

## ESCENARIOS HIDROLÓGICOS FLUCTUANTES EN UNA REGIÓN HÚMEDA Y SU RELACIÓN CON LA DISPONIBILIDAD DE AGUA

### FLUCTUATING HYDROLOGICAL SCENARIOS IN A HUMID REGION AND ITS RELATION TO WATER AVAILABILITY

Hämmerly, Rosana<sup>1</sup>; Cristanchi, María A.<sup>2</sup>; Cristina, Ignacio M.<sup>1</sup>; Basán Nickisch, Mario<sup>3</sup> y Valiente, Miguel<sup>4</sup>

#### Resumen

Las actividades productivas vinculadas al desarrollo de cualquier región siempre están ligadas a la disponibilidad de agua. Tener acceso a la misma en el momento requerido resulta clave para concretar un crecimiento sostenible. Las necesidades para agua potable, riego, ganadería, industrias y otros usos, podrían ser satisfechas en la medida que el agua, ya sea superficial o subterránea esté disponible, pueda aprovecharse, sea de calidad y cantidad suficiente y se suministre con equidad.

En Argentina una tercera parte del país es húmedo y subhúmedo, sin embargo no garantiza satisfacer las demandas durante todos los meses del año. Evaluar la variación espacio temporal de los déficits y excesos hídricos de una región, es el punto de partida de una gestión exitosa que permita revertir los problemas originados por la estacionalidad de las precipitaciones. Esto se logra mediante estudios estadísticos de lluvia y la ubicación de las estaciones, o incluso con el uso de índices que indiquen la estacionalidad en el ciclo anual de las precipitaciones. Existe un conjunto de medidas que se pueden adoptar para mitigar los excesos o déficits de agua. En general son acciones que comprometen al estado, pero también requieren del compromiso de los afectados y las poblaciones, en pos de lograr un manejo eficiente y sustentable del recurso.

El objetivo de esta contribución es poner en evidencia que la vulnerabilidad a la escasez de agua no se limita a las regiones caracterizadas climáticamente como áridas y semiáridas. Se presentan aquí dos casos prácticos en los cuales se requieren medidas estructurales y no estructurales para llevar a cabo una gestión si no exitosa, al menos que cumpla con la demanda primordial del recurso hídrico. Un caso en la provincia de Formosa, donde la cantidad de agua no es suficiente para cubrir la demanda de agua potable a poblaciones y el otro, en la provincia de Santa Fe, donde las pérdidas por falta de agua hacen inviable la actividad ganadera.

**Palabras clave:** variabilidad climática, cosecha de agua, Chaco Húmedo, déficits hídricos.

#### Abstract

The productive activities linked to the development of any region are always connected to the availability of water. Access to it at the right time is the key to achieve sustainable growth. Requirements for drinking water, irrigation, livestock, industries, and other uses could be met if the water, whether surface or underground, is available, can be exploited, is of sufficient quality and quantity, and provided with equity.

In Argentina, a third of the country is humid and sub-humid, however, it does not guarantee to satisfy the demands during all the months of the year. To evaluate the temporal and space variation of the water deficits and excesses of a region, is the starting point of a successful management that allows to revert the problems originated by the seasonality of the precipitations. This is achieved through statistical studies of rainfall and the location of the stations, or even using indexes that indicate the seasonality in the annual rainfall cycle. There are several measures that can be taken to mitigate water excesses or deficits. In general, they are actions that commit the state, but also require the commitment of the affected people and populations, in order to achieve an efficient and sustainable management of the resource.

The aim of this contribution is to show that vulnerability to water scarcity is not limited to climatically characterized regions such as arid and semi-arid. Two practical cases are presented, in which structural and non-structural measures are required to carry out a successful management, or unless the primary demand of the water resource is satisfied. A case in the province of Formosa, where the amount of water is not sufficient to cover the demand for potable water for the populations and the other in the province of Santa Fe, where losses due to lack of water make livestock production unviable.

**Keys Words:** climatic variability, water harvest, Humid Chaco, water deficits

1 Universidad Nacional del Litoral. Argentina. rhammer@fich.unl.edu.ar

2 Comisión Trinacional Río Pilcomayo. Argentina. alejandracristanchi@yahoo.com.ar

3 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. basannickisch.mario@inta.gob.ar

4 Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. migvaliente@yahoo.com.ar

## 1. INTRODUCCIÓN

Los escenarios de variabilidad climática existen y seguirán presentándose, e incluso en algunos sitios se podrían acentuar según lo expresado por expertos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Es decir, la ocurrencia de eventos extremos cada vez más severos y más frecuentes. Esto requiere estar preparados para si no mitigar, al menos soportar con el menor impacto negativo en lo social, económico y ambiental.

Analizando las situaciones hídricas medias de Argentina se encuentra que aproximadamente un tercio del país presenta regiones húmedas y sub húmedas. Se podría pensar que en esas regiones la disponibilidad de agua no sería un problema, pero no es realmente así, ya que depende del momento en que esa agua se presenta, y la capacidad de almacenarla o retenerla que se tenga.

En los últimos años, esta región sufre los embates de los excesos y los déficits de agua. Para las situaciones de abundancia de agua las obras de drenaje y saneamiento parecen ser la solución, pero el agua que se evacúa de una zona se dirige a otra que también puede tener situaciones de anegamiento previas y muchas veces lo que se consigue es trasladar el problema desde aguas arriba hacia aguas abajo.

¿Se puede vislumbrar como solución una medida estructural de almacenamiento? Sería lo más correcto, incluso cuando la misma sea temporal, es decir una detención y no una retención del agua, pero lo suficiente como para permitir la evacuación de las áreas aguas abajo hasta el momento de soportar un nuevo escurrimiento llegando incluso atenuado.

No obstante la condición climática general de la zona, se producen situaciones de déficit que son muy severas. Las mismas generan pérdidas económicas y sociales muy importantes. Se considera generalmente que la escasez de agua es debida a una cantidad insuficiente del recurso, consideración que no siempre es correcta, ya que la calidad de agua también condiciona su uso directo. Existen zonas donde las aguas subterráneas suelen presentar elevados niveles salinos, lo que imposibilita su uso para consumo humano e incluso ganadero.

En estos casos, la cosecha de agua también contribuiría a mejorar la situación. Estos sistemas posibilitan almacenar el agua en los períodos que se la dispone y consumirla cuando se la necesita. Asociado a ello los sistemas de cosecha de agua pueden servir para realizar la inyección a los acuíferos, posibilitando que se diluya la salinidad por dilución.

El objetivo de esta contribución es poner en evidencia que la vulnerabilidad a la escasez de agua no se limita a las regiones caracterizadas climáticamente como áridas y semiáridas. Se presentan aquí dos casos prácticos en los cuales se requieren medidas

estructurales y no estructurales para llevar a cabo una gestión si no exitosa, al menos que cumpla con la demanda primordial del recurso hídrico. Un caso en la provincia de Formosa, donde la cantidad de agua, en algunos años, no es suficiente para cubrir la demanda de agua potable poblaciones y el otro, en la provincia de Santa Fe, donde las pérdidas por falta de agua hacen inviable la actividad ganadera (Figura 1).

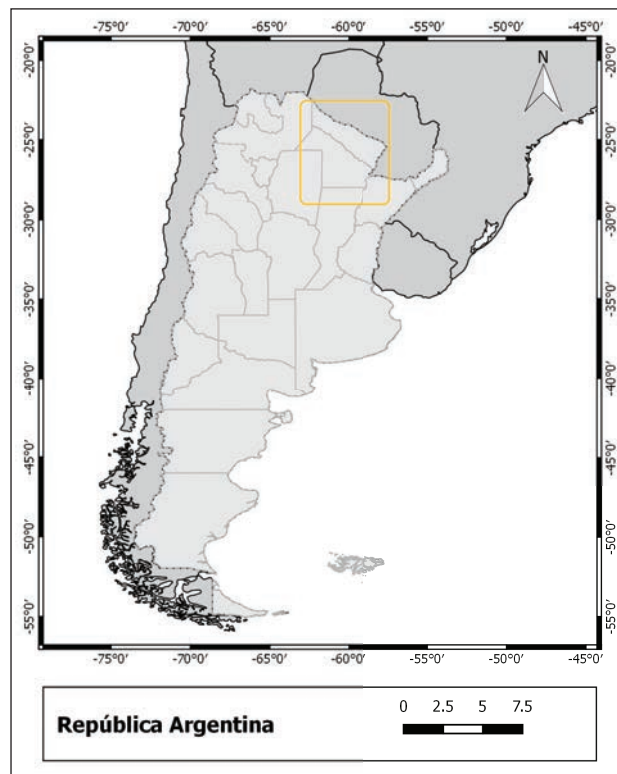


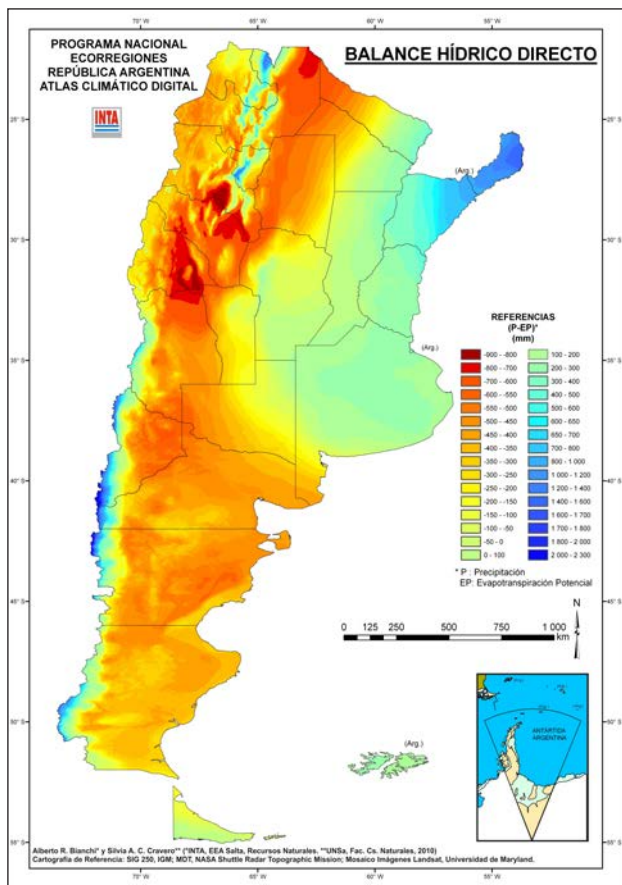
Figura 1. República Argentina. Región de estudio

## 2. ESCENARIOS CLIMÁTICOS

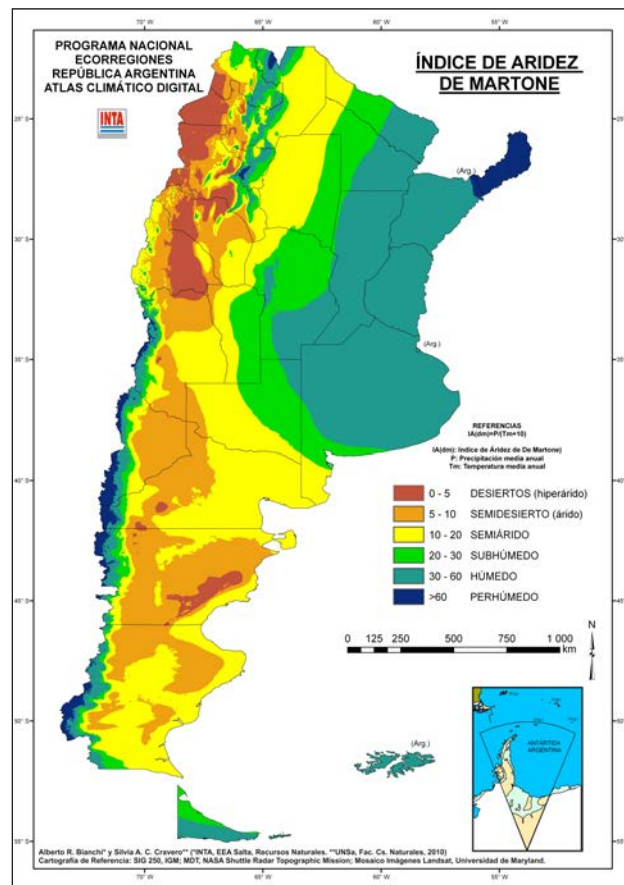
El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) ha confeccionado mapas digitales de precipitación y evapotranspiración potencial (ETP) promedios para cada mes y promedios anuales de una serie de 40 años de registros (1960-2000) (INTA, 2010).

De la resta de estos dos mapas anuales se desprende el mapa de balance hídrico directo que se muestra en la Figura 2. Se observa en el mismo que la porción noreste del país y una franja próxima a la cordillera, tiene valores positivos, colores verdes y celestes, resultando mayor la precipitación que la evapotranspiración potencial en términos anuales.

En coincidencia con ello el mapa de aridez del índice de Martone (Figura 3), muestra que la misma porción presenta un régimen húmedo y subhúmedo indicando cantidad de agua suficiente para cubrir demandas. El detalle está en que estos mapas representan valores anuales y cuando se los desagrega mes a mes, la situación puede ser diferente, manifestando la variabilidad intranual de la precipitación.



**Figura 2.** Balance hídrico en Rep. Argentina. (fuente: INTA, 2010)



**Figura 3.** Índice de Aridez de Martone en Rep. Argentina. (fuente: INTA, 2010)

En la zona del centro norte del país, en particular las provincias de Formosa, Chaco y Santa Fe, las características físicas en cuanto al relieve son muy similares, generalmente de escasas pendientes. Pertenecen estas provincias a la región del Gran Chaco Sudamericano (Figura 4). Que a su vez se subdivide en Chaco Seco, al oeste y Chaco Húmedo al este. El Chaco Húmedo u Oriental es una subregión del Gran Chaco que se diferencia del resto por su mayor pluviosidad, lo que genera mayor cantidad de cursos fluviales y humedales, por lo tanto, una flora y fauna distinta a la de otras regiones chaqueñas más secas. Es una extensa región que abarca aproximadamente unos 12 millones de ha. (120.000 km<sup>2</sup>) en el país. Ocupa el centro-noreste de la Argentina (este de las provincias de Formosa y Chaco, norte de Santa Fe), así como la región central de Paraguay.

Se trata de una llanura con pendientes muy suaves en sentido oeste-este del orden de 20 a 40 cm/km, donde predominan ambientes deprimidos. Geomorfológicamente es un bloque hundido, rellenado con sedimentos de los ríos Pilcomayo, Bermejo y Juramento.

El clima es subtropical cálido, con lluvias estivales de entre los 750 y 1.300 mm anuales con un marcado gradiente longitudinal disminuyendo de este a oeste. El período de lluvias se corresponde con la estación cálida, y se concentra durante los meses de octubre a abril. El mínimo de precipitaciones se registra durante la estación invernal, entre los meses de junio a agosto, en los que se presentan sequías y algunas heladas.

Algunas mediciones han provisto datos medios anuales de evaporación que rondan los 1200 a 1300 mm. Este valor es de suma importancia para evaluar las pérdidas de los reservorios (Basán Nisckish y Lahitte, 2011).

El drenaje de la zona se encuentra bien formado. Los ríos Paraguay y Paraná son los que reciben la mayor parte de la humedad. Esta combinación de clima húmedo y bien drenado da lugar a un paisaje con tierras altas que acompañan el curso de los ríos y se alternan con esteros y cañadas. El Chaco húmedo también recibe afluentes provenientes de la Cordillera de los Andes. Los principales ríos son el Pilcomayo, el Bermejo, el Juramento-Salado y el Taff-Dulce. Cuando estos ríos atraviesan la planicie chaqueña, sus cauces se vuelven inestables.





Figura 4. Gran Chaco en Sudamérica

Fuente: Wikipedia

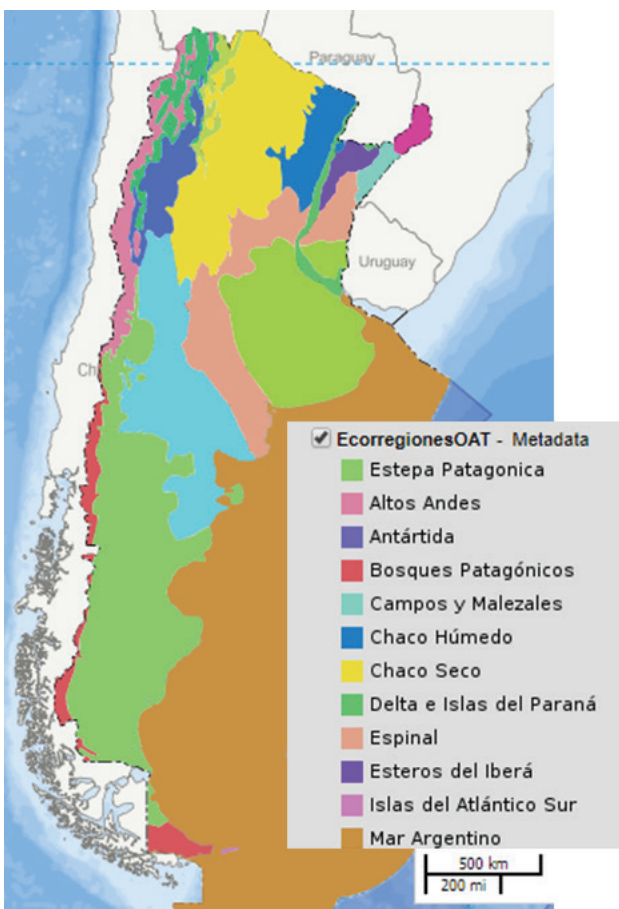


Figura 5. Ecoregiones de Argentina

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable).

### 3. ANÁLISIS DE LAS PRECIPITACIONES

Se mencionó anteriormente que en términos anuales la oferta hídrica sería suficiente para cubrir la demanda de la región del Chaco Húmedo. Para aseverar esto, se debe analizar también las precipitaciones mensuales y determinar el comportamiento temporal promedio en el transcurso de un año.

Para el estudio de la variabilidad de las precipitaciones se analizaron 8 estaciones pluviométricas, las

mismas presentan registros mensuales en el periodo de setiembre 1970 a agosto 2010 y están situadas dentro de la región del Gran Chaco descrita precedentemente. Los meses con faltantes de información se completaron mediante técnica estadística de correlación, utilizando el programa CHAC (Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas, desarrollado por el CEDEX, 2003). La ubicación de las mismas se presenta en la Figura 6.

Las fuentes de información de las precipitaciones fueron el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y el INTA. Se le realizó un tratamiento básico, de consistencia y homogeneidad. (Hämmerly, 2012a).

Por su parte las Tablas 1 y 2 presentan los principales estadísticos muestrales y los montos de precipitaciones de cada mes y el anual, promedios de la serie 1970-2010 (Hämmerly, 2012b).

Las Figuras 7 a la 14 corresponden a la representación estadística de fluctuaciones, para cada estación, de las precipitaciones mensuales de la serie 1970-2010.

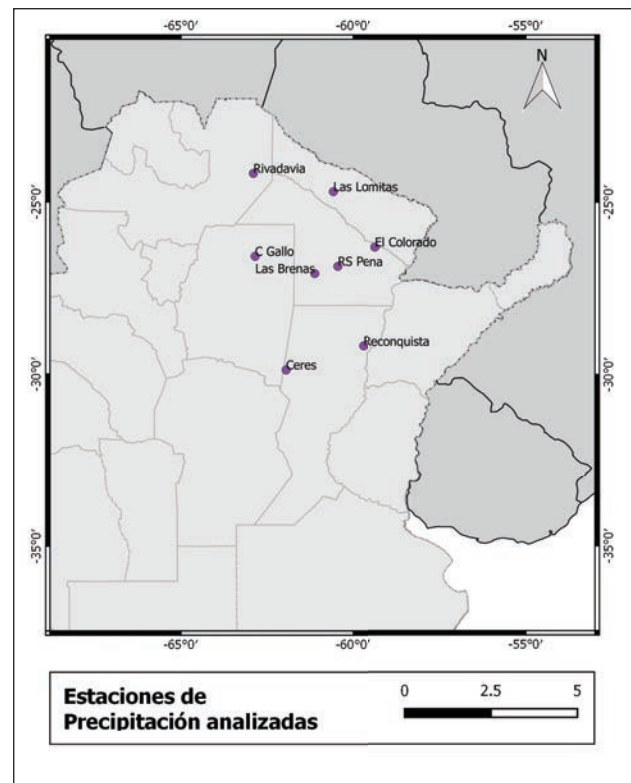


Figura 6. Estaciones pluviométricas analizadas.

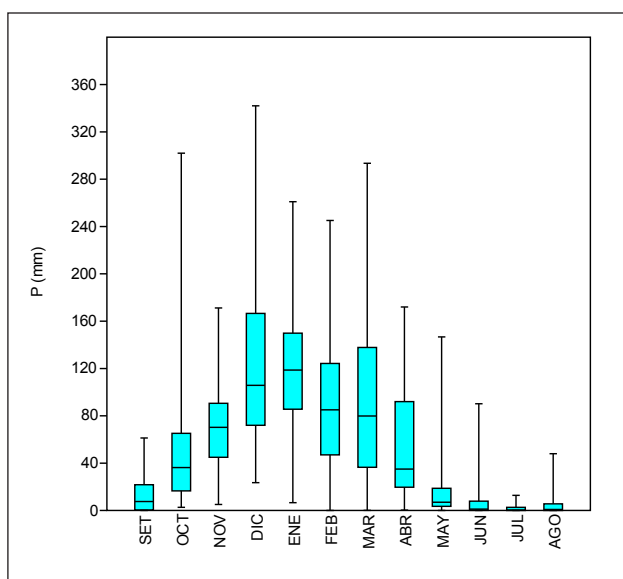
Analizando las estaciones situadas en la región para un periodo de 40 años, se encuentran valores de precipitaciones mensuales casi nulos en los meses de junio, julio y agosto. Lo que demuestra la necesidad de satisfacer la demanda de la zona de forma complementaria. Se percibe en los gráficos de las precipitaciones mensuales que la estación El Colorado, situada más hacia el este, posee una distribución más pareja de la lluvia durante el año. En cambio las restantes estaciones presentan marcada estacionalidad.

**Tabla 1.** Estadísticos. Precipitación anual. Serie 1970-2010.

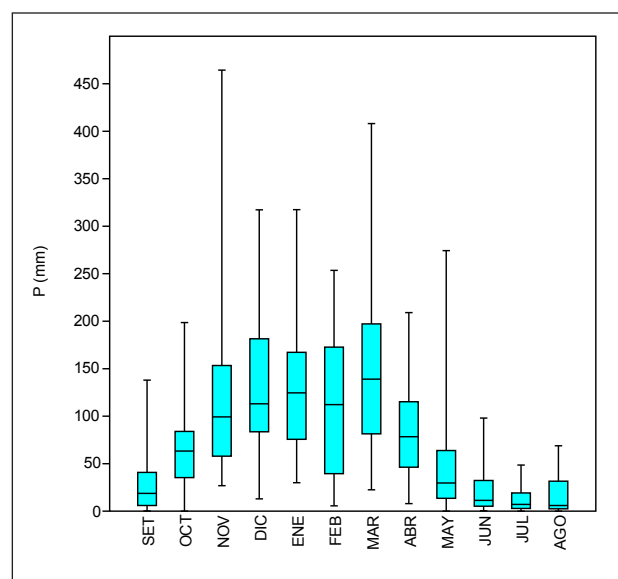
Estación	Media (mm)	Desvío (mm)	CS	CK	CV	Max (mm)	Min (mm)
Rivadavia SMN	642	163.1	0.42	-0.42	0.25	1009	329
Las Lomitas SMN	934	170.6	0.86	1.62	0.18	1422	604
El Colorado INTA	1167	290.7	1	1.51	0.25	2118	768
Campo Gallo INTA	681	183.1	0.78	1.93	0.27	1281	329
Las Breñas INTA	1000	222	0.59	-0.05	0.22	1579	659
R. S. Peña INTA	1011	226.9	0.22	-0.29	0.22	1484	588
Ceres SMN	966	255.2	0.22	-0.43	0.26	1522	477
Reconquista INTA	1260	375	1.09	1.9	0.3	2487	693

**Tabla 2.** Precipitaciones medias anuales y mensuales (mm). Serie 1970-2010.

Estación	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	ANUAL
Rivadavia SMN	13.8	47.5	74.7	120.4	124.1	91.8	87.6	51.2	17.3	7.5	1.9	4.5	642
Las Lomitas SMN	30.0	65.6	117.2	136.5	132.5	114.6	150.6	83.4	52.3	21.2	12.1	17.6	934
El Colorado INTA	52.6	114.4	150.2	145.7	123.5	125.2	138.1	134.1	84.3	40.8	29.1	28.6	1167
Campo Gallo INTA	15.6	40.6	82.9	111.8	135.2	98.8	107.2	57.6	16.9	8.4	3.0	2.9	681
Las Breñas INTA	35.4	81.7	126.0	127.2	147.0	130.0	142.7	118.3	37.3	25.2	14.2	15.5	1000
R. S. Peña INTA	35.9	92.5	125.0	131.4	139.3	112.4	139.0	125.7	47.9	23.3	17.8	20.6	1011
Ceres Aero SMN	42.8	81.1	103.9	139.9	135.5	123.8	156.4	97.8	34.4	21.5	14.4	14.8	966
Reconquista INTA	58.4	125.5	150.9	137.1	135.9	164.4	168.1	157.3	58.1	46.8	29.2	28.5	1260



**Figura 7.** Rivadavia SMN



**Figura 8.** Las Lomitas SMN

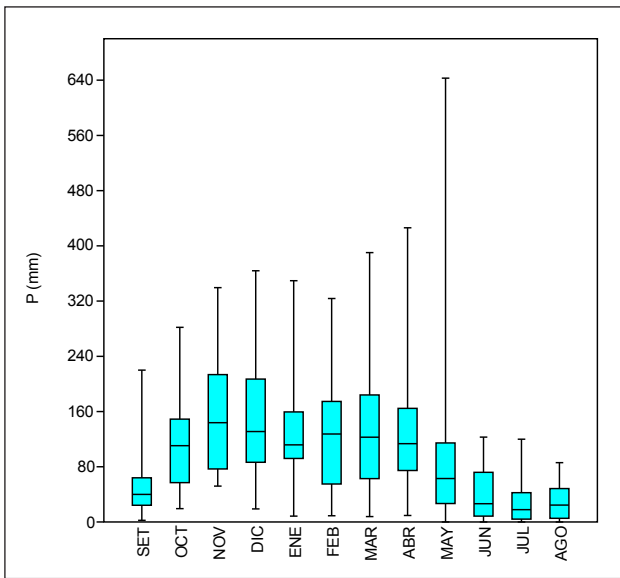


Figura 9. El Colorado INTA

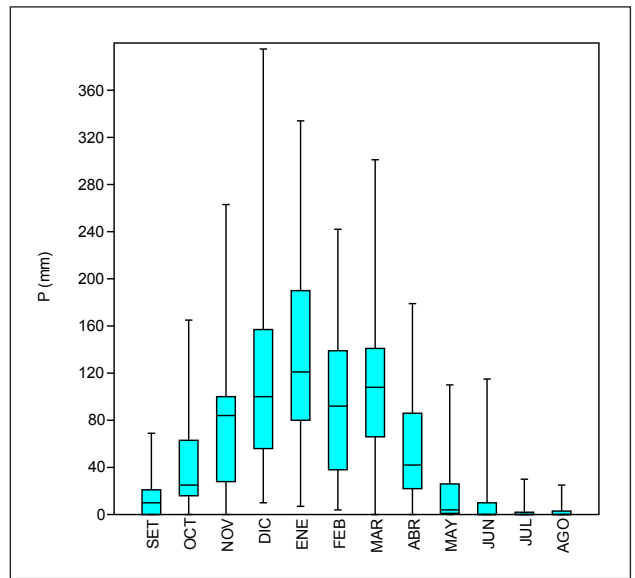


Figura 10. Campo Gallo INTA

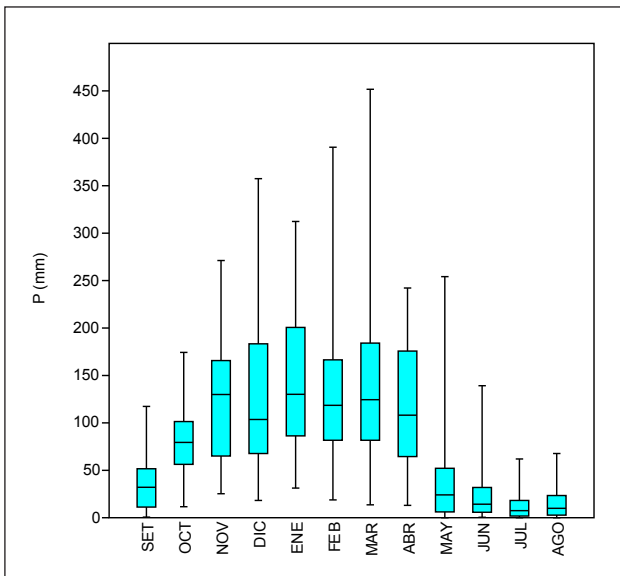


Figura 11. Las Breñas INTA

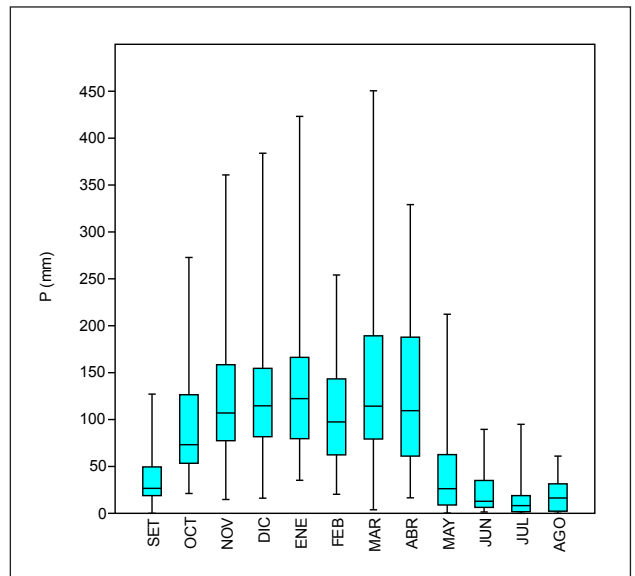


Figura 12. Roque Sáenz Peña INTA

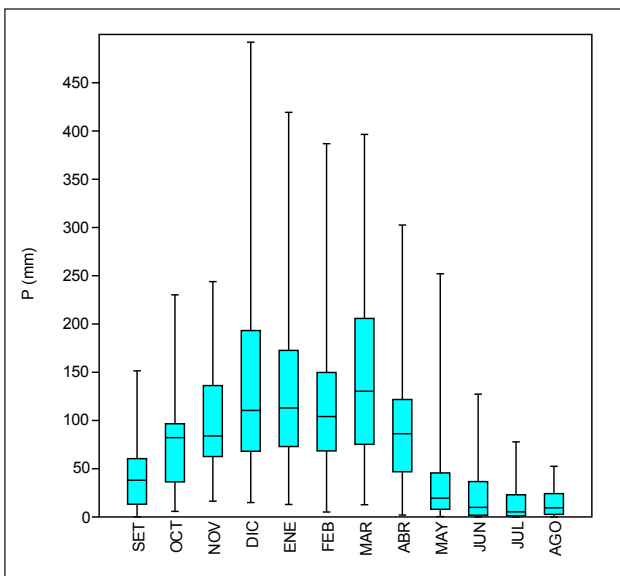


Figura 13. Ceres Aero SMN

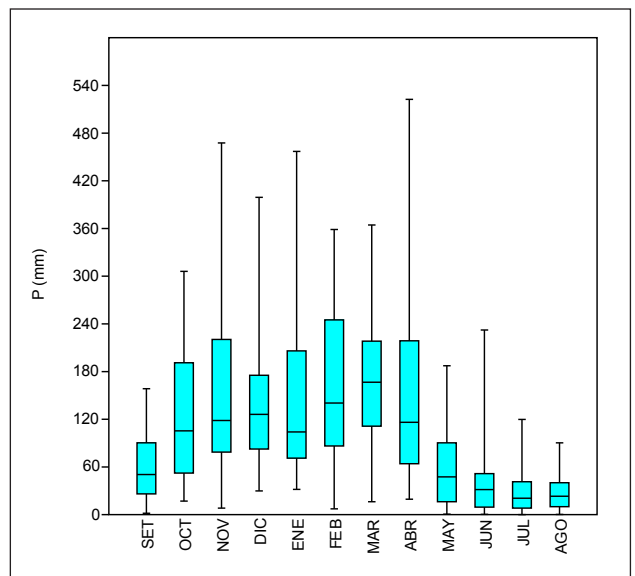


Figura 14. Reconquista INTA

Esta variabilidad estacional se ve confirmada por los Índices de Concentración (IC) de precipitación que se presentan en la Tabla 3 y que se obtienen mediante la suma de la precipitación mensual para los meses consecutivos de mayor precipitación, dividido un tercio de la suma de la precipitación para los nueve meses restantes. Cuando éste índice se encuentra más cercano al valor 1 las precipitaciones se presentan homogéneamente distribuidas a lo largo del año, a medida que se aleja de 1 más estacional es el comportamiento. Índices de concentración mayores a dos indican presencia de estacionalidad. Las estaciones Rivadavia y Campo Gallo presentan valores de Índice de Concentración mayores a 3. El menor índice corresponde a El Colorado que es la estación situada más al este, donde la cercanía con las grandes masas de agua que son los ríos Paraná y Paraguay, atenúan el efecto de variabilidad climática, no llegando este valor a 2. En conclusión la concentración de la precipitación mensual va aumentando de este a oeste.

**Tabla 3.** Índices de concentración de la precipitación. Serie 1970-2010.

Estación	IC
Rivadavia SMN	3.30
Las Lomitas SMN	2.23
El Colorado INTA	1.68
Campo Gallo INTA	3.10
Las Breñas INTA	2.17
R. S. Peña INTA	1.93
Ceres Aero SMN	2.26
Reconquista INTA	1.91

#### 4. CASO DE MITIGACIÓN A LA SEQUÍA EN ZONAS HÚMEDAS: PROVINCIA DE FORMOSA

La provincia de Formosa está ubicada en la zona norte de la República Argentina, ocupa íntegramente el área central del Gran Chaco, perteneciendo el sector este de la provincia al Chaco Húmedo y el oeste al Chaco Seco. Cuenta con abundantes recursos hídricos superficiales como los ríos Bermejo, Paraguay y Pilcomayo, y grandes lagunas y bañados como el emblemático bañado La Estrella, embalse Laguna Yema, laguna La Salada, estero Bellaco y riachos menores, según se puede apreciar en la Figura 15.

Las lluvias y caudales de los cursos de agua presentan una variabilidad temporal significativa, dando lugar a una alternancia de períodos húmedos y secos y a la ocurrencia de crecidas y estiajes severos.

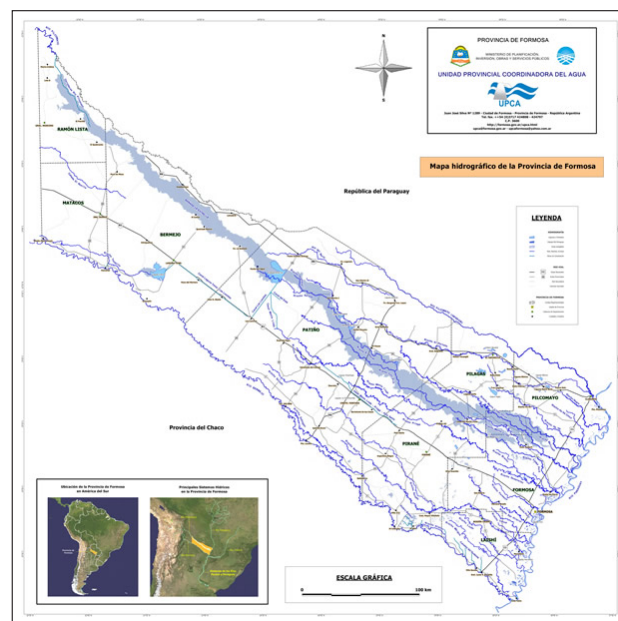
En la Figura 16 se observa que las precipitaciones anuales están en el rango de los 1450 a los 650 mm, decreciendo de este a oeste, mientras que la evapotranspiración potencial varía entre los 1000 a los 1300 mm anuales aproximadamente,

aumentando de este a oeste en contraposición con las precipitaciones.

Esto da un panorama de las características de la provincia, en el sector oeste hay menos precipitación y más Evapotranspiración Potencial (ETP), resultando un balance hídrico deficitario, mientras que en el sector este el balance deficitario se presenta en algunos meses (Figura 17).

Parece contradictorio que una de las provincias con más cursos de agua del país, siendo la mayor parte de su límite norte el río Pilcomayo, su límite este el río Paraguay y su límite sur el río Bermejo, tenga incapacidad de abastecer de agua a sus pobladores y las actividades productivas que desarrollan.

La Tabla 4 resume los más recientes acontecimientos hídricos ocurridos en la provincia, tanto por excesos o déficits. Esta alternancia natural de exceso y déficit condicionan las actividades económicas y de desarrollo en los centros urbanos y rurales, debido a que la infraestructura de la región no está adaptada suficientemente a la variabilidad, lo que lleva a plantear la necesidad de mejorar la capacidad de regulación actual de las lagunas y bañados por medio de nuevas obras y de optimizar la operación de éstas.



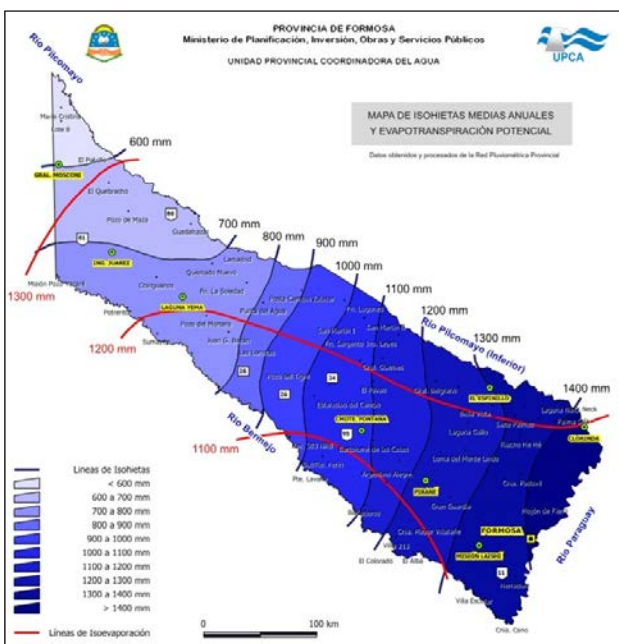
**Figura 15.** Red hidrográfica de la provincia de Formosa. (Fuente: Unidad Provincial Coordinadora del Agua, en Cristanchi, 2015)

Comparando las Figuras 15 y 17, se aprecia que hay agua superficial suficiente, pero que hay meses deficitarios. Se requiere entonces optimizar su uso, para lograr satisfacer las demandas los meses más acuciantes. Sobre este punto Cristanchi (2015) y Cristanchi et al. (2017), presentan un trabajo cuyo objetivo general fue optimizar los recursos hídricos del bañado La Estrella, uno de los cuerpos de agua más importantes de Formosa, a través de la aplicación del Sistema de Soporte de Decisión MIKE HYDRO BASIN. La propuesta consideraba realizar

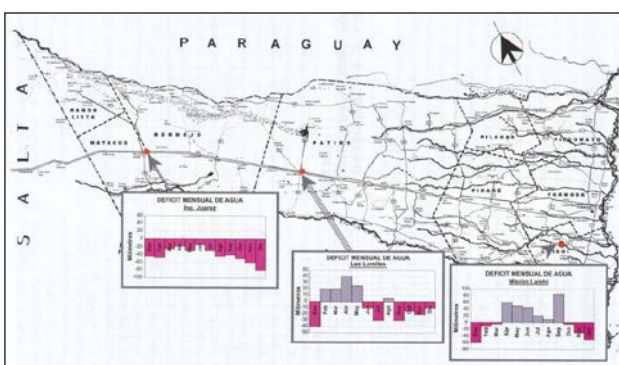


modelaciones con las obras existentes, nuevas obras y políticas de operación de las mismas, de manera tal que la alternancia natural entre excesos y déficits resulte mínima.

Se realizaron modelaciones para escenarios de demanda y obras actuales. Se identificaron entonces los meses críticos donde se presentaba falta de agua en las cinco localidades estudiadas. Un segundo escenario con propuesta de obras menores que permitieran satisfacer las demandas actuales de las poblaciones aprovechando, los meses en que hay agua entre el embalse del bañado y los canales principales de distribución, es decir desde marzo hasta noviembre, para la recarga y almacenamiento de los embalses.



**Figura 16.** Isolíneas de Precipitación y de ETP medias anuales. (Fuente: Unidad Provincial Coordinadora del Agua, en Cristanchi, 2015).



**Figura 17.** Distribuciones de la deficiencia de agua. Fuente: FORMOSA Recursos, Ambiente y Posibilidades para el Desarrollo, en Cristanchi, 2015 ).

Por último se modeló un tercer escenario para una demanda proyectada a 20 años y una propuesta de obra de mayor envergadura que permitan aprovechar

un mayor volumen de agua ofrecido por el bañado La Estrella.

En líneas generales las obras propuestas fueron una ampliación de la capacidad de los reservorios que ya se tenían en la mayoría de las localidades y mejora de la capacidad de conducción de los canales principales del agua desde el bañado, aumento de los depósitos de agua potable e incluso canales de conexión desde los canales principales hasta las plantas de agua potable de las localidades. Con las obras propuestas se atenuó la falta de agua. Se aprecia de este modo que no son necesarias grandes obras inmediatas para paliar las necesidades vinculadas al agua. Sólo se requiere estudios del sistema físico y de la oferta hídrica. Situarlo en el contexto social de usos y demandas, y diseñar medidas estructurales y no estructurales que permiten satisfacer esas demandas.

**5. CASO DE MITIGACIÓN A LA SEQUÍA EN ZONAS HÚMEDAS: PROVINCIA DE SANTA FE**

El otro caso práctico de acción en la zona es la implementación, por parte del gobierno de la provincia de Santa Fe, de Unidades Experimentales de Cosecha de Agua, denominadas UECA, como aportes a los municipios y comunas más perjudicados por la sequía. Se consideran estas UECA, una obra eficaz y de bajo costo, útil para la captación y almacenamiento de agua de lluvia en condiciones de sequía, destinada al abrevado de hacienda, con la intención de que sean de uso comunitario.

Este proyecto permite entre otras cosas:

- La asistencia a pequeños y medianos productores ganaderos, que accedan a constituir sistemas asociativos o comunitarios para la construcción y mantenimiento de estas obras, que posibiliten el abastecimiento de agua a su propia hacienda;
- Difundir y practicar una técnica simple de apoyo a la actividad ganadera, para luego replicarla en otros ámbitos de la provincia
- Movilizar la propia iniciativa de los productores, para la construcción masiva estas obras que introducen un nuevo concepto (natural y económico), de aprovechamiento del agua de lluvia en sus explotaciones.

Para su implementación se firmó en 2009 un Convenio entre el Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente (MASPyMA) y la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) Regional Reconquista, para construir en la región, cinco Unidades Experimentales de Cosecha de Agua (UECA), como obras comunitarias: el agua almacenada es compartida por varios productores. Han sido financiadas por la provincia, utilizando fondos nacionales de emergencia por sequía. Las mismas revisten un carácter experimental,



**Tabla 4.** Escenarios hídricos más recientes en la provincia de Formosa.

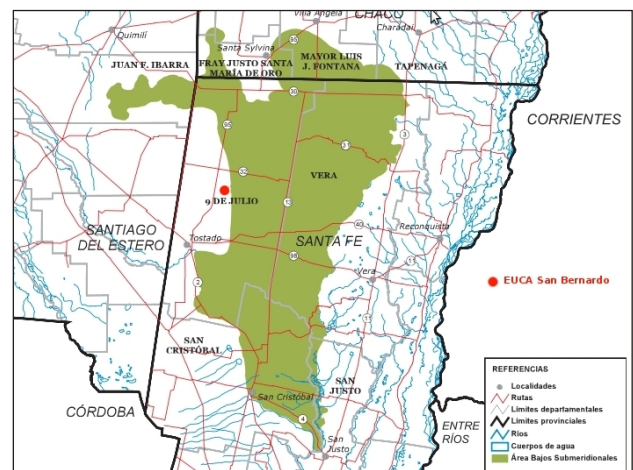
Años	Situación hídrica	Consecuencias
1982/1983/1984	Se registraron las mayores inundaciones en toda Formosa	30.500 evacuados y cuantiosas pérdidas económicas a causa de crecidas en los ríos Bermejo, Paraguay y Pilcomayo
1987 1988	Sequias durante 6 meses Sequias durante 5 meses	Esto incidió en millones de hectáreas afectando la disponibilidad de agua para consumo humano, cultivos, ganados y pasturas, con pérdidas económicas significativas y consecuencias sociales indeseables
2006/2007	Inundaciones debido no sólo a los desbordes de los ríos Bermejo y Pilcomayo como consecuencia de las precipitaciones registradas en las altas cuencas, sino también por las excesivas precipitaciones caídas dentro del territorio provincial	Anegamiento del 30% de la superficie total de la provincia, lo que ha generado la evacuación de las poblaciones ribereñas a los ríos, pérdidas económicas y materiales.
2007/2008	Se registraron grandes valores hidrométricos	La provincia anegada en un 35% de la superficie total.
2008/2009	Sequias durante 8 meses	
2011/2012	Sequías	Grandes pérdidas en los rindes de las cosechas por falta de agua, sobre todo por la evaporación que provocan las altas temperaturas, Los de segunda no se pudieron sembrar. Fuertes implicancias sobre todo económicas y sociales. Afecta al pequeño agricultor, al productor, y a toda la cadena agroindustrial, provocando un círculo vicioso que lleva a la desinversión y a la reducción de la mano de obra.
2012/2013	Sequias durante 6 meses	Pérdidas de cosechas, mortandad de ganado por falta de pasto y de agua. Los molinos, sacaban agua amarga o salada porque las napas se han ido salinizando por la ausencia de lluvias

cuyo objeto además de la provisión de agua a los productores ganaderos asociados, es determinar mediante mediciones sistemáticas (lluvias, niveles hidrométricos, niveles freáticos, volumen de agua extraído), la eficiencia de las parcelas, para optimizar sus diseños y costos.

El sistema propuesto por el MASPyMA fue pensado como un sistema comunitario ganadero, por lo que el desarrollo de un plan de gestión es de suma importancia. Para ello Cristina (2015) y Cristina et al. (2015), proponen pautas para su uso considerando la obras localizada en el Establecimiento “Las Patricias”.

Esta UECA está ubicada dentro de la región del Chaco Húmedo, en el departamento 9 de Julio de la provincia de Santa Fe, en la localidad de San Bernardo, distante 65 km aproximadamente de Tostado. Este distrito es uno de los más afectados por la sequía. También se encuentra cercana a una gran zona de características particulares denominadas “Bajos Submeridionales” (Figura 18). Para su construcción, los técnicos del Ministerio y la UTN decidieron que una vieja aguada era el lugar propicio y armaron allí un área de captación de 10 hectáreas con 2 represas de 3 millones de litros cada una, más una de decantación. Se instalaron caudalímetros y freatímetros, más una pequeña

estación agrometeorológica. La obra incluyó un convenio con 8 productores de la zona para que puedan abastecerse.



**Figura 18.** Bajos Submeridionales y ubicación de la UECA “Las Patricias”  
(Fuente: FVSA y FUNDAPAZ, en Cristina, 2015).

La Figura 19 muestra la foto área (izquierda) y el croquis de un sistema de cosecha de agua de lluvias mediante camellones (derecha), de los desarrollados por los menonitas, quienes fueron pioneros e

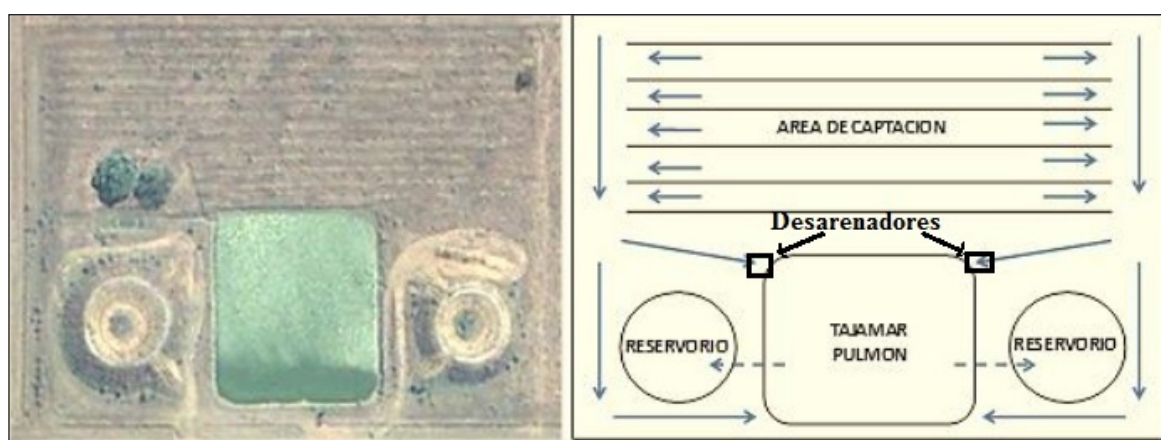
innovadores en este tipo de diseños en la zona del Chaco Paraguayo.

El mismo funciona del siguiente modo: Una vez identificadas las zonas aptas para acumular el agua de lluvia, como ser bajos naturales o zonas con depresiones, en tajamares o pulmones cuya capacidad se obtiene teniendo en cuenta la oferta hídrica y la demanda ganadera. Para construir estos reservorios, es necesario realizar un movimiento de suelo, que puede ser aprovechado para construir un reservorio o tanque elevado de contención de agua, denominado tanque Chaco, donde mediante motobomba o molinos de viento se eleva el agua desde el tajamar al tanque. Los mismos pueden tener varios metros de altura y diámetros superiores a los 20 o 30 metros. Se los suele reemplazar por

tanques de metal o de hormigón armado, cuando el suelo no es cohesivo.

Una vez lograda la carga hidráulica en los reservorios elevados, mediante tubería, se hace llegar el agua por gravedad a los bebederos, ubicados estratégicamente, los cuales pueden estar alejados distancias considerables de los tanques de almacenamiento.

Algunos sistemas cuentan además con 2 perforaciones o pozos calzados, cuyo diámetro es aproximadamente de 2 a 3 metros, los cuales pueden ser utilizados para extraer agua subterránea, mediante drenes horizontales y mezclarla, con la proveniente de la cosecha de agua de lluvia almacenada en los tajamares.



**Figura 19.** Sistema de cosecha por método de camellones (Fuente: Nosetto et. al., 2012 en Salas Solis, 2013).

Respecto a cómo se colecta o cosecha el agua de lluvia, existen diversas metodologías, desde superficies preparadas exclusivamente para dichas tareas hasta adecuación de áreas multipropósito, como por ejemplo caminos doble uso, es decir para tránsito y colecta del agua de lluvia.

En el sistema menonita, la más empleada es destinar y adecuar un área determinada para realizar la cosecha de agua de lluvia. Esta adecuación consiste en desmalezar y acomodar el terreno, para dejar al mismo con una serie de camellones u ondulaciones por la que escurrirá el agua de lluvia. La precipitación que cae sobre los camellones, es colectada por un canal lateral, perpendicular a los camellones, el que a su vez conduce el agua hacia un desarenador y sedimentador y posteriormente al tajamar o pulmón. Diseñado el sistema con las pendientes de los camellones y de los canales, adecuadas para el tipo de terreno y para evitar erosiones, posee una alta eficiencia, ya que permite cosechar entre el 60 y el 80 % de la precipitación caída.

Según el propietario del establecimiento donde está emplazada la UECA "Las Patricias", es complicado usarla para fines comunitarios, porque cuando la sequía se acentúa, el agua se agota rápido y no

alcanza para abastecer a muchos usuarios, pero sí a un establecimiento.

Según cálculos, esa UECA alcanza para mantener abastecidos unos 500 animales durante 6 meses, dependiendo la época del año, porque cuando aumenta la temperatura ambiente, el consumo aumenta.

Si bien las UECA implementadas, están diseñadas para un uso ganadero exclusivo, la ubicada en "Las Patricias", cuenta con la particularidad que la cosecha de lluvia se realiza con el objetivo de almacenarla en una represa especialmente diseñada para contrarrestar pérdidas por evaporación y recargar los acuíferos. De esta manera se obtiene el beneficio que durante el proceso de infiltración, los minerales presentes en el suelo, son absorbidos por el agua llevando de ésta manera la calidad de la misma a ser más adecuada para la ganadería ya que el rodeo necesita una cierta cantidad de estos minerales para su desarrollo (Basán Nisckish, 2015). La gran infiltración, con valores de 10 cm por día, resulta apropiado porque favorece la recarga de los pozos y la mejora calidad del agua subterránea.

Desde el Ministerio de Aguas destacan que la seguridad de disponer de agua para abrevado

de hacienda ha repercutido favorablemente en el sostenimiento de la actividad ganadera (generalmente de cría) durante los años más críticos de la sequía. Pero también que la realización de estas obras de tipo comunitarias, requiere la conformación de una unidad de administración y mantenimiento, lo que incentiva el desarrollo de prácticas asociativas entre pequeños Productores Rurales.

En el año 2013 se extendió la idea para abastecer de agua a pequeñas localidades y parajes del norte santafesino siendo utilizadas y administradas en forma comunitaria, proveyendo agua a los pobladores tanto con fines domésticos como productivos.

## 6. CONSIDERACIONES FINALES

El problema de la escasez de agua se refiere a la cantidad, la calidad y su accesibilidad ya que la misma no siempre está uniformemente distribuida en el espacio y en el tiempo, ni aprovechable en forma directa. Por lo que se requieren estudios de disponibilidad de agua que permitan caracterizar el comportamiento medio de las zonas.

El análisis de las precipitaciones en una región húmeda permite poner en evidencia que la vulnerabilidad a la escasez de agua no se limita a las regiones caracterizadas climáticamente como áridas y semiáridas. Con la salvedad que una gestión adecuada del recurso en estas regiones, permite asignar y controlar el agua durante el ciclo anual.

En la provincia de Formosa el agua se presenta en abundancia en determinados épocas del año y su aprovechamiento es clave para satisfacer las demandas básicas. La modelación mediante el modelo MIKE HYDRO BASIN permitió analizar escenarios que posibilitan satisfacer las demandas durante todo el año y controlar los excesos, con mínimas inversiones por parte del estado. Se demuestra entonces que la gestión eficiente del agua es posible mediante estudios del recurso y la adopción de políticas adecuadas.

En el caso de la provincia de Santa Fe, para paliar la disponibilidad de agua superficial, una de las medidas que se pudo adoptar es la construcción de un sistema de cosecha de agua. De este modo se almacena en los meses de lluvia y se aprovecha en los meses secos. En definitiva no es diferente al sistema natural de almacenamiento, como un lago o un bañado, sólo que requiere un diseño que asegure satisfacer las demandas que se proponen cubrir, considerando también, en lo posible, una proyección a futuro. Con la implementación de estos sistemas, los usos que se pueden satisfacer son variados y dependerán de las necesidades y demandas de la región. Incluso se advierte que la implementación de estas técnicas de cosecha de agua contribuiría significativamente a la gestión de eventos extremos por excesos hídricos.

## 7. REFERENCIAS

Basán Nickisch M. y Lahitte A. 2011. Una alternativa de manejo eficiente de los recursos hídricos para ganadería en el norte de Santa Fe. INTA, Reconquista, Pcia de Santa Fe, Argentina.

Basán Nickisch M. y Sánchez L. 2015. Alternativas de manejo de los recursos hídricos para ganadería en el norte de Santa Fe. Revista Voces y Ecos de INTA, Reconquista, Pcia de Santa Fe, Argentina.

CEDEX. 2003. Manual de Usuario CHAC. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Madrid, España.

Cristanchi, MA. 2015. Optimización de los recursos hídricos de un sistema de llanura, mediante la aplicación del Sistema de Soporte de Decisión MIKE BASIN. Caso de estudio Bañado La Estrella, Formosa. Tesis de Maestría en Ingeniería de los Recursos Hídricos, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Pcia de Santa Fe, Argentina.

Cristanchi, MA.; Hämmerly, R. y Valiente MA. 2017. Optimización de los recursos hídricos de un sistema de llanura por aplicación del sistema de soporte de decisión Mike Basin. Caso de estudio bañado La Estrella (Formosa). XXVI Congreso Nacional del Agua, Córdoba, Argentina.

Cristina IM. 2015. Cosecha de agua de lluvia para abastecimiento ganadero. Tesis de Maestría en Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Pcia de Santa Fe, Argentina.

Cristina, IM.; Hämmerly, R. y Basán Nickisch M. 2015. Cosecha de agua de lluvia para abastecimiento ganadero. XXV Congreso Nacional del Agua, Paraná, Entre Río, Argentina. ISBN 978-987-27407-4-0.

Hämmerly, R. 2012a. Listado de información nacional potencialmente disponible para el balance hídrico a nivel Cuenca del Plata (Argentina). Informe Final Subcomponente II.1 Balance Hídrico Integrado. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, UNL, Santa Fe, Pcia de Santa Fe, Argentina.

Hämmerly, R. 2012b. Antecedentes de balance hídrico en Cuenca del Plata. (Argentina). Informe Final Subcomponente II.1 Balance Hídrico Integrado. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, UNL, Santa Fe, Pcia de Santa Fe, Argentina.

INTA 2010. Atlas climático digital de la República Argentina. Editores: Bianchi Alberto, Rubí Cravero y Silvia Ana Carla. Salta, Pcia de Salta, Argentina.

MASPyMA 2010. Memoria Técnica UECA San Bernardo. Ministerio da Agua, Servicios Públicos y Medio Ambiente, Santa Fe, Pcia de Santa Fe, Argentina.

MASPyMA 2012. Informe Técnico de Comisión al Establecimiento “Las Patricias”, San Bernardo. Responsable: Sánchez, Luciano et. al., Reconquista, Santa Fe. Ministerio da Agua, Servicios Públicos y Medio Ambiente, Santa Fe, Pcia de Santa Fe, Argentina.

Salas Solis, C.V. 2013. La cosecha de agua de lluvia en áreas áridas y semiáridas. Tesis de Grado. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. México.

### **Páginas WEB**

[https://es.wikipedia.org/wiki/The\\_World\\_Factbook](https://es.wikipedia.org/wiki/The_World_Factbook)

<http://mapas.ambiente.gob.ar/>

[www.formosa.gov.ar](http://www.formosa.gov.ar)

Instituto Geográfico Nacional (IGN), <http://www.ign.gob.ar/sig250>, <http://www.ign.gob.ar/sig#descarga>