



**VISTO** la propuesta de Protocolo de Trabajo entre la Facultad de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto (FCEFQyN) y el Ente Municipal de Obras Sanitarias (EMOS), obrante en el Expediente N° 45455-10; y

**CONSIDERANDO:**

Que dicho Protocolo de Trabajo se encuadra en el Convenio Marco aprobado por Resolución del Consejo Superior N° 428/96 y ha sido avalado por el Departamento de Geología de esta unidad Académica.

Que la Facultad de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales a través del área de Geohidrología del Departamento de Geología y Empresa Municipal de Obras Sanitarias (EMOS), desarrollarán un estudio hidrogeológico en el área urbana y zona circundante de la ciudad de Río Cuarto, con el fin de evaluar la sustentabilidad del uso y manejo de los recursos hídricos para el abastecimiento de la ciudad mediante el uso de isotopos naturales existentes en el agua de precipitación/superficial/subterráneas.

Que dicho estudio forma parte del contrato de investigación CRP N° 22836 aprobado por Resolución Consejo Superior Nro. 356/18.

Que se designa como Coordinadores y Responsables de la ejecución técnica y administrativa de las actividades a la Dra. Mónica **Blarasin (DNI: 13477354)** del Departamento de Geología por parte de la FCEFQyN y al Sr. Pablo **Salinas (DNI: 22039274)** por parte del EMOS.

Que los resultados parciales o definitivos que se obtengan podrán ser publicados de común acuerdo, haciendo referencia a la participación de cada una de las partes.

Que se cuenta con el Dictamen favorable, de la Dirección de Asuntos Jurídicos Nro. 8655 de esta Universidad, obrante en foja 19.

Que, asimismo, se cuenta con los vistos favorables de la Secretaría de Extensión y Desarrollo y de la Secretaría Económica de esta Universidad, obrantes a fojas 20 y 21 del expediente de referencia, el que deberá ser autorizado por el Consejo Superior.

Que el mismo cumple con los requisitos establecidos en las reglamentaciones vigentes.



*Universidad Nacional de Río Cuarto*  
*Facultad de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales*

"2019 - Año de la Exportación"

Que se cuenta con el despacho de la Comisión de Investigación, Posgrado y Transferencia del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales.

Por ello y en uso de las atribuciones que le confiere el Artículo 32 del Estatuto de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

**EL CONSEJO DIRECTIVO  
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS  
FISICO-QUIMICAS Y NATURALES**

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO 1ro.-** Aprobar el **PROTOCOLO DE TRABAJO ENTRE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FÍSICO-QUÍMICAS Y NATURALES, UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO Y EL ENTE MUNICIPAL DE OBRAS SANITARIAS (EMOS)**, según se detalla en ANEXO de la presente.

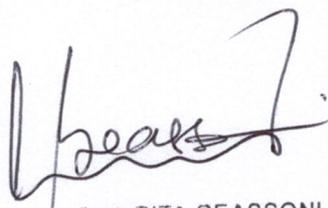
**ARTICULO 2do.-** Elevar la presente Resolución para su tratamiento en el **CONSEJO SUPERIOR**.

**ARTICULO 3ro.-** Regístrese, comuníquese. Tomen conocimiento las Áreas de competencia. Cumplido, archívese.

**DADA EN LA SALA DE SESIONES DEL CONSEJO DIRECTIVO DE ESTA FACULTAD, A LOS TREINTA Y UN DÍAS DEL MES DE OCTUBRE DE DOS MIL DIECINUEVE.**

RESOLUCIÓN Nro.:

**360**

  
Dra. PAOLA RITA BEASSONI  
Sec. Técnica Fac. Cs. Exactas Fco-Qcas y Nat.

  
Dra. MARISA ROVERA  
Decana Fac. Cs. Exactas Fco-Qcas y Nat.



Universidad Nacional de Río Cuarto  
Facultad de Ciencias Químicas y Naturales

360

"2019 – Año de la Exportación"

## ANEXO

### PROTOCOLO DE TRABAJO

#### FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICO-QUÍMICAS Y NATURALES y EL ENTE MUNICIPAL DE OBRAS SANITARIAS – EMOS.

En el marco del convenio aprobado por Resolución N° 428/96 Exp. N° 45455, entre la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC) y el Ente Municipal de Obras Sanitarias, se estipula el presente protocolo entre la Facultad de de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales, en adelante la "FACULTAD", con domicilio en Ruta Nacional 36 Km 601 de la ciudad de Río Cuarto, representada en este acto por la Señora Decana, Dra. Marisa ROVERA, por una parte y por la otra el Ente Municipal de Obras Sanitarias, en adelante "EMOS", con domicilio en calle Baigorria 26 de la ciudad de Río Cuarto, provincia de Córdoba, representado en este acto por su Director General, Sr. Pablo SALINAS, DNI 22.039.274, en pleno uso de sus facultades conferidas mediante Decreto N°11/16 emitido por el Departamento Ejecutivo Municipal, el cuál se registrá por las siguientes cláusulas:

**PRIMERA:** La FACULTAD a través del Área de Geohidrología; perteneciente al Departamento de Geología de la Facultad, desarrollará un *Estudio hidrogeológico en el área urbana y zona circundante de la ciudad de Río Cuarto, con el fin de evaluar la sustentabilidad del uso y manejo de los recursos hídricos para abastecimiento de la ciudad mediante uso de isótopos naturales existentes en el agua de precipitaciones/superficial/subterránea*. Este estudio forma parte del Contrato de Investigación CRP 22836 "Uso de técnicas convencionales e isotópicas para evaluar los recursos hídricos para suministro doméstico en áreas urbanas amenazadas por actividades agrícolas circundantes en la llanura pampeana" en el marco del Proyecto de Investigación F33024 "Técnicas isotópicas para la evaluación de fuentes de agua para suministro doméstico en áreas urbanas" coordinado por la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA) y aprobado desde el 12 de abril de 2018 al 11 de abril de 2022.

**SEGUNDA:** Para obtener los resultados mencionados en la cláusula primera, se estructurará un Programa de Trabajo de dos (2) años de duración y cuyas actividades se detallan en el ANEXO I que forma parte integrante del presente protocolo.

**TERCERA:** Los aspectos específicos de este Protocolo de Trabajo, en lo que concierne a materiales, procedimientos metodológicos, relevamiento de muestras y valoración de resultados son presentados en detalle en el ANEXO I.



Universidad Nacional de Río Cuarto  
Facultad de Ciencias Químicas y Naturales

**CUARTA:** Los gastos correspondientes a la ejecución de este Protocolo de trabajo serán costeados con fondos del Contrato de Investigación OIEA N° CRP 22836 vigente, aprobado por Res. de Consejo Superior N° 356/18.

**QUINTA:** Por parte de la FACULTAD se designa como Coordinador de las actividades a la Dra. Mónica Blarasin (DNI 13.477.354), docente del Departamento de Geología de la FACULTAD y como Coordinador por parte de EMOS al Lic. Gabriel E. Fontanilla (DNI 20.570.946).

**SEXTA:** La FACULTAD designa como investigadores participantes del presente protocolo a los docentes: Dra. Mónica Blarasin (DNI 13.477.354), Dra. Adriana Cabrera (DNI 18.468.359), Dra. Edel Matteoda (DNI 16.991.869), Lic. Juan Felizzia (DNI 13.955.568), Lic. Carlos Eric (DNI 12.630.833), la Dra. Susana Bettera (DNI 14.132.216), Lic. Daniela Lombardo (DNI 23.954.115) y Dra. Mariana García (DNI 26.385.501), a los miembros becarios de CONICET: Lic Verónica Lutri (DNI 33.006.404) y Lic. Daniela Giacobone (DNI 36.246.473), a la Adscripta UNRC: Dra. Fátima Bécher Quinodóz (DNI 31.290.805) y a los alumnos: Damian Angelini (DNI 38.730.881) y Miguel Pascuini (DNI 36.133.364 ).

**SEPTIMA:** Los resultados serán informados, al finalizar el estudio, por el Coordinador de la FACULTAD, quién entregará un informe a EMOS y otro a la Secretaria de Extensión de la FACULTAD para ser incorporado al expediente correspondiente.

**OCTAVA:** Los documentos y/o proyectos que se elaboren, sean parciales o definitivos, como resultado de las tareas realizadas en el marco del presente protocolo, serán entregados a EMOS y serán de propiedad intelectual de la UNRC y de OIEA, como se describe en el contrato CRP 22836.

**NOVENA:** En toda circunstancia o hecho que tenga relación con este Protocolo, las partes tendrán la individualidad y autonomía de sus respectivas estructuras técnicas, académicas y administrativas y asumirán particularmente, por lo tanto, las responsabilidades consiguientes.

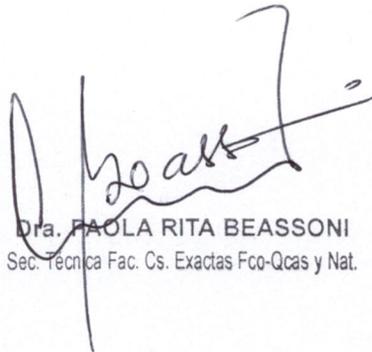
**DECIMA** Este Convenio tiene vigencia a partir de su firma y regirán por el plazo dispuesto en la CLAUSULA SEGUNDA. Cualquiera de las Partes podrá rescindir el presente acuerdo en cualquier momento, mediante notificación por escrito cursada a la otra parte con una antelación mínima de 30 (treinta) días corridos a la efectiva rescisión.



Universidad Nacional de Río Cuarto  
Facultad de Ciencias Químicas y Naturales

**DECIMA PRIMERA:** Ambas partes acuerdan que por cualquier contingencia derivada del presente acuerdo, se someten a los Tribunales Federales de la ciudad de Río Cuarto, y constituyen como sus domicilios especiales los consignados para cada uno de ellos.

En prueba de conformidad se firman tres ejemplares de un mismo tenor y a un solo efecto, en la ciudad de Río Cuarto, a los .....días del mes de ..... del año .....



Dra. PAOLA RITA BEASSONI  
Sec. Técnica Fac. Cs. Exactas Fco-Qcas y Nat.



Dra. MARISA ROVERA  
Decana Fac. Cs. Exactas Fco-Qcas y Nat.



Universidad Nacional de Río Cuarto  
Facultad de Ciencias Químicas y Naturales

## ANEXO I PROTOCOLO DE TRABAJO

### FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICO-QUÍMICAS Y NATURALES y EL ENTE MUNICIPAL DE OBRAS SANITARIAS – EMOS.

#### TITULO:

Uso de técnicas convencionales e isotópicas para evaluar los recursos hídricos para suministro doméstico en áreas urbanas amenazadas por actividades agrícolas circundantes en la llanura pampeana

#### OBJETIVOS

Evaluar origen, flujos, reservas e interacciones de cuerpos de agua superficial y subterránea en el ambiente urbano de Río Cuarto, estableciendo relaciones con agua de los agroecosistemas circundantes, mediante el uso de isótopos estables y radiactivos naturales, para la evaluación y monitoreo de la sustentabilidad de las fuentes de agua ya establecidas y de otras nuevas posibles adecuadas para el suministro doméstico.

#### METODOLOGÍA

#### MEMORIA TÉCNICA DE LOS ESTUDIOS A REALIZAR

##### 1.- ETAPA DE GABINETE INICIAL

- 1.1. Recopilación, análisis e interpretación de material bibliográfico, cartográfico y de antecedentes de investigaciones hidrogeológicas de la zona y del tema a investigar.
- 1.2. Compilación de cartografía geológica-geomorfológica y ambiental, a escala 1:50.000, sobre la base de las hojas topográficas del Instituto Geográfico Nacional (IGN), imágenes satelitales y Google Earth.
- 1.3. Búsqueda y evaluación de datos sobre actividades socio-económicas y de uso del territorio relacionadas directamente al manejo de aguas.

##### 2.- ETAPA DE CAMPO

- 2.1. Evaluación de las principales características geológicas-geomorfológicas con descripción de perfiles aflorantes de manera de actualizar información previa.
- 2.2. Evaluación de información meteorológica (estaciones automáticas, de particulares o de entidades regionales oficiales).
- 2.3. Inventario de pozos:
  - 2.3.1. Todas las perforaciones serán georreferenciados con GPS Garmin eTrex Vista HCx.
  - 2.3.2.



Universidad Nacional de Rio Cuarto  
Facultad de Ciencias Químicas y Naturales

- a) Medición de niveles piezométricos estáticos y/o dinámicos de acuíferos libre y confinados, con sonda piezométrica Solinst o manómetros según corresponda. Se censarán todas las perforaciones (en uso o no) pertenecientes a la EMOS, además de aquellas pertenecientes a particulares que sean necesarias para completar la información y mapeo de datos.
- b) Recolección de datos de niveles en sitios específicos en los que la UNRC cuenta con registros de data loggers.
- c) Mediciones in situ de pH, temperatura (T), conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD) y potencial redox (ORP) con sonda multiparamétrica (Hanna y WTW).
- d) Análisis de perfiles litológicos del subsuelo y del diseño de las perforaciones/pozos/etc.
- e) Realización de test de bombeo en perforaciones seleccionadas.
- f) Extracción de muestras de agua para análisis físico-químicos e isotópicos convencionales siguiendo metodología estandarizada (APHA, OIEA). En cada sitio censado y antes de la recolección de la muestra de agua, los pozos serán purgados, en orden de garantizar una renovación total de agua en la cañería, controlando la estabilización de los parámetros T, pH y CE. Para la determinación de cationes y aniones mayoritarios, se colectarán 500 mL de agua en botellas PET. Para las determinaciones de iones minoritario, se usará la metodología convencional en cada caso. Por ejemplo, para las especies del nitrógeno ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NH}_4^+$ ),  $\text{PO}_4^{3-}$ , las muestras de agua serán filtradas en campo con filtros de  $45 \mu$  y colectadas en botellas PET de 100 mL. Para determinaciones microbiológicas, se colectará 500 mL en botellas estériles, las cuales serán convenientemente conservadas a  $4^\circ\text{C}$  hasta su arribo al Laboratorio donde se realizarán los análisis correspondientes antes de las 24 hs de la recolección. Para la recolección de muestras de agua para análisis isotópicos ( $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ , y  $^{15}\text{N}$  y  $^{18}\text{O}$  del  $\text{NO}_3^-$ ) se seguirá metodología propuesta por OIEA.

#### 2.4. Inventario de cuerpos de agua superficiales:

- 2.4.1. Realización de aforos, usando micromolinetete OTT de acuerdo a las características del canal.
- 2.4.2. Determinación in situ de parámetros de calidad: pH, T, CE, OD y ORP con sonda multiparamétrica.
- 2.4.3. Muestreo de aguas para posteriores análisis físico-químico y microbiológico. Se seguirán procedimientos similares a los mencionados para aguas subterráneas.
- 2.5. Evaluación de las actividades de uso del territorio en áreas urbanas y zona rural circundante (uso de agroquímicos, sitios de saneamiento in situ, ganadería intensiva, etc.) para evaluar las causas de los cambios en la calidad del agua.

### 3. ETAPA DE LABORATORIO

- 3.1. Análisis físico-químico de aguas: Serán realizados en el Laboratorio de Geoquímica del Dpto. de Geología de la UNRC, siguiendo metodología estándar (APHA, 2005) con la determinación de pH (electrodo de ion selectivo), componentes mayoritarios:  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{CO}_3^{2-}$  (por titulaciones volumétricas con electrodo Orion),  $\text{SO}_4^{2-}$  (turbidimetría),  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$

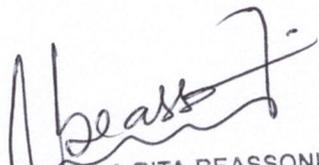


Universidad Nacional de Río Cuarto  
Facultad de Ciencias Químicas y Naturales

- (titulaciones volumétricas),  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  (fotometría de llama Metrolab), determinaciones complementarias de dureza, alcalinidad y RAS (Relación de Adsorción Sodio). Los iones minoritarios y traza  $\text{F}^-$  y  $\text{NO}_3^-$ , por electrodos de iones selectivos Orion,  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  y DOC (parámetros relevantes que muestran la llegada de materia orgánica a los cuerpos de agua) con técnicas fotométricas y As por espectrofotometría UV.
- 3.2. Los análisis microbiológicos de aguas se llevarán a cabo en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de la UNRC de acuerdo a las metodologías propuestas por APHA (2005). Se determinarán Recuento de bacterias anaerobias totales, coliformes totales y termotolerantes, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosas*.
  - 3.3. Los análisis isotópicos serán realizados en laboratorios externos (Mar del Plata (Argentina), OIEA (Austria), Waterloo (Canadá)).

#### 4.- ETAPA DE GABINETE FINAL

- 4.1. Ubicación de los sitios censados con Global Mapper V.11 y Google Earth.
- 4.2. Evaluación e interpretación de la información hidrometeorológica y análisis estadístico. Balances hídricos modulares y seriados con software PDIWIN 1.0 (Ravelo y Herrera Machado, 1999) para interpretaciones detalladas del comportamiento del agua en el suelo para diferentes pasos de tiempo y porcentajes de excesos de agua que pueden recargar al acuífero y de este modo influir en los procesos de contaminación.
- 4.3. Perfiles de perforaciones y correlaciones de unidades geológicas.
- 4.4. Elaboración de mapas hidrogeológicos (potenciométricos, de isopropundidad del nivel freático, de distribución especial de CE, relaciones iónicas, diagramas de Stiff, isotópicos, etc.) y diagramas específicos (Piper-Hill, por ejemplo).
- 4.7. Interpretaciones de las relaciones entre diferentes cuerpos de agua y el agua atmosférica usando información isotópica mediante gráficos clásicos (recta meteórica local, diagramas de dispersión, etc.).
- 4.8. Estimación de edades del agua en los distintos ambientes hidrológicos mediante el software Netpath y/o Diagrammes.
- 4.9. Estimación de los recursos disponibles y sustentabilidad de uso para suministro de agua a la ciudad con información hidráulica, química general e isotópica (reservas reguladoras, totales, etc.).
- 4.10. Tratamiento estadístico uni y multivariado e inferencial usando software SPSS V.11.5 con el fin de determinar asociaciones entre indicadores geoquímicos, bacteriológicos e isotópicos.
- 4.11. Evaluación e interpretación integrada de los resultados alcanzados. Interpretaciones de cambios ambientales vinculados a los recursos de agua estableciendo relaciones entre las causas de los cambios, la respuesta del ambiente y las tendencias futuras. Elaboración de un manual de buenas prácticas en manejo de aguas apoyado con estudios isotópicos.

  
Dra. PAOLA RITA BEASSONI  
Sec. Técnica Fac. Cs. Exactas Fco-Qcas y Nat.

  
Dra. MARISA ROVERA  
Fac. Cs. Exactas Fco-Qcas y Nat.