

Diversidad Biológica, Humedales y Agua Subterránea en la provincia de Formosa

*Daniel Italo Soldani*¹⁻², *Cristina Lucia Viglione*², *Julio Cesar Vargas Yegros*², *Horacio Zambon*³

1. Universidad Nacional de Formosa. Dr. Gutnisky 3200 (3600). Formosa.
2. Servicio Provincial de Agua Potable y Saneamiento. Belgrano 255. Formosa
3. Unidad Provincial Coordinadora del Agua. J. J. Silva 1385. Formosa.

E-mail: disoldani@yahoo.com.ar

RESUMEN

El trabajo de investigación presenta los estudios preliminares entre la epistemología de las aguas subterráneas, la diversidad vegetal y los humedales para construir conocimientos en la educación formal Técnica y Universitaria y no formal de la sociedad, mediante la formación continua de operadores de empresas de servicios de agua para distintos usos, en especial, en el tema de formación en recursos hídricos en el sistema formal de educación; como así también, en el que se promueve a nivel de empresas y sindicatos. Se trabaja con los aportes del Portal Oficial del Gobierno de la Provincia de Formosa mediante la página: Infraestructura de Datos Espaciales de Formosa (IDEF), los pozos, los equipos y los protocolos de análisis de agua realizados por el Servicio Provincial de Agua Potable y Saneamiento (SPAP), documentos hidrográficos que aporta la Unidad Provincial Coordinadora del Agua (UPCA) y los relevamientos in situ llevados a cabo por alumnos y docentes de la Universidad, de las cátedras de las facultades involucradas (Facultad de Humanidades y Facultad de Recursos Humanos). Como el proyecto se inició este año 2018 y tiene una duración de 3 años; en esta etapa los objetivos para la provincia de Formosa: 1. Hacer un Inventario identificando los humedales, 2. Caracterización de la dinámica y calidad de las aguas, de los suelos y la diversidad vegetal de alguno de ellos, 3. Caracterización de los acuíferos subterráneos de interés y 4. Finalmente, se pretende articular los conocimientos entre las ciencias y estudiar la existencia de posibles vínculos entre los acuíferos, la diversidad vegetal y los humedales. En el presente trabajo se discurre conceptos genéricos para comprender los temas abordados y el caso de la Laguna de los Indios que es el primer humedal en el cual iniciamos los estudios.

DESCRIPCIÓN

Las aguas subterráneas, la diversidad vegetal y los humedales son espacios curriculares de estudios de las ciencias y la tecnología. Sin embargo; cuando en la práctica se desarrolla una actividad académica o laboral,

es difícil que el estudiante universitario o el operador de un sistema hídrico, vincule las tres formas de conocimiento de forma holística. Si bien, esta articulación genera un conjunto mayor de conocimientos que permite realizar nuevas interpretaciones científicas y desarrollos tecnológicos, la práctica docente y laboral es sumamente compleja y a veces con mucha incertidumbre. En términos pedagógicos las ciencias y las tecnologías se presentan significativamente en cada uno de los conocimientos mencionados; evidentemente, articular y vincular, conjuntos de conocimientos re-significa así nuevos conceptos que concebirá una elipse de superación educativa y laboral. Expresado en términos cognitivos, sabemos que se requiere una meta-cognición para abarcar por separado esos tres espacios curriculares. Por lo tanto; es importante comenzar a acercarnos desde los conceptos genéricos, a los específicos y algunas particularidades antes de pretender realizar una articulación práctica. En el gabinete nos vamos escuchando entre los diferentes participantes para comenzar a articular estos espacios curriculares y luego iniciar los encuentros a los efectos de relacionar la teoría con nuestra realidad cotidiana.

Aguas Subterráneas

Son aguas que se ubican en depósitos o escurren bajo y debajo la superficie de la tierra. Se denomina acuífero a la formación geológica (rocas y sedimentos) que es capaz de almacenar y transmitir agua en cantidades económicamente explotables (García et al, 2010). El proceso es dinámico y esos depósitos y escurrimientos son parte de un proceso planetario denominado ciclo del agua (Figura 1):



Figura 1. El agua subterránea como parte del ciclo hidrológico. Fuente:

<https://water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html>

Esa agua existente bajo la superficie terrestre el ser humano la puede coleccionar mediante perforaciones, túneles o galerías de drenaje; mientras tanto, fluye naturalmente hacia la superficie a través de manantiales o filtraciones que llegan a los cursos fluviales. En esa idea, un acuífero es un volumen subterráneo de roca y arena que contiene agua. Observando la página del Departamento de Irrigación del gobierno de Mendoza

(Aquabook, 2018) presenta como difusión en Internet, como estos acuíferos pueden ser clasificados, mostrando ello en la Figura 2:

- Acuíferos libres. Son aquellos en los que el nivel de agua se encuentra por debajo del techo de la formación permeable. Liberan agua por dé-saturación, es decir, el agua que ceden es la procedente del drenaje de sus poros.
- Acuíferos confinados. Son aquellos cubiertos por una capa impermeable confinante. El nivel de agua en los acuíferos cautivos está por encima del techo de la formación acuífera. El agua que ceden procede de la expansión del agua y de la descompresión de la estructura permeable vertical, cuando se produce la depresión en el acuífero. También se les denomina acuíferos cautivos.
- Acuíferos semiconfinados. Se pueden considerar un caso particular de los acuíferos cautivos, en los que muro, techo o ambos no son totalmente impermeables, sino que permiten una circulación vertical del agua.



Figura 2. Tipos de acuíferos del Departamento General de Irrigación – Mendoza. Fuente:

http://aquabook.agua.gob.ar/407_0

La provincia de Formosa mediante la planificación de un relevamiento de acuíferos subterráneos (denominado Plan Esmeralda) realizó; a través, del Servicio Provincial de Agua Potable y Saneamiento un estudio que concluyó en las siguientes unidades hidrogeológicas subsuperficiales (García et al, 2010) cuyos resultados se publicaron en un libro: “El Agua Subterránea en la Provincia de Formosa – Plan Esmeralda”. En ese estudio se establecieron las siguientes Unidades Hidrogeológicas Subsuperficiales: Complejo Acuífero Pucú (CAPu), Complejo Acuífero Interfluvio (CAI), Complejo Acuífero Pilcomayo (CAP), Sistema Acuífero Terciario Subandino (CATSa) y Complejo Acuífero Bermejo que están indicados en la figura 3.

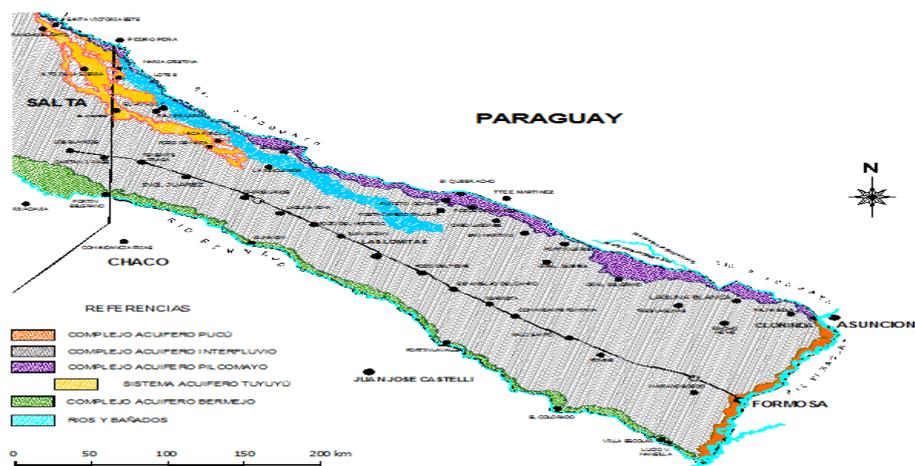


Figura 3: Unidades Hidrogeológicas Subsuperficiales de la provincia de Formosa. Fuente: Libro El Agua Subterránea en la Provincia de Formosa – Plan Esmeralda.

Humedal

Un humedal es una zona de tierra, generalmente plana, cuya superficie se inunda de manera permanente o intermitentemente. Esta definición no rescata la importancia que le dan los países que se convocaron en la ciudad de Ramsar para realizar una convención respecto a los Humedales dándole una Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, sus resultados conocidos como **Convenio Ramsar** muestran como objetivo principal «*la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo*». A partir de ese Convenio se ha realizado una clasificación genérica de los humedales que se incluye en la página Sistema Ramsar de clasificación de tipos de humedales: RAMSAR (2013):

- Humedales marino/costeros,
- Humedales continentales (*Inland wetlands*),
- Humedales artificiales.

Cada uno de ellos continúa con Subclasificaciones y a su vez con nuevas divisiones que promueven un estudio exhaustivo a nivel planetario. En la provincia de Formosa interesan los humedales continentales los de agua dulce y de ellos los de Agua fluyendo en forma Permanente, Estacional / Intermitente y los Pantanos; que en la provincia y gran parte del país llamamos esteros.

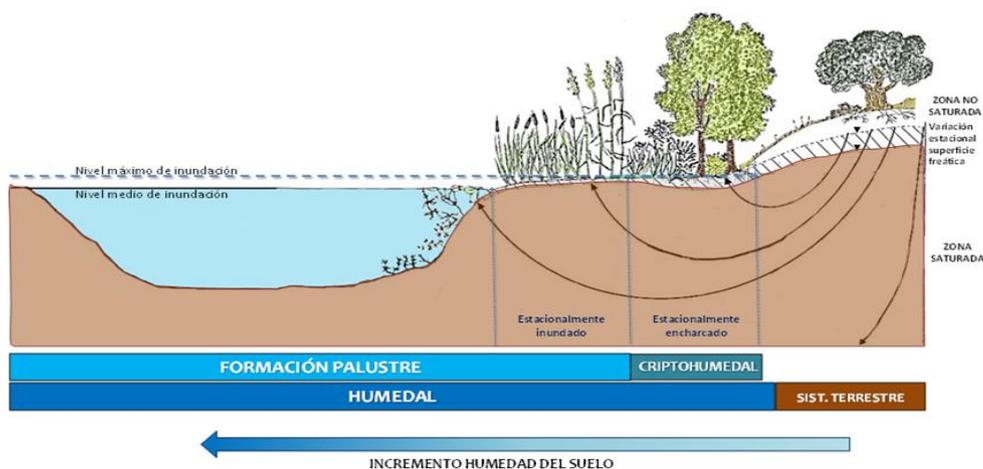


Figura 4: Esquema básico de un humedal

Se presenta en la figura 4, un esquema genérico similar a los existentes en el territorio Provincial. La provincia de Formosa es una planicie muy marcada que presenta infinidad de zonas bajas de poca pendiente y que da lugar a la formación de lagunas, esteros acompañando el declive oeste – este del territorio surcado de ríos y riachos que desaguan en el río Paraguay y que tienen estacionalidad en el ciclo hidrológico dando lugar a momentos de inundación y sequía.

La provincia de Formosa es frontera norte y este de la República Argentina con la República de Paraguay. Limita al sur con la provincia del Chaco y al oeste con la Provincia de Salta. Del extremo noroeste al sudoeste se recorren más de 700 Km descendiendo solo 180 metros. El descenso incrementa el valor de las lluvias. En el oeste menos de 600 mm anuales llega al este a superar los 1400 mm. No existe un inventario de humedales. En la página IDEF; ya mencionada, en la Figura 5 se muestra un mapa de hidrología.

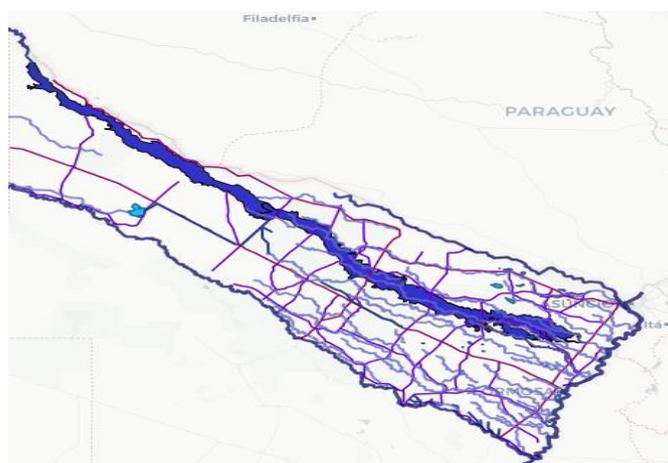


Figura 5: Red Hidrográfica de Formosa. Fuente: <http://idef.formosa.gob.ar/visor/>

Diversidad Vegetal

La biología define a la biodiversidad (diversidad biológica) como la variedad (referido a diferentes especies) y variabilidad (respecto a la misma especie) de los seres vivos y de los ecosistemas (sistemas ecológicos) que estos integran. Los componentes de la diversidad biológica se organizan en tres niveles: el de los genes, que constituyen las bases moleculares de la herencia; el de las especies que son el conjunto de organismos afines capaces de reproducirse entre sí y el de los ecosistemas, que son complejos funcionales formados por los organismos y el medio físico en el que habitan (Crisci 2001).

La Diversidad Vegetal es la variedad de organismos biológicos que pertenecen a la denominación de vegetales y que en la filogenia de reinos se denomina Plantae. En biología, se denomina plantas a los seres vivos fotosintéticos, sin capacidad locomotora y cuyas paredes celulares se componen principalmente de celulosa. Taxonómicamente están agrupadas en el reino Plantae y como tal constituyen un grupo monofilético eucariota conformado por las plantas terrestres y las algas que se relacionan con ellas; sin embargo, no hay un acuerdo entre los autores en la delimitación exacta de este reino. En la clasificación del Reino Plantae tomamos la clasificación monofilética de Haeckel y Whittaker, también llamado Metaphyta por otros autores y que agrupaban a las plantas terrestres con las algas multicelulares (verdes, rojas y pardas) (Curtis et al, 2007). Se ve en Tabla 1, esa clasificación:

Tabla 1: Clasificación del Reino Plantae

Reino	Clado	Descripción	Autores
<u>Plantae sensu lato</u>	<u>Primoplantae</u> o <u>Archaeplastida</u>	<u>De adquisición primaria de cloroplastos: plantas verdes, algas rojas y glaucofitas</u>	<u>Cavalier-Smith 1998, Baldauf 2003^A</u>
<u>Plantae sensu stricto</u>	<u>Viridiplantae</u> o <u>Chlorobionta</u>	<u>Plantas verdes: plantas terrestres y algas verdes</u>	<u>Copeland 1956</u>
<u>Plantae sensu strictissimo</u>	<u>Embryophyta</u>	<u>Plantas terrestres: plantas vasculares y no vasculares (briófitas)</u>	<u>Margulis 1971 y otros</u>

La diversidad vegetal en el humedal hace referencia a la variedad de especies vegetales que encontramos en ese ecosistema. Existe una zonación vegetal, basada en la disponibilidad del agua (Fig 4), reconocemos así: Zona húmeda o criptohumedal. Zona palustre y Zona profunda

Las plantas que habitan en estas zonas húmedas las clasificamos de la siguiente manera:

- A. **Plantas terrestres:** Que viven normalmente hacia la costa (zona húmeda, o criptohumedal), que incluyen diferentes tipos biológicos: hierbas, arbustos y árboles que crecen directamente en el suelo, las epifitas que crecen sobre otras plantas y las enredaderas y lianas que nacen en el suelo y trepan sobre el soporte que ofrecen otras plantas, se observa en la Figura 4.

B. **Plantas palustres o anfibias:** son aquellas que crecen en terrenos bajos inundados por aguas muy poco profundas y que están arraigadas en el fondo, desarrollando sus hojas, flores y frutos en el aire (zona palustre), como en la Figura 6.

C. **Plantas acuáticas o hidrófilas:** se establecen en aguas permanentes, y se dividen en dos grupos:

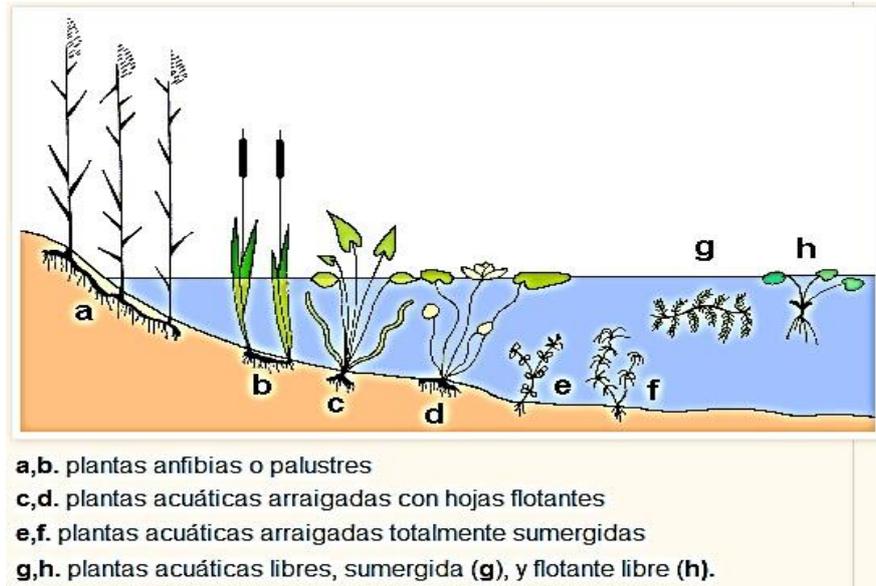


Figura 6: Plantas acuáticas o hidrófilas:

En la figura 6 tenemos una muestra de plantas entre ellas:

- i. **Plantas acuáticas sumergidas:** que a su vez pueden ser **Libres:** cuando ocupan aguas transparentes y poco profundas o **Arraigadas:** se fijan con las raíces al fondo del agua y florecen al ras del agua, formando praderas acuáticas.
- ii. **Plantas acuáticas flotantes:** se localizan en aguas someras y aguas profundas, existen dos tipos: **Libres:** suelen formar una cubierta densa o puede ser abierta, sobre la superficie del agua, y no están ancladas al fondo o **Arraigadas:** están ancladas al fondo del agua u sus hojas flotan o pueden estar ancladas al fondo del agua y sus hojas son emergentes.

La racionalidad del ser humano trajo aparejado que los análisis científicos de los ecosistemas naturales fuesen describiendo lo que se observaba, se investigaba sobre lo que estaba o lo que fue. He aquí que esos análisis responden a una mirada cambiante; pues la biodiversidad, sea animal, vegetal, mónica, protista o fungí fue intervenida por la humanidad mucho antes que el mismo se diera cuenta de los efectos de esa intervención. Los países miembros del Convenio Ramsar descubrieron a los humedales como reservas de la diversidad biológica cuando en verdad ya lo eran y habían sido usados por el mismo hombre. El agua

subterránea, la diversidad biológica y los humedales fueron intervenidos y usados desde el comienzo de la historia de la humanidad; seguramente en su prehistoria. Los estudios científicos nos enseñan a estudiar una biodiversidad o diversidad biológica analizando animales y vegetales en pirámide, cadena y red trófica o alimentaria de sustentación en cada uno de los ecosistemas, en la figura 7 se muestra un ejemplo de ello.

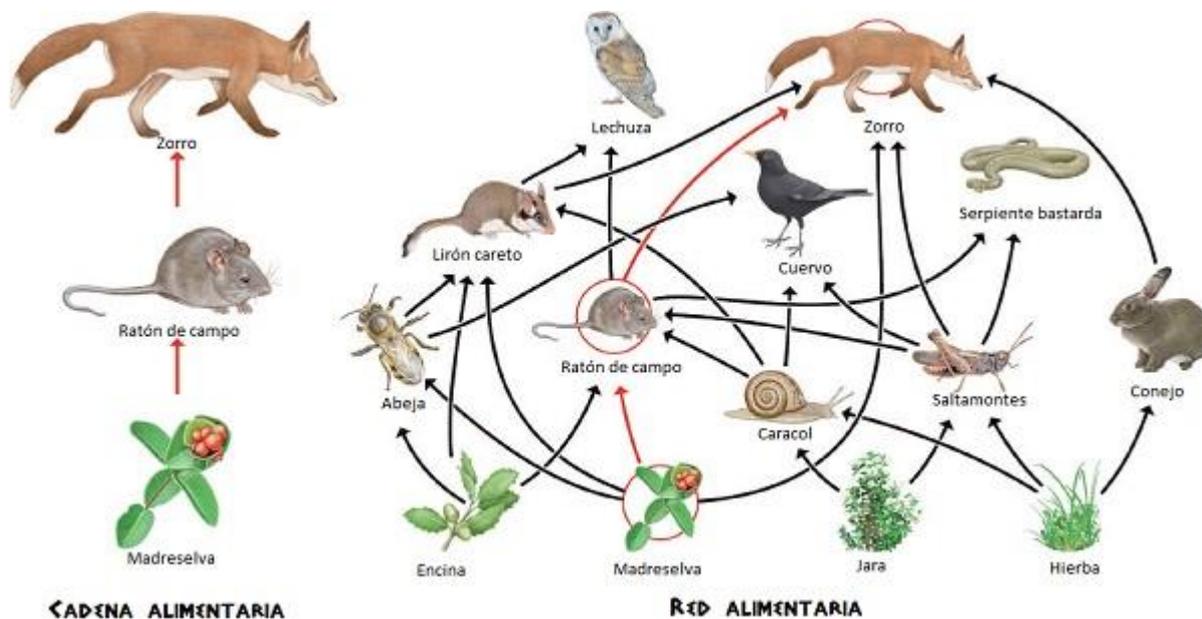


FIGURA 7: El dibujo muestra una cadena y una red alimentaria.

Este análisis e investigación del marco natural no es tan simple. Enseñarlo es sumamente complejo. Tenemos que recordar que cuando se estudia la naturaleza, en verdad estudiamos una naturaleza intervenida y en muchos casos devastada por el hombre. Con este relato se presentó estos espacios curriculares y temas de estudio de aguas subterráneas, diversidad vegetal y humedales para ahora mostrar un caso de investigación para formar recursos humanos en recursos hídricos: Laguna de los Indios.

ANALISIS DE CASO

La Laguna de los Indios está ubicada en la parte este de la ciudad de Formosa. Es un viejo meandro que anteriormente estaba comunicado con el Rio Paraguay ya que pertenece a la zona de su extenso valle fluvial que ha sido intervenido por el hombre y se encuentra rodeado por diferentes barreras para evitar las inundaciones de la ciudad. Se ve la ubicación en la figura 8



Figura 8: Estudio de caso: Laguna de los indios

El Complejo Acuífero Pucu es una unidad hidrogeológica que se extiende en la zona de influencia del río Paraguay y que es contenedor de nuestro escenario a tratar tiene una zonificación establecida que es coincidente con la toponimia geográfica departamental: Pilcomayo-Norte, Formosa-Centro y Laishi-Sur.

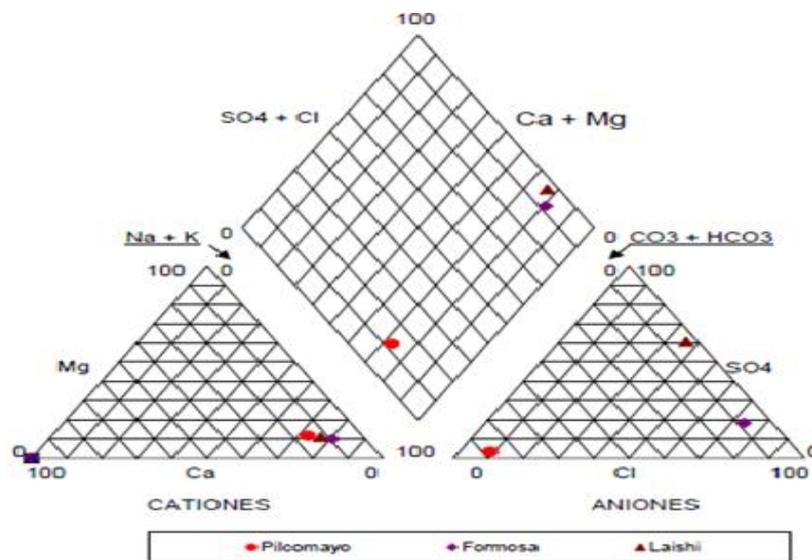


Figura 9: Caracterización de las zonas del CAPu

Las facies hidroquímicas aniónicas predominantes en la zona centro y sur es la clorurada y/o sulfatada (Figura 9), mientras que en el sector norte el tipo preponderante es el bicarbonatada. Las facies catiónicas dominantes en las tres subregiones del acuífero son del tipo sódico (Soldani y Cano 2016).

Habiendo investigado el acuífero Pucu, y sabiendo de la existencia de un pozo ubicado en la ribera del Río Paraguay y a pocos metros de la Laguna de los Indios (Fr. Doña Lola Xp2); en el cual se ha identificado un acuífero a los 19 a 24 metros con un caudal específico del pozo de $2,35 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ para un bombeo de $7,60 \text{ m}^3/\text{h}$, los niveles estáticos en 2,48 m y el dinámico en 7,73 m; en cuanto a las características hidroquímicas existe presencia de hierro, poco amoníaco, alcalinidad de 660 mg/ml, conductividad $1320 \mu\text{S}/\text{cm}$, turbiedad de 1,81 UNT y color de 15 UC (SPAP 2006).

Cuando observamos las características hidroquímicas propias del agua superficial del humedal para muestras tomadas en 3 puntos se encuentra presencia de hierro ($< 0,3 \text{ ppm}$), valores más altos de amoníaco ($< 0,02 \text{ ppm}$) medidos en espectrofotómetro óptico DR 2000 de Hach, valores de baja alcalinidad (60 mg/l) por volumetría, baja conductividad (240 a $270 \mu\text{S}/\text{cm}$) medido por conductímetro Hanna, turbiedad de 3 a 3,70 UNT medido en turbidímetro Hanna y color de 30 a 70 UC (SPAP 2017).

La cátedra de Diversidad Vegetal de la Facultad de Humanidades (Viglione, 2017) identificó las siguientes especies: *Azolla sp.* (helecho de agua), *Lemna sp.* (lenteja de agua), *Salvinia biloba* (helecho de agua), *Pistia stratiotes* (repollito de agua), *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua), *Eichhornia azurea* (camalote), *Cyperus giganteus* (piri), *Typha angustifolia* (totora), *Canna glauca* (achira amarilla), *Sagittaria montevidensis* (saeta), *Thalia geniculata* (achira), *Cynodon dactylon* (pata de perdiz), *Cortaderia selloana* (cortadera), *Salix humboldtiana* (sauce criollo), *Erythrina crista-galli* (ceibo), *Inga sp.* (inga), *Tillandsia sp.* (clavel del aire), *Equisetum giganteum* (cola de caballo) (Viglione – 2017)

La diversidad vegetal encontrada se corresponde con el tipo de suelo del humedal en estudio y se ha caracterizado según el sistema *Soil taxonomy* y la granulometría está en estudio para determinar los porcentajes de limo, arcilla y arena que lo forman.

CONCLUSIONES: Esta investigación está realizando sus primeros pasos (7 de un total de 36 meses) y nos permite expresar:

1. Las cátedras de Diversidad Vegetal y Química Biológica van reuniendo antecedentes e información histórica de la provincia de Formosa para lograr un inventario de los humedales;
2. La dinámica de los ríos, riachos, lagunas, esteros, embalses y represas están conociéndose debido a los estudios hídricos superficiales y subterráneos que la provincia ha planificado y se están realizando.
3. Se tiene el agua subterránea identificada en acuíferos y conociendo sus calidades.

4. Es necesario que los análisis de las aguas tengan una mirada holística desde el recurso hídrico integrada a la participación de las ciencias Físicas, Químicas y Biológicas (Ciencias Naturales), las ciencias Exactas y las Sociales.
5. Llevar a la práctica la articulación de cátedras y con los operadores de servicios es una tarea ardua que; por momentos, produce situaciones no estimadas y promueve la búsqueda de entendimientos que no fueron debidamente ponderados en el proyecto de investigación.

Agradecimientos. A mis alumnos que son y serán colaboradores de esta investigación. Al Ing. Rodolfo Cano amigo y colaborador que desde el cielo alienta mis sueños de investigador.

REFERENCIAS

Aquabook. Departamento de Irrigación. Gobierno de la Provincia de Mendoza. Recuperado: http://aquabook.agua.gob.ar/2_0;

CONVENCIÓN RAMSAR, 2013. *Manual de la Convención de Ramsar, 6ª edición* - 4.3.4 Sistema de Clasificación de Tipos de Humedales. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza). Recuperado: <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/manual6-2013-sp.pdf>.

Curtis, H., Barnes, N, Schnek, A, Massarin, A. 2007. *Curtis Biología. Edición: 7 edición*. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires. Argentina.

García, R., Moya Ruiz, F. A., Rocha Fasola, M. V., Vargas Yegros, J.C.L.; Gigli, M. M.; García Ortiz, M. F. y Tálamo, E., 2010. *El Agua Subterránea en la Provincia de Formosa*. Plan Esmeralda. Editor: Gobierno de la Provincia de Formosa. Formosa. Argentina.

Infraestructura de datos espaciales de Formosa. 2018. Red Hidrográfica de Formosa. <http://idef.formosa.gob.ar/visor/>

Servicio Provincial de Agua Potable y Saneamiento. 2006. *Ensayos de pozo y protocolo de calidad de agua. Fr.Doña Lola Xp2*. Formosa. Argentina. 2017. *Protocolo de calidad de agua*. Formosa. Argentina

Soldani, D. I. y Cano, R., 2016. *Inconvenientes con la presencia de hierro en el agua subterránea del Complejo Acuífero Pucu en el suministro de agua potable. IX Congreso Argentino de Hidrogeología y VII Seminario Hispano – Latino Americano sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. Universidad de Catamarca. Catamarca – Argentina.*

Viglione, C. L., 2017. *Diversidad biológica en Laguna de los Indios*. Investigación de cátedra, Director: Soldani, Daniel. Borrador por editar, por la Secretaria de Ciencia y Tecnología. Universidad Nacional de Formosa.

United State Geological Survey's (USGS) 2018. *Water Science School El ciclo del agua*. Recuperado: <http://water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html>