindo, junio hacia Edelira y julio en Edelira y San Juan.

Tabla 18: Diferencia entre precipitación y evapotranspiración en estaciones de Pfanll, Edelira, Pindo y San Juan.

MES	Pfanll	Edelira	Pindo	San Juan
SETIEMBRE 2014	133.36	212.78	167.11	44.25
OCTUBRE 2014	18.47	-79.92	-110.85	-96.46
NOVIEMBRE 2014	-63.21	-89.77	18.22	28.16
DICIEMBRE 2014	72.38	39.62	-66.37	5.8
ENERO 2015	140.86	131.04	-15.1	-47.63
FEBRERO 2015	65.89	-16.32	81.44	-35.43
MARZO 2015	5.24	-7.19	-29.96	-7.29
ABRIL 2015	38.88	12.51	-10.41	73.08
MAYO 2015	360.4	181.34	201.55	84.86
JUNIO 2015	42.46	-14.27	21.3	55.55
JULIO 2015	179.86	-34.34	211.51	-4.52
AGOSTO 2015	d/d	-49.49	-61.27	-70.58

Si se hace la precipitación media areal y la evapotranspiración media areal de la cuenca, se tiene déficit solamente en el mes de octubre del 2014 y en el 2015 en el mes de agosto.

Tabla 19: Diferencia entre precipitación y evapotranspiración media

MES	Precipitación media (mm)	Evap media (mm)	P-E
SETIEMBRE 2014	207.92	86.169	121.750
OCTUBRE 2014	83.39	132.306	-48.920
NOVIEMBRE 2014	212.18	127.793	84.390
DICIEMBRE 2014	132.10	114.286	17.815
ENERO 2015	214.49	127.554	86.937
FEBRERO 2015	114.97	106.533	8.436
MARZO 2015	118.11	109.066	9.047
ABRIL 2015	166.25	85.184	81.062
MAYO 2015	351.68	59.195	292.484
JUNIO 2015	106.71	60.295	46.411
JULIO 2015	48.23	36.222	12.009
AGOSTO 2015	38.29	84.587	-46.297

Los años hidrológico 2012-2013 y 2013-2014 fueron años donde se dieron más de tres meses de corrido con stress hídrico, y la recarga en el caudal del río se puede asumir es la descarga de las aguas subterráneas. El año 2014-2015 no presento stress hídrico y los caudales medios mensuales fueron más altos que los años anteriores.

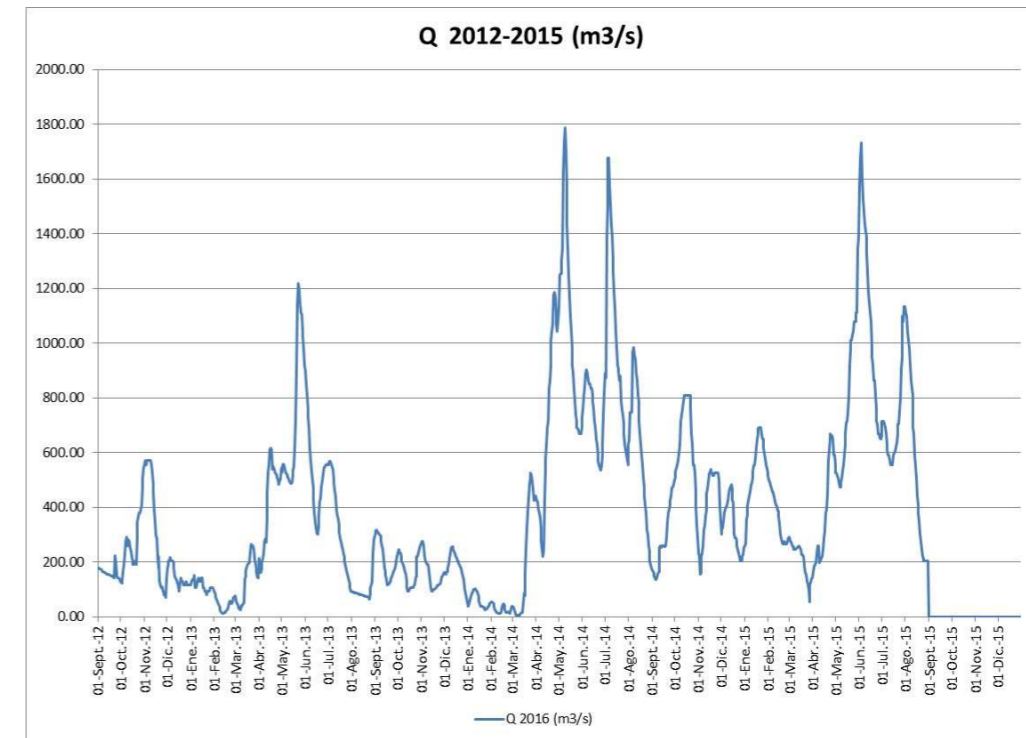


Figura 17: Caudales diarios en Villa Florida (m3/s) setiembre 2012-agosto 2015

Esta variación de año a año puede ser mejor estudiada con datos de largo periodo de tiempo.

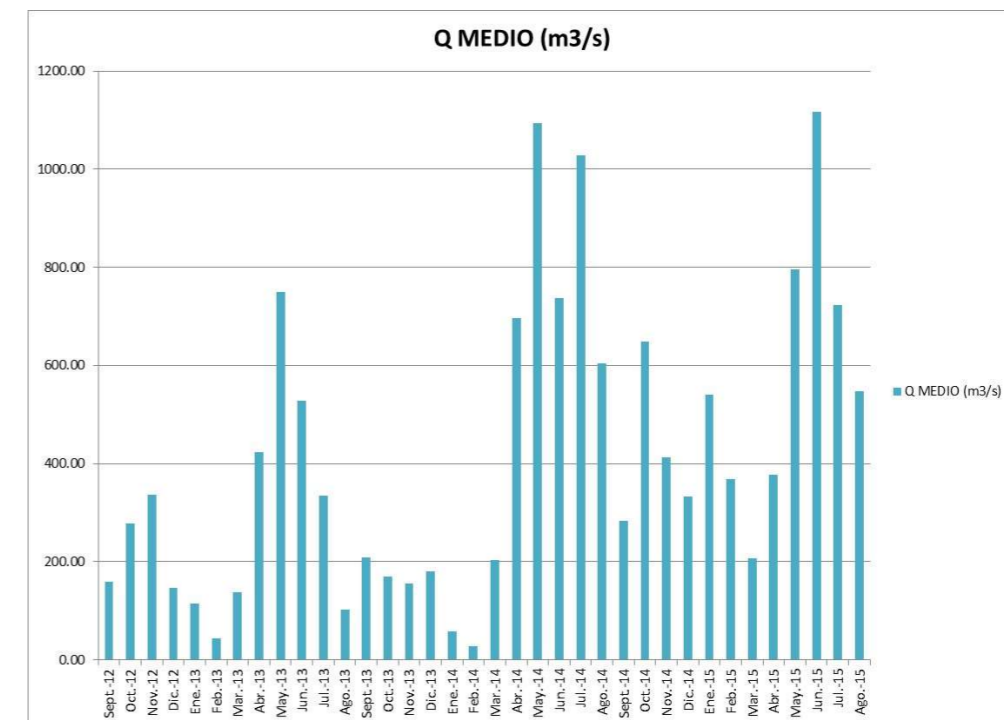


Figura 18: Caudales medios mensuales (m3/s) setiembre 2012-agosto 2015

PERMANENCIA DE CAUDALES

La Curva de Permanencia es una curva que indica el porcentaje del tiempo durante el cual los caudales han sido igualados o excedidos.

Expresa la relación entre el Caudal y la frecuencia con la que este caudal es superado o igualado.

Esta curva puede ser definida para caudales diarios, mensuales, anuales, etc.

En Villa Florida se analizó la serie de datos de 1974/2002 del anuario ANNP resultando la siguiente curva de permanencia.

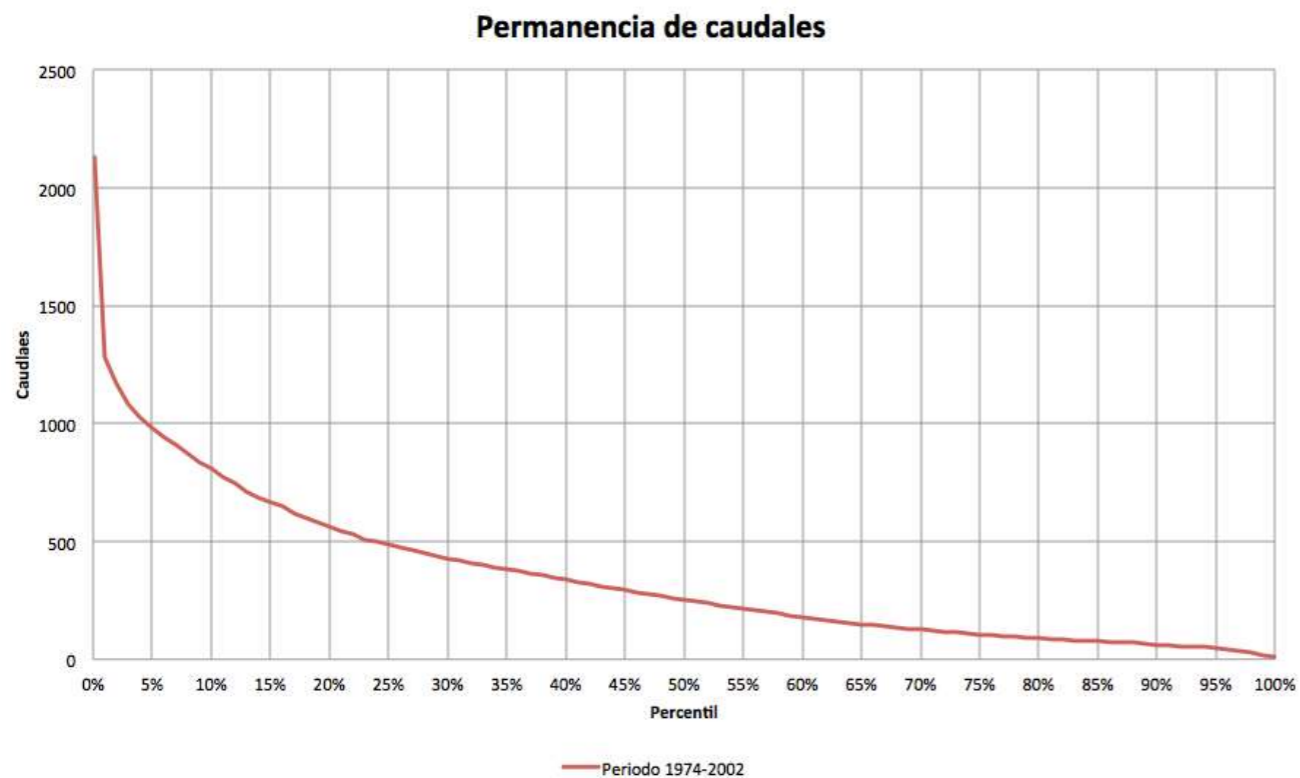


Figura 19: Permanencia de caudales (Villa Florida) periodo 1974-2002

En la Figura 19 se tiene la curva de percentil en la cual se observa que el $Q_{95} = 47,64 \text{ m}^3/\text{s}$ esto significa que en el periodo 1974-2002 el 95% del tiempo el caudal fue superior a Q_{95} . Por otro lado tenemos que el $Q_{50} = 244,22 \text{ m}^3/\text{s}$, es decir este valor corresponde al caudal que fue superado la mitad del tiempo durante el periodo analizado. El caudal medio de la Estación Villa Florida es de $348 \text{ m}^3/\text{s}$ que corresponde al Q_{39} , es decir que solo el 39% del tiempo se tuvo en el río caudales iguales y mayores al caudal medio de todo el periodo.

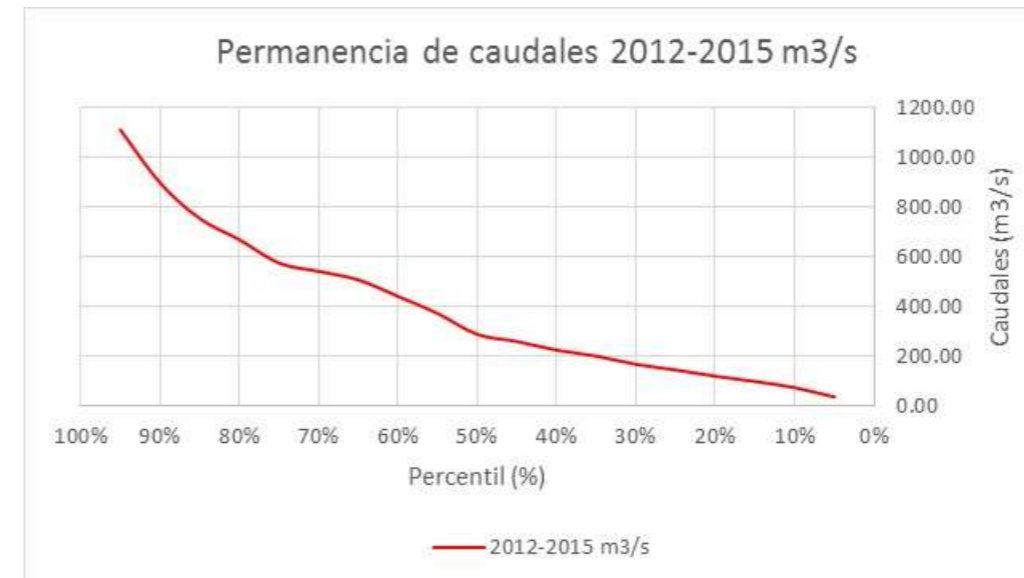


Figura 20: Permanencia de caudales (Villa Florida) periodo 2012-2015

Considerando los años secos, con los caudales diarios se determina el percentil de ocurrencia de los mismos.

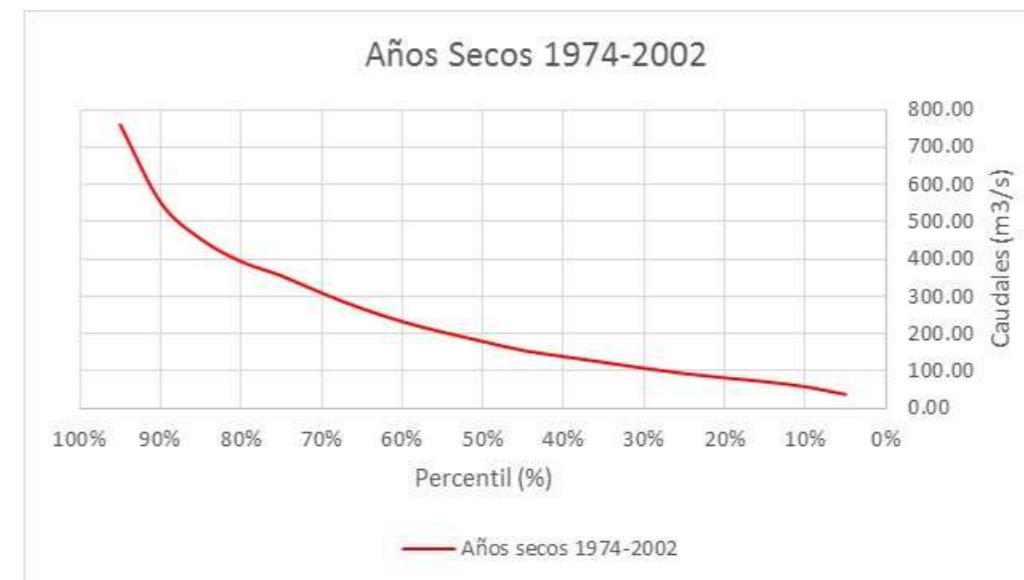


Figura 21: Permanencia de caudales años secos (Villa Florida) periodo 1974-2002

En la Figura 21 de permanencia de caudales de años secos se observa que el $Q_{95} = 37,38 \text{ m}^3/\text{s}$

ACERCA DEL CAUDAL AMBIENTAL

La expresión **caudal Ambiental o ecológico**, referida a un río o a cualquier otro cauce de agua corriente, es una expresión que puede definirse como el agua necesaria para preservar los valores ecológicos en el cauce del mismo, como:

- los hábitats naturales que cobijan una riqueza de flora y fauna,
- las funciones ambientales como dilución de polutantes o contaminantes,
- amortiguación de los extremos climatológicos e hidrológicos,
- preservación del paisaje.

Se han desarrollado innumerables métodos y metodologías para determinar los requerimientos del caudal de los ecosistemas, los más simples son los métodos hidrológicos o estadísticos, que determinan el caudal mínimo ecológico a través del estudio de los datos de caudales. En la cuenca del Río Tebicuary consideramos el caudal percentil 95.

Del análisis de la serie de datos de 1974/1991 del anuario ANNP en Villa Florida se tiene que el caudal percentil 95% es de 47,64 m³/s, al cual años anteriores se estableció de referencia para la regulación del bombeo. En este periodo de datos, la cuenca no era explotada para regadío por lo que representa una situación ideal.

Por otro lado, el Q95 de 37.38 m³/s de los años secos en el periodo inalterado de la cuenca 1974-2002 es el caudal mínimo que se podría usar de referencia para caudal de conservación.

Como en los otros tramos no se cuentan con mediciones suficientes para calcular el Caudal percentil 95%, adoptamos valores proporcionales al área de aporte en la sub cuenca considerada.

Tabla 20: Percentiles 95 de cada tramo del periodo 1974-2002 y Percentiles 95 de años secos de cada tramo

			m ³ /s	m ³ /s
	AREA DE APORTE KM2	Porcentaje con respecto a Villa Florida	Percentil 95% del Tramo	Percentil 95% de años secos del Tramo
CUENCA ALTA	5535	29%	13.82	10.84
TEBICUARY_MI	7296	38%	18.1	14.20
CAPIIBARY	4011	21%	10	7.85
BAJA	19157	100%	47.64	37.38
MEDIA	9546	50%	23.82	18.69

RECOMENDACIÓN DE CAUDALES DE REGULACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO TEBICUARY.

Para hablar de regulación y gestión es importante mencionar:

- 1) Los caudales ecológicos de los cauces deben ser en todo momento resguardados.
- 2) Es impracticable la regulación y el control en cada usuario, por lo que se los debe agrupar por trechos y hacer el análisis por trecho.
- 3) Identificar las demandas y los actores civiles para regular y gestionar.
- 4) No todos los tramos del Río tienen el mismo caudal al mismo tiempo, por lo que se consideran varios puntos de control.
- 5) La escala de tiempo de medición de caudales en varios puntos de la cuenca debe ser diaria o de menor tiempo.

TRAMOS DEL RIO TEBICUARY CONSIDERADOS PARA REGULACIÓN

El consumo de agua por humanos se desprecia por su poca cantidad en comparación con la irrigación del Cultivo de arroz. Por lo citado anteriormente para gestionar y controlar, se clasifican a los productores de arroz según su ubicación en la cuenca.

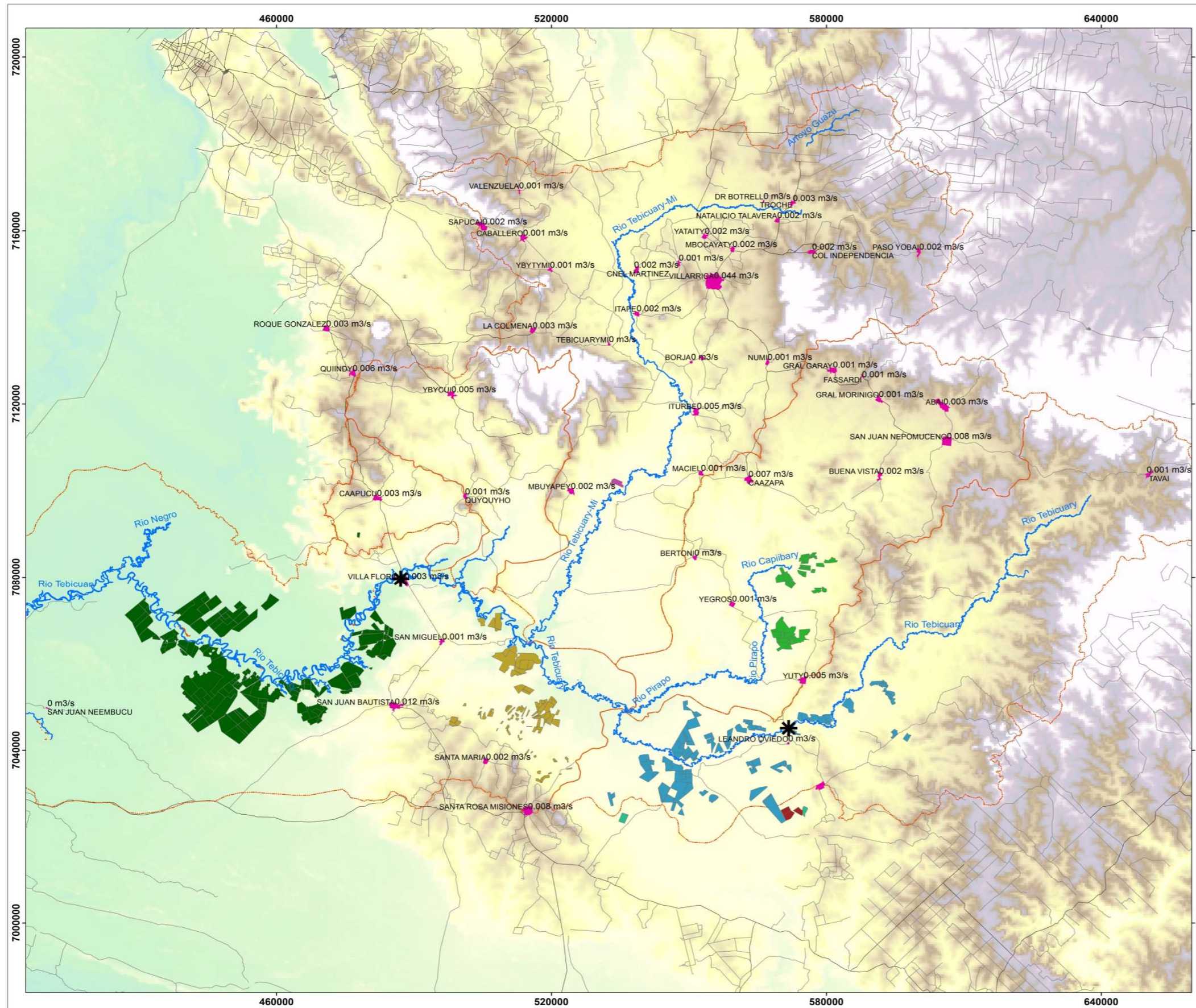
Parcelas de la cuenca alta, aquellas parcelas sobre el río Tebicuary en un tramo que va desde su nacimiento hasta su confluencia con el Río Pirapó.

Parcelas de la cuenca media, son las que se encuentran en un tramo sobre el río Tebicuary y el Río Pirapó al Puente de Villa Florida.

Parcelas de la cuenca baja, aquellas ubicadas sobre el río, aguas abajo de Villa Florida hasta su confluencia con el Río Paraguay.

Parcelas de la Cuenca del Arroyo Capiibary-Río Pirapó, aquellas ubicadas en la Sub Cuenca del Pirapó.

Parcelas de la Cuenca del Tebicuary-mí, aquellas que se encuentran en la sub Cuenca del Río Tebicuary-mí.



DIRECCION GENERAL DE PROTECCION Y CONSERVACION DE RECURSOS HIDRICOS



Escala 1/1.40.000

Proyección: Mercator Transversa Universal
Elipsoide de Referencia: WGS-84
Cuadrícula: 50.000; Zona 21J
Meridiano Central: 57°W
Origen Latitud: Ecuador
Falso Norte: 10.000.000
Falso Este: 500.000
Factor de Escala: 0,9996600

Mapa Índice



Referencias

* Medición de Caudal

PARCELAS EN LA CUENCA DEL RIO TEBICUARY

- CUENCA ALTA
- CUENCA AO CAPIIBARY- RIO PIRAPO
- CUENCA BAJA
- CUENCA MEDIA
- TEBICUARY
- TEBICUARY-MI
- Casco Urbano
- Cauces
- Cuenca del Tebicuary

Fuente:
- Cartografía Digital, DGEEC, 2002
- Delimitación de Cuenclas, PMSAS 77/10 - SEAM, 2011
- Registro RNRH

Elaborado en el Marco Fortalecimiento Institucional de la SEAM del Proyecto Modernización del Sector Agua y Saneamiento por:
Ing. Sandra Mongelos
Fecha 9 de setiembre de 2013



Figura 22: Parcelas de arroz en la Cuenca del Río Tebicuary.

CONSUMO DE AGUA EN LA CUENCA POR EL ARROZ

Debido a que las parcelas se siembran en diferentes periodos, la demanda de agua mensual difiere, se estimaron los requerimientos mensuales, identificándose las parcelas cultivadas en setiembre, octubre y noviembre; y asignando cargas, se tiene como resultado la demanda total mes a mes.

A partir de imágenes satelitales landsat 8 descargadas del Servicio Geológico de los Estados Unidos se interpretaron las parcelas cultivadas en la zafra 2013-2014 en la cuenca y se las clasificó por mes de siembra. Imágenes del 11/09/2013, 14/11/2013 y 17/01/2014 fueron analizadas

Se identificaron en la Cuenca un área cultivada de aproximadamente 86 000 has. De las cuales en la cuenca Baja se encontraron aproximadamente 51800 has (60%), en la cuenca Media 9700 (11%) has y en la Alta 24500 (29%) has.

Se computó cual es el caudal de demanda por mes de cada parcela, total de la cuenca y por zonas resultando:

Tabla 21: Consumo mes a mes de los tramos de la cuenca

#	MES	TOTAL m3/s	CUENCA ALTA	TEBICUARY-mi	CAPIIBARY	CUENCA BAJA	CUENCA MEDIA
1	SETIEMBRE	4.53	0.58	0.52	0.062	3.4	0.53
2	OCTUBRE	19.77	3.1	2.6	0.5	14.03	2.52
3	NOVIEMBRE	26.4	6.1	4.8	1.35	16.6	3.6
4	DICIEMBRE	28	7.4	5.8	1.634	17.1	3.06
5	ENERO	22.2	5.6	4.6	1.3	13.64	2.62
6	FEBRERO	12.5	4.26	3.23	1.03	6.88	1.4
7	MARZO	4.64	2	1.5	0.45	2.45	0.25
8	ABRIL	0.3	0.13	0.107	0.027	0.15	0.017

PUNTOS DE CONTROL

VILLA FLORIDA

En Villa Florida existe una escala limnimétrica la cual es leída diariamente por personal de la Armada Nacional, sede Villa Florida. Con este nivel se calcula el Caudal diario mediante la relación HQ realizada por el proyecto PMSAS.

Para el análisis del caudal de bombeo escalonado se considera:

- 1) el caudal percentil 95 en Villa Florida= 47.64 m3/s, y
- 2) el caudal que consume el tramo aguas abajo, caudal que consumiría la cuenca Baja, mes a mes.

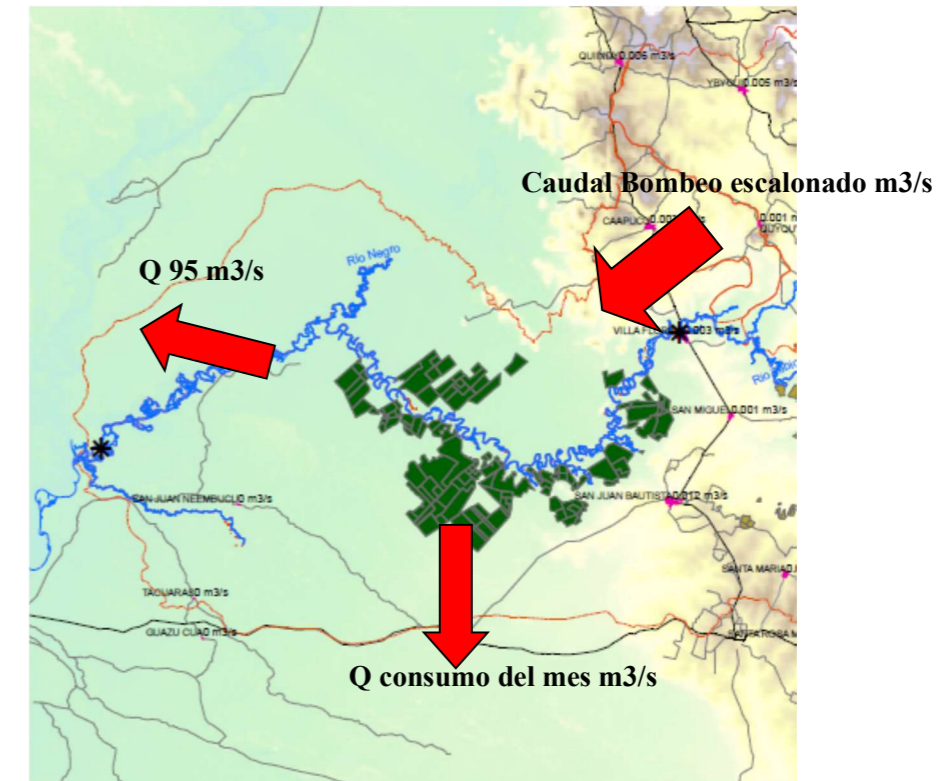


Figura 23: Cuenca Baja, Balance de caudales para definición del caudal de Bombeo Escalonado

Tabla 22: Balance mes a mes para considerar Bombeo Escalonado en Villa Florida

#	Mes	Percentil 95% del Tramo m3/s	Cuenca Baja m3/s	Caudal en Villa Florida para declarar Bombeo escalonado m3/s
1	SETIEMBRE	47.64	3.4	51.04
2	OCTUBRE	47.64	14.03	61.67
3	NOVIEMBRE	47.64	16.6	64.24
4	DICIEMBRE	47.64	17.1	64.74
5	ENERO	47.64	13.64	61.28
6	FEBRERO	47.64	6.88	54.52
7	MARZO	47.64	2.45	50.09
8	ABRIL	47.64	0.15	47.79

Por otro lado considerando el Caudal 95% percentil diario de los años secos, y los consumos de agua de cada mes en la cuenca baja

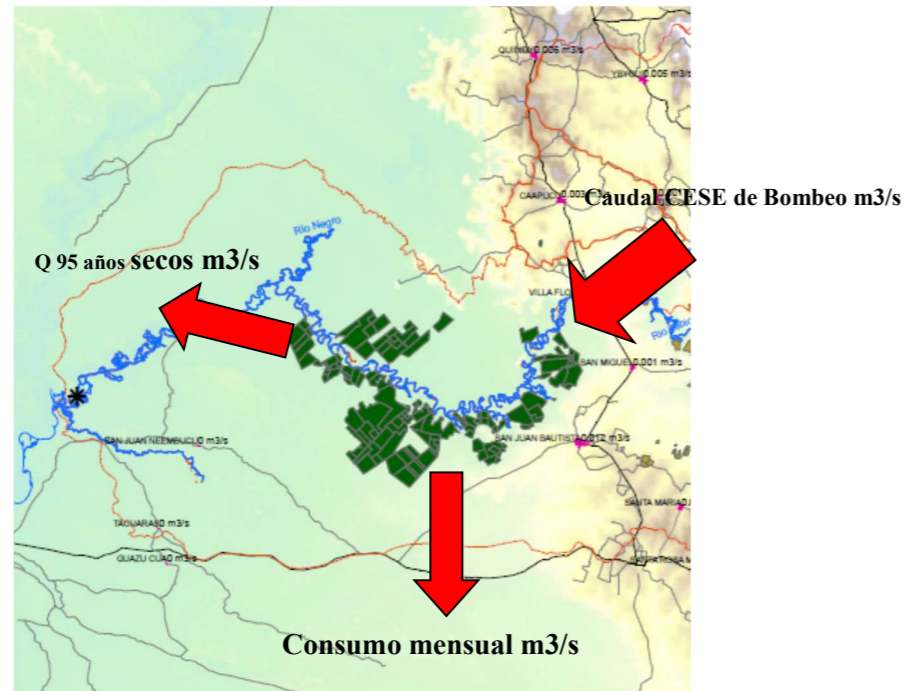


Figura 24: Cuenca Baja, Balance de caudales para definición del caudal cese de Bombeo

Tabla 23: Balance mes a mes para considerar Cese de Bombeo en Villa Florida

#	Mes	Percentil 95% del Tramo m3/s	Cuenca Baja	Caudal en Villa Florida para declarar Cese de Bombeo en Villa Florida m3/s
1	SETIEMBRE	37.38	3.4	40.78
2	OCTUBRE	37.38	14.03	51.41
3	NOVIEMBRE	37.38	16.6	53.98
4	DICIEMBRE	37.38	17.1	54.48
5	ENERO	37.38	13.64	51.02
6	FEBRERO	37.38	6.88	44.26
7	MARZO	37.38	2.45	39.83
8	ABRIL	37.38	0.15	37.53

YUTY

En Yuty se cuenta con una regla limnimétrica la cual no se mide diariamente, este puesto de medición regula a las parcelas de la cuenca alta.

Como en Yuty no se cuenta con datos históricos, el percentil 95% considerado es el proporcional a su área de aporte.

El caudal que consume el tramo aguas abajo es caudal que consumiría la cuenca Alta, por lo que se calcula el caudal de las parcelas de la cuenca Alta mes a mes y se consideran estos valores para el Balance y determinar los caudales de regulación.



Figura 25: Cuenca Alta, Balance de caudales para definición del caudal de Bombeo Escalonado

Tabla 24: Balance mes a mes para considerar Bombeo Escalonado en Yuty

#	Mes	Percentil 95% m3/s	Cuenca alta	Caudal en YUTY para declarar Bombeo escalonado m3/s
1	SETIEMBRE	13.82	0.58	14.4
2	OCTUBRE	13.82	3.1	16.92
3	NOVIEMBRE	13.82	6.1	19.92
4	DICIEMBRE	13.82	7.4	21.22
5	ENERO	13.82	5.6	19.42
6	FEBRERO	13.82	4.26	18.08
7	MARZO	13.82	2	15.82
8	ABRIL	13.82	0.13	13.95

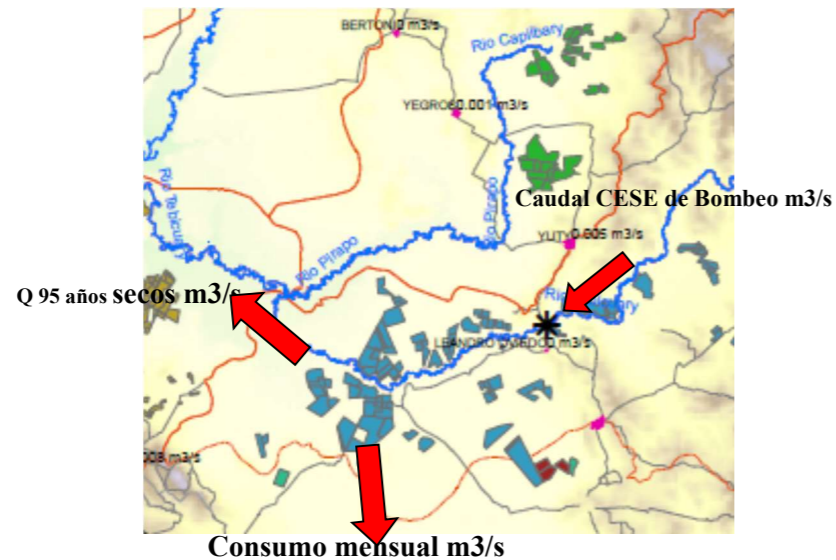


Figura 26: Cuenca Alta, Balance de caudales para definición del caudal cese de Bombeo

Tabla 25: Balance mes a mes para considerar Cese de Bombeo en Yuty

#	Mes	Percentil 95% del Tramo m3/s	Cuenca Baja	Caudal en Villa Florida para declarar Cese de Bombeo en Villa Florida m3/s
1	SETIEMBRE	10.84	0.58	11.42
2	OCTUBRE	10.84	3.1	13.94
3	NOVIEMBRE	10.84	6.1	16.94
4	DICIEMBRE	10.84	7.4	18.24
5	ENERO	10.84	5.6	16.44
6	FEBRERO	10.84	4.26	15.1
7	MARZO	10.84	2	12.84
8	ABRIL	10.84	0.13	10.97

De lo anterior se recomienda que los caudales de regulación sea uno dependiente del consumo estimado de cada mes.

Se recomienda regular las Parcelas de la sub cuenca del Pirapó a la par que las de la Cuenca Alta con los valores de Caudales de Yuty, hasta definir el punto de control y contar con mediciones sistemáticas en dicha sub cuenca.

OBSERVACIONES

- Para definir caudales ambientales, deben considerarse además del percentil 95, criterios biológicos, ictiológicos y socios económicos.

- Estos valores son dinámicos y deben ser constantemente actualizados.
- Estos valores no consideran los caudales que retornan de los arrozales, que debería estudiarse individualmente de acuerdo a la circulación de cada finca.
- También debe hacerse un estudio específico de los reservorios de cada finca, capacidades y ciclos de carga.
- Debe también hacerse el estudio de aporte de la cuenca baja al caudal del río.

ACTIVIDADES DEL PROYECTO

El Proyecto PMSAS Componente 1 SEAM, tiene como objetivo primordial el Fortalecimiento en la determinación de políticas, mejorar el marco regulatorio y modernizar la institución para mejorar la Gobernabilidad.

En ese aspecto el plan de desarrollo de Capacidad institucional se propuso acciones específicas de instalación de equipos, manejo y capacitación durante el proyecto.

A nivel nacional el proyecto apoya la creación de un sistema de información de PAS que permitirá el seguimiento de variables claves a lo largo de varias instituciones.

ACCIONES ESPECÍFICAS:

IMPLEMENTACION DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROMÉTRICAS

En la cuenca existen estaciones meteorológicas en funcionamiento que incluso transmiten a tiempo real, aun así por la inmensidad de la cuenca se hizo necesario promover entre los usuarios de la cuenca la instalación de más estaciones meteorológicas. En cuanto a la red hidrométrica, se automatizó, adquiriéndose e instalándose dentro del proyecto instrumentos de medición, almacenaje y transmisión de niveles el río.

Las actividades en este contexto fueron:

- Licitación Nacional para la ADQUISICION E INSTALACION DE EQUIPOS DE MEDICION, ALMACENAMIENTO, PROCESAMIENTO Y TRANSMISION DE DATOS DE NIVELES DE AGUA.

Costo estimado para la adquisición e instalación de equipos: 50 000 US\$ (3 estaciones con sensores a radar y presión)

- Implementación de redes hidrométricas y meteorológicas por parte de Usuarios de la cuenca.
- Mediciones de caudales y definición de curvas HQ

En lo que respecta al componente SEAM el éxito del proyecto se medirá con la continuidad de las actividades dentro de la Dirección General de Protección y Conservación de Recursos Hídricos (DGPCRH) que los técnicos vienen desarrollando.

Se presentan los costos de las actividades y técnicos que la SEAM debe incurrir para dar continuidad a las actividades e incluso extender a otras cuencas del país.

Presupuesto por Campaña de medición

- Combustible: Para campañas de medición de solo Villa Florida, distancia recorrida 400km a 12 lts cada 100 da 38 lts a 6440 Gs/litro costo de 250000 Gs , para campañas de medición Villa Florida-Yuty-Yegros-Iturbe, distancia recorrida es de 1500 km da 180 lts y costo en combustible de 1 159 200 Gs.
- Número de campañas mínimas al año: 5 a Villa Florida, 5 a Yuty, 5 a Yegros y 5 a Iturbe
- Viáticos: Para campañas solo a Villa Florida el tiempo necesario es de 1 día, por lo que se calcula 4 personas x 1 día de viático = 4 x 180000 Gs = 720000 Gs; para campañas a Villa Florida-Yuty-Yegros - Iturbe se calculan 3 días de trabajo, por lo que el presupuesto en viáticos asciende a 2160000 Gs.
- Peajes: Solo a Villa Florida =20000 Gs, Villa Florida-Yuty= 40000 Gs

Costo de cada campaña:

Solo a Villa Florida= 990 000 Gs

Villa Florida – Yuty – Yegros – Iturbe = 3359200 Gs

Costo aproximado anual del monitoreo en la Cuenca del Tebicuary = 3500 US\$

Equipo técnico necesario.

1 Técnico capacitado en Hidrología o Hidrometría, 2 ayudantes y 1 asistente de planilla.

Costo aproximado anual de un técnico en Hidrología o Hidrometría: 20000 US\$ (el técnico no solo trabajaría en esta cuenca sino en varias)

Instrumentos y equipos necesarios.

- Como mínimo un medidor de velocidad tipo molinete, barra graduada.
- Medidor de velocidad y profundidad Doppler o ADCP.
- Embarcación para 4 personas, con remolque con motor y remos, ancla
- Set de cuerdas de 400 m como mínimo, diámetro no menos a 8 mm.
- Mantenimiento de equipos semestral.

Costo aproximado anual de mantenimiento de equipos: 1500 US\$ (equipos usados en varias cuencas)

BIENES ENTREGADOS RESULTADOS DE LA LICITACION

La Empresa E. Lewkowitz S.R.L. fue adjudicada en la LICITACION PUBLICA NACIONAL para la provisión e instalación de las estaciones hidrométricas automáticas. En la cuenca del Río Tebicuary se

instalaron 3 estaciones hidrométricas automáticas , una en Villa Florida sobre el Río Tebicuary, la cual controlaría la cuenca baja; otra en Yuty, sobre el Río Tebicuary en la cuenca Alta y otra en Iturbe, sobre el río Tebicury-mí, uno de los principales afluentes del Río Tebicuary, en su cuenca alta.

La estación de Villa Florida se encuentra instalada en el puente, con coordenadas 486947.00 m E, 7079614.00m S, la misma consta de:

- Sensor de nivel tipo radar: OTT RLS
- Colector de datos: OTT NetDL 500
- Batería de litio 26Ah Yuasa
- Panel Solar de 50 W:
- Controlador de carga: OTT PCU 12
- Gabinete de acero inoxidable IP 66: OTT Hydrosystems

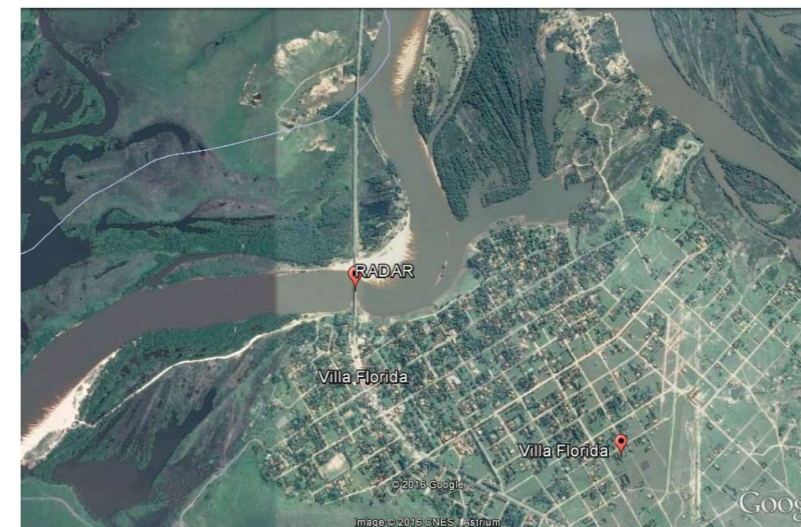


Figura 27: Plano de ubicación de la estación Hidrométrica de Villa Florida



Figura 28: Imágenes de la estación Hidrométrica de Villa Florida

La estación hidrométrica con medición de Nivel captura la altura del Río Tebicuary con una frecuencia de 1 minuto calcula el promedio y envía la información a través de un módem interno al colector de datos vía GPRS al servidor de la Dirección Nacional de Meteorología, el equipo almacena la información como respaldo. La estación se alimenta eléctricamente con una batería de 26 Ah, que a su vez se mantiene con carga gracias a un generador fotovoltaico de 50 W. Todo el sistema se encuentra montado en una jaula de protección adosada a la estructura del puente, la jaula y demás componentes se encuentran conectados rígidamente a una malla de protección del sistema de Puesta a tierras instaladas bajo el puente.

El radar se encuentra ubicado sobre el canal principal a una distancia de 90 metros, se conecta a través de un conductor con protocolo SDI 12.

La estación de Yuty se encuentra instalada en el puente de la Ruta N 08 sobre el río Tebicury (Cuenca Alta) en las coordenadas 571393.00 m E, 7044889.00 m S, la misma consta de:

- Sensor de nivel tipo radar: OTT RLS
- Colector de datos: OTT NetDL 500 Batería de litio 26Ah Yuasa
- Panel Solar de 50 W:
- Controlador de carga: OTT PCU 12
- Gabinete de acero inoxidable IP 66: OTT Hidrosystems



Figura 29: Plano de ubicación de la estación Hidrométrica de Yuty

La estación hidrométrica con medición de Nivel captura la altura del Río Tebicuary (Cuenca Alta) con una frecuencia de 1 minuto calcula el promedio y envía la información a través de un módem interno al colector de datos vía GPRS al servidor de la Dirección Nacional de Meteorología, el equipo almacena la información como respaldo. La estación se alimenta eléctricamente con una batería de 26 Ah, que a su vez se mantiene con carga gracias a un generador fotovoltaico de 50 W. Todo el sistema se encuentra montado en una jaula de protección adosada a la estructura del puente, la jaula y demás componentes se

encuentran conectados rígidamente a una malla de protección del sistema de Puesta a tierras instaladas bajo el puente.

El radar se encuentra ubicado sobre el canal principal a una distancia de 90 metros, se conecta a través de un conductor con protocolo SDI 12.

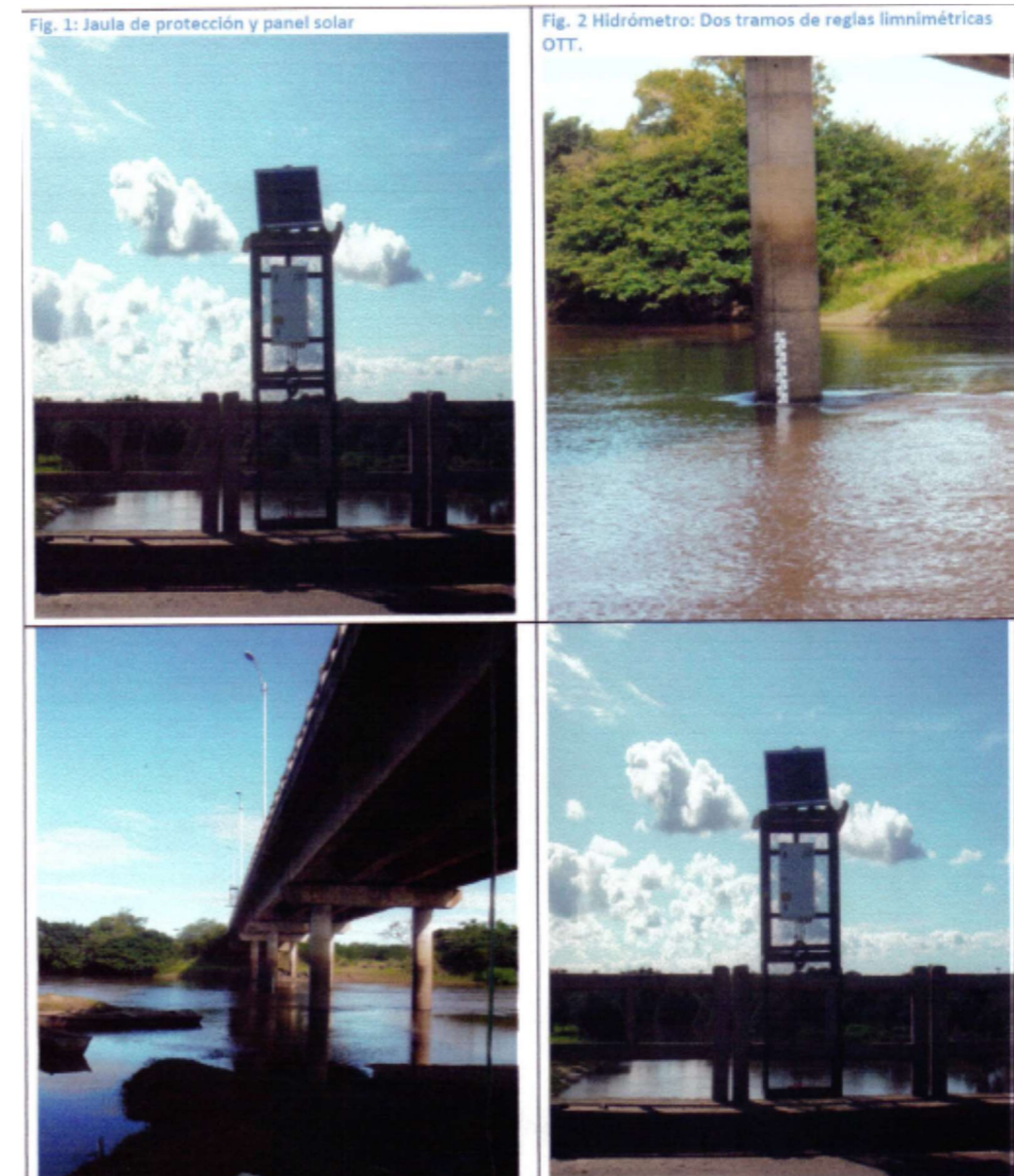


Figura 30: Imágenes de la estación Hidrométrica de Yuty

El equipamiento básico, en ambas estaciones, del robusto armario de distribución contiene, además de los componentes del suministro de energía, todo lo necesario para guardar y transmitir datos de medición. En detalle, el equipamiento básico consta de los siguientes componentes:

- Armario de distribución de acero fino con respiradero y cerrable con llave

- Registrador de datos IP OTT netDL 500 con módem GSWGPRS integrado y antena plana
- Regulador solar; como accesorios están disponibles una batería adecuada y un panel solar con brazo saliente
- Conexión para sensores SDI-12, como p. ej. OTT RLS (sensor por radar),
- Protección contra sobretensiones
- Esquema de conexión

Todos los componentes dentro del armario de distribución están completamente montados; el registrador de datos ya está pre configurado.

El armario de distribución está indicado tanto para el montaje en el mástil como para el montaje en la pared, p. ej. en la caseta de nivel. Para los dos tipos de montaje están disponibles como accesorios unos prácticos soportes de acero fino.

Núcleo central del equipamiento básico: registrador de datos IP OTT netDL 500

El robusto registrador de datos IP con una gran memoria se ha desarrollado especialmente para la gestión de datos en el ámbito de la monitorización ambiental. Gracias a la gestión de la energía, funciona con un consumo de energía muy bajo y satisface así el requisito de una fiable alimentación por energía solar. El módem GSM/GPRS integrado permite la transmisión remota de datos. En este caso, el registrador destaca por su elevada flexibilidad, ya que no solo se las arregla muy bien con los métodos convencionales de transmisión remota de datos, sino que también domina todos los protocolos de transmisión importantes de Internet. A mismo tiempo, la pila TCP/IP integrada proporciona un funcionamiento sin problemas e independiente del hardware.

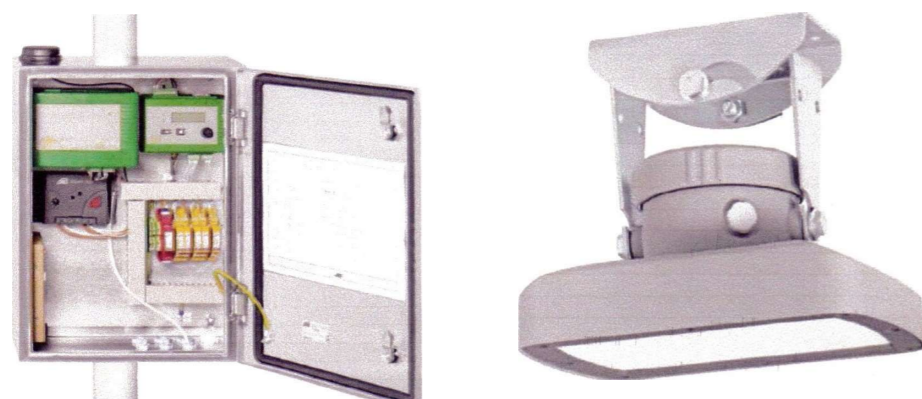


Figura 31: Componentes de la estación Hidrométrica de Villa Florida y Yuty

Medidor de nivel de agua> Sensor Radar OTT RLS

El OIT RLS es un sensor por radar para medir, sin contacto físico directo, el nivel de las aguas superficiales. Para calcular el nivel del agua emplea la tecnología de radar por impulsos. Este procedimiento de medición sin contacto físico directo de bajo consumo hace que al OTT RLS no le afecten las influencias exteriores como la temperatura o la suciedad del agua y garantiza unos resultados de medición exactos.

Su consumo de energía tan reducido, el amplio margen de suministro de energía y las interfaces estándares hacen al OTT RLS especialmente flexible. Puede conectarse sin problemas a cualquier registrador de datos y a cualquier sistema de transmisión de datos a distancia. Pero no sólo eso: gracias a su amplio margen de medición de hasta 35 m, puede medir de manera precisa incluso a una mayor distancia.

El sensor por radar se coloca directamente por encima de la superficie del agua a medir, por ejemplo, en puentes, pasarelas o construcciones auxiliares. Su carcasa estable, relativamente ligera y resistente a las inundaciones es fácil de montar.

Las construcciones complicadas como un tubo de nivel o un pozo de flotador son innecesarias debido a que el OTT RLS toma el promedio de los resultados de un ciclo de medición, compensado de este modo las modificaciones del nivel del agua condicionadas por las olas. El OTT RLS ha sido especialmente diseñado para su uso sobre el terreno. El modo de construcción de antena plana, su mínimo consumo de energía y su carcasa compacta satisfacen los requisitos óptimos para el uso en estaciones de medición hidrológicas de abastecimiento autárquico.

Ventajas

- Carcasa compacta y ligera
- Medición sin contacto físico directo, aplicable también en inundaciones
- Suspensión en cardán de rotación libre - fácil orientación de la placa frontal
- Antena plana sin posibilidad de que aniden los insectos y las arañas de modo que no se perjudica la medición
- El sensor se instala fuera del agua ahorrándose así las medidas de seguridad para el montaje bajo del agua
- Elaborado de manera compacta y sólida, ofreciendo una larga vida útil con un mantenimiento mínimo
- La influencia de las olas se compensa aritméticamente, suprimiéndose las construcciones complicadas
- La interfaz RS-485 posibilita una longitud de línea de conexión de hasta 1000 m, de manera que el registrador de datos y la fuente de tensión pueden estar ubicados más alejados
- Interfaces estándares para la comunicación con los registradores de datos y los dispositivos periféricos (Interfaz SDI-12 0 interfaz RS-485, así como la salida de señales de 4 ... 20 mA)
- Margen de suministro de energía más amplio de 5,4 ... 28 V (típico. 12 / 24 V) — que permite un suministro de energía variable por medio de placas solares, baterías, pilas o red.
- Consumo de energía muy reducido, pudiéndose usar sin problemas en estaciones de abastecimiento autárquico

Aplicaciones

- Aguas en las que abundan los objetos flotantes y los escombros arrastrados por la corriente
- Aguas con una gran cantidad de plantas
- Estaciones de medición de abastecimiento autárquico situadas en zonas apartadas
- Zonas amenazadas por inundaciones (como complemento al sistema de sensores que exista)

Características técnicas

Medición del nivel de agua

- Margen de medición: 0,4 ... 35 m
- Precisión (SDI-12):
 - 0,4 ... 2,0 m: ± 10 mm;
 - 2,0 ... 30 m: ± 3 mm;
 - 30 ... 35 m: ± 10 mm
- Coeficiente de temperatura medio (en el margen: $-20 \dots +60$ °C): 0,01 % del valor final del margen de medición/10 K
- Precisión (4 ... 20 mA):
 - $\pm 0,1$ % del valor final del margen de medición
 - Coeficiente de temperatura medio: 10 ppm del valor final del margen de medición /°C (a 20 °C)
- Tiempo de medición: 20 segundos
- Apertura angular de la antena (apertura del haz): 12 °
- Frecuencia de emisión
 - Versión CE: 24 GHz
 - Versión FCC: 25 GHz
- Tensión de alimentación: 5,4 ... 28 V CC, típico 12 / 24 V CC
- Potencia de consumo (a 12V):
 - Versión CE en servicio: <15 mA
 - Versión CE modo descanso: <0,05 mA
 - Versión FCC en servicio: <15 mA
 - Versión FCC modo descanso: <0,05 mA

Interfaces

- 4 ... 20 mA; SDI-12; RS-485, bifilar (protocolo SDI-12)
- Dimensiones y peso
 - Dimensiones: 222 x 152 x 190 mm
 - Peso (incluida suspensión): 2,1 kg aprox.
- Entorno de servicio
 - Temperatura de servicio: $-40 \dots +60$ °C
 - Temperatura de almacenaje: $-40 \dots +85$ °C
 - Humedad relativa del aire: 0 ... 100 %
- Materiales
 - Carcasa: ASA (ABS estable a la radiación ultravioleta)
 - Radomo (placa frontal): TFM PTFE
 - Suspensión: Inox - 1.4301 (V2A)
- Ángulo de rotación de la suspensión en cardán
 - Eje transversal: ± 90 °
 - Eje longitudinal: ± 15 °
- Margen de hermetización del racor para cables
 - Con forro (diámetro mínimo ... diámetro máximo): 4,0 ... 7,0 mm
 - Sin forro (diámetro mínimo ... diámetro máximo): 7,0 ... 11,0 mm

Capacidad de conexión del elemento atornillado de emborne

- Conductor sencillo: 0,25 ... 2,5 mm² (AWG 24 bis 12)
 - Cable con virola y collar de plástico: 0,25 ... 1,5 mm²
 - Tipo de protección: En montaje horizontal IP67 (profundidad de inmersión máx. 1 m y duración de inmersión máx. 48 h)
 - Valores límite de CEM y autorizaciones de emisión
 - Versión CE: CEM para instalaciones radioeléctricas de baja potencia ETSI EN 301 489-3
 - Seguridad de aparatos de baja tensión EN 60950-1
 - Autorización de emisión para instalaciones radioeléctricas de baja potencia*; Europa ETSI EN 300 440
 - Autorización de emisión para instalaciones radioeléctricas de baja potencia*; Canadá RSS 210 Issue 7
 - Versión FCC: Autorización de emisión para instalaciones radioeléctricas de baja potencia*; EE.UU. FCC 47 CFR Part 15
- * Dispositivo de corto alcance (Short Range Device-SRD)

La estación de Iturbe es un estación hidrométrica con medición de Nivel que captura la altura del espejo del agua del Río Tebicuary-mi con un equipo en que la medición de nivel se efectúa por medio de un sensor de presión alojado en una cápsula estanca, que mide la presión hidrostática del líquido donde está inmerso. Un cable especial vincula el sensor con el registrado con una frecuencia de 1 minuto, el promedio de datos medidos es enviado a través de un módem interno al colector de datos vía GPRS al servidor de la Dirección Nacional de Meteorología, el equipo almacena la información como respaldo. La estación se alimenta eléctricamente con una batería de 26 Ah, que a su vez se mantiene con carga gracias a un generador fotovoltaico de 50 W. Todo el sistema se encuentra montado en una jaula de protección metálica adosada a la estructura del puente.

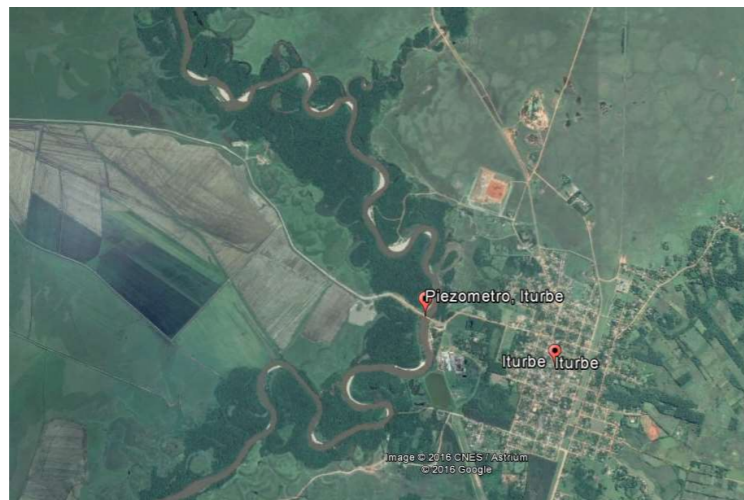


Figura 32: Plano de ubicación de la estación Hidrométrica de Iturbe

La jaula de protección se encuentra adosada al puente sobre el Río Tebicuarymi. La estación consta de:

- Sensor piezométrico: OTT PLS
- Colector de datos: OTT NetDL 500
- Batería de litio 26Ah Yuasa
- Panel Solar de 50 W;
- Controlador de carga: OTT PCU 12
- Gabinete de acero inoxidable IP 66: OTT Hydrosystems



Figura 33: Imágenes de la instalación de la estación Hidrométrica en Iturbe

El equipamiento básico del robusto armario de distribución de esta estación contiene los mismos componentes descritos anteriormente, la diferencia de equipamiento lo hace la sonda que mide el nivel de agua.

Medición del nivel de agua: Sonda manométrica/ sonda de nivel con sensor de temperatura integrado OTT PCS

La OTT PLS sirve para la medición del nivel de aguas superficiales y subterráneas.

Está equipada con un sensor manométrico capacitivo de cerámica duradero y de alta precisión. Es un sensor particularmente robusto y resistente a la sobrecarga mecánica y a los medios agresivos. La electrónica de la sonda registra valores de presión y temperatura, y determina el nivel de agua de forma precisa y repetible compensando los efectos de la temperatura, la densidad relativa del agua y la gravedad específica en la correspondiente estación de medición.

La OTT PLS puede suministrarse con diferentes salidas para la transmisión de los datos medidos a un registrador de datos conectado: la salida analógica de 4...20 mA o las salidas digitales SDI-12 ó RS-485.



Figura 34: Sonda OTT PLS

Características técnicas

<p>Medición del nivel de agua (presión)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Margen de medición: columna de agua de 0 ... 4 m, 0 ... 10 m, 0 ... 20 m, 0 ... 40 m, 0 ... 100 m - Resolución (SDI-12): 0,001 m; 0,1 cm; 0,01 ft; 0,1 mbar; 0,001 psi - Precisión (linealidad e histéresis) SDI-12: $\leq \pm 0,05\%$ FS 4 ... 20 mA: $\leq \pm 0,1\%$ FS 10 ppm/°C a 20 °C - Estabilidad a largo plazo (linealidad e histéresis): $\leq \pm 0,1\%$ /año FS - Retorno a zero: $\leq \pm 0,1\%$ FS - Margen de trabajo con compensación de la temperatura: -5 °C ... +45 °C (sin hielo) 	<p>Unidades</p> <p>cm, m, ft (pie), mbar, psi (libra por pulgada cuadrada), °C, °F</p> <p>Sensor de presión (transductor de presión capacitivo)</p> <ul style="list-style-type: none"> - de cerámica - con compensación de la temperatura - sobrecargable hasta 5 veces más que el margen de medición sin daños mecánicos permanentes <p>Sensor de temperatura</p> <p>Sensor de temperatura NTC</p> <p>Interfaces disponibles (de uso opcional)</p> <p>4 ... 20 mA, SDI-12, RS-485 (vía protocolo SDI-12)</p> <p>Tensión de alimentación</p> <p>+9,6 ... +28 V CC, típico 12/24 V DC</p> <p>Consumo de corriente (SDI-12)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modo sleep: < 600 µA - Activo: < 4 mA <p>Tiempos de reacción</p> <p>Valor de medición estable después de la conexión y preparación para la emisión: < 1 s</p>	<p>Dimensiones y peso</p> <ul style="list-style-type: none"> - Medida L x Ø: 195 mm x 22 mm - Peso: 0,3 kg aprox. <p>Longitud del cable de las interfaces</p> <ul style="list-style-type: none"> - SDI-12: 1 ... 100 m - SDI-12 vía RS-485: 1 ... 1000 m - 4 ... 20 mA: 1 ... 1000 m <p>Condiciones ambientales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura de servicio: -25 °C ... +70 °C - Temperatura de almacenaje: -40 °C ... +85 °C <p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Carcasa: POM, Acero fino 1.4539 (904L), resistente al agua del mar - Hermetizaciones: Viton - Cubierta del cable: PUR <p>Tipo de protección</p> <p>IP68</p> <p>Carga mecánica admisible</p> <p>Cumple las pruebas mecánicas de choque conforme a IEC 68-2-32</p> <p>Valores límites de CEM</p> <p>Cumple EN 61000-4-2/3/4/5/6 y EN 61000-6-3 clase B</p>
--	--	--



Funciones y ventajas

- Sonda de presión relativa con capilar de aire para compensar modificaciones barométricas de la presión del aire
- Célula de medición de cerámica muy precisa, sólida y duradera como ventaja determinante en comparación con las células de medición piezorresistivas estándar con membrana metálica sensible
- Microcontrolador integrado: compensa los efectos de la temperatura y tiene en cuenta valores de corrección específicos como, por ejemplo, la aceleración de la gravedad o la densidad del agua
- Fuerte cable de sonda con alma de Kevlar de longitud estable y capilar de compensación integrado
- Diseño sólido: electrónica con sellado hermético al agua (tipo de protección IP68) y acero de carcasa de alta calidad resistente al agua salada

- Resolución optimizada por la asignación de la señal de 4 ... 20 mA al margen de medición parcial que realmente se necesita
- Emisión de la temperatura del agua adicionalmente al nivel del agua (con salida SDI-12)

Ámbito de aplicación

Medición de nivel en aguas superficiales y subterráneas, entre ellas también:

- Estaciones de medición con bases inclinadas, por ejemplo taludes
- Lechos que congelan temporalmente
- Tubos o barrenos con diámetros reducidos (a partir de 1")
- Aguas salobres
- Diques, presas
- Sistemas de irrigación
- Lechos que no llevan agua todo el año

PUESTA EN MARCHA Y FUNCIONAMIENTO DE LA RED

Las estaciones Hidrométricas instaladas, transmiten a tiempo real el dato de nivel de agua del lugar donde fueron instalados al centro de Monitoreo: Dirección de Meteorología e Hidrología de la DINAC.

Los datos corregidos y validados se publican en el sitio web de ésta institución.

Al final de cada año Hidrológico (de setiembre a agosto del año siguiente) se recomienda la publicación de los resultados.

Se recomienda llevar a cabo el seguimiento de estos datos en una oficina con paneles digitales donde se puedan visualizar los diferentes cauces de la cuenca y sub cuencas y los puntos de medición de los diferentes parámetros (lluvia, caudal, calidad, etc.), para comprender espacialmente los datos recibidos y procesados.

Presupuesto de la puesta en marcha

- Servicio anual de internet para transmisión: 720 US\$
- Mantenimiento anual de equipos: 500 US\$
- Técnico de Nivel Universitario, (de carreras en cuya maya curricular haya Hidráulica e Hidrología): 12000 US\$ (este técnico monitorearía más de una cuenca)
- Técnico en Informática: 12000 US\$ al año.

Costo anual aproximado de la puesta en marcha y funcionamiento: 14220 US\$

RESPALDO TECNICO EN TOMA DE DECISIONES

En base a los datos existentes en la cuenca, de años anteriores se determinó el caudal Ecológico del Río Tebicuary en Villa Florida, a partir de esta información técnica se regula el bombeo de agua para riego de arrozales en la Cuenca.

Se identificó cierta incertidumbre en los datos existentes, debido a faltantes en las series, toma de datos a cualquier hora, cambios de personal de lectura, pérdida o descomposición de regla; con la implementación de la red Hidrométrica automática se pretende continuar la generación de datos más fidedignos y en intervalos de tiempo menor a un día.

Con los datos generados en por lo menos 1 año hidrológico ya se pueden actualizar las curvas de Permanencia de Caudal para respaldo técnico en la toma de decisiones futuras.

DISEÑO, DESARROLLO Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE MANEJO Y PRESENTACIÓN DE INFORMACIÓN DEL REGISTRO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS.

De la examinación del actual registro en que se maneja información, de fuentes internas y externas se concluyó que no existe registro en base de datos, se hace todo en planillas electrónicas; por lo que se diseñó un Sistema de Información que permite la recopilación y análisis de la información colectada desde las fuentes que participan en el suministro de datos en sus distintas facetas, ya sean consultores o personal afectado al entorno de trabajo de la institución, logrando el almacenaje de manera organizada (cronológicamente) y eficiente de toda la información generada por las fuentes mencionadas de manera que sea de fácil acceso y administración.

A partir de la base de datos armada, se podrá analizar y desarrollar reportes dinámicos de acuerdo a la necesidad de los usuarios.

Se diseñará y desarrollará la presentación web, con características que provean sistemas de manejo, administración de permisos y roles de usuarios, lectura de datos e inclusión a bases de datos, que pueda ser escalable y provea mecanismos de exportación de datos mínimos según sea necesario y demás requerimientos estipulados en su construcción.

Se proveerá de sistemas de vinculación de mapas y geo-referenciamiento de los datos recopilados para su visualización en este entorno.

Se viene desarrollando los primeros formularios para la prueba de carga en la base de datos modelada para este efecto.

MODELACION DE LA CUENCA EN SAD-IPH

SAD-IPH por sus siglas en portugués a Sistema Suporte á Decisión, es un sistema de soporte a la toma de decisión, destinado a la gestión de la utilización de los recursos hídricos y aplicable a los instrumentos de la Política Nacional de Recursos Hídricos, desarrollado por Rafael Kayser estudiante del Instituto de Pesquisas Hidráulicas de la Universidad Federal do Rio Grande do Sul.

Debido a la naturaleza del sistema geoespacial, es fácilmente aplicable en cualquier cuenca, simplemente insertando la red hidrográfica vector obtenido a través del modelo de elevación digital de la cubeta de procesamiento.

CAPABILIDADES

Es fácilmente Integrado a la Plataforma SIG Map Window GIS por medio de un "PLUG-IN".

Esta herramienta es capaz de realizar Balances Hídricos cuantitativos y simulaciones de calidad en regímenes de caudales permanentes y lanzamientos de efluentes continuos.

DATOS DE ENTRADA AL MODELO

En la presentación https://prezi.com/xw_nubfbwxe6/sad-iph-capabilidades-y-usos/ se describe paso a paso el proceso de carga de datos en el modelo y los resultados obtenidos para una modelación piloto en la cuenca del Río Tebicuary, en resumen los pasos fueron:

1. En un paso de pre procesamiento a partir de modelos de terreno natural, se extrajo la RED DE DRENAJE y las MINI BACIAS o SUB CUENCAS de la cuenca del Río Tebicuary.
2. Configuración de Datos de Caudales del cauce: Caudales instantáneos, caudal medio diario, caudal medio mensual y caudal medio anual.

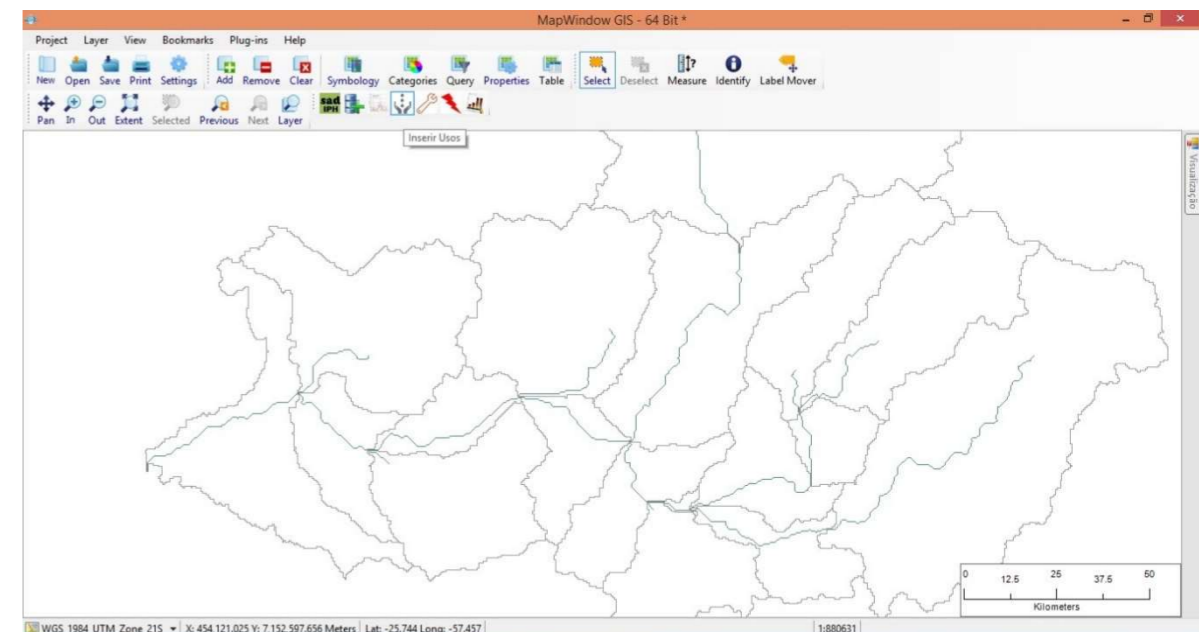


Figura 35: Red de drenaje de la Cuenca del Río Tebicuary y las sub cuencas.

3. Carga de Demandas; espacialmente distribuidas; las que se pueden cargar de 3 formas:
 - a. Manualmente
 - b. Planilla excell
 - c. Polígonos shapes

Para la cuenca del Río Tebicuary, se cargaron los shapes de las áreas de cultivo de la temporada de cultivo 2014-2015, en sus atributos, las mismas continen los datos de demandas mensuales en m³/s, por mes.

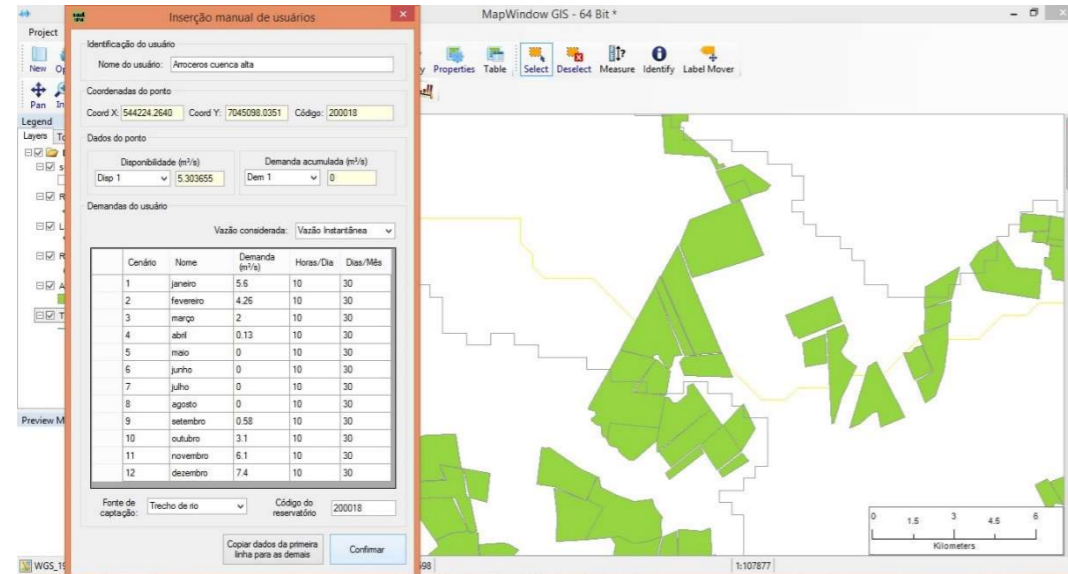


Figura 36: Ventana de Carga de demandas manuales, mes a mes

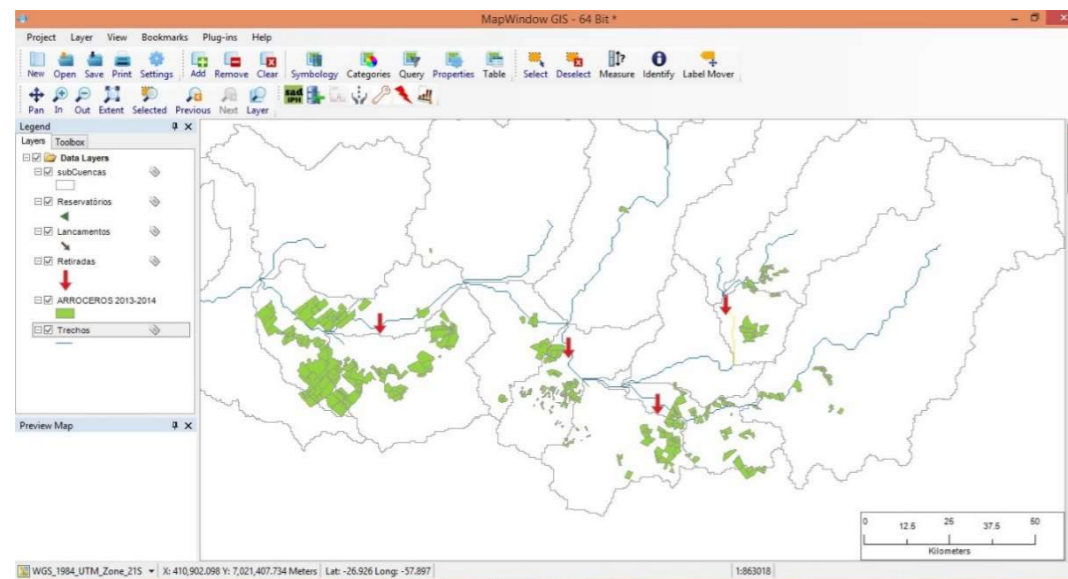


Figura 37: Puntos de extracción de la cuenca

RESULTADOS DE LA SIMULACION

Uno de los productos más ilustrativos de la simulación en este modelo son los Planos con trechos pintados según disponibilidad de agua.

De acuerdo al escenario que se pre establecen, en cada trecho se calcula el caudal disponible= caudal que llega al trecho anterior- la demanda del trecho anterior.

Ese valor de disponibilidad comparado con la demanda del trecho define la situación del trecho.

Por ejemplo, en el escenario del mes 1, que corresponde al mes de enero, se calcula la disponibilidad en cada trecho en base al consumo del mes de ese trecho y el Q95 del mismo. Se ve como el trecho de la

cuenca baja, bajo este escenario tiene 50 % de disponibilidad, y que el trecho de la cuenca alta tiene stress.

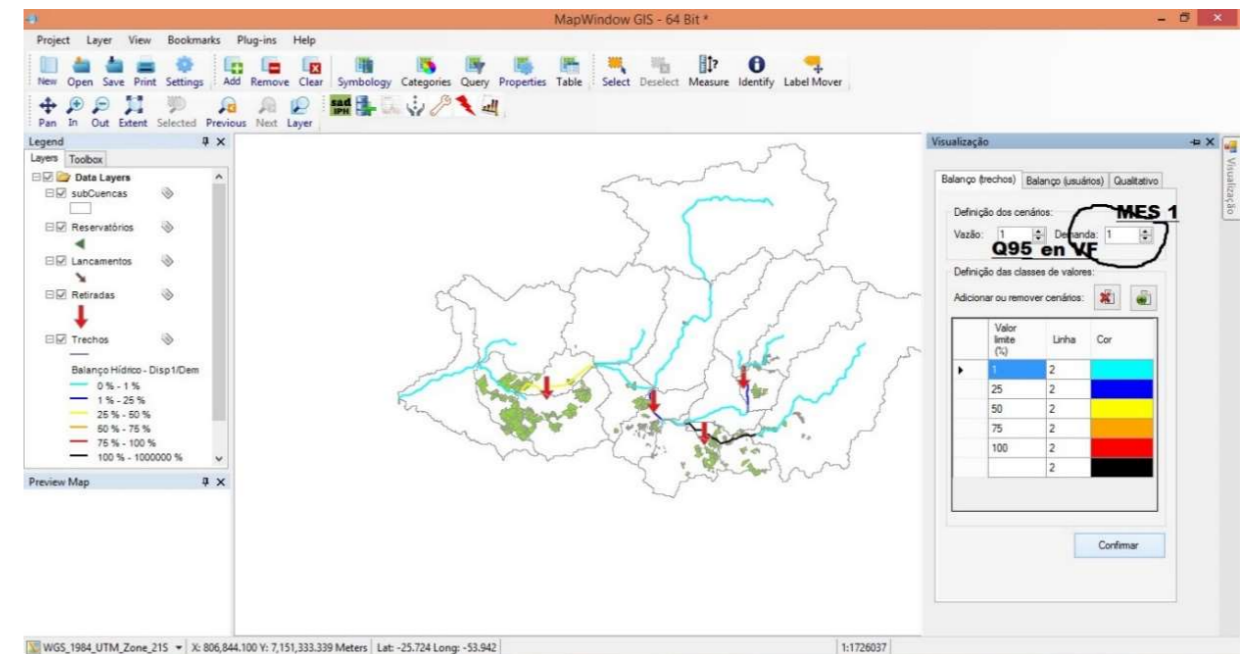


Figura 38: Plano de disponibilidad de agua del mes de enero

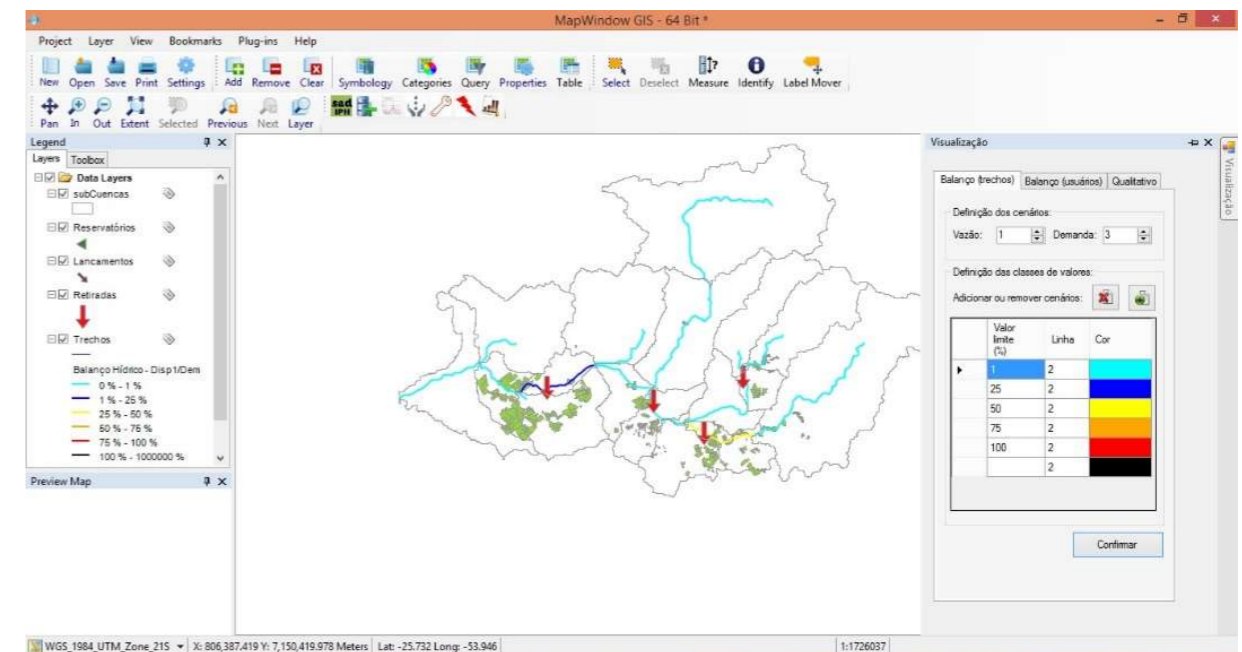


Figura 39: Plano de disponibilidad de agua del mes de febrero

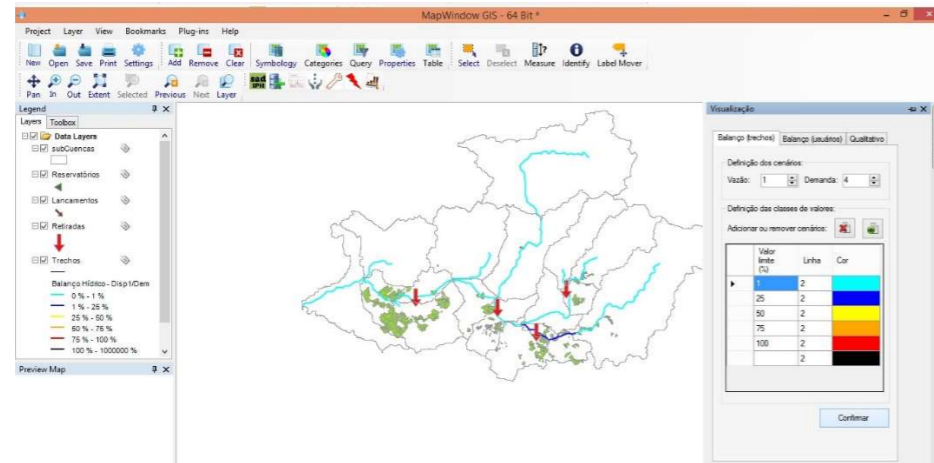


Figura 40: Plano de disponibilidade de agua del mes de marzo

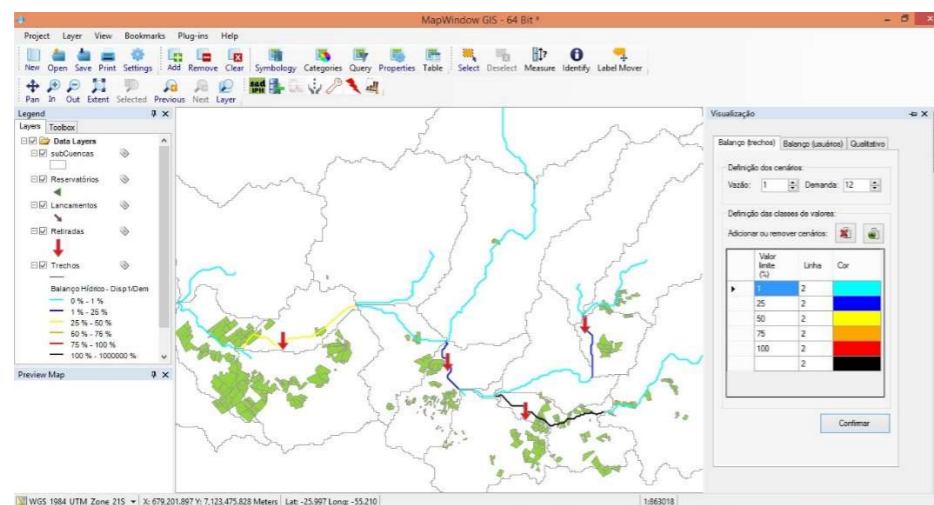


Figura 41: Plano de disponibilidade de agua del mes de diciembre

RECOMENDACIONES DE LA APLICACIÓN DE ESTA HERRAMIENTA EN LA DGPCRH

1. Disponibilidad de agua para cada emprendimiento

Teniendo los vectores bien configurados de todas las cuencas del país;

Teniendo el Q95 de cada cuenca, ya sea simulado o medido

Con el X,Y del emprendimiento y

Los consumos y sus variaciones, ya sea diaria o mensual

2. Regulación de bombeo para los grandes consumidores en la Cuenca del Río Tebicuary.

Teniendo los vectores bien configurado de esta cuenca

Midiendo en varias sub Cuencas por trechos, automáticamente y con transmisión a tiempo real, con una re programación del scrip del SAD, una adaptación

Teniendo bien catastrados los usuarios, la ubicación X,Y de las bombas, tiempo de trabajo, horas por día, días al mes, caudal en m3/s, así la situación de bombeo en cada trecho puede ser actualizada más finamente en la web.

3. Modelar escenarios futuros en MGB y graficar las disponibilidades en SAD

GOBERNABILIDAD

5 Acciones que permitieron a la SEAM la Gobernabilidad

1. Normativa a nivel nacional y operativo a nivel local,

Las actividades mencionadas crearon las herramientas técnicas para la formulación de políticas y la toma de decisiones, permitió establecer los procedimientos para la concesión de licencias de actividades consideradas efectivas o potencialmente degradadoras del ambiente en la cuenca.

Los días de Gobernanzas y talleres en diferentes localidades de la cuenca permiten la descentralización y la ejecución de planes de manejo de cuencas a nivel de cuencas, departamental y municipal. Se apoyó al fortalecimiento de la acción municipal, así como la creación de Consejos Aguas, tanto Locales como Departamentales y se trabajó desde el principio con los productores de la cuenca.

2. Sistema Nacional de Información.

El balance hídrico es considerado apropiado como herramienta técnica, para lo cual fue necesario contar con mediciones de caudales en puntos estratégicos así como implementar una red de mediciones meteorológicas de tal manera a captar la variación de lluvias en el área de la cuenca. Este tipo de mediciones debería formar parte de una base de datos disponible a todos los ciudadanos, así como todos los mapas de suelo y uso de suelos generados.

El plan operativo pretende instalar reglas de mediciones de caudal y estaciones meteorológicas, y planificar la manera de que la manutención y generación de datos sea continua en el tiempo y aun después de concluido el proyecto.

3. Educación y concientización ambiental;

Se realizaron múltiples talleres y capacitaciones a los usuarios de la cuenca, se ayudó a identificar su rol en la cuenca y explicar el impacto de su actividad en la cuenca.

Se promueve constantemente sistemas de manejo ambiental sustentable, en particular los destinados a las actividades vinculadas al desarrollo productivo.

4. Relaciones internacionales;

El Programa Marco de la Cuenca del Plata (PMCP) es un proyecto regional integrado por los cinco países que conforman la Cuenca del Plata (Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay y Bolivia) cuyo objetivo general es fortalecer la cooperación transfronteriza para garantizar la gestión de los recursos hídricos compartidos de la Cuenca del Plata de manera integrada y sostenible, capitalizando oportunidades para el desarrollo.

Dentro de los trabajos que se realizan en el PMCP, uno de los aspectos importantes es el monitoreo de caudales en diferentes puntos de la cuenca, en ese sentido es de gran importancia el conocimiento y empleo de equipos modernos como el ADCP.

La Dirección de Protección y Conservación de los Recursos hídricos de la Secretaria del Ambiente es la entidad que representa al Estado Paraguayo en el PMCP; en ese sentido, de acuerdo al programa de capacitación del PMCP, la DGPCRH-SEAM invitó a los Ingenieros Roberto Amarilla y Rosa Medina, Técnicos de la SEAM y a la Ing Sandra Mongelós del Proyecto PMSAS para participar en el Seminario de Capacitación del equipo ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler – Perfilador Acústico Doppler de Corriente) para el Monitoreo de Caudales en ríos, el mismo se llevó a cabo en la Ciudad de Artigas República Oriental del Uruguay .

El desarrollo del Seminario Monitoreo de Caudales permitió entrenar a tres técnico de la DGPCRH con conocimientos básicos de los principios de funcionamiento y operación del ADCP y permitieron conocer la importancia de esta tecnología en el Monitoreo de Caudales, principalmente en Ríos como el Tebicuary.

El intercambio de experiencias y conocimiento de las diversas formas de trabajo en los países participantes y el nexa entre los equipos fue uno de los mejores logros del taller.

En el marco del mismo proyecto, se presentó el Caso de la Cuenca del Río Tebicuary en Porto Alegre, Brasil, en agosto del 2014 en el Taller de Buenas Prácticas del cultivo de arroz; monocultivo que apunta a ser el consumidor número uno de agua en la región. Durante una semana los técnicos de los países integrantes de la Cuenca del Plata discutieron sobre estrategias en cuestiones de optimizar el uso del recurso sosteniblemente.

5. Articulación intersectorial e intergubernamental;

Se logró involucrar a los usuarios de la cuenca; Productores de arroz en las mediciones meteorológicas y de caudales, se formó una mesa técnica de trabajo para programar acciones de trabajo y manejo de cuenca a corto, mediano y largo plazo.

Otra de las Actividades de los técnicos del Proyecto PMSAS, DGPCRH-SEAM y PMCP fue la campaña Nacional de Medición de Calidad y Cantidad de agua a lo largo del Río Paraguay y Paraná, en conjunto con técnicos Brasileños de la ITAIPU BINACIONAL, técnicos del Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas (CEMIT), la Asociación Paraguaya de Recursos Hídricos (APRH) y la EVARSA (Argentina).

EXPERIENCIA EN LA CUENCA DEL RÍO TEBICUARY.

La problemática por escasez de agua en ciertas épocas del año en la cuenca del río Tebicuary ha tenido trascendencia en diferentes estratos sociales. Los lugareños, en su mayoría pescadores reclaman que los grandes productores desvíen el cauce del Tebicuary y los acusan de secarlo. Años previos al proyecto, la regulación del bombeo se hacían sin criterios técnicos y los ceses de bombeos se definían por presiones sociales o políticas. Antes de conformarse el equipo del proyecto en la SEAM, la Secretaria del Ambiente había fijado un caudal de 20 m³/s de regulación del bombeo.

En diciembre del 2012, técnicos del proyecto comenzaron a realizar mediciones de caudal en Villa Florida y a analizar la demanda de agua para la producción de arroz. En febrero del 2013, en una de las grandes bajantes del río se midió 19 m³/s, lo que llevo a la SEAM a declarar el cese de Bombeo por Resolución 697/13 y en base a informes de mediciones de los técnicos del proyecto. A la semana de dicha resolución, al observarse un repunte en el nivel del río en Villa Florida y al comprobar los caudales con mediciones, se estableció un bombeo intermitente y se modificaron algunos parámetros de regulación en la Resolución 717/13.

Ese año con la crisis y con algunos estudios y monitoreo en la cuenca se llegó a la conclusión de que un solo punto de monitoreo no es suficiente; que no se los podía regular a todos los productores por un mismo punto de monitoreo. Se concluye también que la variación diaria de caudales del Río es significativa, que los tiempos entre la redacción y publicación de una resolución no se adapta a las necesidades de riego en épocas de sequía de los productores, ocasionando grandes pérdidas productivas.

Durante el año 2013 se continuaron con las mediciones de caudal, se calculó la curva HQ, se registraron los niveles diarios en Villa Florida y se computaron los caudales diarios; por otro lado se interpretaron imágenes satelitales de los meses de setiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2012 para analizar las hectáreas de parcelas cultivadas cada mes para estimar consumos de agua mensuales.

En setiembre del 2013 por Memorándum N° 78/13 se presenta a la DGPCRH el INFORME ANUAL CUENCA DEL RIO TEBICUARY, en el cual se describen todas las características fisiográficas, caracterización, demandas y balance hídrico de la cuenca.

A partir de dicho informe y otros análisis en setiembre del 2013, por Memorándum N° 85/13 se presentan “DATOS Y RECOMENDACIONES PARA EL USO SOSTENIBLE DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RIO TEBICUARY”, en donde ya se recomienda a Yuty como punto de control para la cuenca Alta y Villa Florida para la Cuenca Baja. Se recomienda caudales de cese de bombeo de 35 m³/s en Villa Florida y 15 m³/s en Yuty.

La Resolución 288/13 del 1 de noviembre del 2013 establece caudales de regulación para la Cuenca Media y Alta y para la Cuenca Baja.

Dispone implementación de plan de Bombeo Escalonado a partir de caudales de 25 m³/s en la cuenca Alta y Media y 40 m³/s en la Cuenca Baja; así también dispone los caudales de cese de bombeo por 10 días o hasta que supere el nivel crítico mínimo, en la cuenca Alta y Media: 15 m³/s y en la Cuenca Baja: 25 m³/s.

Para la siembra 2013-2014 ya se monitoreaba diariamente los niveles y caudales en Villa Florida y Yuty. Los productores de la cuenca baja entendieron la importancia de seguir el monitoreo, ya que con el seguimiento de los caudales ellos administraban el recurso agua y se ponían en alerta cuando los niveles comenzaban a bajar bruscamente.

A finales de enero del 2014 la sequía vuelve a azotar a la cuenca, la segunda semana de febrero el caudal del río alcanza el de regulación y por Resolución se declara cese de bombeo. Una tormenta en la cuenca repunta el caudal durante el fin de semana; para cuando la Secretaria del Ambiente y los trámites legales de redacción de Resolución quieren habilitar el bombeo, el caudal del río vuelve a los de cese de Bombeo. Este desfasaje de tiempo, causó a varios productores descontento ya que su riego se vió afectado por la burocracia. En respuesta a esta situación se buscó el mecanismo de actualizar a diario la situación de bombeo en la cuenca y por el resto de la zafra a diario se publicaba en la página web de la SEAM el estado del Bombeo en la Cuenca del Río Tebicuary.

En agosto del 2014 se actualizaron los informes de la cuenca, contando ya con 2 años hidrológicos de sequía y crisis en la cuenca los meses de enero y febrero.

Este tema se llevó a debate en varios niveles del Gobierno, se discutió con cámara de Diputados y Senadores, quienes propusieron un anteproyecto de Ley para la suspensión de nuevas licencias a la producción de arroz en la Cuenca con extracción de agua del Río.

Los Gobernadores de los departamentos en la Cuenca asintieron también de la problemática y dieron el apoyo político a la SEAM para limitar la demanda de agua en la cuenca, hasta tener más estudios y bien optimizado el manejo del recurso por los actuales usuarios.

En agosto del 2014 en el Taller de Buenas Prácticas del Cultivo de Arroz organizada por el Programa Marco en Porto Alegre, Brasil, se expuso sobre el caso de la Cuenca del Río Tebicuary y las medidas que está tomando la SEAM; se discutió a nivel Cuenca del Plata sobre la gran demanda de agua del arroz y maneras eficientes de conservar el recurso.

La SEAM por Resolución 1097/14 del 19 de agosto del 2014 resuelve la suspensión de la expedición de nuevas declaraciones de impacto ambiental y ampliaciones para proyectos y actividades agrícolas que tengan como objetivo la captación de agua en el Río Tebicuary por el plazo de 2 años contados a partir de la firma de la Resolución.

Los meses de enero y febrero del 2015 fueron bien húmedos, después de dos años de estudio no hubo crisis en la Cuenca, de igual manera el equipo técnico del Proyecto, en conjunto con los técnicos de la DGPCRH están socializando los estudios realizados hasta la fecha en la cuenca y trabajando en mejorar los mecanismos de regulación así como también los planes de manejo del recurso en la Cuenca.

Se está trabajando en el catastro de los productores a partir de las licencias expedidas, recorridos de campo e imágenes satelitales, en la informatización del registro, en la automatización de las mediciones de nivel con publicación a tiempo real de los caudales de la Cuenca, en la socialización con diferentes estratos sociales de la cuenca de la problemática del agua y en las estrategias comunicacionales.

Con el relevamiento topográfico de la regla instalada por ITAIPU en Villa Florida se pudo unificar la serie de medidos del 1974 – 2002 y los del 2012-2015 y se actualizó la curva HQ y así se logró integrar la serie de datos diarios de dichos periodos.

CONCLUSIONES

1. La Cuenca del Río Tebicuary (CRT) es la más grande en área de la región oriental del Paraguay, de mucha importancia por su ubicación geográfica y por las actividades productivas que se llevan a cabo en la misma.
2. Se identificaron en la CRT estaciones meteorológicas operando por varias instituciones, cooperativas y privados; y el número de las mismas así como su distribución espacial resultan insuficientes.
3. Es una cuenca que en los últimos 40 años sufrió cambios significativos en el uso de suelo, principalmente la cuenca Alta sufrió deforestación y en la cuenca media y baja se instalaron grandes áreas de producción de arroz con riego intensivo.
4. Con relevamientos topográficos de la regla instalada en el 2012 por la ITAIPU se integraron bases de datos de mediciones y se actualizo la relación caudal altura en Villa Florida.
5. Se calculó balance Hídrico en escala mensual de los años hidrológicos 2012-2013, 2013-2014 y 2014-2015
6. Se analizaron las permanencias de caudales para periodos en que la cuenca aún no sufrió cambios en el uso de suelo significativos y permanencia de caudales en un periodo actual.
7. Se Identificaron las parcelas de productores de arroz, clasificándola por mes de siembra (2012-2013 y 2013-2014)
8. En cada siembra se estimaron los caudales de agua necesarios mes a mes para la producción de arroz.
9. Con los datos disponibles y con adaptaciones a situaciones observadas se recomienda una metodología para la determinación de los caudales ambientales y caudales de regulación de bombeo de agua para irrigación en esta cuenca.
10. Se instalaron equipamientos de medición de nivel de agua automáticos en los puntos de control de la cuenca, que permite el monitoreo de la cuenca a tiempo real.
11. Se tienen las estimaciones de costo operativo de cada campaña de medición de caudal
12. La modelación de la cuenca en el SAD-IPH dio como resultado preliminar los trechos y meses de stress hídrico en la cuenca para escenarios específicos.
13. La cuenca del Río Tebicuary es una cuenca con muchos desafíos en lo que respecta a la Gestión del agua.

14. La creación de un sistema de información, la formulación del balance hídrico anual, la interpretación de imágenes satelitales, campañas de educación y concienciación ambiental, intercambio de experiencias a nivel internacional y articulación intersectorial e intergubernamental son algunas herramientas técnicas que permitieron a la SEAM la formulación de políticas y la toma de decisiones
15. La experiencia en la cuenca del Río Tebicuary es modelo para la SEAM, ha sido un modelo de gestión y toma de decisiones a partir de datos técnicos e investigación.

RECOMENDACIONES

1. La densificación de redes de mediciones meteorológicas, una buena red Hidrométrica son la clave para una gestión sustentable.
2. El monitoreo de la cuenca debe ser constante, e ininterrumpido.
3. El Balance Hídrico debe ser actualizado todos los años,
4. Todos los años deben identificarse las parcelas de arroz, para tener una estimación de las demandas para la regulación y la gestión del agua.
5. Actualización/automatización del catastro de productores
6. La modelación puede mejorarse con actualización de parámetros, consumos y más datos de campo.
7. Se debe medir caudal en los puntos de control sistemáticamente para ir actualizando en cada punto la curva HQ.
8. Con datos de niveles sistemáticamente adquiridos y curvas HQ actualizadas se deben ir calculando las permanencias de caudales en cada punto de control.
9. La involucración y participación de actores es fundamental para la sostenibilidad en el tiempo de algún plan de Gestión.

GALERIA DE FOTOS



Visita a Cámara de Diputados, CONADERNA para discutir situación de la Cuenca del Río Tebicuary, Abril 2014.



Reunión CIC Plata, tema Balance Hídrico – Santa Fé, Argentina, Mayo 2014



Presentación del Caso Cuenca del Tebicuary en el Taller sobre buenas prácticas de Cultivo de Arroz, en Puerto Alegre, Brasil, Agosto 2014.



Charla sobre Balance Hídrico de la Cuenca del Río Tebicuary en la Universidad Nacional de Caazapá, Setiembre 2014.



Día de Gobernanza en la Gobernación de Caazapá, setiembre 2014



Presentación del Balance Hídrico 2012-2013 ante autoridades de la ciudad de Yuty, en Yuty, enero 2014.



Taller Plan Nacional del Arroz, organizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería- Exposición de importancia de Mediciones y balance Hídrico para este tipo de planificación.



Reunión con los Gobernadores de los departamentos en la Cuenca del Río Tebicuary y los productores de arroz.



Reunión mensual de actualización de avances del proyecto con los técnicos de la DGPCRH-SEAM.



Fiscalizaciones de arrozales, en días de cese de Bombeo



Medición de caudales con La Misión del Banco Mundial, octubre 2013



Reuniones periódicas con los representantes técnicos de la Asociación de Arroceros de la Cuenca Baja del Río Tebicuary.



Primera campaña Nacional de Medición de Caudales a lo largo del Río Paraguay, mayo 2013



Medición del Río Tebicuary en julio del 2014, con la compañía EVARSA de Argentina.

BIBLIOGRAFIA

- Oralía Oropeza Orozco, A tLAS REGIONAL, Pendiente del terreno, Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. orooro@igg.unam.mx
- Ministerio de Obras Públicas y transportes (MOPUt). 1991. Guía para la elaboración de estudios del medio físico: Contenido y metodología. tercera Edición. Madrid, España.
- Ing. Agr. José Silvero, Lic. Biol. Aída Olavarrieta, Lic. Qca. Mirtha Kiuncer, Lic. Amb. Flavia Fiore, Lic. Amb. Rocío Idoyaga, REVISION DE LA INFORMACIÓN HIDROLÓGICA EXISTENTE Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CUENCA DEL RIO TEBICUARY, Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos (DGPCRH), Secretaria del Ambiente, Agosto 2012.
- CENSO AGROPECUARIO NACIONAL 2008.VOLUMEN I.PRESIDENTE DE LA REPUBLICA. Don Fernando Lugo Mendez , ENCARGADO DE NEGOCIOS a.i. DE DELEGACION DE LA UNION EUROPEA EN PARAGUAY: Don Eduardo Lechuga. MINISTRO DE LA SECRETARIA TECNICA DE PLANIFICACION : Econ. Bernardo Esquivel Vaesken. MINISTRO DE AGRICULTURA Y GANADERIA:Abog. Enzo Cardozo Jiménez.VICE MINISTRO DE LA SUB SECRETARIA DE AGRICULRURA:Ing. Agr. Andrés Wehrle, VICE MINISTRO DE LA SUB SECRETARIA DE GANADERIA:Dr. Armin Enrique Hamann, VICE MINISTRO COORDINADOR EJECUTIVO SIGEST: Ing. Agr. Hugo Halley Merlo, DIRECTOR NACIONAL DEL PROYECTO FoCoSEP: Econ. José Félix Bogado Tábacman, DIRECTOR DE LA DIRECCION DE CENSO Y ESTADISTICAS AGROPECUARIAS: Ing. Agr. Edgardo Raul Nuñez Ferreira.SAN LORENZO – PARAGUAY, AÑO 2009
- TRABAJO PRÁCTICO DE TOPOGRAFÍA 2, Control de Cota del Río Tebicuary. PROF. ING. ARTURO AQUINO, PROF. ING. FÁTIMA SÁNCHEZ, PROF. ING. FEDERICO FERREIRA. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Asunción.San Lorenzo. Año 2015
- Anuario
- Olson, D.M., E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake, N.D. Burgess, G.V.N. Powell, E.C. Underwood, J.A. D'Amico, I. Itoua, H.E. Strand, J.C. Morrison, C.J. Loucks, T.F. Allnutt, T.H. Ricketts, Y. Kura, J.F. Lamoreux, W.W. Wettengel, P. Hedao, and K.R. Kassem. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth (PDF, 1.1M) BioScience 51:933-938. The Global Land Cover Facility (2006), Forest Cover Change in Paraguay, Version 1.0, University of Maryland Institute for Advanced Computer Studies, College Park, Maryland, 1990-2000.
- http://www6.uniovi.es/~feli/CursoMDT/Tema_4.pdf
- <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/629/pendiente.pdf>
- <http://www.mag.gov.py/Censo/Book%20Vol4.pdf>