

COMITÉ INTERGUBERNAMENTAL COORDINADOR DE LOS PAÍSES DE LA CUENCA DEL PLATA (CIC)

PROGRAMA MARCO – CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE RED HIDROMETEOROLÓGICA Y CALIDAD DE AGUA EN LA CUENCA DEL PLATA

INFORME DE FINAL

INDICE

I.- INTRODUCCIÓN

II.- PARTE I -

II.1.- Área de Estudio

II.2.- Diagnostico a cerca del estado de la red de Mediciones Hidrometeorologicas y de Calidad de Aguas de la cuenca del Plata en la Republica Argentina.

II.2.a.- Subcuenca Rio Paraná

II.2.a.1.-- Estaciones Hidrométricas

II.2.a.2.- Estaciones Pluviométricas y Meteorológicas

II.2.b.- Subcuenca Rio Paraguay

II.2.b.1.-- Estaciones Hidrométricas

II.2.b.2- Estaciones Pluviométricas y Meteorológicas

II.2.c.- Subcuenca Rio Uruguay

II.2.c.1.-- Estaciones Hidrométricas

II.2.c.2- Estaciones Pluviométricas y Meteorológicas

II.2.d.- Subcuenca Rio de La Plata

II.2.d.1.-- Estaciones Hidrométricas

II.2.d.2- Estaciones Pluviométricas y Meteorológicas

II.3.- Otras Redes en la Republica Argentina

II.4.- Conclusiones

II.5.- Recomendaciones

III.- PARTE II

III.1.- Supervisión de las actividades de los consultores

III.1.a.- Consultor Palma Pinto Delduque - Brasil -

III.1.b.- Consultor Alejandro Oleaga
III.1.c.- Consultor Benjamin Grassi

IV. PARTE III

IV.1. -Introducción
IV.2.- Red de Monitoreo de variables hidrológicas
IV.3.- Red de Monitoreo de Calidad de Agua
IV.4.- Conclusiones
IV.5.- Sistema de Alerta
IV.6.- Conclusiones
V.- Recomendaciones PEA

VI.- PARTE IV

VI.1.- Participación en la elaboración del ADT Recursos Hídricos

INFORME DE FINAL

I. INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene por objeto exponer los resultados finales obtenidos de las tareas indicadas en los Términos de Referencia, correspondiente al contrato para la revisión y diagnóstico del estado de las redes de mediciones en la Cuenca del Plata.

En tal sentido el presente informe cuenta con cuatro partes, en la primera se efectúa un diagnóstico a cerca del estado de la red de monitoreo de variables hidrológicas en el ámbito de la Cuenca del Plata, en la Republica Argentina .

El segundo componente del informe, consiste en una síntesis a nivel de toda la cuenca del Plata, elaborada en base a los informes confeccionado por los consultores senior, contratados por el Programa Marco, a los efectos de elaborar un diagnósticos del estado de las redes de mediciones hidrometeorológicas y de calidad de aguas, en cada uno de los países integrantes del CIC, en todas las macro cuencas que aportan al Rio de la Plata. Cabe destacar que en esta oportunidad el Programa Marco solo ha contratado especialistas senior para el componente redes en los países de Argentina, Brasil, Paraguay Uruguay, no contándose entonces con información actualizada del Estado Plurinacional de Bolivia.

La tercera parte tiene por objeto una evaluación y diagnóstico a nivel de cuenca del Plata integrando toda la información disponible por los países a excepción de el Estado Plurinacional de Bolivia.

Finalmente en la cuarta parte se describen las actividades desarrolladas conjuntamente con el Responsable del Componente de Recursos Hídricos, Prof. Carlos Tucci y los coordinadores de area Diogo Buarque y Juan C. Bertoni.

II.- PARTE I -

II.1.- Área de Estudio

En la Republica Argentina el área de influencia de la Cuenca del Plata incluye partes de la cuenca del Rio Paraná, Paraguay , Uruguay y la propia del Plata, según la siguiente distribución.

Superficie Cuenca del Plata en la Republica Argentina			
Sub Cuenca	Cuenca del Plata [Km ²]	En la Argentina [Km ²]	% del Total
Paraguay	1095000	165000	15.1%
Parana	1510000	565000	37.4%
Uruguay	365000	60000	16.4%
Rio de la Plata	130000	117800	90.6%
Total	3100000	907800	29.3%

En todos los casos, las superficies indicadas en la tabla de los Ríos Paraná, Paraguay y Uruguay corresponden a la cuenca baja de estos sistemas hidrográficos. En virtud de ello, los aportes líquidos son relativamente pequeños si se los compara con la superficie que drena. Ello se debe a que las características fisiográficas de la cuenca que generan procesos hidrológicos propios de los ríos de llanura.

En tal sentido cabe destacar que los aportes más importantes al sistema del Plata en la Republica Argentina, se produce sobre el Rio Paraguay, a través de la cuenca del Ríos Bermejo y algunos tributarios del Rio Paraná.

II.2.- Diagnostico a cerca del estado de la red de Mediciones Hidrometerologicas y de Calidad de Aguas de la cuenca del Plata en la Republica Argentina.

A los efectos de poder efectuar un análisis mas detallado del sistema en su conjunto, se consideraran en forma separada cada sub cuenca para finalmente realizar un diagnostico general de la Red en la Cuenca del Plata en la Republica Argentina.

II.2.a.- Subcuenca Rio Paraná

II.2.a.1.-- Estaciones Hidrométricas

En este caso nos referimos en general a cualquiera de los siguientes tres tipo de estaciones:

- A.** Estación de Medición de Alturas Hidrométricas y Aforos Líquido y Sólido
- B.** Estación de Medición de Alturas Hidrométricas y Aforo Líquido
- C.** Estación de Medición de Alturas Hidrométricas

Lo primero que se puede observar de las tablas I y II del informe I, que del total de 90 estaciones relevadas solo 55 se mantienen activas, de las cuales 28 se encuentran sobre el propio Rio Paraná y las restantes 26 en los diferentes tributarios de este ultimo.

Esta distribución permite concluir que en principio el propio cauce del Rio Paraná posee una importante red de medición de niveles y caudales ya que cuenta con 28 estaciones para cubrir un cauce de aproximadamente 1000 kms de longitud, que además tiene la presa de Yacireta que también cuenta con sistemas de medición de caudales.

Por el contrario para el resto de la cuenca, es decir la red que pueda monitorear los tributarios al propio cauce del Rio Paraná, resultan escasos. En efecto, si bien como se menciona en este tramo del rio no existen tributarios de gran envergadura, si se lo compara con los caudales trasportados por el Rio Parana, la red de drenaje posee una importante cantidad de cursos que localmente son de importancia, habida cuenta que muchos de ellos sirven como fuente de agua para usos múltiples (consumo humano, productivo, etc) e inclusive algunos de ellos atraviesan ciudades importantes que son vulnerables ante eventos extremos.

Es importante también destacar que ninguna de las estaciones hidrométricas instaladas y operativas sobre el Rio Paraná efectúa en forma sistemática la medición de caudales sólidos.

Finalmente se observa que prácticamente la totalidad de las estaciones de registros hidrométricos cuentan con transmisión telemétrica. En efecto de las 55 estaciones operativas 46 poseen transmisión en tiempo real, lo cual permitiría efectuar un adecuado seguimiento a los niveles del rio a los fines de poder establecer alertas tendientes a prevenir mayores daños en las áreas mas vulnerables próximo a los cauces.

II.2.a.2.- Estaciones Pluviométricas y Meteorológicas

En lo que respecta a las estaciones de registros pluviométricos, se han relevado sobre la cuenca del Rio Paraná un total de 1267 estaciones, algunas de las cuales poseen registro continuo (pluviografo) pero la mayoría lo son de registro discreto. No existe un dato preciso a cerca de cuántas de ellas se encuentran a la fecha activa, ya que muchas de ellas, la mayoría perteneces a organismos provinciales cuyas bases no son de libre acceso.

Lo que se advierte es que del inventario existente que 74 estaciones pluviométricas cuentan con transición a distancia (telemétricas). A diferencia de las estaciones hidrométricas, estas se encuentran distribuidas mas uniformemente a lo largo de toda la superficie de la cuenca del Paraná, lo cual permitiría evaluar la disponibilidad del recurso en todo el ámbito de la cuenca a partir de datos distribuidos en forma más o menos homogénea.

Finalmente en lo que respecta a las estaciones Meteorológicas la cuenca cuenta con 49 de las cuales 10 de ellas poseen transmisión en tiempo real.

Finalmente cabe destacar que a este conjunto de estaciones se le debe adicionar las correspondientes al Ente Binacional Yacireta (EBY), el cual cuenta con 25 estaciones, 17 de las cuales se localizan en territorio Argentino y las restantes en el Paraguay.

II.2.b.- Subcuenca Rio Paraguay

II.2.b.1.-- Estaciones Hidrométricas

La cuenca del Rio Paraguay en la Republica Argentina, cuenta básicamente con dos tributarios de importancia como lo son los Ríos Bermejo y Pilcomayo. Sin embargo este ultimo no drena sus aguas en forma directa hacia el Rio Paraguay, habida cuenta que los desbordes producidos en la cuenca inferior provocan un movimiento vertical del flujo que genera la evaporación en infiltración del flujo antes de su vertido al Paraguay.

Por el contrario el Rio Bermejo, es un importante tributario que del Paraguay que confluye con este ultimo apenas unos kilómetros aguas arriba de su confluencia con el Rio Paraná.

El Rio Pilcomayo, a través de la Comisión Trasnacional (CTP) opera una red de 14 estaciones hidrométricas, de las cuales cinco se encuentran en la Republica Argentina

y las restantes lo hace en el Estado Plurinacional de Bolivia. Todas ellas cuentan con transmisión telemétrica y sus reportes horarios son publicados en la pagina Web de la CPT. En algunos casos como Misión La Paz, se efectúan aforos líquidos, pero en general debido a la inestabilidad del curso fluvial los caudales se estiman en base a curvas de gastos. Cabe recordar que los caudales producidos en esta cuenca no aportan en forma directa hacia el cauce del Rio Paraguay, sino que lo hacen a través pequeños riachos (arroyos).

En el caso del Rio Bermejo, está sub cuenca cuenta con una red de mediciones hidrométricas conformada por 11 estaciones, una de las cuales se encuentra en Bolivia y las restantes 10 en la Republica Argentina. Del total de las 10 estaciones se efectúan aforos líquidos en cinco de ellas

Cabe también mencionar que existe una serie importante de caudales sólidos medidos en estas cinco estaciones, pero que a la fecha dichas mediciones han sido interrumpidas.

En síntesis la cuenca del Rio Paraguay en la Republica Argentina, cuenta con una red de monitoreo compuesta por 25 estaciones las cuales poseen transmisión en tiempo real y sus datos están disponibles en los organismos de cuencas tales como la CPT (www.pilcomayo.net) y la Comisión Regional del Rio Bermejo (COREBE) (www.corebe.org.ar).

Sobre el propio Rio Paraguay, el Sistema de Información Hidrológica de la SSRH de la Republica Argentina, no cuenta con estaciones de monitoreo para medición de niveles y caudales, solo se advierte la existencia de 3 estaciones para medición de niveles del Rio, operada por Prefectura Naval Argentina, cuya finalidad es la previsión de las condiciones de navegabilidad.

En consecuencia se observa que en el Rio Paraguay entre la frontera con la Republica del Paraguay y su confluencia con el Rio Parana, no cuenta con estaciones hidrométricas con mediciones de caudales líquidos ni sólidos, aun cuando en este tramo descargan sus aguas el Rio Bermejo, como un afluente importante tanto de caudales líquidos como sólidos.

II.2.b.2- Estaciones Pluviométricas y Meteorológicas

En general la cuenca del Rio Paraguay en la Republica Argentina, cuenta con 180 estaciones pluviométricas. Entre estas se encuentran las gestionadas por los organismos de cuenca, como así también otras operadas por los estados provinciales. Se efectúa esta aclaración, habida cuenta que la CTP y la COREBE disponen de sus datos a través de servicios Web, mediante el cual todo usuario que requiera de este tipo de información puede acceder , no siendo así en todos los casos donde los operadores son las provincias.

En tal sentido existen 34 estaciones publicadas por la CPT y 10 por la COREBE, las cuales cuentan con transmisión telemétrica, mientras que las restantes están a cargo de los estados provinciales (Chaco y Formosa), y en general son del tipo convencional.

Finalmente en lo que respecta a la red de estaciones meteorológicas existen 7 estaciones con transmisión convencional . Estas estaciones son operadas por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), la Provincia de Salta y la Universidad Nacional de Jujuy (UNJu). En este caso se puede acceder a la información de las estaciones operadas por el SMN, a través de su página Web.

II.2.c.- Subcuenca Rio Uruguay

II.2.c.1.-- Estaciones Hidrométricas

La situación observada en la cuenca del Rio Uruguay en la Republica Argentina, presenta cierta particularidad respecto de la información hidrométrica disponible, habida cuenta que el Sistema de Información Hidrológico Nacional, solo con 3 estaciones hidrométricas ninguna de la cuales se encuentra operativa.

Cabe destacar que en el tramo binacional, se encuentra la represa de Salto Grande, la cual cuenta con su red de mediciones hidrométricas, que incluye estaciones en Brasil, Uruguay la Republica Argentina tanto en sus tributarios como en el propio curso del Rio Uruguay.

Además de esta información se encuentra disponible en su página web (<http://www.prefectura naval.gov.ar>), mediciones de niveles del Rio Uruguay en 18 estaciones, operadas por la Prefectura Naval Argentina, la cual registra la altura del Rio y publica sus valores.

Sin embargo al igual que en el caso del Rio Paraguay en el tramo Binacional, no se cuenta con estaciones de medición de caudales a excepción de los datos que se registran en la Presa de Salto Grande. en efecto la Comisión Técnica Mixta Salto Grande cuenta con nueve (9) estaciones hidrométricas en territorio Uruguayo y Argentino, todos ellos con transmisión telemétrica.

II.2.c.2- Estaciones Pluviométricas y Meteorológicas

En el ámbito de la cuenca en la Republica Argentina se han relevado 54 estaciones pluviométricas, distribuidas entre las provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos. Las mismas son operadas por el INTA, el SMN la Red Hidrológica Nacional y la Dirección de Hidráulica de la Provincia de Entre Ríos. y todas ellas son estaciones con transmisión convencional.

Respecto de las estaciones meteorológicas existentes en la cuenca, se ha relevado una sola, en la localidad de Concordia (Entre Ríos) la cual es operada por el SMN y no cuenta con transmisión telemétrica.

Finalmente, se debe mencionar que al igual que las estaciones hidrométricas, la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande, cuenta con una red de monitoreo precipitaciones de unas 30 estaciones pluviométricas, todas ellas con transmisión telemétrica.

II.2.d.- Subcuenca Rio de La Plata

II.2.d.1.-- Estaciones Hidrométricas

Como se sabe el Rio de la Plata nace a partir de la confluencia de los Ríos Paraná y Uruguay y descarga sus aguas sobre el Océano Atlántico, con una longitud total entre su nacimiento y desembocadura en el mar de menos de 300 Kms. Como consecuencia de ello se destacan dos aspectos relevantes:

- Por un lado los caudales que escurren por el Rio de la Plata, básicamente son los que aportan sus tributario principales (Paraná y Uruguay), siendo los caudales de la propia subcuenca, prácticamente despreciables frente a los provenientes de la cuenca alta.
- Los niveles del Rio de la Plata se encuentran fuertemente influenciados por los efectos de la marea tanto astronómica como meteorológica.

Teniendo en cuenta estos dos aspectos el Rio de la Plata y los usos del recurso que se efectúa de el, (navegación, agua potable) no existen estaciones de medición de caudales líquidos, sobre su cauce principal y los caudales líquidos (sedimentos) se evalúan a través de batimetrías periódicas que determinan el estado de las vías navegables y las necesidades de su dragado. Solo se cuenta con unas 4 estaciones de

medición de caudales líquidos en unos tributarios menores de la provincia de Buenos Aires.

En consecuencia las mediciones existentes sobre este río se refieren exclusivamente a niveles cuya finalidad es poder brindar información destinada a la navegación ya que la mayoría de ellas son operadas por la Dirección Nacional de Vías Navegables (DNVN) y la Prefectura Naval Argentina, mientras que las de sus tributarios son operadas por organismos provinciales y/o municipales.

La cantidad total de estaciones hidrométricas es de 20 de las cuales 12 poseen transmisión a distancia.

II.2.d.2- Estaciones Pluviométricas y Meteorológicas

Las estaciones de medición de lluvias en la propia cuenca de aporte al Río de la Plata son 24, todas ellas localizadas en la provincia de Buenos Aires las cuales son operadas por el INTA y el SMN. la mayoría de estas cuentan con transmisión telemétrica.

Un aspecto relevante a destacar en este sector de la cuenca, es que cuenta con un radar meteorológico, destinado a emitir alertas tempranas, ante la posibilidad de eventos pluviométricos severos que puedan poner en riesgo a la población. Cabe recordar que en la ciudad de Buenos Aires y su cono urbano habitan unos 10.000.000 millones de habitantes.

II.3.- Otras Redes en la Republica Argentina

Se encuentra en proceso de desarrollo por parte de la SSRH un sistema de Alertas de Precipitaciones que tiene por objeto diseñar un sistema al cual se pueda acceder mediante una página web (web-hrl.net) y en el que se propone disponer de todas las

estaciones meteorológicas o pluviométricas con transmisión telemétrica existentes en la Republica Argentina.

El sistema permite por una parte localizar geográficamente las estaciones sobre un mapa o imagen del País, y poder con un simple clic sobre el icono poder conocer los datos que registra esa estación, en el momento de su búsqueda. En la misma ventana donde despliega los datos, cuenta con un link que permite acceder al propio sitio de la estación donde se puede navegar sobre una base de datos asociada a la estación, incluyendo en algunos casos la serie histórica de la misma.

El sistema de información cuenta con datos de estaciones operadas por organismos públicos, como el INTA, productivos como las Bolsa de Cereales de Entre Ríos, Bolsa de Comercio de Rosario, y privados a través de asociaciones de productores o empresas agropecuarias.

Cabe destacar que el sistema no verifica la calidad de los datos ni su consistencia ya que los publica en tiempo real. Se efectúa esta aclaración, habida cuenta que las estaciones incluidas en el sistema son de diferente calidad y precisión algunas de las cuales pueden no estar homologadas por el SMN.

Finalmente es importantes notar que este sistema a la fecha cuenta con mas de 300 estaciones en el ámbito de la cuenca del Plata en la Republica Argentina, distribuidas en las provincias de Buenos Aires, Chaco, Formosa, Jujuy, Entre Ríos, Corrientes, Misiones, Santa Fe, Salta y Santiago del Estero.

II.4.- Conclusiones

- Una forma de poder establecer la calidad de la red de monitores desde el punto de vista cuantitativo, puede ser a través de la evaluación de la densidad de las redes y compararlas con las recomendaciones efectuadas por la Organización

Meteorológica Mundial (WMO – World Meteorological Organization). Dicho organismo establece como parámetros de referencias recomendadas para las diferentes redes las indicadas en la tabla siguiente:

Unidad Fisiográfica	Precipitación		Evaporación	Caudal líquido	Sedimentos	Calidad de Agua
	Pluviómetro	Fluviógrafo				
Costera	900	9.000	50.000	2.750	18.300	55.000
Montañosa	250	2.500	50.000	1.000	6.700	20.000
Llanura	575	5.750	5.000	1.875	12.500	37.500
Ondulada	575	5.750	50.000	1.875	12.500	47.500
Islas	25	250	50.000	300	2.000	6.000
Area Urbana	–	10–20	–	–	–	–
Zona Polar o Arida	10.000	100.000	100.000	20.000	200.000	200.000

La tabla indica la cantidad de kilómetros cuadrados por cada estación, en función del tipo de morfología del área a monitorear.

Si consideramos la disponibilidad de estaciones en la Cuenca del Plata, en el ámbito de la Republica Argentina se puede observar que en términos generales y desde el punto de vista cuantitativo, la densidad de estaciones existentes resultan por debajo de las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM - WMO).

En efecto, en la tabla siguiente se compara los valores recomendados por la OMM y los efectivamente relevados para cada una de las subcuencas del rio de la Plata en la Republica Argentina.

Unidad Fisiográfica	Precipitación	Evaporación	Caudal líquido	Sedimentos	Calidad de Agua*
	Km ² /Est	Km ² /Est	Km ² /Est	Km ² /Est	Km ² /Est
Llanura	575	5000	1875	12500	37500
Paraguay	902	23571	3929	41250	82500
Parana	562	11771	15270	0	113000
Uruguay	1111	60000	30000	0	0
Rio de la Plata	4908	9062	29450	0	0

* En el caso de calidad de agua se destaca que la información indicada esta referida a la red hidrológica nacional, pero cabe destacar que habida cuenta que desde el Rio de la Plata se abastecen diferentes centros urbanos en la Republica Argentina, es probable que existen una red de mediciones de Calidad en las tomas de agua y sus zonas de influencia.

Como se puede observar, salvo una condición particular asociada a las estaciones pluviométricas en la sub cuenca del Rio Paraná, los demás resultados muestran claramente la deficiencia de estaciones de monitoreo, según las recomendaciones de mínima dadas por la OMM

Sin embargo se puede apreciar en la tabla que en todos los casos las cuencas de los Ríos Paraguay y Uruguay son las que mayores deficiencias presentan en el marco general de la cuenca del Plata.

Un aspecto que resulta necesario destacar, es la ausencia de estaciones de medición de caudales sólidos. Esta circunstancia tiene una vital importancia sobre el propio Rio de la Plata y el Rio Paraná, ya que estos cursos se transforma en una fundamental vía de transporte fluvial, tanto para la Republica Argentina, como para Paraguay y Uruguay.

- Si bien desde el punto de vista cuantitativo, la cantidad de estaciones disponibles en la red de monitoreo de variables hidrológicas y calidad de agua resultan escasas, su localización en el ámbito general de la cuenca del plata atenúa esta circunstancia. En efecto, tanto el Rio Paraguay, como el Uruguay y el Parana.se encuentran en lo que se denomina la cuenca inferior, donde debido a las

características fisiográficas de la región y su red de drenaje, los aportes, a excepción del Río Paraguay, son pequeños cuando se los compara con los producidos en la cuenca alta y media.

- Considerando la descripción precedente se puede advertir además que en general el curso del Río Paraná cuenta con un monitoreo adecuado en lo que respecta a la medición de su flujo, siendo más marcado el déficit en sus tributarios. Por el contrario, para el caso de los Ríos Paraguay y Uruguay, las mayores deficiencias se presentan en los propios cursos principales.
- En términos generales, la red cuenta con un bajo porcentaje de estaciones con transmisión en tiempo real, básicamente en lo referente al monitoreo de variables hidrometeorológicas, lo cual condiciona sensiblemente la posibilidad de emitir alertas, particularmente en ciertas áreas vulnerables ante eventos extremos.
- Sobre el aspecto precedente, es importante destacar que el sistema de Alertas de Precipitaciones, que se encuentra en desarrollo por parte de la SSRH, presenta una gran importancia para la cuenca del Plata, ya que a la fecha cuenta con registros de más de 350 estaciones hidrometeorológicas, cuyos datos se pueden acceder on-line a través de una página Web. Este sistema una vez finalizado será de gran utilidad tanto para un sistema de alertas como para la elaboración de balances y pronósticos de escurrimientos.
- Desde el punto de vista institucional, se observa una cierta atomización de los agentes que operan y/o disponen de una red de monitoreo con fines hidrológicos, hidrometeorológicos o meteorológicos. En efecto, si bien la República Argentina cuenta con un Sistema Nacional de Información Hídrica que depende de la autoridad de aplicación de la Nación, esta posee una cantidad limitada de estaciones, pero existen otros organismos tales como:

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

DNVN: Dirección Nacional de Vías Navegables

SMN: Servicio Meteorológico Nacional

Autoridades de Agua de las Provincias de Buenos Aires, Chaco, Formosa, Entre Ríos, Santa Fe, Santiago del Estero, Salta (ADA, APA, UPCA , DHER, SOPyRH, APRH, SRH).

que tienen sus propias redes, lo cual incrementa sensiblemente la cantidad de estaciones de monitoreo en la cuenca. Sin embargo, si bien en cada una de estas redes se localizan estaciones de mediciones hidrométricas, hidrometeorológicas e inclusive de calidad de agua, la gestión y disponibilidad de dichos datos presentan diferentes grados de dificultad para su obtención. Ello, en parte, se debe a que cada uno de sus organismos tienen finalidades específicas y por lo tanto usuarios directos hacia los cuales está dispuesta la información.

- Atendiendo a esta problemática, la SSRH, conjuntamente con todos los organismos nacionales y provinciales que operan y gestionan redes de monitoreo, se encuentran desarrollando un programa denominado Integración de Redes, que tiene por objeto integrar todas las redes de monitoreo hidrológico, existentes en el país, a los efectos de poder disponer de un inventario nacional de estaciones, asociada a una base de datos que pueda ser accesible, mediante sistemas online.
- Finalmente uno de los aspectos mas relevantes, no solo por su objetivos sino por el desarrollo tecnológico para el monitoreo de eventos meteorológicos, es el programa SINARAME, que la Republica Argentina se encuentra desarrollando. El objetivo de desplegar una red nacional de radares meteorológicos con un sistema de centralización de la información en tiempo real.

Para ello el país desarrolla radares denominados RMA (Radares Meteorológicos Argentinos) cuya primera etapa consistió en el desarrollo y la fabricación del prototipo

del primer Radar Meteorológico Argentino (RMA) de última generación, RMA0 y del primer radar operativo de serie, RMA1. Asimismo, se realizó el diseño, la implementación y la instalación de un Centro de Operaciones (COP) con capacidad de recepción y procesamiento en tiempo real de datos de la actual y futura red nacional de radares meteorológicos.

La segunda etapa del proyecto consiste en la construcción, instalación y puesta en marcha de 10 radares meteorológicos argentinos distribuidos en distintos puntos del país, que se suman a los ya existentes y complementan la red nacional junto con 55 estaciones meteorológicas y el equipamiento para 5 centros regionales de procesamiento.

Cabe destacar que en el ámbito de la cuenca del Plata esta propuesta la instalación de cuatro (4) radares cuya cobertura permitirá emitir alertas prácticamente en la totalidad de la Cuenca del Plata, en la Republica Argentina.

II.5.- Recomendaciones

Tomando como base las conclusiones precedentes, se presenta a continuación algunas sugerencias destinadas a considerar la mejora y/u optimización de las redes de monitoreo.

III.- PARTE II

III.1.- Supervisión de las actividades de los consultores

Básicamente se efectúa un análisis en base a los informes elaborados por los consultores de Brasil, Paraguay y Uruguay

III.1.a.- Consultor Palma Pinto Delduque - Brasil -

La cuenca del río Paraná en la Republica Federativa de Brasil cubre una superficie de 879.873 km² , la del Rio Paraguay 363.446 km² y la cuenca del Río Uruguay 174.533 km², totalizando 1.417.852 km² como area de aporte total zona de captación. Posesión de estos datos, es posible calcula, en territorio brasilero hacia la Cuenca del Rio Plata. Teniendo en cuenta estas dimensiones se ha efectuado una estimación de las densidades de las estaciones por km² a los efectos de compararlos con las densidades recomendadas por la OMM - y obtener en base a ello un primer análisis a cerca de las características de la red. En el cuadro que sigue se reproducen los resultados obtenidos, clasificándolo por subcuenta y tipo de estación. En la tabla se indica entre paréntesis los valores recomendados por la OMM

Estações Pluviométricas Ativas

	Total	Densidade (Km ² /estação)	Paraná	Densidade (Km ² /estação)	Uruguai	Densidade (Km ² /estação)	Paraguai	Densidade (Km ² /estação)
Pluviométricas	3036	460	2555	344	326	535	155	2345
Pluviômetro	2937	483 (575)	2488	354 (575)	297	588 (575)	152	2391 (575)
Pluviógrafo	600	2363 (5750)	503	1749 (5750)	67	2605 (5750)	30	12115 (5750)
Meteorológica	299	4742	234	3760	46	3794	19	19129
Telemétrica	800	1772	576	1528	163	1071	61	5958

Un primer análisis de este muestra que en términos generales tanto en lo que respecta a pluviómetros y pluviógrafos, la Cuenca del Plata en su sección brasileña se encuentra bien equipada ya tiene una densidad superior a la recomendada por OMM. Cuando se examina por separado cada una de las sub cuencas se observa que esta situación se presenta en las cuencas de los Ríos Paraná y Uruguay , pero no así cuando se considera la cuenca del Rio Paraguay .

Por su parte cuando se evalúa las estaciones hidrométricas (fluviometricas) con idéntico criterio se observan los siguientes resultados.

Estações Fluviométricas Ativas

	Total	Densidade (Km ² /estação)	Paraná	Densidade (Km ² /estação)	Uruguai	Densidade (Km ² /estação)	Paraguai	Densidade (Km ² /estação)
Fluviométricas	2377	596	1911	460	242	721	224	1623
Nível Discreto	1512	938 (1875)	1164	756 (1875)	235	743 (1875)	113	3216 (1875)
Nível Contínuo	182	7790	158	5569	12	14544	12	30287
Caudal Líquido	1319	1075 (1875)	1014	868 (1875)	196	890 (1875)	109	3334 (1875)
Caudal Sólido	348	4074 (12500)	215	4092 (12500)	86	2029 (12500)	47	7733 (12500)
Qualidade	1343	1056 (37500)	1077	817 (37500)	97	1799 (37500)	169	2151 (37500)
Telemétrica	783	1811	569	1546	148	1179	66	5507

En este caso, se advierte un resultado similar al de las pluviométricas, ya que a nivel general de la Cuenca del Plata, las densidades obtenidas son superiores a las sugeridas por la OMM. Al analizar por separado las cuencas, tanto la Cuenca del Río Paraná y la del Río Uruguay también tienen densidades muy satisfactorio en relación con las normas recomendadas, pero nuevamente cuando se considera la cuenca del Río Paraguay se observa una severa deficiencia a excepción de la red de monitoreo de calidad de agua y caudales sólidos.

Una primera pero muy importante conclusión, en base a los cuadros antes indicados, es que sólo la Cuenca del Río Paraguay presenta deficiencias de las estaciones de acuerdo con los criterios de la OMM, tanto para las mediciones de nivel, la cantidad de pluviógrafos y pluviómetros y, por lo tanto, deben recibir una mayor atención para su ampliación y/o mejora de las redes de esta cuenca.

Sin embargo para la Administración Nacional del Agua de Brasil (ANA), hay otros aspectos que merecen ser atendidos, tales como los planos de las cuencas hidrográficas, las áreas críticas para el control de las inundaciones, el marco normativo, demarcación de zonas indígenas, las unidades de conservación, las áreas agrícolas bajo riego, la minería, y muchos otros puntos que influyen e impactan en la planificación de una red hidrometeorológica.

Teniendo en cuenta el tamaño del país y de las diferentes cuencas y sus puntos de monitoreo tanto lluvias, niveles, caudales, sedimentos y la calidad del agua, la gestión de la Red, está estructurado de tal manera que los levantamiento de los datos y mantenimientos de las estaciones se llevan a cabo mediante acuerdos de cooperación técnica, contratos de servicios y los términos de cooperación que el ANA firma con las entidades y empresas que operan la red para el organismo.

Bajo este esquema de gestión descentralizada , en los últimos años el ANA ha centrado su atención en el programa de modernización de la Red , dado los avances tecnológicos en los últimos decenios, sobre todo en las áreas de informática, electrónica y telecomunicaciones, contando con la futura adhesión de otras entidades y empresas en el sentido de la modernización de toda la red meteorológica Brasileira.

En ese marco el ANA, para la Cuenca del Plata, efectuó varios estudios de planificación para el desarrollo de la red de estaciones automáticas y telemétricas y un "Proyecto de instalación operación y mantenimiento de estaciones automáticas y telemetría de ANA por un período de cinco años", 2012 a 2016, ya en fase de explotación.

En la actualidad la red telemétrica en funcionamiento en la Cuenca de Plata, en territorio brasileño, tiene aproximadamente 1583 puestos equipados con sistema de telemetría, considerando las estaciones propias del ANA y de otras entidades o empresas, para el seguimiento en tiempo real de eventos de lluvia y el nivel de los ríos.

La modernización de la Red hidrometeorológica en la Cuenca del Plata en territorio brasileño se ha producido gradualmente en los últimos cinco años y se debe continuar en los próximos años, con un aumento significativo de la información necesaria para la decisión en el corto plazo a los organismos de gobierno, estatal o federal, el ejemplo de salas de situación creada para acelerar la adopción de medidas necesarias para reducir al mínimo los efectos nocivos de eventos hidrológicos extremos

Cuando se consideran los más variados temas que se tratan en el marco del Programa Marco, se deben identificar los problemas transfronterizos relacionados con la temática en particular. Sin embargo, cuando se trata el tema de redes, por sus características específicas, hay que señalar las oportunidades de relación entre los países, especialmente en el intercambio de información entre ellos y la complementariedad destinada a minimizar las deficiencias de la densidad de las estaciones en las regiones fronterizas.

En este sentido en la base de datos de la información ANA cuenta con datos de estaciones ubicadas en otros países de la Cuenca del Plata, 202 estaciones de mediciones hidrométricas (fluviométricas) y 171 estaciones pluviométricas, a las cuales se puede acceder a través de Internet en el mismo sitio de otras emisoras brasileñas. Este sistema HidroWeb, en los demás países de la cuenca, también puede acceder fácilmente a los datos de emisoras brasileñas y en los casos de inundaciones, puede consultarse el Sistema de Vigilancia en Tiempo Real

III.1.b.- Consultor Alejandro Oleaga

En la Republica Oriental del Uruguay l área de estudio se restringe exclusivamente a las cuencas de los Ríos Uruguay con 130.000 Km² de área de aporte y unas 12.200 Km² correspondientes al área que drena sobre el propio Rio de la Plata. En el caso del Rio Uruguay abarca gran parte del territorio nacional, la cual se descompone en cuatro subcuencas, siendo estas la del Río Negro, Río Santa Lucía, Río Uruguay y Río de la Plata.

De acuerdo a los datos relevados en términos de estaciones existentes en cada una de las sub cuencas del Rio Uruguay y de La Plata, se reproduce el cuadro que establece las densidades de las respectivas estaciones a los efectos de poder comparar con los parámetros sugeridos por la OMM.

Cuenca	Área (km ²)	Área (%)	Hidrométricas				Pluviométricas			Meteorológicas		
			Nivel	Nivel y Caudal	Densidad N y C (km ² /est)	Telem. N y C (%)	Cantidad	Densidad (km ² /est)	Telem. (%)	Cantidad	Densidad (km ² /est)	Telem. (%)
Río Uruguay	45500	32,5	17	26	1750	35%	102	446	36%	11	4136	55%
Río de la Plata	12200	8,7	27	13	938	0%	29	421	3%	10	1743	50%
Río Negro	68600	49,1	6	48	1429	52%	148	464	21%	6	11433	33%
Río Santa Lucía	13500	9,7	12	16	844	0%	26	519	0%	4	3375	50%
Totales	139800		62	103	1357	33%	305	458	23%	31	4510	48%

En términos generales se puede observar que la cantidad de estaciones existentes, se encuentran por encima de las recomendaciones de la OMM, tanto para estaciones de registros hidrométricos como pluviométricos y meteorológicos.

Sin embargo un aspecto importante de observar es la ausencia de información relativa a caudales sólidos como así también a calidad de agua..

Uruguay cuenta con un relevante conjunto de estaciones de monitoreo (mayormente manuales), que presentan distintas carencias en función de los objetivos que se pretendan.

Con una visión de cuenca, si el objetivo fuera la generación de información que permita calibrar, validar e inclusive operar modelos regionales de predicción de eventos extremos, se entiende que su distribución y operación es aceptable.

En el caso del desarrollo de alertas hidrológicas tempranas en localidades vulnerables, una debilidad a destacar, es que no se cuenta con una entidad que focalice, gestione y procese la información generada por diversos actores para desarrollar los pronósticos necesarios. Ello se resuelve en base a acuerdos y convenios entre diversos actores (que cuentan con distintas prioridades y cometidos), tanto a nivel nacional como

internacional que permite actualmente el desarrollo de pronósticos en la mayor parte de las áreas pobladas con alta vulnerabilidad.

También dificulta la posibilidad de alertas la escasa cantidad de estaciones con transmisión telemétrica, ya que del total existentes en toda la cuenca solo el 27 % puede transmitir en tiempo real los datos relevados.

La carencia de un radar meteorológico, como presentan los países vecinos, impide que puedan realizarse alertas ante eventos puntuales extremos con mayor antelación, precisión e inclusive incorporar otro tipo de alertas (Ej. granizo).

Finalmente un aspecto también a destacar es que si bien en la Republica Oriental del Uruguay el organismo cuenta con un organismos nacional como es la Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA), se observa también la existencia de otras estructuras públicas y privadas que operan o gestionan redes de monitoreo tales como :

- Dirección Nacional de Meteorología (INUMET)
- Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE)
- Instituto Nacional de Investigación Agrícola (INIA)
- Comisión Técnica Mixta de Salto Grande (CTM-SG)
- Obras Sanitarias del Estado (OSE)
- Administración Nacional de Puertos y Dirección Nacional de Prefectura
- Organismos o proyectos internacionales (Comisión Administradora del Río Uruguay -CARU-, Comisión Administradora del Río de la Plata -CARP-, Freplata)
- Intendencia Municipal de Montevideo (IMM)
- Empresas o emprendimientos privados (Minera Aratirí, Montes del Plata -MDP-, UPM).

Si bien esta situación permite la existencia de una importante cantidad de estaciones, cada una de estas redes, posee una finalidad en particular y consecuentemente sus datos están dirigidos a usuarios específicos y no conforman una base de datos única disponible independientemente del uso que se pueda efectuar de los mismos.

Respecto de la red de monitoreo de calidad de agua la Dirección Nacional De Medio Ambiente (DINAMA) es la unidad ejecutora del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, responsable de la formulación, ejecución, supervisión y evaluación de los planes nacionales de protección del medio ambiente y de proponer e instrumentar la política nacional en la materia, compatibilizando dichas necesidades de protección del medio ambiente con un desarrollo sostenible.

Como parte de los cometidos delegados se encuentra el formular, ejecutar, supervisar y evaluar planes para medir y evaluar el estado de la calidad de los recursos ambientales: recursos hídricos, aire y ecosistemas incluyendo áreas naturales protegidas y las zonas costeras. Bajo este marco regulatorio cuenta con cien (100) estaciones de monitoreo de calidad de agua, distribuidas en seis (6) cursos fluviales. Además de lo indicado, se deben incluir una serie de estaciones sobre el Río Uruguay que son realizadas en conjunto con la República Argentina en el marco del control de la planta de fabricación de pulpa de Celulosa UPM, las cuales cuentan con mediciones desde diciembre de 2007.

Conclusiones

La red hidrológica básica en Uruguay, ha ido evolucionando históricamente, parcialmente en respuesta a necesidades particulares y de los recursos económicos y humanos asignados. Actualmente la red es significativamente mas pequeña que décadas atrás, y no cuenta con estaciones telemétricas propias en operación, lo que muestra que no ha priorizado la alerta temprana, habiéndose centrado en la generación de información y su almacenamiento..

Por sus propias necesidades para la gestión de presas de generación de energía eléctrica CTM y UTE cuentan con una importante cantidad de estaciones telemétricas

(tanto hidrológicas como pluviométricas) o manuales que se publican cada pocas horas.

Con una visión de cuenca, si el objetivo fuera la generación de información que permita calibrar, validar e inclusive operar modelos regionales de predicción de eventos extremos, se entiende que su distribución y operación es aceptable.

En el caso del desarrollo de alertas hidrológicas tempranas en localidades vulnerables, una debilidad a destacar es que no se cuenta con una entidad que focalice, gestione y procese la información generada por diversos actores para desarrollar los pronósticos necesarios.

La carencia de un radar meteorológico, como presentan los países vecinos, impide que puedan realizarse alertas ante eventos puntuales extremos con mayor antelación, precisión e inclusive incorporar otro tipo de alertas.

III.1.c.- Consultor Benjamin Grassi

La Red Meteorológica del Paraguay está integrada, a su vez, por redes meteorológicas de instituciones diferentes con fines específicos, así se tiene a la Dirección de Meteorología e Hidrología de la DINAC que cumple el rol de Servicio Meteorológico Nacional (SMN) por consiguiente ostenta la Representación Permanente del Paraguay ante la Organización Meteorológica Mundial (OMM). En el ámbito agropecuario, se encuentran las Redes de Estaciones Meteorológicas Agrícolas del MAG, del IPTA, ambas del sector público, y la Red de Estaciones Meteorológicas Agrícolas de la FECOPROD en el sector privado. Recientemente la SEAM ha montado una Red de Estaciones Climatológicas con fines de apoyar la Gestión de los Parques Nacionales.

Por su parte la Red Hidrológica del Paraguay está integrada, por entidades relacionadas a la seguridad de navegación en los ríos como la Armada Nacional de las

Fuerzas Armadas de la Nación y a la empresa estatal ANNP, y por las empresas referentes del sector energía, la redes operantes son las de la estatal ANDE y las redes de las entidades binacionales hidroeléctricas IB (Itaipu) y la EBY (Yacireta), estas redes hidrológicas cuentan con la particularidad de operar estaciones hidrométricas y climatológicas o pluviométricas con fines hidrológicos. Es de señalar que las observaciones hidrológicas se enfocan fundamentalmente a las observaciones hidrométricas de nivel de agua y en menor medida las observaciones de flujo o caudal, quedando las observaciones de calidad de agua bastante rezagadas dentro del plan de observaciones hidrológicas.

Las observaciones de calidad de agua son realizadas en el Paraguay por instituciones relacionadas a la salud ambiental, y es la encargada de realizar la identificación y evaluación del comportamiento del ambiente con la salud humana, así dispone de un Laboratorio cuyo rol primordial es vigilar por la calidad de las aguas superficiales y subterráneas destinadas para el consumo humanos y la recreación. Sin embargo, observaciones y/o monitoreo responden a situaciones coyunturales más que a un plan de observaciones contemplado en un Programa de Observaciones Hidrológicas en forma operativa. No obstante se constatado la existencia de capacidades para realizar observaciones hidrométricas de calidad de agua, particularmente en lo referente a la disponibilidad de laboratorios.

Las observaciones meteorológicas están aceptablemente cubiertas en la Región Oriental del país, especialmente en el centro y sur, pero se observa un notable déficit en el Chaco Paraguayo que representa el 60% del territorio nacional. La densidad de observaciones pluviométricas en el Paraguay está por debajo de lo recomendado técnicamente por la OMM y el déficit se agudiza para las observaciones pluviográficas.

El cuadro que sigue muestra la densidad de estaciones tanto en la cuenca del Rio Paraguay como del Paraná, y los valores sugeridos por la OMM

Densidad de Estaciones en Paraguay

Cuenca en Paraguay	<i>Densidad de estaciones</i>	
	<i>Pluviométricas</i>	<i>Hidrométricas</i>
	km ² /estación (mínimo OMM)	
	575	1.875
Río Paraguay	4.290	18.513
Río Paraná	764	2.037

En la Cuenca del Río Paraguay, hay que considerar una marcada heterogeneidad en la densidad pluviométrica, la cantidad de pluviómetros en la margen derecha (Chaco Paraguayo) es muy inferior a la densidad observada en la margen izquierda (Región Oriental) en coincidencia con la baja densidad poblacional de la primera región.

Algunas redes de observaciones se han reducido considerablemente en los últimos años, tal es el caso de las observaciones meteorológicas agrícolas que han sufrido un deterioro reciente, comprometiendo esta situación a la agricultura dada la alta dependencia de la misma con el clima.

La Red de Estaciones Meteorológicas de la DINAC se encuentra en proceso de automatización y es materia pendiente la generación de estadísticas climatológicas de estas nuevas estaciones, muchas de las cuales operan en paralelo con estaciones convencionales operadas por observadores meteorológicos, especialmente en las estaciones sinópticas y aeronáuticas, la automatización de varias estaciones meteorológicas plantea un desafío particular a fin de integrar los datos de estaciones convencionales con datos de estaciones automáticas en un proceso de validación.

En lo que respecta a las observaciones hidrológicas en el Río Paraná están bastante bien cubiertas en los tramos fronterizos del Paraguay con Argentina y Brasil, donde las

entidades hidroeléctricas mantienen redes importantes. Sin embargo donde se observa una debilidad sustancial en las mediciones hidrológicas es en el Río Paraguay y más notable es aun el déficit de estaciones en los ríos tributarios al Río Paraguay.

En base a los registros existentes se puede decir que es prácticamente nula existencia de estaciones hidrológicas fuera de los cauces principales del Río Paraná y fundamentalmente del Río Paraguay. Las observaciones de calidad de agua deben de ser mejoradas sustancialmente en todo el país.

Desde lo institucional se puede observar que existen varios organismos que realizan observaciones meteorológicas e hidrológicas en el Paraguay, siendo la Dirección de Meteorología e Hidrología de la DINAC la principal y el órgano oficial en Meteorología en Paraguay.

En el sector Hidrología se observa una mayor diversidad de actores, observándose una falta de liderazgo institucional sobre las observaciones hidrológicas a nivel nacional.

Aquí cabe mencionar que la DINAC ha reorganizado la Dirección de Meteorología e Hidrología. Varias de las cuestiones mencionadas anteriormente tienen su origen en debilidades institucionales, entre las cuales se puede mencionar la insuficiencia de personal técnico calificado en observaciones meteorológicas e hidrológicas, la falta de presupuestos adecuados para contratación de personal técnico, así como para adquirir, instalar, operar y mantener redes, y, generar y mantener un adecuado programa de gestión de datos.

Un sistema de observación hidrometeorológico sumamente importante había sido implementado por la DINAC en los últimos años con la instalación y operación del ***Radar Meteorológico de Asunción***, siendo en la actualidad una herramienta poderosa para los sistemas de alerta hidrometeorológico en el Paraguay. Este Radar Meteorológico Doppler es de Banda-C y tiene una cobertura parcial del territorio

paraguayo, se prevé a corto plazo la instalación de otro Radar Meteorológico para mejorar la cobertura nacional y posibilitar una ampliación de la cobertura regional con radares meteorológicos de Argentina y Brasil.

IV. PARTE III

IV.1. -Introducción

La cuenca del Rio de la Plata cuenta con una red de monitoreo de parámetros hidrológicos y de calidad de agua con una marcada asimetría, tanto en lo que respecta a sus aspectos cualitativos como cuantitativos.

En efecto, el sistema del Plata está conformado por tres macro cuencas como los son las del Rio Paraguay, del Rio Paraná y del Rio Uruguay. Si bien cada uno de estos sistemas posee una red de mediciones de parámetros hidrológicos y de calidad de agua la cantidad de estaciones las características de las mismas, su distribución, densidad de la red, etc. presentan diferencias importantes.

En general, a nivel de cuenca del Plata, se observa una cantidad significativa de estaciones, básicamente de mediciones pluviométricas e hidrométricas, con series de registros de variada longitud, que permitirían evaluar la disponibilidad del recurso y planificar su uso con fines múltiples. Sin embargo, cuando se consideran estas redes a nivel de macro cuencas se observan diferencias, marcadas siendo o la cuencas del Paraná la que posee la red de mejores características, mientras que las del Rio Uruguay y fundamentalmente la del Rio Paraguay, presentan mayores deficiencias.

Por su parte cuando se evalúa las características de las redes de mediciones con fines de alertas, se puede concluir que esta presenta una baja densidad, lo que no permitiría efectuar registros que posibiliten la emisión de alertas con fines de prevención y/o mitigación de eventos extremos que generen daños personales y de infraestructura

IV.2.- Red de Monitoreo de variables hidrológicas

La cuenca cuenta con una importante red de monitoreo de variables hidrológicas. En general las estaciones de la red, se encuentren estas operativas o hayan sido dadas de baja, se clasifican en general en:

➤ Estaciones Hidrométricas o Fluviométricas

Estas cuentan siempre con registros de alturas de agua en causes, eventualmente en algunos casos además también miden caudales líquidos y/o sólidos.

➤ Estaciones Pluviométricas

En general son estaciones que cuentan con instrumental para medición de precipitación, sean estas de registro discreto (pluviómetro) o continuo (pluviógrafo).

➤ Estaciones Meteorológicas

Se consideran todas aquellas que al menos registran cuatro (4) parámetros meteorológicos tales como temperatura, presión atmosférica, viento y lluvias.

En todos los casos hay estaciones convencionales o con sistemas registros automáticos y además algunas de ellas cuentan también con sistema de transmisión de datos a distancia (telemétricas) que permiten transmitir el dato en tiempo real.

Bajo el criterio indicado precedentemente la red de mediciones hidrológicas está distribuida según las figuras 1, 2 y 3

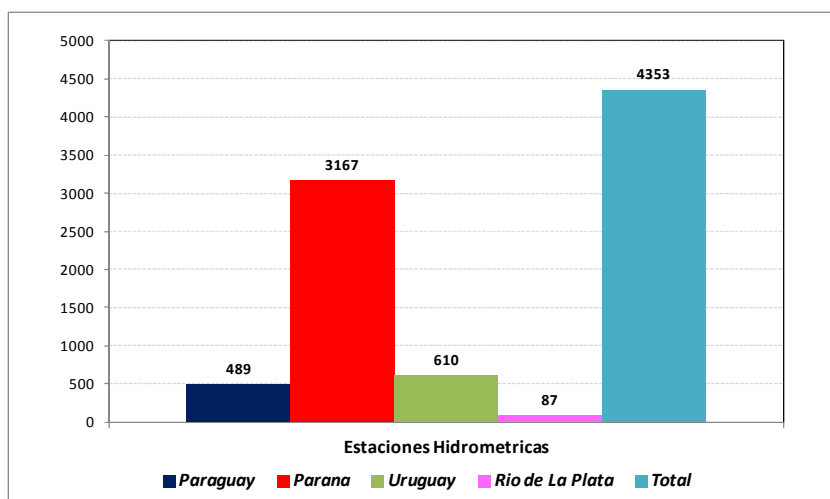


Figura 1.- Distribución Estaciones Hidrométricas Cuenca del Plata

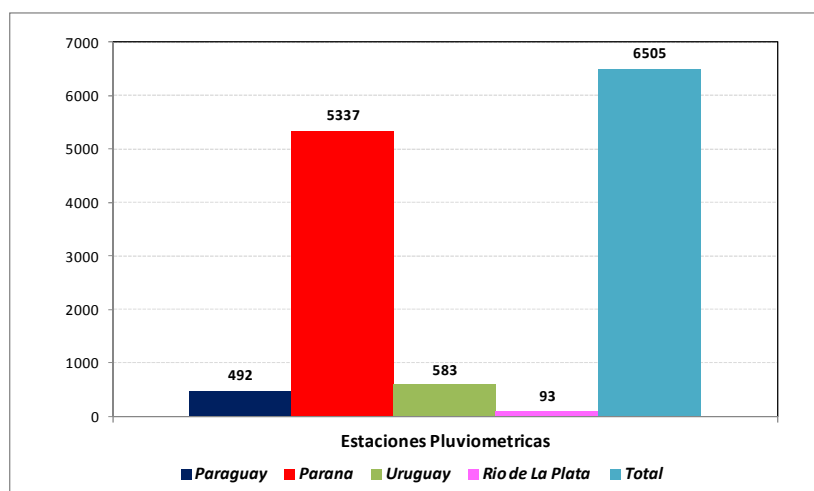


Figura 2.- Distribución Estaciones Pluviométricas Cuenca del Plata

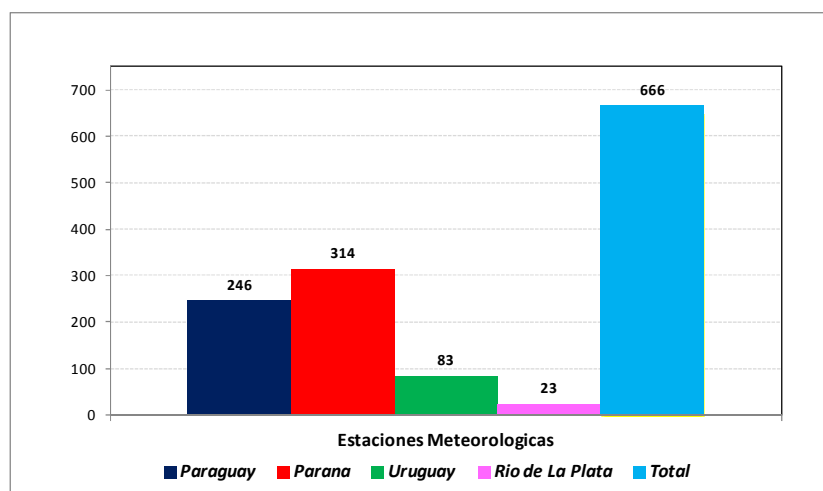


Figura 3.- Distribución Estaciones Meteorológicas Cuenca del Plata

Los gráficos precedentes muestran claramente la asimetría que presenta la red a nivel general de la cuenca del Plata, situación esta que se profundiza aun mas cuando se consideran solo las estaciones que hoy se encuentra operativas. Las figuras 4 y 5 muestran esta situación para el caso de las estaciones hidrométricas y pluviométricas

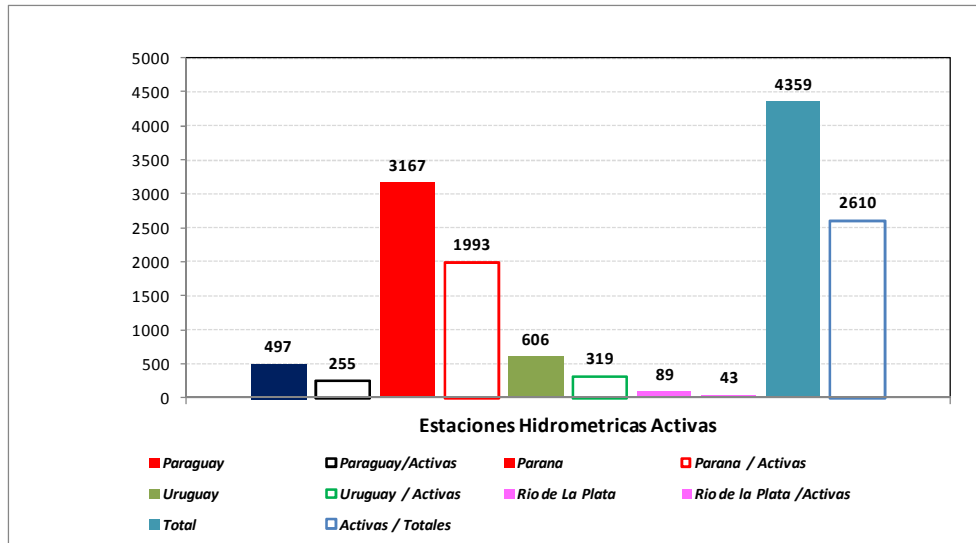


Figura 4.- Comparación de Estaciones Hidrométricas Totales Vs Activas Cuenca del Plata

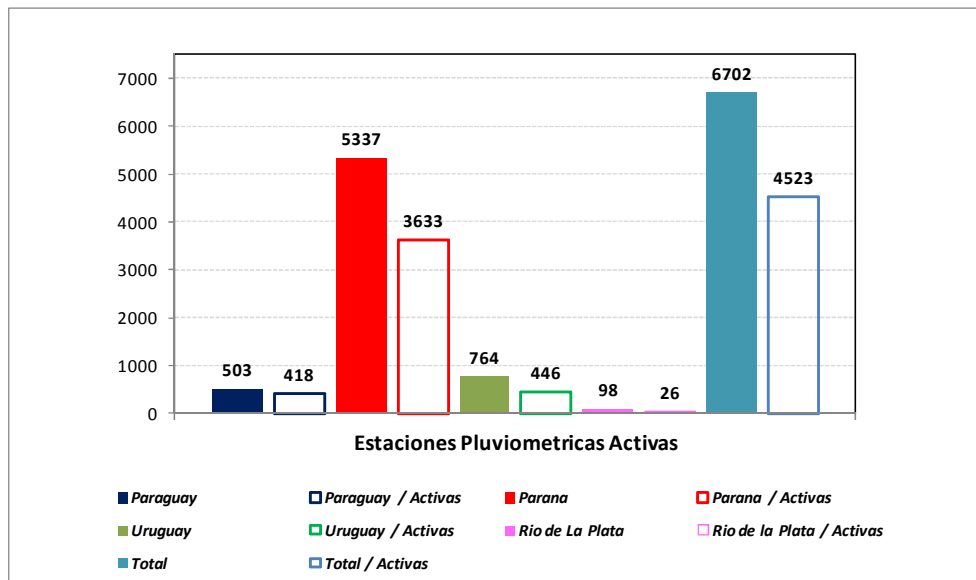


Figura 5.- Comparación de Estaciones Pluviométricas Totales Vs Activas Cuenca del Plata

Naturalmente esta situación se refleja cuando se evalúa la densidad de estaciones. En efecto, la tabla 1, muestra la variabilidad de este parámetro cuando se compara la densidad de cada una de las macro cuencas que componen el Sistema del Plata.

Densidad de Estaciones Hidrometricas Cuenca del Plata		Densidad de Estaciones Pluviometricas Cuenca del Plata	
Sistema	Densidad Km ² /Est	Sistema	Densidad Km ² /Est
Paraguay	2203	Paraguay	2226
Parana	477	Parana	283
Uruguay	598	Uruguay	626
Rio de La Plata	1494	Rio de La Plata	1398
Media	711	Media	477

Tabla 1.- Densidad de Estaciones totales en Cuenca del Plata

Cuando se adoptan solo las estaciones operativas, los resultados son los indicados en la tabla 2.

Densidad de Estaciones Hidrometricas Cuenca del Plata Activas		Densidad de Estaciones Pluviometricas Activas Cuenca del Plata	
Sistema	Densidad Km ² /Est	Sistema	Densidad Km ² /Est
Paraguay	4451	Paraguay	2677
Parana	768	Parana	430
Uruguay	1120	Uruguay	910
Rio de La Plata	3023	Rio de La Plata	2031
Media	1201	Media	707

Tabla 2.- Densidad de Estaciones operativas en Cuenca del Plata

Sin embargo no solo el aspecto cuantitativo muestra asimetrías en la red de monitoreo sino también su distribución espacial, lo cual genera una dificultad mayor cuando se quiere evaluar los recursos que aporta cada una de sus macro cuencas y/o subcuencas.

Si se consideran solo la estaciones activas en cada una de las macro cuencas se observa marcadas deficiencias en ciertos sectores donde existen vacios de información lo que impide conocer como se distribuye cualitativa y cuantitativamente y consecuentemente no se cuenta con datos que permitan una planificación y gestión eficiente del recurso hídrico.

Las figuras adjuntas muestra como se distribuyen las estaciones en cada una de las macro cuencas que aportan al Rio de la Plata.

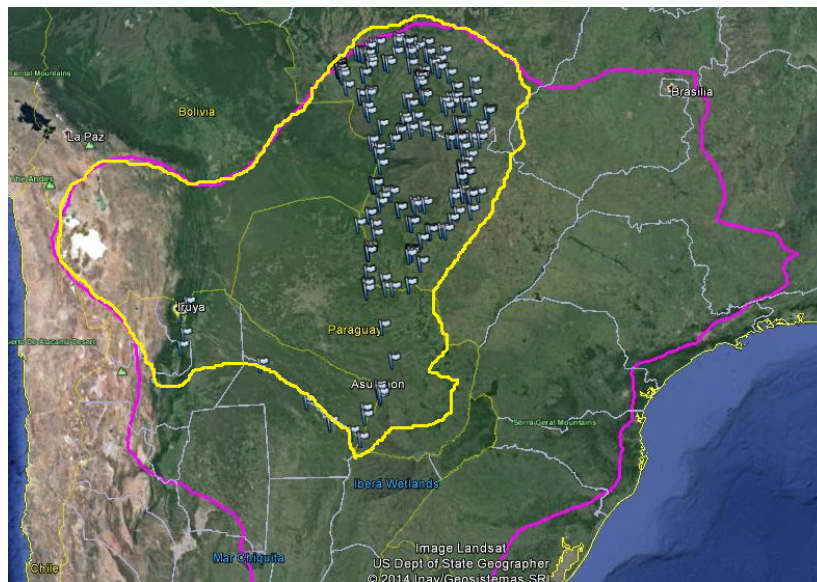


Figura 6.- Distribución Estaciones Activas en la Cuenca del Río Paraguay

En la figura 6 se puede ver la dispar distribución de las estaciones hidrométricas activas en la cuenca del Paraguay. En efecto, si bien el alto Paraguay tiene una importante cantidad de estaciones, prácticamente el 90 % monitorean los recursos provenientes de margen izquierda, mientras que los escurrimientos de margen derecha no cuentan con estaciones que registren datos de niveles y caudales que permitan conocer el aporte de este sector de la cuenca.

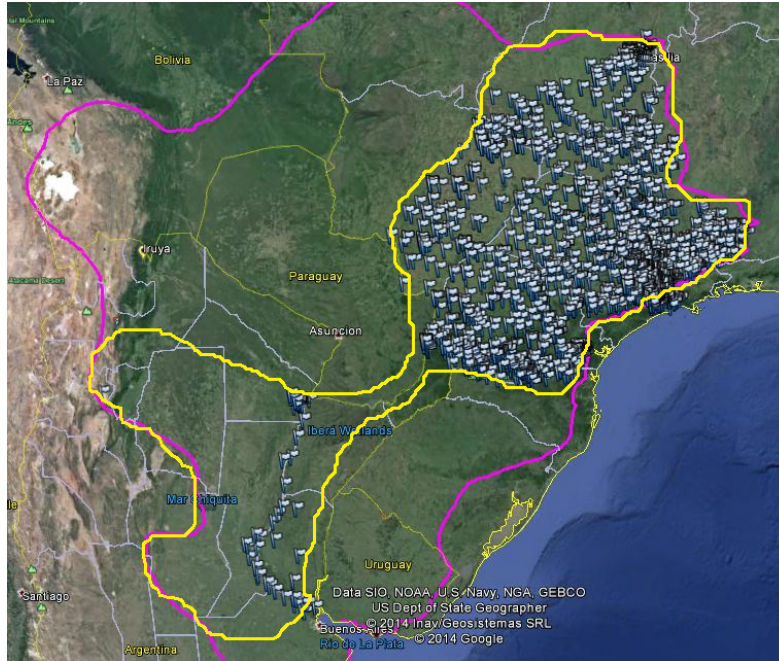


Figura 7.- Distribución Estaciones Activas en la Cuenca del Río Paraná

En el caso de la cuenca del Río Paraná se observa una red más homogénea, con una cobertura que permite evaluar con mayor precisión la cantidad y distribución del recurso, de prácticamente la totalidad de las cuencas que aportan a su curso principal.

Cabe destacar que si bien se observa una falta de estaciones en el sector transfronterizo, particularmente en el sector en la triple frontera (Argentina, Brasil y Paraguay, hasta la provincia de Corrientes en la Republica Argentina, ello se debe a la presencia de las represas de Itaipu y Yacireta, que cuentan con sistemas de monitoreo propio. En efecto, Itaipu Binacional cuenta con una red de constituida 73 estaciones hidrológicas, mientras que el Ente Binacional de Yacireta (EBY) pose una rede 26, estaciones.

En el caso del Río Uruguay cobertura de la red presenta una distribución homogénea que permitiría evaluar la distribución de los escurrimiento superficiales en las subcuencas mas importante de este sistema hídrico. Sin embargo se observa una disminución de las estaciones en la cuenca inferior, particularmente de las subcuencas de margen derecha, en la Republica Argentina.

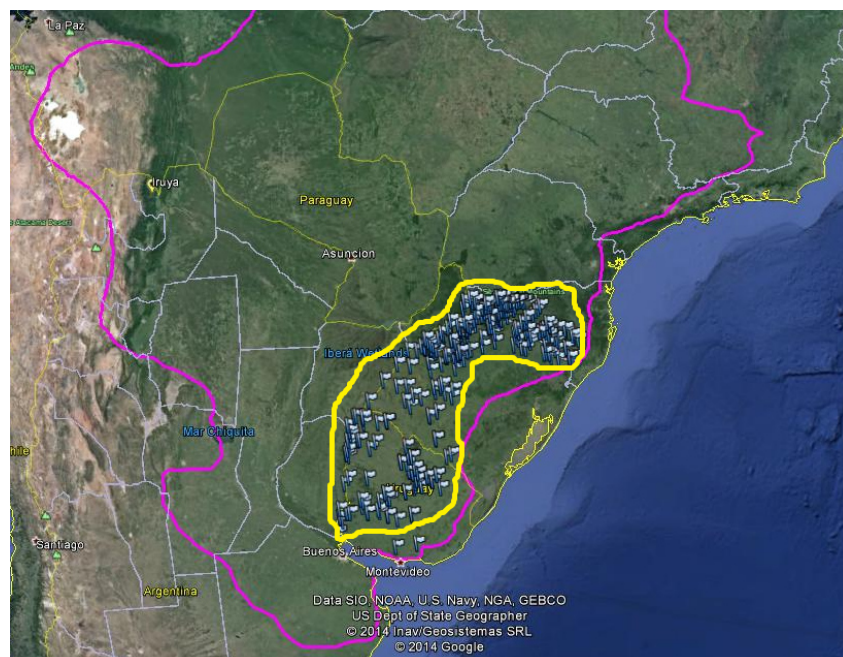


Figura 8.- Distribución Estaciones Activas en la Cuenca del Río Uruguay

En términos generales idéntica situación se presenta cuando se analizan las estaciones pluviométricas

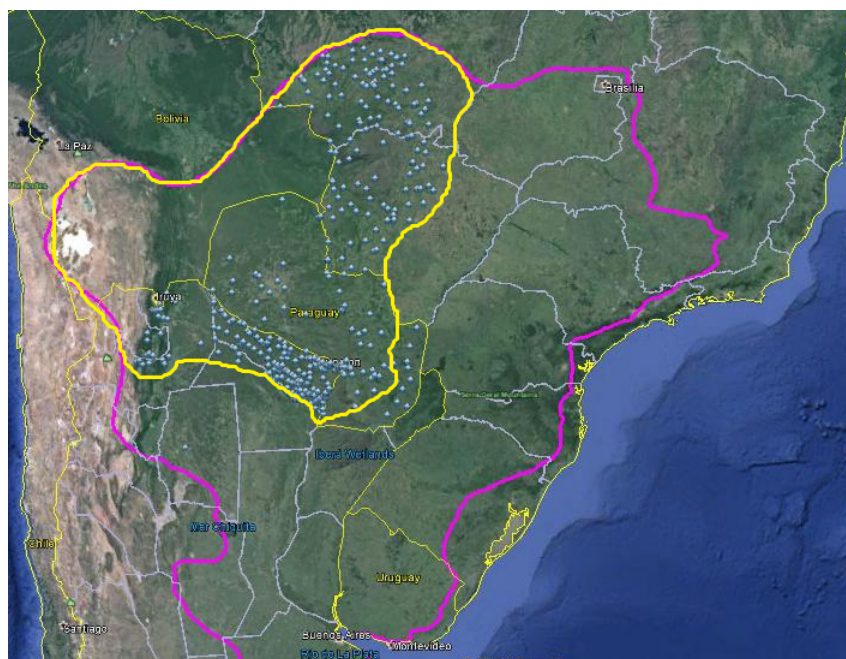


Figura 9.- Distribución Estaciones Pluviométricas Activas en la Cuenca del Río Paraguay

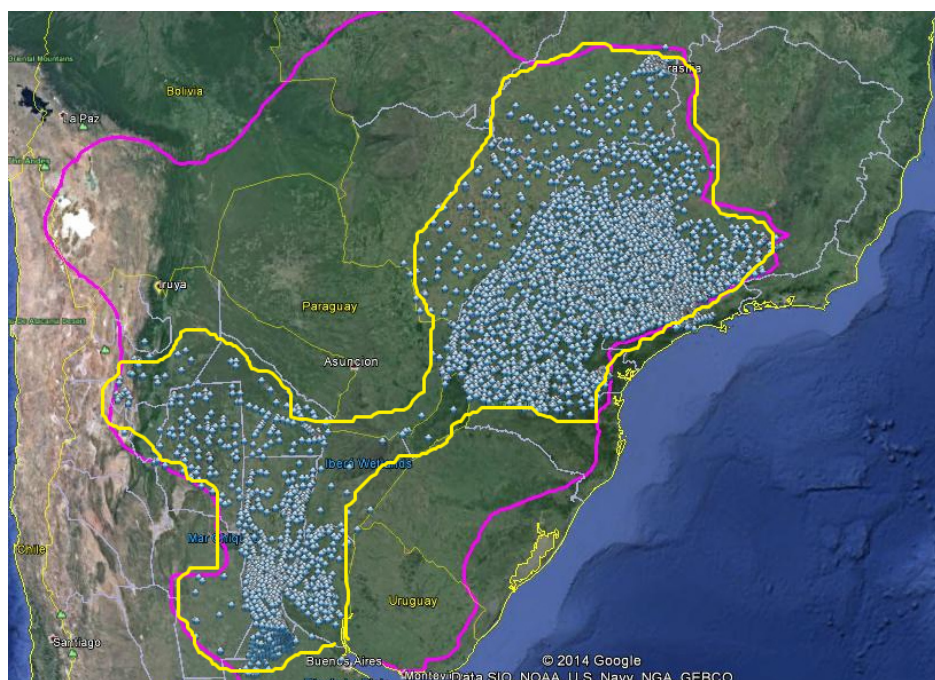


Figura 10.- Distribución Estaciones Pluviométricas Activas en la Cuenca del Río Paraná

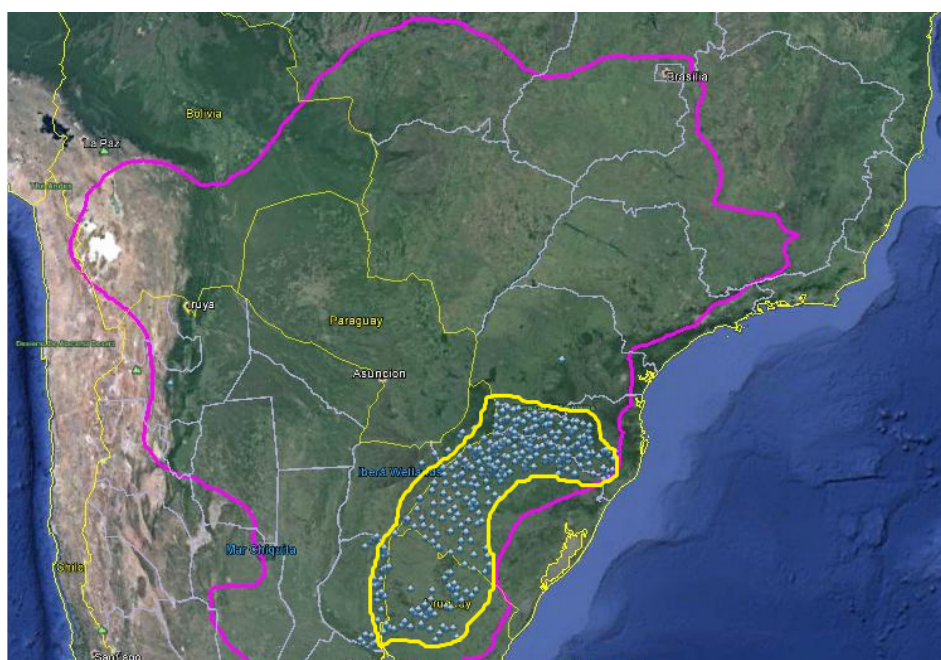


Figura 11.- Distribución Estaciones Pluviométricas Activas en la Cuenca del Río Uruguay

En el caso de la cuenca del Río Uruguay se observa una deficiente cobertura de la red de mediciones pluviométricas en el sector noroccidental de la misma donde la

ausencia de estaciones impide conocer los aportes de una importante área de la cuenca.

Para los casos de las cuencas de los Ríos Paraná y Uruguay en general existe una cobertura más homogénea, con algunos déficit en la cuenca inferior de ambos sistemas hídricos.

Finalmente es importante destacar la condición de la red de mediciones de parámetros meteorológicos, ya que estas presentan una cobertura baja concentrada básicamente en la alta cuenca del Río Paraná y del Río Paraguay en su margen izquierda. La tabla 3, muestra la cantidad de estaciones operativas en cada una de las macro cuencas.

Estaciones Meteorológicas Cuenca del Plata Activas	
Sistema	Cant. De Estaciones
Paraguay	246
Parana	314
Uruguay	83
Rio de La Plata	23
Total	666

Tabla 3.- Estaciones Meteorológicas operativas en Cuenca del Plata

IV.3.- Red de Monitoreo de Calidad de Agua

La situación de la Red de mediciones de calidad de agua en la cuenca del Plata, cuenta con una cobertura escasa, mas aun teniendo en cuenta que en la cuenca, se localizan los centros urbanos de mas grande de América del Sur y además, muchas de las cueles se abastecen de agua desde los cursos fluviales de la cuenca.

La figura 12 muestra la cantidad total de estaciones de medición de calidad de agua en todo el ámbito de la cuenca del Plata, así como también su distribución a nivel de macro cuencas

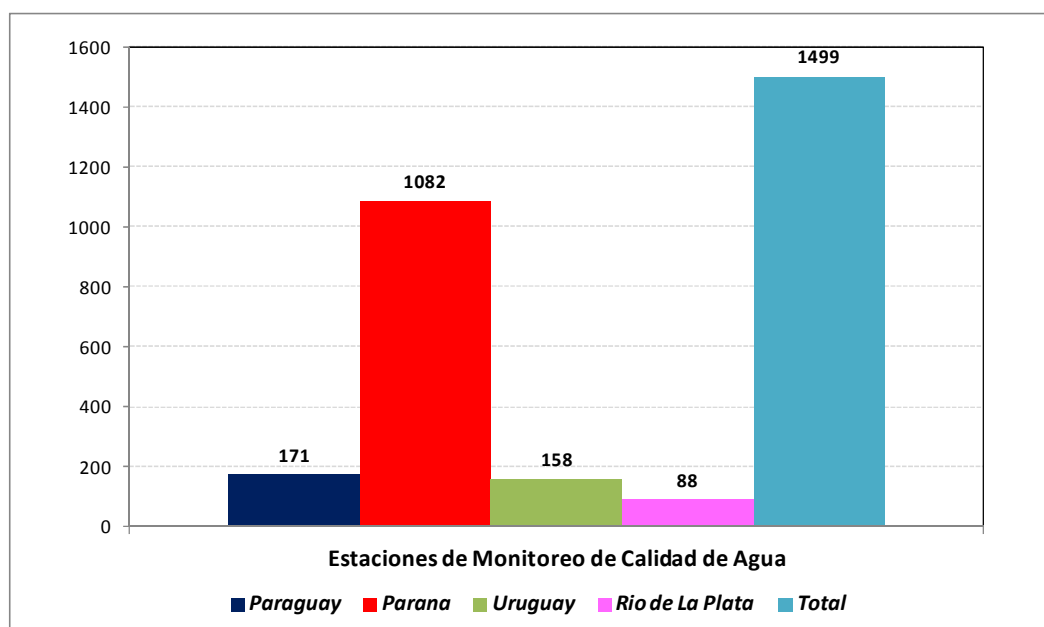


Figura 12.- Estaciones de medición de calidad de aguas en la Cuenca del Plata

Además de esta escasa cantidad de estaciones se observa una cobertura desigual entre las diferentes macro cuenca y en cada una de ellas. En efecto, las figuras 13 a 15 muestran como se distribuyen las estaciones en cada una de las macro cuencas. En ellas se puede apreciar que prácticamente la totalidad se concentran en la alta cuenca del Rio Paraná, sobre la margen izquierda del alto Paraguay y sobre la margen izquierda del alto Uruguay.

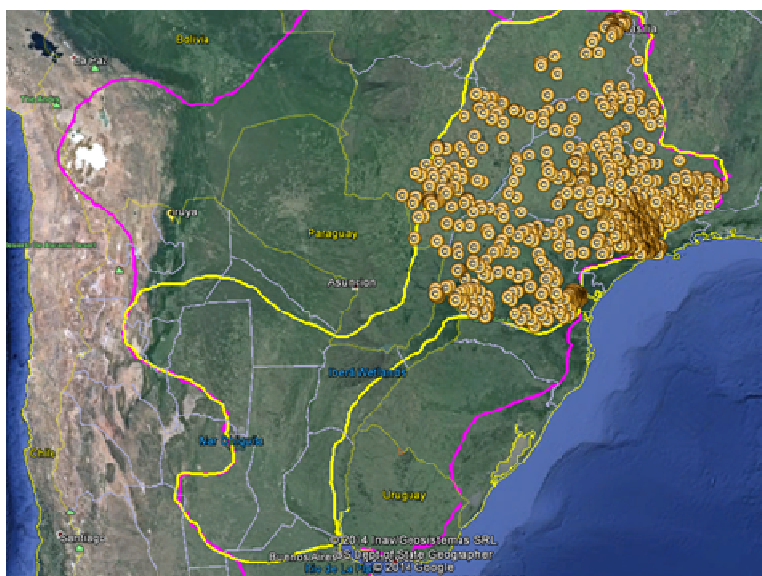


Figura 13.- Distribución Estaciones de Calidad de Agua en la Cuenca del Rio Paraná

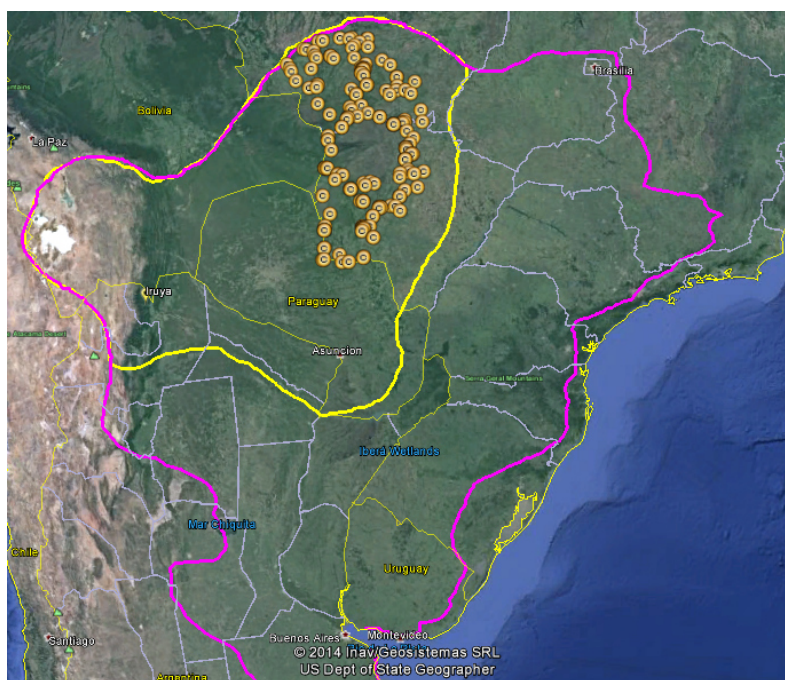


Figura 14.- Distribución Estaciones de Calidad de Agua en la Cuenca del Rio Paraguay



Figura 15.- Distribución Estaciones de Calidad de Agua en la Cuenca del Río Uruguay

IV.4.- Conclusiones

- ✓ Existe una importante cantidad de estaciones con fines hidrometeorológicos lo que se traduce en la existencia de un importante volumen de información a los efectos de poder realizar estimaciones a cerca de la disponibilidad de los recursos hídricos en la cuenca.
- ✓ Si bien el volumen de información existente es abundante, su distribución espacial no es homogénea, razón por la cual la disponibilidad de datos para las diferentes macro cuencas es sensiblemente diferente.
- ✓ Claramente la cuenca del Río Paraguay, es la que mayor déficit de cobertura presenta tanto en lo que respecta a los registros meteorológicos como hidrométricos y de calidad.

- ✓ Por su parte la cuenca del Rio Paraná es la que presenta la red más densa de monitoreo, con una mayor concentración en la cuenca alta y media y menos densa en el Paraná Inferior.
- ✓ Las estaciones de registros meteorológicos completas, resultan escasas para la superficie de la cuenca y su distribución es extremadamente asimétrica respecto de las macro cuencas. En efecto, prácticamente el 90 % de estas se encuentran localizadas en el Alto Paraná y el Alto Paraguay, en ambos casos sobre su margen izquierda.
- ✓ Tal como se deduce de la información elaborada por los países miembros del CIC, a excepción de la Republica Federativa de Brasil, no existe un organismo único operador de las redes hidrológicas y/o hidrometeorológicas y de calidad de agua, donde se concentra la información y se la dispone para los usuarios de la cuenca.
- ✓ En la Republica Argentina, como en el Paraguay y Uruguay, existen diversos organismos que operan redes de diferentes características y objetivos. Esta situación implica que aun no existe un protocolo único tanto para la instalación como para la operación y mantenimiento y menos aun para la publicidad de los datos generado.
- ✓ Se observa una escasa cantidad de estaciones de medición de calidad de agua, en una cuenca donde se localizan las ciudades mas pobladas de Sudamérica.
- ✓ Argentina y Paraguay , presentan los mayores déficit en la disponibilidad de estaciones de calidad de agua operativas.
- ✓ Como consecuencia de ello y en base a la cobertura de esta red, solo parece posible monitorear la calidad del recurso en las sectores de las cuencas altas de los Ríos Paraná, y margen izquierda de los Ríos Paraguay y Uruguay.
- ✓ En base a la información disponible, no es posible observar que exista un protocolo único para las estaciones que midan calidad de agua, tanto en lo que respecta a la frecuencia de monitoreo, como a los parámetros medidos, con lo cual no es posible establecer una homogeneidad en los datos de las diferentes estaciones.

- ✓ Finalmente cabe destacar que a los efectos de la elaboración del presente informe no se cuenta con información procedente de el Estado Plurinacional de Bolivia, razón por la cual no se incluyen las redes que dicho país posee en el ámbito de la cuenca del Plata
- ✓ A modo de síntesis se presenta la tabla 4, en la cual se detalla las estaciones disponibles en la red, clasificadas por tipo, cuenca y país. Esta tabla en forma de matriz indica mediante un sistema de asignación de colores, cuales serian las áreas con mejor cobertura y cuales las mas deficitarias.

Tipo	Países	Estaciones	CUENCA DEL PLATA					EVALUACION				Densidad OMM
			Macro Cuencas					Densidad [Km²/Est]				
			Paraguay	Parana	Uruguay	R. de La Plata	Total	Paraguay	Parana	Uruguay	R. de La Plata	
Pluviométricas	Argentina	Totales	183	1006	54	24	1267					575
		Activas	181	1006	54	0	1241	912	562	1111	4908	
	Brasil	Totales	227	4259	441		4927					
		Activas	155	2555	326		3036	344	535	2345		
	Paraguay	Totales	93	72			165					
		Activas	82	72			154	4329	764			
	Uruguay	Totales			269	74	343					
		Activas			66	26	92			2273	2500	
Hidrométricas/Fluviométricas	Argentina	Totales	64	90	3	20	177					1875
		Activas	12	55	0	20	87	3929	15270	30000	29450	
	Brasil	Totales	406	3050	433		3889					
		Activas	224	1911	235		2370	1623	756	721		
	Paraguay	Totales	27	27			54					
		Activas	19	27			46	18684	2037			
	Uruguay	Totales			170	69	239					
		Activas			84	23	107			1786	2826	
Meteorológicas	Argentina	Totales	7	48	1	13	69					5000
		Activas	7	48	1	13	69	23571	11771	60000	9062	
	Brasil	Totales	19	234	36		289					
		Activas	19	234	36		289	19129	3760	3794		
	Paraguay	Totales	83	39			122					
		Activas	76	17			93	4797	26191			
	Uruguay	Totales			16	16	32					
		Activas			16	16	32			9375	4063	
Calidad de Agua	Argentina	Totales	2	5	0	0	7					37500
		Activas	2	5	0	0	7	82500	113000	0	0	
	Brasil	Totales	169	1077	97		1343					
		Activas	169	1077	97		1343	2151	817	1799		
	Paraguay	Totales	0	0			0					
		Activas	0	0			0	0	0			
	Uruguay	Totales			61	88	149					
		Activas			61	88	149			2459	739	
	Adecuado											
	Deficiente											
	Muy Deficiente											

Tabla.4 Valoración de la Red de Monitoreo

IV.5.- Sistema de Alerta

Los sistemas de alerta hidrológico, básicamente tienen por objeto el anuncio de la probabilidad de ocurrencia de algún evento extraordinario con el objeto de minimizar y o prevenir los daños que dicho evento pudiera provocar en personas y/o infraestructura.

La posibilidad de generar tales alertas está asociada al conocimiento en tiempo real de algunas variables hidrometeorológicas, que permitan alimentar modelos de simulación hidrológica los que mediante procedimientos de simulación matemática permiten predecir con cierto grado de probabilidad la ocurrencia de un evento en un determinado sitio y a partir de ello generar un alerta que informe a cerca de la magnitud del evento.

En consecuencia la información básica necesaria para poder generara alertas hidrológicas es el dato hidrometeorológico medido y transmitido en tiempo real hacia los centros de predicción y/o pronósticos.

Desde el punto de vista hidrológico, dos tipo de predicciones son de gran utilidad para prevenir eventos extremos que pudieran provocar daños. En primer lugar los modelos denominados lluvia - caudal, que permiten predecir con una determinado grado de certidumbre, que ante una determinada lluvia se generara en la cuenca un caudal superficial que eventualmente podría causar daños. El otro modelo esta asociado a que una vez conocido los caudales que una determinada cuenca genera,, luego de una lluvia extrema, como se trasladan estas ondas de crecidas hacia aguas abajo, indicando los niveles y celeridades con los que estas ondas progresan hacia aguas abajo, pudiendo entonces informar de dicho fenómeno con cierto tiempo de anticipación a su ocurrencia.

Por lo tanto la red que permitiría brindar la información necesaria para emitir alertas debe contar con instrumental con registro automático de datos y que además pueda

transmitirlo hacia una central de información en forma remota, por algún sistema de transmisión, (satélite, GPRS, VHF, etc.)

Desafortunadamente cuando se evalúa la red estaciones con este tipo de transmisión, la cuenca del Plata, observa una baja cobertura, que además como en el caso de las otras estaciones presentan una significativa asimetría en lo que respecta a su distribución espacial.

En efecto, la figura 16 muestra la relación existente en cada una de las macro cuencas entre la disponibilidad de estaciones hidrométricas activas y las que de ellas transmiten en tiempo real la información relevada.

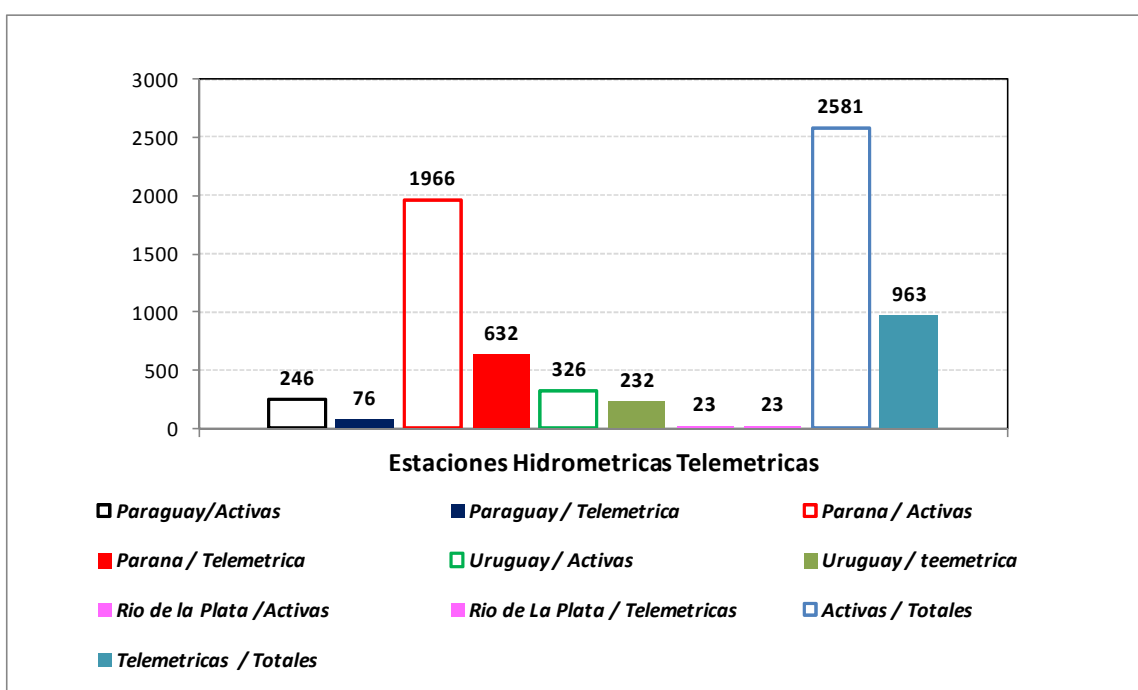


Figura 16.- Estaciones con transmisión telemétrica en las macro cuencas del Rio de la Plata

Como se observa la cantidad de estaciones con transmisión telemétrica, son pequeñas respecto del total que hoy operan, alcanzando apenas el 37 % a nivel de cuenca del Plata, pero con relaciones aun menores del orden del 30 % para la cuenca del Paraná y Paraguay.

Además de esta condición asociada a la cantidad, se observa una desigual conformación entre los diferentes sectores de cada una de las macro cuencas, lo cual dificultaría el seguimiento de eventos extremos tales como una onda de crecida o la ocurrencia de eventos de lluvia extremos en sitios sin cobertura de estaciones con transmisión telemétrica.

Las figuras 17 a 19 muestran esta situación.

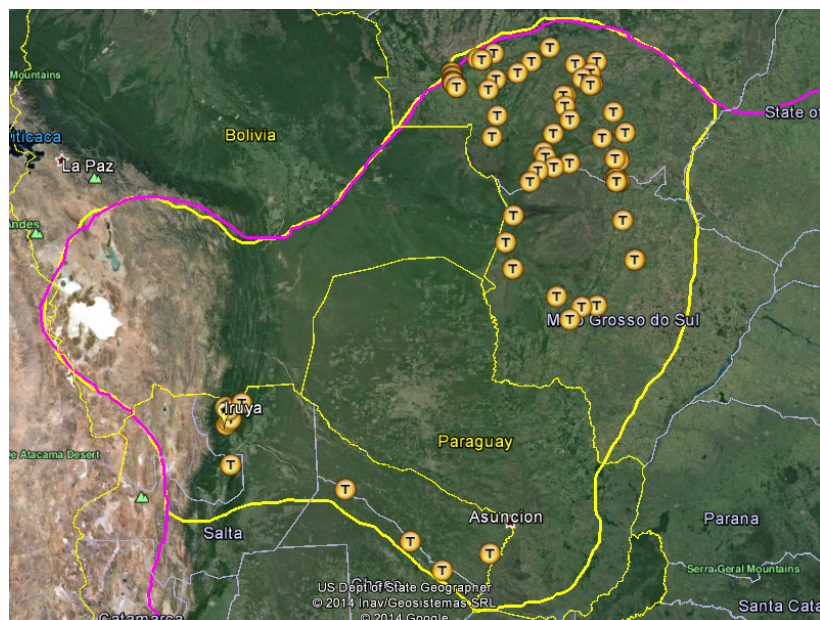


Figura 17.- Estaciones Hidrométricas con transmisión telemétrica Cuenca Río Paraguay

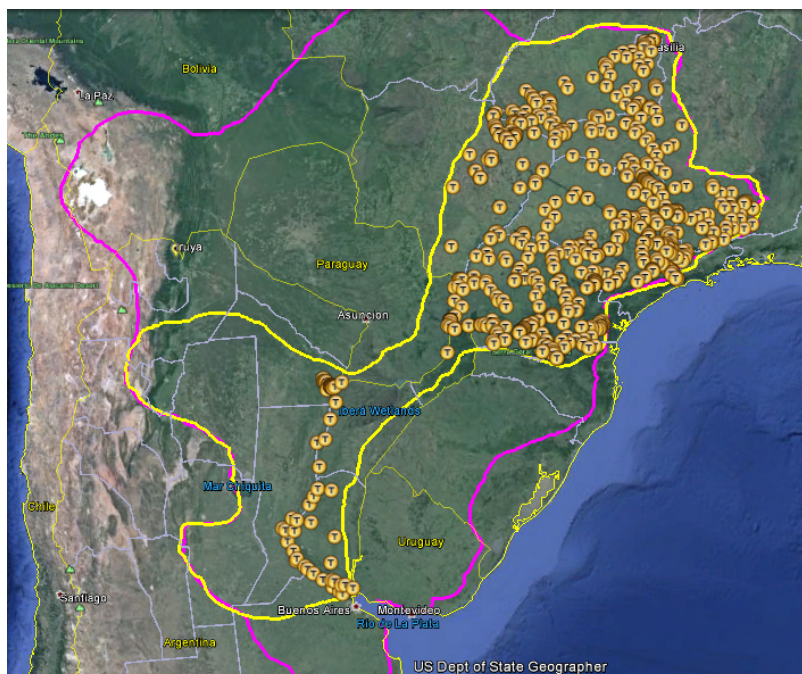


Figura 18.- Estaciones Hidrométricas con transmisión telemétrica Cuenca Rio Parana

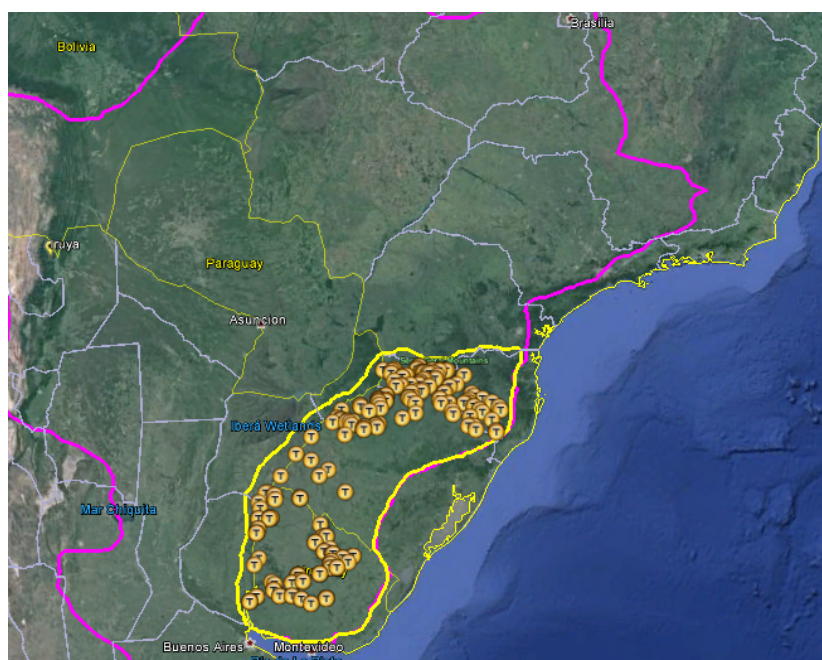


Figura 19.- Estaciones Hidrométricas con transmisión telemétrica Cuenca Rio Uruguay

Condiciones aun mas severas se presenta cuando se considera la otra variable de mayor relevancia en la hidrología, como lo es la precipitación. La figura 20 muestra una

comparación entre las estaciones activas en cada macro cuencas y las que transmiten en forma telemétrica.

Como se observa en la tabla a nivel general de la cuenca del plata la cantidad total de estaciones con transmisión telemétrica es del 22 % respecto de las que hoy están operativas, presentándose las condiciones más extremas en las cuencas de los Ríos Paraguay y Paraná con apenas el 18 %

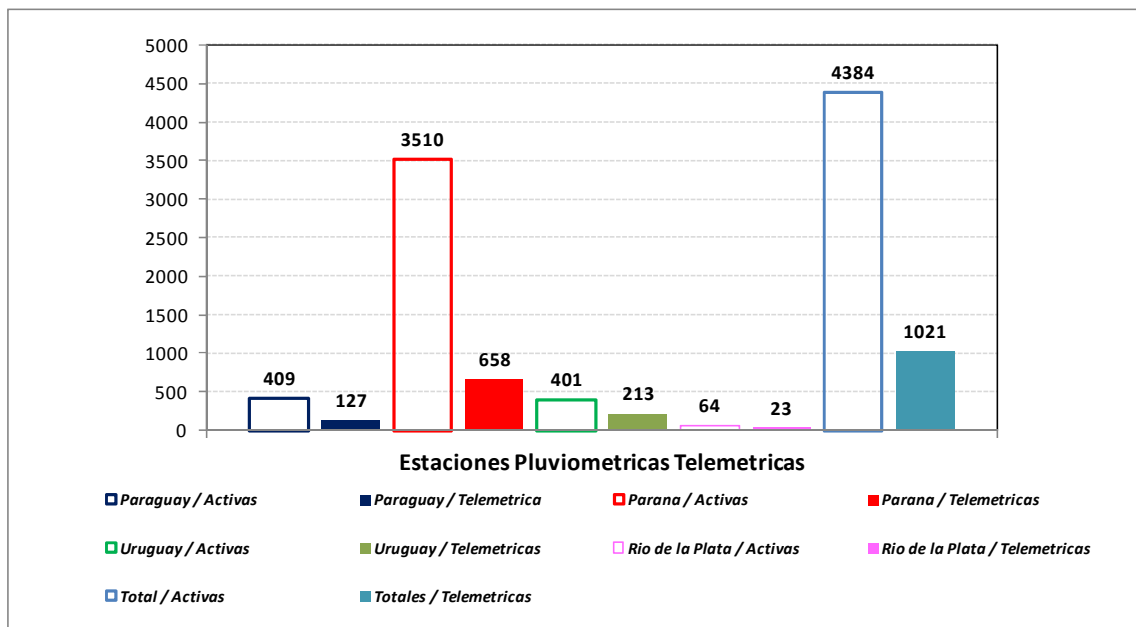


Figura 20.- Estaciones Pluviométricas transmisión telemétrica en las macro cuencas del Rio del Plata

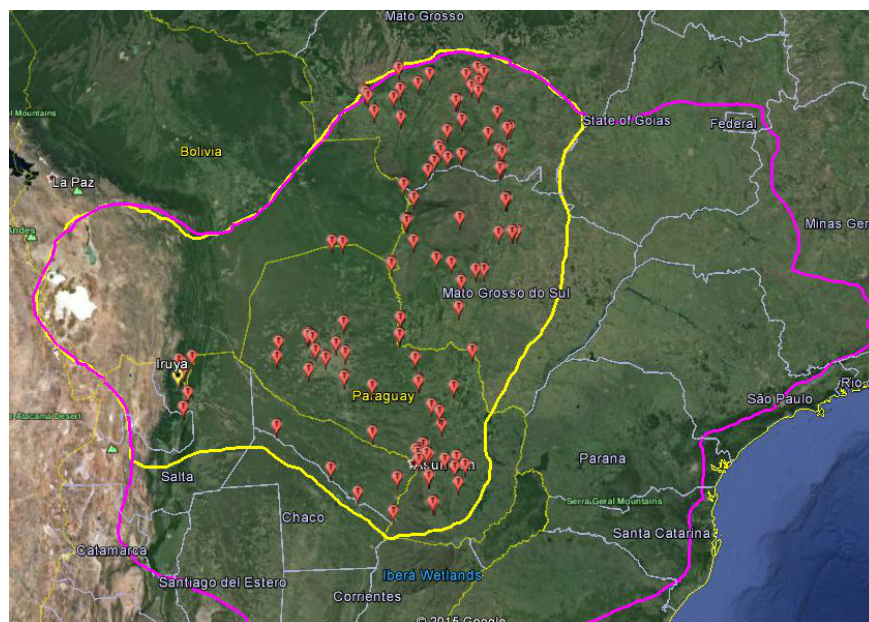


Figura 21.- Estaciones Pluviométricas con transmisión telemétrica Cuenca Rio Paraguay

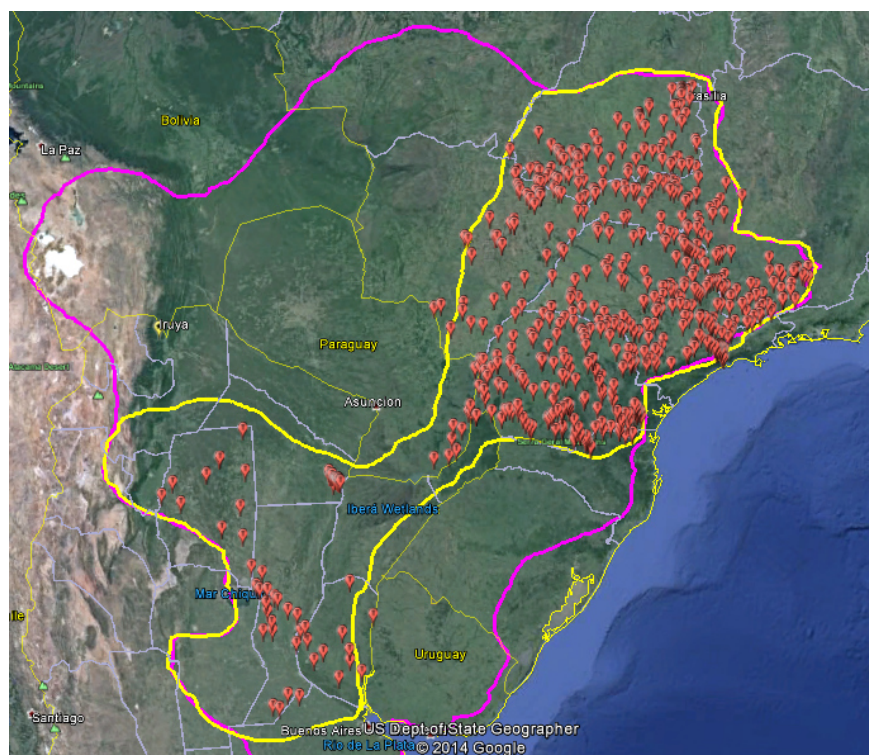


Figura 22.- Estaciones Pluviométricas con transmisión telemétrica Cuenca Rio Paraná

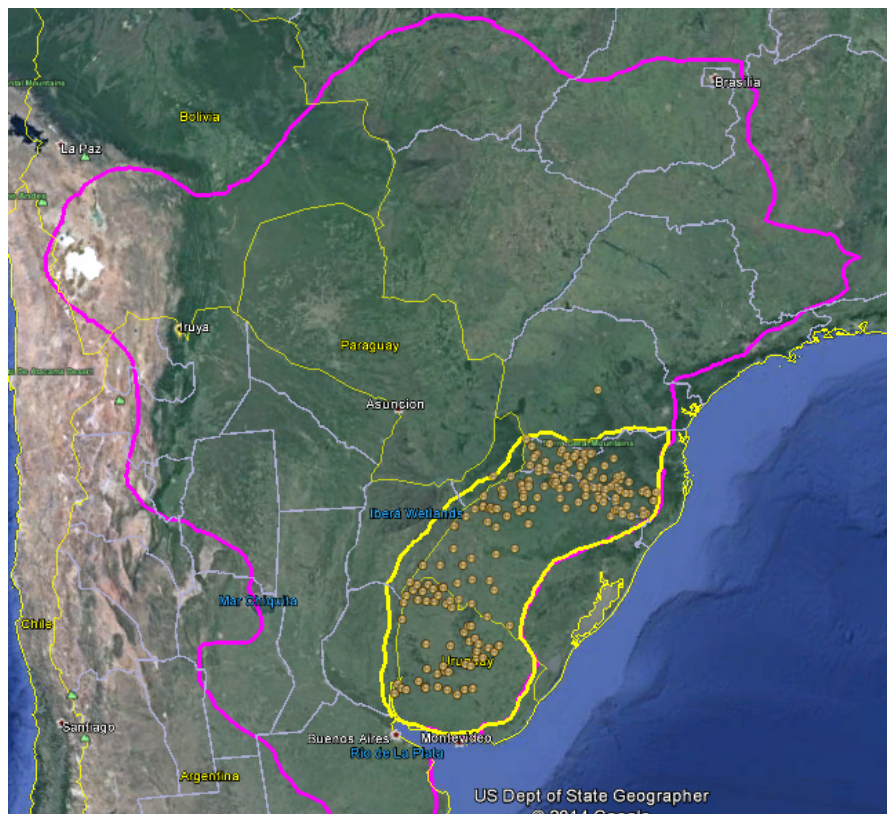


Figura 23.- Estaciones Pluviométricas con transmisión telemétrica Cuenca Río Uruguay

Respecto de las redes de alerta, cabe mencionar que en el **“Segundo Taller de Sistemas de Alerta, Integración de Redes de Monitoreo y Radarización de la Cuenca del Plata”** realizado el 8-9 de mayo 2014 en la Ciudad de Asunción, Paraguay, se considero que existe gran potencial de integración de las redes meteorológicas e hidrológicas de los países para la gestión integrada de los recursos hídricos de la Cuenca del Plata ante los efectos de la variabilidad y el cambio climático. En aquella oportunidad se planteo como parte del desarrollo del Programa Marco y como aportes a la reactivación de la agenda de trabajo del Convenio OMM-CIC, lo siguiente:

- a) El desarrollo y mantenimiento de sistemas de monitoreo, tanto hidrológico como meteorológico, integrando a todos los actores involucrados (Servicios Meteorológicos e Hidrológicos, entidades de Recursos Hídricos, empresas de

Energía y Agropecuarias, sistemas de Emergencia, etc.), coordinando con los programas WIGOS y WIS de la OMM.

- b) Sobre la base de un seguimiento permanente del CIC, instrumentar una red básica de monitoreo telemétrica, en particular asegurando la cobertura de toda la superficie de la Cuenca del Plata con radares meteorológicos, acompañando las políticas iniciadas en los países y la cooperación bilateral.
- c) El almacenamiento, procesamiento y acceso a la información. Acompañar y facilitar la implementación del Centro Regional del Clima para el Sur de América del Sur (CRC-SAS) de la OMM y coordinarlo con el Sistema de Soporte para la Toma de Decisiones que desde el PM se está instrumentando para el CIC.

En lo que respecta al apartado (b), es importante destacar que Brasil cuenta con un importante sistema de monitoreo en base a radares meteorológicos destinados la coberturas de alertas en prácticamente todo el país.

En el caso de la Republica Argentina, cuenta con el programa SINARAME (Sistema Nacional de de Radares Meteorológicos) que tiene por objeto el desarrollo de radares banda C, su construcción e instalaciones, cuya cobertura contenga todo el país. En ese marco, el SINARAME, tiene previsto la instalación de al menos cuatro (4) radares en el ámbito de la cuenca del plata.

Por su parte el Paraguay cuenta con un radar meteorológico localizado en Asunción y se encuentra en proceso de incorporación de uno mas de idénticas características a los efectos de poder alcanzar una mayor cobertura en el país.

La Republica Oriental del Uruguay a la fecha no cuenta con ningún Radar Meteorológico que permita el seguimiento y alertas de eventos extraordinarios.

IV.6.- Conclusiones

- ✓ La cantidad de estaciones con transmisión telemétricas en la cuenca del plata presenta una baja densidad, siendo aun la situación más desfavorable la correspondiente a los registros de precipitaciones.
- ✓ La cobertura es muy asimétrica cuando se evalúa su distribución a nivel de macro cuencas, presentándose nuevamente las situaciones más deficitarias en las cuencas de los Ríos Paraguay y Paraná
- ✓ Particularmente la situación se observa como muy crítica en la alta cuenca del Rio Paraguay, donde sobre su margen derecha, no existen estaciones hidrométricas que transmitan información hidrométrica de los cursos que drenan hacia el Rio Paraguay y las pluviométricas son muy escasas.
- ✓ Sobre el Paraná Inferior se observa un importante déficit de estaciones hidrométricas sobre los tributarios al Rio Paraná.
- ✓ Se observa que en los próximos dos años se podrá contar con una importante red de radares meteorológicos en la Republica Argentina y Brasil, sin embargo se observa que en la Republica Oriental del Uruguay y el Paraguay existe un déficit, de este tipo de instrumental, de suma importancia en una red de alertas.
- ✓ Respecto de los sistemas de radares meteorológicos, a la fecha, solo la alta cuenca del Paraná, Paraguay y Uruguay, particularmente en la Republica federativa de Brasil cuentan con sistemas de monitoreos de este tipo.
- ✓ Es importante destacar que en el caso de la Republica Argentina, se encuentra en un procesos de desarrollo y fabricación de radares, que en un periodo de dos a tres años, podrá contar con una cobertura de monitoreo de prácticamente la totalidad de la cuenca del Plata, dentro del país.
- ✓ En el caso del Paraguay, si bien cuenta con un radar en operación y planes para la incorporación de uno mas, se estima que ello resultaría insuficiente para el monitoreo de la cuenca del Rio Paraguay en ese país.

- ✓ Un párrafo aparte merece la Republica Oriental del Uruguay ya que este país no cuenta con ningún sistema de monitoreo a través de radares y a la fecha no se observan planes apara su incorporación en un plazo cercano.

V.- Recomendaciones PEA

- ❖ Rediseñar una red de monitoreo sobre la base de las estaciones existentes en la cuenca, fortaleciendo aquellas áreas o sub cuencas con déficit de estaciones
- ❖ Incorporación de estaciones con transmisión telemétrica, a los efectos de poder implementar un sistema de alertas en cada una de las macro cuencas, especialmente en aquellas donde este tipo de estaciones es escasa (Rio Paraguay y Paraná inferior)
- ❖ Elaborar un esquema de bases de datos único que integre la información disponible, en cada uno de los países, y que pueda ser gestionado y actualizado por cada uno de ellos y se pueda acceder en forma remota por los diferentes usuarios de la cuenca. Naturalmente el ámbito propicio para la desde de esta base de datos debería ser el CIC
- ❖ Establecer protocolos únicos para el monitoreo de calidad de agua.
- ❖ Teniendo en cuenta el estado de la red de monitoreo hidrometeorologico de la Cuenca del Plata, los resultados del *Segundo Taller de Sistemas de Alerta, Integración de Redes de Monitoreo y Radarización de la Cuenca del Plata* realizado el 8-9 de mayo 2014 en la Ciudad de Asunción, Paraguay, los convenios existentes entre la OMM y el CIC, se sugiere coordinar acciones con el Programa WIGOS, destinado a la generación de un sistema integrado de monitoreo de variables hidrometeorologicas.

VI.- PARTE IV

VI.1.- Participación en la elaboración del ADT Recursos Hídricos

Como parte del equipo consultor del componente del ADT Recursos Hídricos se participo en diversas reuniones y talleres destinados a informar a cerca del estado de avance de los trabajos, y/o a colaborar en la elaboración del informe final del ADT.

En tal sentido se asistió a reuniones en la Ciudad de Buenos Aires, Asunción del Paraguay, Porto Alegre y Puerto Iguazú.

Se ha participado conjuntamente con los demás consultores integradores del componente de Recursos Hídricos y el coordinador general del componente, en la elaboración del índice del informe final del ADT como así también en la elaboración de informe final, en los temas relativos a redes de monitoreo y bases de datos.

Específicamente en el informe final del ADT se ha elaborado los siguientes items:

3.9 .- RED DE COLETA DE DATOS Y BASE DE DATOS

3.9.1 Generalidades

3.9.2 Red de Monitoreo de Variables Hidrológicas

3.9.3 Red de Monitoreo de Calidad de Agua

3.9.4 Sistema de Alerta

3.9.5 Base de Datos

Para la elaboración del documento final del ADT, se han ejecutados los informes respectivos, los cuales fueron sometidos a sucesivas correcciones, aclaraciones y/o ampliaciones, que han dado lugar a diferentes versiones hasta alcanzar la versión final. En todas ellas se ha participado en la revisión de cada documento, intercambiando

opiniones, sugerencias y criterios, con los demás miembros del equipo y el coordinador general.