

## PRIMERA ETAPA DEL DISEÑO Y DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO DE MONITOREO REMOTO DE CALIDAD DE AGUA

Hervot, Elsa I.<sup>1</sup>; Farías, Alejandro R.<sup>1</sup>; Tenev, María D.<sup>1</sup>; Utgés, Enid M.<sup>1</sup>; Filippini, Marisa<sup>1</sup> y Torres Carlos<sup>2</sup>

1: Grupo de Investigación Sobre Temas Ambientales y Químicos  
Facultad Regional Resistencia  
Universidad Tecnológica Nacional  
French 414, Resistencia CP:3500, Chaco, Argentina  
e-mail: elshervot@yahoo.com.ar

2: Servicio de Bioingeniería  
Hospital Dr. Julio C. Perrando.  
Av. 9 de Julio 1100, Resistencia CP 3500, Chaco, Argentina  
e-mail: carlos.ing.2013@gmail.com

**Resumen.** *En la provincia de Chaco, en las ciudades de Resistencia y Barranqueras, existían 70 lagunas originadas en antiguos meandros del Río Negro. Actualmente sólo quedan 29. Algunas de ellas han sufrido rellenos parciales y asentamientos en sus márgenes, produciendo una contaminación con descargas clandestinas de aguas servidas.*

*La instalación de un dispositivo con sensores remotos en un cuerpo de agua, permitiría establecer una relación entre los parámetros más relevantes que definen la calidad de dicho cuerpo y su repercusión sobre la salud del ambiente. Asimismo, ello podría facilitar la toma de decisiones en el manejo de recursos hídricos.*

*Este trabajo es parte de un proyecto multidisciplinario que tiene como objetivo diseñar y calibrar un prototipo de medición de parámetros fisicoquímicos alimentado con energía solar y basado en un microcontrolador Arduino para la obtención de datos de temperatura, pH, conductividad y nitratos.*

*Se adquirieron tres sensores: conductividad, pH-temperatura y nitratos y se conectaron a un Arduino encargado de procesar los datos y transmitirlo a un programa para hacer uso de los mismos.*

*Cada sensor se calibró con patrones primarios y se determinó las fórmulas que relacionan las lecturas de los sensores con los parámetros a medir.*

*Se midieron los parámetros de distintas muestras y se validaron los resultados obtenidos con métodos normalizados (Standard Methods, APHA, AWWA, WPCF, Edición en español, Madrid, 2005) usados en el laboratorio. El laboratorio participa desde el año 2010 de ensayos de aptitud organizados por la Fundación Química Argentina.*

*Los tres sensores conectados al microcontrolador funcionan correctamente y se puede continuar con el proyecto diseñando el prototipo que contemple flotabilidad, robustez, capacidad de camuflaje, facilidad de mantenimiento y seguridad. También se evaluarán alternativas de almacenamiento y transferencia de datos para el monitoreo en línea de los parámetros.*

**Palabras clave:** Agua, Calidad, Sensores

### 1. INTRODUCCIÓN

La preocupación por el medio ambiente data de muchos años. De hecho, un informe reconocido a nivel mundial – el Informe Brundtland de 1987 – puso de manifiesto que el avance económico y social, se estaba realizando a expensas de los recursos naturales con consecuencias como disminución de la biodiversidad, desertificación, contaminación de diversos cuerpos de agua dulce, por citar algunas. Haciendo foco en los recursos acuáticos, se ha constatado que la degradación de los mismos a nivel mundial, se ha incrementado y está relacionada con las regiones densamente pobladas. Las descargas antropogénicas han ocasionado que la capacidad natural de asimilación del ecosistema se vea excedida debido a que los diversos agentes contaminantes que deterioran la calidad del agua no son producidos bajo condiciones naturales (Steinberg y Schiefele, 1988) Los procesos terrestres influyen de manera diversa en los cuerpos de agua receptores, de acuerdo con los usos y aprovechamientos domésticos, industriales y agrícolas. Así, se estima que cerca del 50% de ellos se encuentran afectados en su calidad (Rapport, 1999).

Los cuerpos superficiales de agua dulce, representan ecosistemas estratégicos y de gran importancia para la conservación de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades humanas.

La ciudad de Resistencia capital de la provincia del Chaco se ha desarrollado en el Valle de inundación del río Paraná después de recibir al río Paraguay. Está atravesada por el meandroso río Negro y con numerosas lagunas conectadas a este. El otro curso de agua que la atravesaba al sur es el riacho Arazá el cual fue rellenado y entubado. También forma parte de los Bajos Submeridionales uno de los humedales de mayor importancia de nuestro país que tienen una extensión de 3,3 millones de hectáreas abarcando parte del Norte de la provincia de Santa Fe, el sur de la provincia del Chaco y el este de la provincia de Santiago del Estero. El área presenta un sistema de defensas, estaciones de bombeo y diques que regulan las crecidas ordinarias de los ríos Paraná y Paraguay resguardando gran parte de la superficie urbanizada (Alberto et al., 2017). El aumento de la población llevó a la destrucción de lagunas por relleno total o parcial, como resultado, de las 70 lagunas que existían hoy sólo quedan 29 en todo el Área Metropolitana (Aguirre Madariaga, 2003). Estas lagunas durante grandes lluvias, actuaban como receptores de los excesos de agua. Los rellenos totales y parciales de estas lagunas, con el fin de ganar terrenos para la expansión urbana, hacen que, ante una precipitación pluvial de cierta magnitud, amplios sectores se inunden. En los últimos años, las autoridades procuran preservarlas en superficie y capacidad, detener y revertir el proceso de relleno. Por ende, el control y seguimiento de este recurso constituye un factor imprescindible a tener en cuenta para mantener sus características ecológicas.

El control y seguimiento de la calidad de aguas superficiales se realizan por muestreo para detectar variaciones en los mismos. La posibilidad tecnológica actual de contar con numerosas alternativas de sensores de medición de parámetros de calidad de agua, e incluso multiparámetro, posibilita la búsqueda de alternativas de menores costos para las mediciones necesarias.

Este trabajo es parte de un proyecto multidisciplinario que tiene como objetivo diseñar y calibrar un prototipo de medición de parámetros fisicoquímicos usando sensores conectados a un microcontrolador Arduino alimentado con energía solar. Este dispositivo electrónico es capaz de recolectar las lecturas de los sensores, procesar los datos y visualizarlos datos de temperatura, pH, conductividad y nitratos en la computadora. Esto nos va a permitir obtener una gran cantidad de datos de una forma más práctica y rápida para facilitar la toma de decisiones en el manejo de recursos hídricos. Para recibir los datos se aprovechará una antena LoRa instalada en la UTN, una tecnología de bajo consumo y largo alcance que utiliza bandas de uso libre, sin licencia. Si bien en principio la transmisión será unidireccional enviando datos desde la boya hacia la antena, también sería factible incorporar funciones para darle órdenes al dispositivo desde la computadora (por ejemplo,

encendido/apagado, o cambiar la frecuencia de muestreo).

En esta primera etapa se compraron tres sensores que se conectaron a una placa de desarrollo arduino Mega 2560 y utilizando la IDE del mismo se visualizó en el monitor los parámetros de temperatura, conductividad, pH y nitratos. Esto nos permitió calibrar y verificar cada uno de los parámetros.

## **.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

Se adquirieron tres sensores para medir:

- conductividad y temperatura
- pH
- nitratos

También se adquirieron tres placas de arduino Mega 2560 al cual se conectaron a los sensores y este a la una computadora para visualizar los distintos parámetros.

### **2.1 Sensor de conductividad y temperatura**

La conductividad eléctrica, se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica.

El agua pura, prácticamente no conduce la corriente, sin embargo el agua con sales disueltas conduce la corriente eléctrica. Los iones cargados positiva y negativamente son los que conducen la corriente, y la cantidad conducida dependerá del número de iones presentes y de su movilidad. En la mayoría de las soluciones acuosas, cuanto mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad, este efecto continúa hasta que la solución está tan llena de iones que se restringe la libertad de movimiento y la conductividad puede disminuir en lugar de aumentar

Algunas sustancias se ionizan en forma más completa que otras y conducen mejor la corriente. Cada ácido, base o sal tienen su curva característica de concentración versus conductividad.

Son buenos conductores: los ácidos, bases y sales inorgánicas solubles como HCl, NaOH, NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y otros

Son malos conductores: Las moléculas de sustancias orgánicas que por la naturaleza de sus enlaces son no iónicas: como la sacarosa, el benceno, los hidrocarburos, los carbohidratos, etc, estas sustancias, no se ionizan en el agua y por lo tanto no conducen la corriente eléctrica.

Un aumento en la temperatura, disminuye la viscosidad del agua y permite que los iones se muevan más rápidamente, conduciendo más electricidad. Este efecto de la temperatura es diferente para cada ion, pero típicamente para soluciones acuosas diluidas, la conductividad varía de 1 a 4 % por cada °C. Conociendo estos factores, la medición de la conductividad nos permite tener una idea muy aproximada de la cantidad de sales disueltas.

La temperatura es uno de los parámetros que describen el estado de un sistema. El conocimiento de la temperatura constituye una información esencial para predecir los cambios que se producirán en un sistema cuando interactúa con otro. Es una propiedad que expresa el estado de agitación o movimiento desordenado de las partículas y está relacionada con la energía cinética de esas partículas.

Como variable física interviene en forma importante en la calidad del agua ya que afecta el desarrollo de organismos presentes allí. A mayor temperatura, en un período constante, el oxígeno disuelto del agua disminuye, provocando estrés en las especies animales y vegetales que habitan un ecosistema acuático.

El sensor es de origen argentino adquirido a la Fundación del sur para el desarrollo tecnológico y es

un sensor inductivo. Consiste en dos bobinas, una transmisora y otra receptora. Ambas bobinas están integradas en un alojamiento hueco. El alojamiento se sumerge en el fluido, que inunda su interior. A continuación se aplica una tensión alterna sinusoidal a la bobina transmisora. Esto produce una corriente en el fluido proporcional a su conductividad. A su vez, esta corriente induce una tensión en la bobina receptora. La conductividad se determina midiendo esta segunda tensión y conociendo la constante de la célula. El sistema integra también un sensor de temperatura que permite aplicar correcciones de temperatura. Resulta muy adecuada para entornos agresivos. Tiene un cuerpo de acero inoxidable y sus especificaciones son:

**Tabla 1** Características del sensor de conductividad y temperatura

Salida	Analógica (0-5V)
Rango disponible	0- 25 mS, 0- 40°C
Precisión	0,02mS
Voltaje de operación	7 – 14 V
Consumo	50 mA
Tiempo de respuesta	< 1 segundo
Temperatura de operación	-10°C a + 60°C
Tamaño del cuerpo del sensor	35mm de diámetro por 300mm de largo
Largo del Cable	10 m
Salida A (amarillo)	Salida analógica (0-5V). Conductividad
Salida A (verde)	Salida analógica (0-5V). Temperatura



**Figura 1** Sensor de conductividad

## 2.2 Sensor de pH

Las siglas pH significa potencial de hidrógeno, el pH da la concentración de iones de hidrógeno ( $H^+$ ) presentes en una solución e indica si una sustancia es alcalina, neutra o ácida. Este término fue acuñado por el químico danés Sorensen, quien lo definió como el logaritmo negativo de base 10 de la actividad de iones hidrógeno. La escala de pH va de 0 a 14. Un pH de 7.0 indica que la solución es neutra, por debajo de 7.0 tiende a la acidez, por encima de 7.0 tiende a la alcalinidad. Si el pH es bajo tiene alta concentración de iones de Hidrógeno, si el pH es alto tiene poco o nula concentración de iones de Hidrógeno.

El pH es un parámetro muy importante a ser considerado porque causa muchos fenómenos químicos y biológicos, especialmente sobre el metabolismo y procesos fisiológicos de peces y todos los organismos acuáticos. El pH de aguas superficiales se encuentra entre 6 – 8,5.

El pH ejerce una fuerte influencia sobre la toxicidad de ciertos parámetros químicos tales como el amonio no ionizado, que se torna más abundante en pH alcalino y del ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ), el cual aumenta porcentualmente en pH ácido.

Con respecto a las comunidades acuáticas, actúa directamente en los procesos de permeabilidad de la membrana celular de los organismos integrantes, interfiriendo en el transporte iónico intra y extracelular, así como también entre organismos en el medio.

Valores de pH muy bajos hacen perecer a los organismos acuáticos, pero son raros en la naturaleza. Aunque algunos organismos como las algas desmidiáceas están muy bien adaptados a medios ácidos y existen muchas especies.

Indirectamente afectan a la concentración de tóxicos sobre todo si el pH es bajo como  $Al^{+3}$ ,  $Mn^{+2}$  y  $Fe^{+3}$ .

En los suelos alcalinos pueden quedar inmovilizados los nutrientes como  $Mn^{+2}$ ,  $Fe^{+3}$  o los fosfatos.

El sensor de pH adquirido es SENSOREX.

Mide la diferencia de potencial entre dos electrodos: un electrodo de referencia y un electrodo de vidrio que es sensible al ion de hidrógeno. Esto es lo que forma la sonda. Además hay que utilizar un circuito electrónico para acondicionar la señal adecuadamente y que podamos usar este sensor con un microcontrolador, como por ejemplo con Arduino.

**Tabla 2** Características del sensor de pH

Voltaje de alimentación	5 V
Corriente	5 – 10 mA
Temperatura de trabajo	0 – 80°C
Rango de pH	0 – 14
Tamaño	160 mm por 35 mm
Precisión	0,1 pH



**Figura 2** Sensor de pH

### 2.3 Sensor de nitratos

Los nitratos y nitritos son iones que existen de manera natural y forman parte del ciclo del nitrógeno. Los niveles naturales de nitratos en aguas superficiales y subterráneas son generalmente de unos pocos miligramos por litro. En muchas aguas subterráneas, se ha observado un incremento de los

niveles de nitratos debido a la intensificación de las prácticas agrícolas y ganaderas.

El sensor de nitrato contiene una membrana organofílica y semisólida conformada por un intercambiador selectivo de iones nitrato. Cuando dicha membrana se pone en contacto con una solución que contiene iones nitrato libres, se genera a través de la misma un potencial. Dicho potencial es medido contra un potencial de referencia.

El sensor Sensorex adquirido tiene las siguientes características:

**Tabla 3** Características del sensor de nitratos

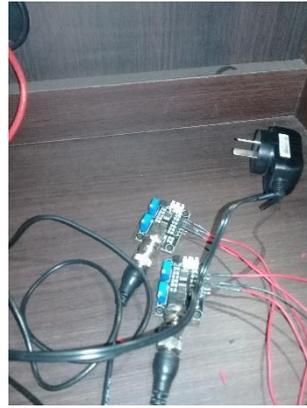
Voltaje de alimentación	5 V
Corriente	5 – 10 mA
Temperatura de trabajo	0 – 60°C
Rango	1 – 100 ppm
Tamaño	160 mm por 12 mm



**Figura 3** Sensor de nitratos

## 2.4 Arduino

Es una plataforma electrónica de código abierto (open-source) útil en la configuración básica y elemental de objetos electrónicos. Arduino se basa en una placa con entradas y salidas, análogas y digitales, en un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación processing. Esta plataforma integra su propia interfaz de desarrollo para la programación del microcontrolador, la compilación del programa y la transferencia del código hacia el microchip. (Lugo et al., 2014)



**Figura 4** Arduinos con los sensores de pH y nitratos

## 2.5 Calibración y verificación de parámetros

Se conectaron los sensores a los arduinos. El microcontrolador en la placa se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing). (Rivera y Yepez, 2015). En el monitor de la computadora se pueden observar los datos que están siendo enviados desde la tarjeta Arduino.

```

Node.js_sensor Arduino 1.8.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Node.js_sensor
ri
float Correccion1=0;
float Correccion2=0;
float Correccion3=0;
float sensorC=0;
float sensorT=0;
float sensorC1=0;
float sensorC2=0;
float sensorC3=0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  sensorT=analogRead(A1);
  sensorC=analogRead(A0);

  sensorC=sensorC*5/1023;
  Serial.print("Voltaje=");
  Serial.print(" ");
  Serial.print(sensorC);

  sensorC1=18.7*sensorC-5.53;
  sensorC2=11.6*sensorC-2.08;
  sensorC3=5.27*sensorC+0.0147;
  sensorT=sensorT*5/1023;
  sensorT=-19.15*sensorT+64.37;

```

```

COM6 (Arduino/Genuino Mega or Mega 2560)
Enviar
Voltaje= 1.36   Temperatura= 26.09   Conductividad con Factor= 1.86   Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36   Temperatura= 25.90   Conductividad con Factor= 1.87   Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36   Temperatura= 26.00   Conductividad con Factor= 1.86   Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36   Temperatura= 26.18   Conductividad con Factor= 1.85   Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36   Temperatura= 25.90   Conductividad con Factor= 1.87   Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36   Temperatura= 26.09   Conductividad con Factor= 1.86   Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36   Temperatura= 26.00   Conductividad con Factor= 1.86   Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36   Temperatura= 25.90   Conductividad con Factor= 1.87   Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36   Temperatura= 26.18   Conductividad con Factor= 1.85   Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36   Temperatura= 25.90   Conductividad con Factor= 1.87   Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36   Temperatura= 26.09   Conductividad con Factor= 1.86   Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36   Temperatura= 26.00   Conductividad con Factor= 1.86   Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36   Temperatura= 26.18   Conductividad con Factor= 1.85   Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36   Temperatura= 25.90   Conductividad con Factor= 1.87   Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36   Temperatura= 26.09   Conductividad con Factor= 1.86   Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36   Temperatura= 26.00   Conductividad con Factor= 1.86   Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36   Temperatura= 25.81   Conductividad con Factor= 1.87   Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.35   Temperatura= 26.09   Conductividad con Factor= 1.85   Conductividad sin Factor=7.15
Voltaje= 1.36   Temperatura= 25.90   Conductividad con Factor= 1.87   Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36   Temperatura= 26.00   Conductividad con Factor= 1.86   Conductividad sin Factor=7.17

```

Autoscroll Sin ajuste de línea 9600 baudio Clear output

**Figura 5** Imagen del monitor con datos enviados desde la tarjeta arduino.

El sensor de conductividad no se calibró sino que se cargó la fórmula provista por el fabricante. Se verificó con soluciones patrones de cloruro de potasio 0,01 M (1,413 mS/cm) y 0,02 M (2,77 mS/cm).

El sensor de pH se calibró midiendo el voltaje en tres puntos con soluciones patrones para calibración pH 4, pH 7 y pH 10. Se realizó la gráfica y se determinó la fórmula que se cargó en el programa. La verificación se realizó con soluciones patrones para verificar de pH 4, pH 7 y pH 10.

Para calibrar el sensor de nitratos se procedió de la misma forma que para el sensor de pH. Se prepararon soluciones de nitratos para calibración de 1, 10 y 100 ppm y otras para verificación de 1, 5 y 100 ppm.

En las verificaciones se midieron 10 lecturas y se calculó la media, la desviación estándar (DS) y el coeficiente de variación (CV) para evaluar la repetitividad del sensor.

Para la exactitud se calculó el desvío relativo porcentual (DRP) que expresa en porcentaje la distancia entre el valor informado y el resultados obtenidos usando la metodología del Laboratorio que tiene sus técnicas validadas y además participa desde el 2010 del ensayos de aptitud “Caracterización de aguas para el consumo humano” organizado por la Fundación Química Argentina.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Conductividad

Tabla 4. Verificación de conductividad

Mediciones realizadas	Resultados de mediciones con el sensor de conductividad de una solución de KClO,01 M (mS/cm)	Resultados de mediciones con el sensor de conductividad de una solución de KClO,02 M (mS/cm)
1	1,386	2,791
2	1,386	2,698
3	1,292	2,698
4	1,386	2,791
5	1,386	2,698
6	1,392	2,698
7	1,386	2,791
8	1,386	2,698
9	1,392	2,791
10	1,392	2,791
media	1,378	2,745
DS	0,028	0,044
CV	2,001 %	1,615 %
Resultado obtenido en el Laboratorio	1,467	2,830
DRP	6%	3%

### 3.2. pH

Tabla 5. Verificación de pH

Mediciones realizadas	Resultados de mediciones con el sensor de pH de una solución de pH 4	Resultados de mediciones con el sensor de pH de una solución de pH 7	Resultados de mediciones con el sensor de pH de una solución de pH 10
1	3,94	7,25	10,29
2	3,91	7,16	10,29
3	3,94	7,16	10,29
4	3,91	7,16	10,32
5	3,94	7,16	10,32
6	3,94	7,16	10,32
7	3,94	7,16	10,32
8	3,94	7,16	10,32
9	3,94	7,16	10,32
10	3,94	7,16	10,32
media	<b>3,93</b>	<b>7,17</b>	<b>10,31</b>
DS	<b>0,01</b>	<b>0,03</b>	<b>0,01</b>
CV	<b>0,29 %</b>	<b>0,36 %</b>	<b>0,13 %</b>
Resultado del Laboratorio	<b>4,02</b>	<b>7.04</b>	<b>10,10</b>
DRP	<b>2,2 %</b>	<b>1,8%</b>	<b>2,0 %</b>

### 3.3 Nitratos

Tabla 6. Verificación de nitratos

Mediciones realizadas	Resultados de mediciones con el sensor de nitrato de una solución de nitratos 1 ppm	Resultados de mediciones con el sensor de nitrato de una solución de nitratos 5 ppm	Resultados de mediciones con el sensor de nitrato de una solución de nitratos 100 ppm
1	1,14	3,83	146,12
2	0,99	3,83	110,43
3	1,25	4,21	121,24
4	1,14	4,62	110,43
5	0,78	4,62	110,43
6	0,94	4,21	110,43
7	1,04	4,21	100,59

<b>8</b>	0,86	4,62	91,62
<b>9</b>	0,94	4,21	91,62
<b>10</b>	0,94	4,62	100,59
<b>media</b>	<b>1,00</b>	<b>4,30</b>	<b>109,35</b>
<b>DS</b>	<b>0,13</b>	<b>0,28</b>	<b>14,40</b>
<b>CV</b>	<b>12,84 %</b>	<b>6,59 %</b>	<b>13,17 %</b>
<b>Resultado del Laboratorio</b>	<b>0,85</b>	<b>4,87</b>	<b>98,05</b>
<b>DRP</b>	<b>17,6 %</b>	<b>11,7%</b>	<b>11,5 %</b>

#### 4. CONCLUSIONES

- Los sensores de pH y conductividad presentaron un buen desempeño, los coeficientes de variación y el desvío relativo porcentual son menores de 10 %. No así el sensor de nitrato al que se lo deberá calibrar nuevamente.
- Es necesario evaluar el desempeño en un período de tiempo más largo para definir el mantenimiento y la frecuencia de las calibraciones.
- Se continuará con el proyecto realizando el diseño de la boya y evaluando la forma de transmitir los datos.

#### 5. REFERENCIAS

- Aguirre Madariaga, E. (2003). Lagunas vs. Asentamientos. ECO Portal – Net. Web: [www.ecoportall.net/content/view/full/21321](http://www.ecoportall.net/content/view/full/21321).
- Alberto, J., Mignone, A., Arce, G., López, S. (2017). Condiciones hidrogeomorfológicas en el área metropolitana del Gran Resistencia, Provincia del Chaco, República Argentina. *Contribuciones Científicas GEA*, 29, 37-50.
- Lugo, O., Villavicencio, G., Diaz, S. (2014). Technological Package for Monitoring Greenhouse Environment Using Open Hardware and Software. *Terra Latinoamérica*, 32, 1, 77-84.
- Rapport, D. (1999). On the transformation from healthy to degraded aquatic ecosystems. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 2, 2, 97-103.
- Rivera, D., Yopez, E. (2015). Diseño e Implementación de un Prototipo para la Medición de Calidad de Agua y control de la Oxigenación en Forma Remota Orientado a la Producción Acuícola. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10328>.
- Steinberg, C., Schiefele, S. (1988). Biological indication of trophy and pollution of running waters. *Journal for water and waste water research*, 21, 227-234.

