



MENDOZA, - 2 AGO. 2016

VISTO:

El Expediente FEN:0015474/2014, donde la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales eleva, a través de la Secretaría de Relaciones Institucionales y Administración del Rectorado, las actuaciones correspondientes al Acuerdo Específico, Acta Complementaria N° 1 y Adenda suscriptas entre la citada Facultad y la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional, en el marco del Convenio aprobado por Resolución N° 370/2015-C.S., y

CONSIDERANDO:

Que el citado Acuerdo Específico tiene como objeto brindar canales de colaboración y asistencia tendientes a la implementación de programas de investigación científico tecnológica, docencia de grado y posgrado, capacitación y asistencia técnica, intercambio de investigadores, docentes y alumnos en el Área de Calidad del Aire y la Química Atmosférica.

Que, mediante el Acta Complementaria N° 1, las partes acuerdan institucionalizar el desarrollo conjunto del Plan de Actividades centrado en el Área de la Calidad del Aire y la Química Atmosférica.

Que el objeto de la Adenda es subsanar el error material de la cláusula cuarta del Acuerdo Específico, respecto de la vigencia del mismo, el cual será considerado de renovación automática mientras esté vigente el Convenio Marco.


Por ello, atento a lo expuesto, lo dictaminado por la Coordinación de Asuntos Legales del Rectorado mediante Dictamen N° 282/2016, lo dispuesto por Ordenanza N° 47/2008-C.S., lo establecido en el Artículo 20, Inciso 25) del Estatuto Universitario, lo dictaminado por la Comisión de Asuntos Institucionales y lo aprobado por este Cuerpo en sesión del 29 de junio de 2016,

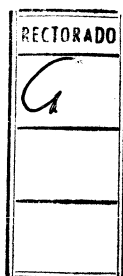
EL CONSEJO SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
RESUELVE:

ARTÍCULO 1°.- Aprobar el Acuerdo Específico, Acta Complementaria N° 1 y Adenda suscriptas entre la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y la FACULTAD REGIONAL MENDOZA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, en el marco del Convenio aprobado por Resolución N° 370/2015-C.S., cuyos textos obran en el Anexo I, con DOS (2) hojas, Anexo II, con ONCE (11) hojas y Anexo III, con UNA (1) hoja, que forman parte de la presente resolución.

ARTÍCULO 2°.- Comuníquese e insértese en el libro de resoluciones del Consejo Superior.


Lic. Gustavo David SILNIK
Secretario de Relaciones Institucionales
y Administración
Universidad Nacional de Cuyo


Ing. Agr. Daniel Ricardo PIZZI
Rector
Universidad Nacional de Cuyo



RESOLUCIÓN N° **643**

dc.
Acuerdo, Acta, Adenda-FRM (Convenios)

ANEXO I

-1-

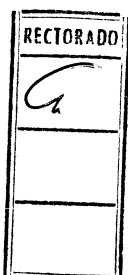
ACUERDO ESPECIFICO ENTRE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO Y LA FACULTAD REGIONAL MENDOZA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

Entre la **Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN) de la Universidad Nacional de Cuyo**, con domicilio en Calle Padre Contreras 1300, Parque General San Martín, (M5502JMA), Ciudad, Mendoza, República Argentina, por una parte, representada por el Decano **Dr. Manuel TOVAR**, DNI: 8.153.002, en adelante la FCEN-UNCUYO, y la **Facultad Regional Mendoza (FRM) de la Universidad Tecnológica Nacional**, con domicilio legal en Coronel Rodríguez 273, Ciudad de Mendoza, Mendoza, República Argentina, por la otra, representada por el Decano **Esp. Ing. José BALACCO**, DNI: 10.207.354, en adelante FRM-UTN, acuerdan celebrar el presente Acuerdo Específico de colaboración mutua sujeto a las siguientes cláusulas:-----

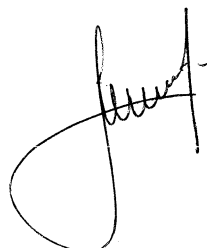
PRIMERA: El presente Acuerdo Específico, tiene por objeto brindar canales de colaboración y asistencia tendientes a la implementación de programas de investigación científico tecnológica, docencia de grado y posgrado, capacitación y asistencia técnica, intercambio de investigadores, docentes y alumnos en el **ÁREA DE LA CALIDAD DEL AIRE Y LA QUÍMICA ATMOSFÉRICA**.-----

SEGUNDA: Sujeto a la disponibilidad de fondos, personal y con el mutuo acuerdo de las partes, las actividades de cooperación del presente Acuerdo tendrán como objetivos: **1)** Implementar un Modelo de Dispersión Regional para Sudamérica de emisiones, transporte y reactividad de contaminantes; **2)** Implementar un Modelo de Química-Clima Global para el estudio del impacto climático de las emisiones antropogénicas y naturales de compuestos halogenados; **3)** Estudiar el transporte transfronterizo de plumas de emisiones de contaminantes atmosférico de diversas fuentes; **4)** Diagnóstico y Evaluación de la Contaminación Ambiental e Impacto en la Salud Humana; **5)** Modelado de procesos químicos y de calidad ambiental en diferentes medios; **6)** Cambio Global e Impacto Regional. Estudios de los efectos de las emisiones continentales y oceánicas en el cambio global y posibles medidas para la adaptación y mitigación de estos impactos, por ejemplo por desmonte, quema de biomasa, emisiones urbanas, fuentes naturales, emisiones volcánicas y transporte regional de contaminantes; **7)** Aplicación de nuevas tecnologías en la solución de problemáticas ambientales; **8)** Investigación para la aplicación de tecnologías innovadoras a la solución de problemáticas ambientales y a la medición de la calidad del aire; **9)** Políticas públicas y medio ambiente: Inclusión de resultados de modelación ambiental en la propuesta de nuevas políticas públicas destinadas al mejoramiento ambiental; **10)** Participación en foros internacionales y publicaciones de resultados conjuntos.-----

TERCERA. Las partes designarán de común acuerdo a un coordinador del Plan de Actividades, quien tendrá a cargo la presentación del mencionado Plan acordado entre las



Res. N° **643**



ANEXO I

-2-

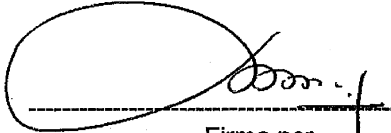
partes y la coordinación de su ejecución operativa. Los planes de actividades específicos se adjuntarán como Actas Complementarias al presente Acuerdo.

CUARTA. El presente Acuerdo Específico tendrá una vigencia de tres (3) años, contados a partir de la fecha de su firma y su renovación será automática mientras dure el Convenio Marco celebrado entre ambas casas de estudio en el mes de Abril de 2008. Asimismo se podrá rescindir el presente Acuerdo Específico debiendo notificar una de las partes fehacientemente a la otra su voluntad en tal sentido, con no menos de SESENTA (60) días corridos de anticipación sin que surja responsabilidad alguna por tal hecho. En cualquiera de estos supuestos deberán ejecutarse obligaciones pendientes.

QUINTA. A los fines de ejecución de este Acuerdo, y para dilucidar cualquier controversia que pudiera suscitarse, las partes se comprometen a solucionar las mismas mediante negociación directa y amistosa. Caso contrario se someterán a los Tribunales Federales con Sede en la Ciudad de Mendoza.

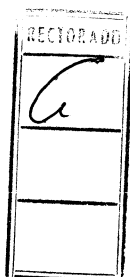
--En prueba de conformidad, se firman dos ejemplares, de un mismo tenor y a un solo efecto, en la Ciudad de Mendoza, a los 5 días del mes de Septiembre de 2014.


Firma por
Facultad Regional Mendoza
Universidad Tecnológica Nacional
Esp. Ing. JOSÉ BALACCO
DECANO
U.T.N. - F.R.M.


Firma por
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de Cuyo
Dr. MANUEL TOVAR
DECAN
FAC. CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES


Lic. Gustavo David SILNIK
Secretario de Relaciones Institucionales
y Administración
Universidad Nacional de Cuyo


Ing. Agr. Daniel Ricardo PIZZI
Rector
Universidad Nacional de Cuyo



Res. N° **643**

ANEXO II

-1-

**ACTA COMPLEMENTARIA N° 1
ENTRE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO Y LA FACULTAD REGIONAL MENDOZA
DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL**

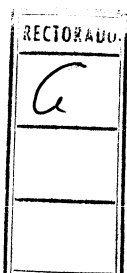
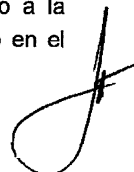
Entre la **Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN)** de la **Universidad Nacional de Cuyo**, con domicilio en Calle Padre Contreras 1300, Parque General San Martín, (M5502JMA), Ciudad, Mendoza, República Argentina, por una parte, representada por el Decano **Dr. Manuel TOVAR**, DNI: 8.153.002, en adelante el FCEN-UNCUYO, y la **Facultad Regional Mendoza (FRM)** de la **Universidad Tecnológica Nacional**, con domicilio legal en Coronel Rodríguez 273, Ciudad de Mendoza, Mendoza, República Argentina, por la otra, representada por el Decano **Esp. Ing. José BALACCO**, DNI: 10.207.354, en adelante la FRM-UTN, acuerdan celebrar la presente Acta Complementaria N° 1 del Acuerdo Específico de colaboración mutua, sujeto a las siguientes cláusulas:-----

PRIMERA: Las partes acuerdan institucionalizar mediante el presente Acta Complementaria N°1 el desarrollo conjunto del Plan de Actividades que se incluye como anexo de la presente, y se centra en el área de la Calidad del Aire y la Química Atmosférica.-----

SEGUNDA: Las partes designan como Coordinador del Plan de Actividades al Dr. Rafael P. FERNANDEZ.-----


TERCERA: Ambas partes acuerdan que todos los resultados que surjan de las actividades de colaboración (publicaciones científicas, patentes, presentaciones en congresos, etc.) serán presentados de manera conjunta. Asimismo, la institución beneficiaria de los proyectos de investigación que sean dirigidos por el Coordinador será convenida oportunamente por todas las partes involucradas.-----

CUARTA: Considerando que el Coordinador se incorporó a la FCEN-UNCUYO a través del Programa de Radicación de Recursos Humanos (PRH-2007) de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), y que atendiendo a los intereses comunes de ambas Instituciones el Dr. FERNANDEZ solicitó, y obtuvo, ingreso a la Carrera de Investigador Científico del CONICET (CIC-2011) con lugar de trabajo en el



Res. N°

6 4 30



ANEXO II

-2-

Centro de Estudios sobre el Desarrollo Sostenible (CEDS), el Dr. FERNANDEZ realizará sus tareas de investigación tanto en las instalaciones de la FCEN-UNCUYO como en las de la FRM-UTN.-----

QUINTA: La FCEN-UNCUYO se compromete a facilitar el uso de oficinas, laboratorios y demás espacios de su infraestructura para desarrollar las actividades de investigación, así como el acceso a tiempo de cálculo.-----

SEXTA: La FRM-UTN se compromete a facilitar el uso de la infraestructura edilicia necesaria para desarrollar las actividades, así como la utilización de los laboratorios, equipos e instrumentos de medición de composición atmosférica, y los ordenadores de procesamiento y cálculo.-----

SEPTIMA: El presente Acta Complementaria N° 1 regirá a partir de la última firma puesta en él y tendrá una vigencia de tres (3) años, contados a partir de la firma por las partes o mientras dure el Acuerdo Específico. Asimismo se podrá rescindir la presente acta debiendo notificar una de las partes fehacientemente a la otra su voluntad en tal sentido, con no menos de TREINTA (30) días corridos de anticipación sin que surja responsabilidad alguna por tal hecho. En cualquiera de estos supuestos deberán ejecutarse obligaciones pendientes.-----

OCTAVA. A los fines de ejecución de esta acta y para dilucidar cualquier controversia que pudiera suscitarse, las partes se comprometen a solucionar las mismas mediante negociación directa y amistosa. Caso contrario se someterán a los Tribunales Federales con Sede en la Ciudad de Mendoza.-----

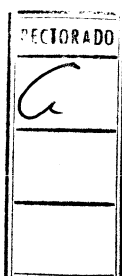
---En prueba de conformidad, se firman dos ejemplares, de un mismo tenor y a un solo efecto, en la Ciudad de Mendoza, a los 5 días del mes de Septiembre de 2014.-----

Firma por
Facultad Regional Mendoza
Universidad Tecnológica Nacional

Esp. Ing. JOSÉ BALACCO
DECANO
U.T.N. - F.R.M.

Firma por
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de Cuyo

Dr. MANUEL TOVAR
DECANO
FAC. CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES



Res. N° 643

Firma por

ANEXO

Modelado de la calidad de aire urbano y regional en Mendoza

Introducción:

La calidad del aire en una ciudad o región determinada está influenciada por diversos factores: la meteorología y la orografía local, las emisiones naturales y antrópicas, la escala temporal y espacial del área bajo estudio, la interacción con contaminantes generados en otras regiones, etc. La contaminación antropogénica en estas regiones proviene principalmente del transporte y luego de la industria, existiendo otros emisores menores como los comercios y las zonas residenciales (Allende et al., 2010a).

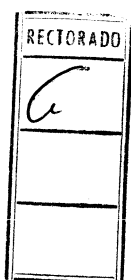
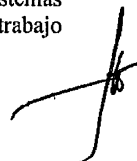
En la mayoría de las ciudades argentinas (así como en la mayoría de las ciudades latinoamericanas y del mundo) las fuentes móviles son la principal causa de la contaminación atmosférica y del deterioro en la calidad del aire (Puliafito et al., 2003). Esto se debe a que las fuentes puntuales o industriales están reguladas, se conocen con mayor precisión sus emisiones y es más sencillo aplicar sistemas de control. Por el contrario, existe gran incertidumbre sobre la distribución espacio-temporal de las emisiones de fuentes móviles, ya que la heterogeneidad del parque automotor dificulta la determinación de inventarios vehiculares precisos.

Dentro de los principales contaminantes primarios antropogénicos emitidos a la atmósfera se encuentran el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y de azufre (SO₂), los hidrocarburos volátiles (VOCs, *Volatile Organic Compounds*) y el material particulado (PM) o aerosoles (Seinfeld y Pandis, 1998). Todas estas sustancias, al ser emitidas a la atmósfera, participan de una miríada de reacciones químicas que producen diversos contaminantes secundarios tales como el ozono (O₃) troposférico, que se produce cuando los NO_x y los VOCs reaccionan en presencia de radiación solar (Clapp y Jenkin, 2001). Dependiendo de las condiciones meteorológicas y los vientos predominantes en una dada región, la pluma de contaminantes proveniente de un centro urbano podrá expandir su radio de influencia mucho más allá de los límites de la ciudad, haciendo indispensable el uso de herramientas que puedan abordar la problemática en distintos rangos de escalas.

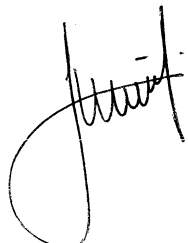
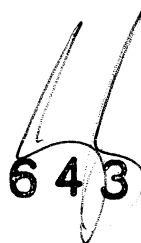
En la actualidad, la utilización de modelos químicos de transporte (CTMs, *Chemical Transport Models*) se ha constituido en una herramienta imprescindible en el estudio de las Ciencias de la Atmósfera (Jacobson, 2005). Los campos de aplicación se han extendido enormemente, permitiendo considerar dominios de modelado cada vez más extensos, menores resoluciones de grilla y la posibilidad de modificar la resolución temporal dependiendo del dominio espacial seleccionado. La correcta implementación de estos modelos permite identificar la contribución de cada una de las fuentes independientes, reconocer la procedencia de contaminantes secundarios y sus precursores, determinar la calidad de aire regional y evaluar distintas estrategias de mitigación por parte de los gobiernos (Puliafito y Quaranta, 2009).

Objetivos:

El objetivo general del proyecto de investigación propuesto es el de utilizar CTMs para estudiar la química atmosférica en distintas escalas espacio-temporales, evaluando el impacto de las emisiones de gases contaminantes y aerosoles sobre la calidad de aire urbano y regional en la ciudad y la provincia de Mendoza. El marco global del proyecto estará dado por la utilización de distintos modelos químicos/meteorológicos, el análisis de diferentes mecanismos y especiaciones para la química troposférica, la medición de contaminantes gaseosos y aerosoles, y la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (GIS). Para cumplir con el objetivo general se propone un plan de trabajo siguiendo los siguientes objetivos específicos:



Res. N° 643



ANEXO II

-4-

Plan de Actividades

Dr. Rafael P. Fernandez.

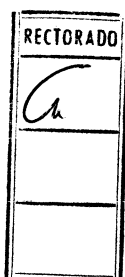
- Implementar el modelo *WRF/Chem* (y otros CTMs) para realizar el modelado 3D+temporal de la química troposférica. Configurar el modelo de forma tal que incluya las características distintivas de la topografía local y considere las emisiones propias de la ciudad/región de Mendoza.
- Adaptar los inventarios de emisión de fuentes fijas y móviles preexistentes para la ciudad de Mendoza (y otras ciudades argentinas) de forma tal que puedan incorporarse a los CTMs, mejorando la resolución espacio-temporal de los inventarios de emisión globales incluidos en los modelos así como la resolución espacial de otras bases de datos estáticos.
- Incorporar distintos tipos de mecanismos de reacción atmosféricos validados en los CTMs, adaptando los inventarios de emisión locales para que sean compatibles con los incluidos en los modelos. Determinar el tipo de especiación química de las especies gaseosas y aerosoles más convenientes para cada caso.
- Colaborar en el desarrollo de los programas de monitoreo continuo de contaminantes realizados en Mendoza, así como llevar a cabo campañas de medición regionales con tubos pasivos. Validar las simulaciones numéricas con las mediciones experimentales.
- Utilizar *WRF/Chem* para estudiar el destino de las emisiones antropogénicas y biogénicas, determinar la evolución de la pluma de contaminantes primarios y secundarios, evaluar el impacto de eventos de contaminación transfronteriza sobre la calidad de aire urbano y regional, y realizar un pronóstico químico.

Antecedentes:

La simulación y predicción de la calidad de aire es un problema altamente complejo, que involucra tanto factores meteorológicos (velocidad y dirección del viento, turbulencia, radiación, precipitaciones, etc.) como procesos químicos (emisión, deposición, reactividad química, etc.). Más allá de que históricamente los modelos numéricos atmosféricos se han desarrollado para simular sólo una de estas componentes a la vez, en la atmósfera real los procesos físicos y químicos están altamente acoplados y ocurren simultáneamente (Grell et al., 2005; Jacobson, 2005). Por ejemplo, la química afecta a la meteorología a través de su efecto directo sobre el balance radiativo mientras que las nubes y las precipitaciones modifican directamente la transformación y remoción de contaminantes.

En la Argentina el modelado y estudio de la calidad de aire se ha concentrado principalmente en la utilización de modelos de dispersión y reactividad química a escala local, los cuales consideran un dominio espacial que abarca solamente el tamaño de las ciudades estudiadas. Estos estudios incluyen principalmente la aplicación/modificación de los modelos *CALPUFF* e *ISC3* (Allende et al., 2010a; 2010b), *CAPAS* (Olcese y Toselli, 2005), *HYSPLIT* (Allende y Puliafito, 2008), *DAUMOD* ((Pineda Rojas y Venegas, 2009) y *TUV* (Palancar et al., 2005), entre otros. En lo que se refiere a mediciones de contaminantes, si bien se ha caracterizado la contaminación atmosférica en varias ciudades como Buenos Aires (Bogo et al., 1999; Mazzeo et al., 2005; Reich et al., 2006), Córdoba (Olcese y Toselli, 2002) y Mendoza (Schlink et al., 1999; Puliafito et al., 2003), los programas de monitoreo ambiental implementados por los gobiernos municipales y/o provinciales no han logrado tener continuidad en el tiempo.

Los denominados CTMs son modelos numéricos determinísticos eulerianos que resuelven la dependencia del transporte y reactividad de las masas de aire junto con la meteorología. Entre los modelos más complejos y utilizados se encuentran el *WRF/Chem* (*WRF with Chemistry*; Grell et al., 2005) y el *CMAQ* (*Community Multiscale Air Quality model*; Binkowski y Roselle, 2003). Estos modelos "open source" se encuentran acoplados a modelos meteorológicos de circulación atmosférica



Res. N°

643

regionales como son el modelo *WRF* (*Weather Research and Forecasting; Michalakes et al., 2002*) o el *MM5* (*Mesoscale Model 5; Haagenson et al., 1994*), lo que permite variar la resolución/escala de los dominios modelados desde las centenas de metros hasta los miles de kilómetros. Sus aplicaciones en distintos campos permiten explicar episodios pasados de elevada contaminación, evaluar los potenciales efectos de las diferentes estrategias de reducción de emisiones o realizar pronósticos de la calidad del aire. Recientemente, los mismos han sido utilizados para determinar concentraciones de ozono en regiones topográficamente complejas (*Schürmann et al., 2009*), obtener la variación temporal y espacial de contaminantes en megaciudades para distintos escenarios de emisión (*Ying et al., 2009*), estimar la distribución de tamaños y composición de aerosoles urbanos en ciudades costeras (*Nolte et al., 2008*), evaluar el impacto regional de ozono transfronterizo en la calidad de aire urbano (*Lee et al., 2008*), entre otros.

Durante sus investigaciones postdoctorales en el Grupo de Estudios Atmosféricos y Ambientales (GEAA) de la UTN-FR Mendoza, el postulante ha implementado exitosamente las últimas versiones del modelo *WRF/Chem* (3.1 – 3.2), configurándolo de forma tal que incorpore bases de datos con campos estáticos e inventarios de emisión con elevada resolución espacial (*Fernandez et al., 2010a*). Esto ha permitido obtener la distribución espacial y temporal de los contaminantes primarios en una escala regional con alta resolución (*Fernandez et al., 2010a*), determinar la trayectoria recorrida por los contaminantes emitidos en la ciudad y su dependencia con la circulación regional (*Fernandez y Puliafito, 2010*), y determinar la sensibilidad del modelo con la altura a la cual se producen las emisiones (*Fernandez et al., 2010b*).

Actividades y Metodología:

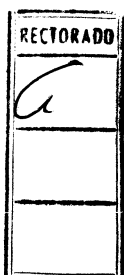
Los pasos más importantes a seguir a la hora de evaluar el impacto de las emisiones urbanas sobre la calidad del aire incluyen (*Puliafito et al., 2003*): *a*) estudio y pronóstico de la emisión de contaminantes y aerosoles primarios; *b*) estudio y pronóstico de los patrones del viento y otras variables meteorológicas; *c*) aplicación de modelos químicos de transporte y modelos de dispersión de contaminantes; *d*) uso de mecanismos fotoquímicos para determinar la formación de contaminantes secundarios; *e*) realización de campañas de medición permanentes y/o temporarias; y *f*) calibración, validación y/o retroalimentación de las simulaciones realizadas con las medidas experimentales obtenidas durante las campañas de medición.

Durante la primera etapa del proyecto, el trabajo principal se centrará en la implementación y configuración del modelo *WRF/Chem*, de manera tal de conseguir caracterizar correctamente la región de Cuyo y la provincia de Mendoza. Asimismo, se desarrollarán aplicaciones informáticas que permitan adaptar e incorporar a los CTMs los inventarios de emisión de alta resolución disponibles para Mendoza y otras ciudades argentinas. En paralelo, se analizarán distintos mecanismos químicos y se determinarán las parametrizaciones físicas y químicas que mejor describan la fisicoquímica atmosférica local. A continuación se describe en detalle la metodología a seguir durante esta primera etapa de trabajo.

Implementación del modelo *WRF/Chem*

El modelado de los procesos químicos en los sistemas de calidad de aire normalmente se realiza en una etapa posterior al modelado meteorológico (*off-line*). El desarrollo del novedoso modelo *WRF/Chem* ha permitido realizar el acoplamiento *on-line* de la química y la meteorología dentro de un único sistema de coordenadas espaciales y temporales (*Grell et al., 2005; Wang et al., 2009*). Esto permite considerar una amplia gama de procesos fisicoquímicos sin necesidad de interpolarlos en dominios espacio-temporales diferentes.

La estructura modular de *WRF/Chem* permite considerar en forma acoplada el transporte, la deposición, la emisión, la transformación química, la interacción con los aerosoles, los procesos de fotólisis, la transferencia radiativa, la microfísica de nubes, etc. (*Peckham et al., 2010*). Si bien existe una configuración por defecto optimizada para modelar cualquier región del planeta utilizando datos



Res. Nº

643

estáticos globales, es posible obtener avanzadas configuraciones que permiten utilizar el modelo operativamente con datos locales de mayor resolución espacio-temporal (Ying et al., 2009; Zhang et al., 2010). Más allá que el grupo GEAA ha implementado operativamente el modelo *WRF/Chem* (Fernandez et al., 2010a), resta aún obtener las configuraciones más adecuadas para caracterizar correctamente la región de Mendoza y otras regiones de Argentina.

Configuración local: datos estáticos y parametrizaciones

Debido a la geografía compleja de Mendoza es muy importante incluir en el modelo una correcta descripción topográfica de la región utilizando una elevada resolución espacial. Para ello se incorporará al módulo de entrada *WPS* (*WRF Preprocessing System*) una mejor representación de la elevación del terreno utilizando los datos provistos por la misión *Shuttle Radar Topography Mission* (Rodríguez et al., 2005). Esto permitirá considerar una resolución espacial de $3'' \times 3''$ (aprox. $90 \text{ m} \times 90 \text{ m}$), diez veces mejor que la de mayor resolución global incluida en *WPS* por defecto.

Además, los datos estáticos de tipo y usos de suelo (*LULC, Land Use Land Cover*) globales incluidos en *WRF/Chem* poseen una muy baja resolución espacial y, particularmente para regiones de Sudamérica, se encuentran desactualizados. Los mapas de *LULC* serán mejorados a partir de mapas y atlas desarrollados por distintas instituciones y organismos (INTA, Universidades Nacionales, secretarías provinciales y municipios; Allende et al., 2009; 2010b). Los campos estáticos presentes en los distintos mapas serán unificados utilizando un sistema GIS, asignándoles una de las 24 categorías de usos de suelo definidas en el *standard United States Geological Survey* (Wang et al., 2009). La implementación de estas herramientas no sólo permitirá caracterizar con mayor precisión la región urbana, sub-urbana y rural de Mendoza, sino que también se trabajará con la intención de mejorar la caracterización de *LULC* en toda la Argentina.

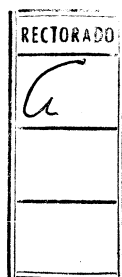
Las condiciones iniciales y de contorno meteorológicas necesarias para correr *WRF/Chem* se obtendrán de modelos de circulación global tales como son los datos *FNL* (*Final Analysis*) producidos operativamente por el modelo *GFS* (*Global Forecast System*) del *National Center for Environmental Prediction* NCEP (RDA, 2010). Los valores de concentración de fondo de las especies químicas se obtendrán del modelo químico de transporte global *MOZART* (*Model for OZone And Related chemical Tracers*; Emmons et al., 2010).

Una vez implementado operativamente el modelo se realizará un análisis de sensibilidad con la intención de determinar cuáles son las mejores parametrizaciones físicas y químicas que es necesario definir para obtener una correcta descripción del transporte y reactividad de la pluma de contaminantes. Para ello se analizarán (Grell et al., 2005; Wang et al., 2009; Peckham et al., 2010): i) los esquemas de microfísica atmosférica (*Kessler, 3-5 class WSM, Goddard*); ii) los módulos de transferencia radiativa de longitud de onda corta (*Goddard, CAM, MMS*) y larga (*RRTM, GFDL*); iii) los modelos de física superficial (*Noah* unificado, *Rapid Update Cycle, Urban Canopy*); y iv) los esquemas de capa límite planetaria (*Yonsey University YSU, Mellor-Yamada-Janjic MYJ*).

Inventarios de Emisión Globales y Locales

La configuración por defecto del modelo *WRF/Chem* incluye inventarios globales de emisión. Entre estos, el inventario de emisión de gases contaminantes y de efecto invernadero de la base *EDGAR* (*Emission Database for Global Atmospheric Research*) incluye datos para Argentina con una resolución aproximada de $100 \text{ km} \times 100 \text{ km}$ ($1^\circ \times 1^\circ$, Olivier y Berdowski, 2001), mientras que la base *RETRO* (*REanalysis of the TROpospheric chemical composition*) incluye valores promedios mensuales para un período de más de 40 años con una resolución de $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ (Schultz, 2007). Si bien estas bases de datos poseen cobertura global, poseen una escasa resolución espacial y temporal, por lo que su utilización en el modelado de episodios de contaminación puntuales se ve limitada.

Es por ello que uno de los objetivos específicos será el de incorporar a los CTMs los inventarios de emisión vehicular desarrollados por el grupo GEAA para la ciudad de Mendoza, los cuales poseen una resolución espacial de $500 \text{ m} \times 500 \text{ m}$, así como una variación temporal horaria de las emisiones promedio diarias (Castro et al., 2009; Pullafito et al., 2010). Se analizarán dos metodologías



Res. N°

643

diferentes: *i*) utilizar la estructura operativa de la base de datos de emisión de Estados Unidos (*NEI, 2005*), adaptando la aplicación *emiss_v3* (desarrollada exclusivamente para *WRF/Chem*) para extender su uso a bases de datos con estructura equivalente en cualquier punto del planeta; y *ii*) modificar la aplicación *Prep_chem_sources* (*Freitas et al., 2010*) la cual permite extraer los datos de emisiones de distintas bases globales y adaptarlos al dominio de modelado utilizado en *WRF/Chem*. Los inventarios del GEAA serán actualizados en base a los últimos estudios publicados sobre las emisiones antropogénicas en megaciudades de Sudamérica (*D'Angiola et al., 2010; Alonso et al., 2010*).

Mecanismos de reacción y especiación química

La incorporación de la química atmosférica se realizará considerando diferentes mecanismos químicos validados en fase gaseosa tales como el *RADM2 (Regional Acid Deposition Model)*, el *RACM (Regional Atmospheric Chemical Mechanism)* y la serie de *Carbon-Bond (CB-4, CBM-Z, etc.) Mechanisms* (*Gery et al., 1989; Gross y Stockwell, 2003*). La implementación de estos mecanismos requiere de la unificación de la especiación química existente entre los mecanismos y los inventarios de emisión (*Carter, 2004*), agrupando las especies orgánicas de acuerdo a su estructura molecular y/o su reactividad específica. Además será preciso evaluar el impacto de las distintas opciones de cálculo de las constantes de fotólisis incluidas en *WRF/Chem (Fast-J, TUV, etc.; Madronich, 1987)* así como analizar y adaptar los esquemas de aerosoles acoplados a la química (*MADE/SORGMAN, MOSAIC, GOCART; Peckham et al., 2010*).

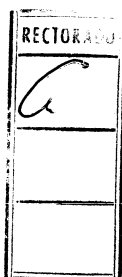
Medición experimental de contaminantes

Con la intención de validar los modelos y determinar la calidad de aire regional en Mendoza, se realizarán campañas de medición de ozono con tubos pasivos en distintos puntos ubicados a sotavento de la ciudad. Estos datos, junto con las mediciones realizadas por las estaciones de monitoreo continuo ubicadas en la ciudad de Mendoza, permitirán confirmar la evolución espacio-temporal de la pluma de contaminantes simulada con los CTMs. Cabe mencionar que el modelo *WRF/Chem* posee un módulo de asimilación de datos (*WRFDA*), que permite retroalimentar los cálculos considerando variables químicas y meteorológicas medidas experimentalmente (*Wang et al., 2009*). Para ello se utilizarán, además de las mediciones de contaminantes, los radiosondeos diarios realizados por el Servicio Meteorológico Nacional de Mendoza, así como los datos horarios obtenidos por la red de estaciones agrometeorológicas de la Dirección de Contingencias Climáticas.

Los valores de concentración de contaminantes experimentales serán procesados utilizando sencillos modelos fotoquímicos de estado estacionario de forma tal de obtener el porcentaje de contribución local y regional para especies secundarias tales como el O_3 (*Clapp y Jenkin, 2001; Mazzeo et al., 2005*). Además se determinará la variación diurna y nocturna de los perfiles de ozono y sus precursores y se analizarán los cambios en la calidad de aire existentes entre días y fines de semana (*Khan et al., 2007; Almeida et al., 2006*). La correcta comparación entre las medidas experimentales y los valores modelados se realizará siguiendo el convencional procesamiento estadístico, incluyendo la determinación de bias, errores y desviaciones en función de la resolución espacio-temporal (*Willmott, 1982*).

Modelado de la calidad de aire regional

Una vez implementado el modelo, se utilizarán distintos dominios de modelado anidados con la intención de obtener una correcta descripción de la evolución 3D+temporal de la pluma de contaminantes provenientes de la ciudad, identificando aquellos mecanismos químicos y especiaciones que mejor describan la química atmosférica regional. Utilizando los campos meteorológicos altamente resueltos obtenidos con *WRF/Chem*, se computarán las trayectorias (*forward y backward*) de las masas de aire para determinar con precisión la contribución individual de cada fuente y el destino final de las emisiones. En particular se analizará el comportamiento vertical de los dominios estudiados, analizando los cambios y variaciones propios de cada capa atmosférica. Esto es muy importante para regiones ubicadas al pie de la cordillera como Mendoza, donde el cordón montañoso produce una



Res. N° 643

ANEXO II

-8-

Plan de Actividades

Dr. Rafael P. Fernandez

circulación tipo Valle-Montaña (*Schlink et al., 1999*). De este modo, con la intención de profundizar los estudios de interacción multiescala entre la química y la meteorología, se investigará la formación de ozono troposférico en las zonas aledañas a la ciudad así como la aparición de picos de concentración de O₃ nocturnos en el centro de Mendoza (*Puliafito y Puliafito, 2004*). Finalmente, con la finalidad de evaluar distintos tipos de procesos microfísicos y fotoquímicos, también se analizarán otros modelos químicos de transporte (*CMAQ, HYSPLIT*, etc.) y se compararán los resultados.

El trabajo propuesto para este período representará un aporte significativo en el estudio interdisciplinario de la fisicoquímica atmosférica utilizando modelos CTMs de última generación. Los códigos, programas y/o aplicaciones que se desarrollen serán de acceso público y gratuito para la comunidad científica. Los resultados obtenidos en esta investigación serán presentados en congresos de la especialidad y enviados para su publicación en revistas de nivel internacional.

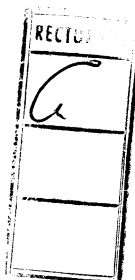
Factibilidad:

El plan de trabajo se realizará mayoritariamente en la UTN-FR Mendoza, donde el postulante se encuentra actualmente realizando investigaciones postdoctorales en el marco de otros proyectos desarrollados por el GEAA: *i)* proyecto PICT 2005 N° 32686 orientado a mejorar las estimación de las misiones vehiculares en ambientes urbanos y *ii)* el programa PROIMCA de la UTN cuyo objetivo general es contribuir a la mitigación de la contaminación atmosférica a nivel nacional. La colaboración permanente con el grupo de investigación donde el postulante realizó su doctorado (FCQ-UN Córdoba; PICT 2007 N° 309 – PIP 1154), permitirá abordar el estudio interdisciplinario de la atmósfera, asegurando la correcta ejecución del presente plan. Así, basándose en la experiencia doctoral del postulante en el área de la fisicoquímica atmosférica (*Palancar et al., 2005; Fernandez et al., 2007; 2009*), podrán continuarse con fortaleza las investigaciones postdoctorales referidas al modelado de la calidad de aire urbano y regional utilizando CTMs (*Fernandez et al., 2010a; 2010b*).

Cabe mencionar que dentro de los convenios marco firmados entre la UTN-FR Mendoza y la UN Cuyo, se encuentra en ejecución un proyecto bienal SeCTyP-UN Cuyo N° 06/B168 (2009-2011) para realizar el monitoreo de ozono en una escala regional utilizando tubos pasivos, el cual será renovado por otro período bianual. Además, en el marco del Programa de Investigación y Desarrollo para la Radicación de Investigadores (PIDRI) del PRH 2007 N° 4 (ANPCyT-UN Cuyo) se cuenta con el financiamiento de un subsidio PICT preaprobado (PICT-PRH N°0069, en el cual participan como miembros responsables del grupo de investigación el postulante y otros investigadores del área de la Ciencias de la Atmósfera del Instituto de Ciencias Básicas (ICB-UN Cuyo).

El mayor requerimiento de equipamiento es la utilización de computadoras para desarrollar, modificar y ejecutar los modelos, así como acceso a bibliografía, inventarios de emisión y bases de datos meteorológicos. Tanto los laboratorios de la UTN-FR Mendoza como los de la FCQ-UN Córdoba y el ICB-UN Cuyo cuentan con la suficiente capacidad de cálculo necesaria para la compilación y ejecución de los modelos CTMs (3 PCs DualCore/17, más de 5 PCs de alto rendimiento). Además, dentro del financiamiento del programa PIDRI está gestionada la compra de un *Cluster* para realizar cálculos de alto rendimiento.

En el rubro experimental, el grupo GEAA cuenta con una estación meteorológica móvil *Davis Vantage Pro2* (que incluye sensores de radiación global y UV) y con un espectrómetro *GRIMM 107*, que permite analizar la distribución de tamaños de los aerosoles en el rango 0,3 a 10 µm. El grupo de la FCQ cuenta con un impactador de aerosoles marca *SKC*, así como con dos radiómetros *YES* validados por el NIST. Se cuenta con el apoyo de la Dirección de Estudios Tecnológicos e Investigaciones (DETI-UN Cuyo), la cual cuenta con una Unidad de Monitoreo Móvil (UMM) de calidad del aire. La UMM está equipada con analizadores automáticos de O₃, NO_x e hidrocarburos marca *Environnement* y con equipos para la medición de parámetros meteorológicos. Además la Dirección de Saneamiento y Control Ambiental de la provincia de Mendoza posee una estación automática similar a la UMM equipada con analizadores de PM, O₃, CO y NO_x marca *Thermo Environmental*, cuya operación y mantenimiento se encuentra a cargo del grupo GEAA.

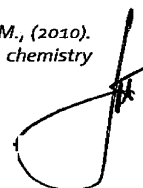
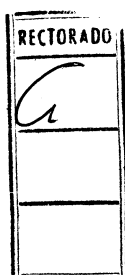


Res. N°

643

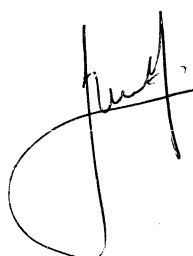
Referencias Bibliográficas

1. Allende, D., Puliafito, E. (2008). Particulate matter emissions as possible modifiers of urban weather. *Weather Modification Association (WMA), Third International Semi-annual Meeting*. Mendoza, Argentina.
2. Allende, D., Castro, F., Puliafito, E. (2009). Inventario de emisiones de compuestos nitrogenados derivados de actividades agropecuarias en el oasis norte de la provincia de Mendoza. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 13 Tema 1 pp. 87-94. ISSN 0329-5184. <http://www.asades.org.ar/>
3. Allende, D., Castro, F., Puliafito, E. (2010a). Air pollution characterization and modeling of an industrial intermediate city; *International Journal for Applied Environmental Studies*, Vol. 5, N. 2, pp. 275-296. ISSN 0973-6077. <http://www.ripublication.com/Volume/ijaesv5n2.htm>
4. Allende, D., Cremades, P., Puliafito, E., Fernandez, R., Pérez Gunella, F. (2010b). Estimación de un Factor de Riesgo de Exposición a la Contaminación Urbana para la Población de la Ciudad de Buenos Aires. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 14 (01), 127-134. ISSN 0329-5184. <http://www.asades.org.ar/>
5. Almeida, S., Pio, C., Freitas, C., Rels, M., Trancoso M. (2006). Source apportionment of atmospheric urban aerosol based on weekdays/weekend variability: evaluation of road re-suspended dust contribution *Atmospheric Environment*, 40, 2058-2067.
6. Alonso, M., Longo, K., Freitas, S., Mello da Fonseca, R., Marécal, V., Pirre, M., Gallardo Klenner, L. (2010). An urban emissions inventory for South America and its application in numerical modeling of atmospheric chemical composition at local and regional scales. *Atmospheric Environment*, 44, 5072-5083.
7. Binkowski, F.S., Roselle, S.J. (2003). Models-3 Community multiscale air quality (CMAQ) model aerosol component, 1 Model description. *Journal of Geophysical Research*, 108(D6) 4183.
8. Bogo, H., Negri, M., San Roman, E. (1999). Continuous measurement of gaseous pollutants in Buenos Aires city. *Atmospheric Environment*, 33, 2587-2598.
9. Carter, W. P. L. (2004). Current Project Information Page: Development of an Improved Chemical Speciation Database for Processing Emissions of Volatile Organic Compounds for Air Quality Models, <http://www.cert.ucr.edu/~carter/emitdb>.
10. Castro, F., Allende, D., Puliafito, E. (2009). Influencia de la resolución de grilla en el modelado de emisiones vehiculares. *Mecánica Computacional*, Vol XXVIII, 2393-2411, ISSN 1666-6070. <http://www.amcaonline.org.ar/>
11. Clapp, Lynette J. and Jenkin, Michael E., 2001, Analysis of the relationship between ambient levels of O₃, NO₂ and NO_x as a function of NO_x in the UK. *Atmospheric Environment*, 35, 6391-6405.
12. D'Angiola, A., Dawidowski, L., Gomez, D., Osses, M. (2010). On-road traffic emissions in a megacity. *Atmospheric Environment*, 44, 483-493.
13. Emmons, L., Walters, S., Hess, P., Lamarque, J., Pfister, G., Fillmore, D., Granier, C., Guenther, A., Kinnison, D., Laepple, T., Orlando, J., Tie, X., Tyndall, G., Wiedinmyer, C., Baughcum, S., and Kloster, S. (2010). Description and evaluation of the Model for Ozone and Related chemical Tracers, version 4 (MOZART-4). *Geosci. Model Dev.*, 3, 43-67, doi:10.5194/gmd-3-43-2010.
4. Fernandez, R., Palancar, G., Madronich, S., Toselli, B. (2007). Photolysis rate coefficients in the upper atmosphere: Effects of Line by Line calculations of the O₂ absorption cross section in the Schumann-Runge bands, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 104, 1 - 11.
15. Fernandez, R., Kaufmann, M., Toselli, B. (2009). Relative Importance of Ozone Energy Transfer Processes in the Middle and Upper Atmosphere, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 71, 805 - 815.
16. Fernandez, R., Allende, D., Castro, F., Cremades, P., Puliafito, E. (2010a). Modelado Regional de la Calidad de Aire Utilizando el Modelo WRF/Chem: Implementación de Datos Globales y Locales Para Mendoza. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 14 Tema 1 pp. 43-50. ISSN 0329-5184. <http://www.asades.org.ar/>
17. Fernandez, R., Cremades, P., Allende, D., Puliafito, E. (2010b). Sensitivity analysis of the spatial and altitude distributions of pollutants using the weather research and forecasting model with chemistry (WRF/Chem). *Mecánica Computacional*, Vol XXIX, 8087-8108. ISSN 1666-6070. <http://www.amcaonline.org.ar/>
18. Fernandez, R. and Puliafito, E. (2010). Modelado de la distribución espacio-temporal de la concentración de O₃ troposférico: relación entre la química atmosférica y la meteorología, XXVIII Congreso Argentino de Química (AQA), Lanús, Argentina.
19. Freitas, S., Longo, K., Alonso, M., Pirre, M., Marecal, V., Grell, G., Stockler, R., Mello, R., Sánchez Gácita, M., (2010). A pre-processor of trace gases and aerosols emission fields for regional and global atmospheric chemistry models. *Geosci. Model Dev. Discuss.*, 3, 855-888.

Res. N°

643

ANEXO II

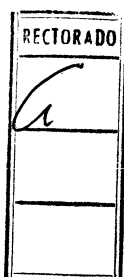
-10-

Plan de Actividades

Dr. Rafael P. Fernandez



20. Gery, M. W., G. Z. Whitten, J. P. Killus, and M. C. Dodge, (1989). A Photochemical Mechanism for Urban and Regional Scale Computer Modeling, *J. Geophys. Res.*, 94,12,925.
21. Grell, G., Peckham, S., Schmitz, R., McKeen, S., Frost, G., Skemerock, W., Eder, B., (2005). Fully coupled "online" chemistry within the WRF model, *Atmospheric Environment*, 39, 6957-6975.
22. Gross, A., Stockwell, W., (2003), Comparison of the EMEP, RADM2 and RACM Mechanism, *J. of Atmospheric Chemistry*, 44, 152-170.
23. Haagensohn, P., Dudhia, J., Stauffer, D., Grell, G., (1994). The Penn State/NCAR Mesoscale Model (MM5) Source Code Documentation. NCAR Technical Note, NCAR/TN-392 + STR.
24. Jacobson, M. (2005). *Fundamentals of Atmospheric Modeling*. Cambridge University Press, New York. ISBN 0521-548659.
25. Khan, B., Freltas, C., Shooter, D., (2007). Application of synoptic weather typing to an investigation of nocturnal ozone concentration at a maritime location, New Zealand. *Atmospheric Environment*, 41, 5636-5646.
26. Lee, S-H, Sung, K-H, Lee, H-W. (2008). Impact of regional trans-boundary ozone associated with complex terrain on urban air quality, *Atmospheric Environment*, 42, 7384-7396.
27. Madronich, S. (1987). Photodissociation in the atmosphere: 1. Actinic flux and the effects of ground reflections and clouds. *J. of Geophysical Research*, 92, 9740-9752.
28. Mazzeo, N., Venegas, L., Choren, H., (2005). Analysis of NO, NO₂, O₃ and NO_x concentrations measured at a green area of Buenos Aires City during wintertime. *Atmospheric Environment*, 39, 3055-3068.
29. Michalakes, J.G., McAtee, M., Wegiel, J., (2002). Software Infrastructure for the Weather Research and Forecast Model, in proceedings of UGC, June 2002, Austin, Texas, 13pp.
30. NEI (2005). *National Emissions Inventory Data & Documentation*, Environmental Protection Agency (EPA), United States. <http://www.epa.gov/ttn/chief/net/2005inventory.html>.
31. Nolte, C., Bhawe, P., Arnold, J., Dennis, R., Zhang, M., Wexler, A., (2008), Modeling urban and regional aerosols-application of the CMAQ-UCD Aerosol Model to Tampa, a coastal urban site. *Atmospheric Environment*, 42, 3179-3191.
32. Olcese, L., Toselli, B.M., (2002), Some aspects of air pollution in Córdoba, Argentina. *Atmospheric Environment*, 36, 299-306.
33. Olcese, L., Toselli, B.M., (2005), Development of a model for reactive emissions from industrial stacks. *Environmental Modelling & Software*, 20, 1239-1250.
34. Olivier, J.G.J., J.J.M. Berdowski, (2001), Global emissions sources and sinks. In: Berdowski, J., Guicherit, R. and B.J. Heij (eds.) "The Climate System", pp. 33-78. A.A. Balkema Publishers/Swets & Zeitlinger Publishers, Lisse, The Netherlands. ISBN 90 5809 255 0.
35. Palancar, G., Fernandez, R., Toselli, B., (2005). Photolysis rate coefficients Calculations from Broadband UV-B Irradiance: Model-Measurement Interaction, *Atmospheric Environment*, 39, 857 - 866.
36. Peckham, S., Grell, G., McKeen, S., Fast, J., Gustafson, W., Ghan, S., Zaveri, R., Easter, R., Barnard, J., Chapman, E., Wiedeinmyer, C., Schmitz, R., Salzmann, M., Freitas, S. (2010). *WRF/Chem Version 3.2 Users Guide*, National Center for Atmospheric Research (NCAR), USA. http://ruc.noaa.gov/wrf/WG11/Users_guide.pdf.
37. Pineda Rojas, A.L.; Venegas, L.E. (2009). Atmospheric deposition of nitrogen emitted in the Metropolitan Area of Buenos Aires to coastal waters of de la Plata River. *Atmospheric Environment*. 43, 1339-1348.
38. Puliafito, S.S., Puliafito, C., (2004), Chapter in *Regional and local aspects of air quality*, Series: *Advance in Air Pollution*, Vol 12, D. Elmsom, J.W. Longhurst, (Eds), Editorial WIT Press, Southampton, Boston, Computational Mechanics Publications, pp 83-118, 322 pgs. ISBN 1-85312-952-6, ISSN 1369-5886
39. Puliafito, Enrique; Quaranta, Nancy (Editores/compiladores), (2009). "Contaminación Atmosférica en Argentina. Contribuciones de la II Reunión Anual PROIMCA", 1a ed. Mendoza: Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Mendoza. ISBN 978-950-42-0119-9 (impreso), ISBN 978-950-42-0120-5, (digital E-Book). 249 páginas. <http://www.utn.edu.ar/secretarias/scyt/PROIMCA.UTN>
40. Puliafito, E.; Guevara, M.; Puliafito, C., (2003), Characterization of urban air quality using GIS as management system". *Environmental Pollution*. 122: 105-117.
41. Puliafito, E., Gantuz, M., Puliafito J.L (2010). Characterizing mobile emissions by on-board measurements; *International Journal for Applied Environmental Studies* Vol. 5, N. 2, pp. 297-316. ISSN 0973-6077. <http://www.ripublication.com/Volume/ijaesv5n2.htm>.
42. RDA (2010). *Research Data Archive*, Computational and Information Systems Laboratory (CISL) at the National Center for Atmospheric Research (NCAR). <http://dss.ucar.edu>



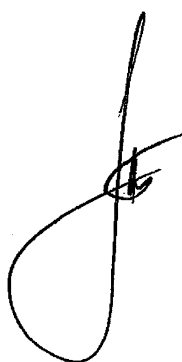


Res. N°

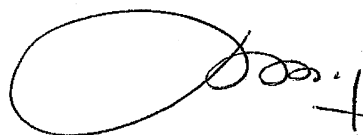
643

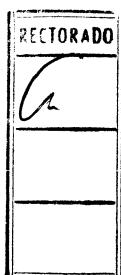
43. Reich, S., Magallanes, J., Dawidowski, L., Gómez, D., Grosej, N., Zupan, J., (2006), *An analysis of secondary pollutants in Buenos Aires city. Environmental Monitoring and Assessment*, 119, 441-457.
44. Rodriguez, E., Morris, C.S., Belz, J., Chapin, E., Martin, J., Daffer, W., Hensley, S. (2005). *An assessment of the SRTM topographic products*, Technical Report JPL D-31639, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California, 143 pp.
45. Schlink, U., Herbarth, O., Richter, M., Rhewagen, M., Puliafito, J.L., Puliafito, E., Puliafito, C., Guerreiro, P., Quero, J.L., Behler, J.C., (1999), *Ozone-Monitoring in Mendoza, Argentina: Initial results*, *J. Air and Waste Management Assoc.* 49, 82-87.
46. Schultz, M., editor. (2007) *REanalysis of the TROpospheric chemical composition over the past 40 years (RETRO)—A long-term global modeling study of tropospheric chemistry. Final Report 2007*, Jülich/Hamburg, Germany. *Reports on Earth System Science no. 48/2007. ISSN 1614-1199*
47. Schürmann, G., Algeri, A., Hedgecock, I., Manna, G., Pirrone, N., Sprovieri, F., (2009), *Modelling local and synoptic scale influences on ozone concentrations in a topographically complex region of Southern Italy. Atmospheric Environment*, 43, 4424-4434.
48. Seinfeld, J.H., Pandis, S.N., (1998). *Atmospheric Chemistry and Physics. From Air Pollution to Climate Change*. John Wiley & Sons. ISBN 0471 17816 0
49. Wang, W., Bruyère, C., Duda, M., Dudhia, J., Gill, D., Lin, H-C., Michalakes, J., Rizvi, S., Zhang, X. (2009). *Advanced Research WRF (ARW) Version 3 Modeling User's Guide, Mesoscale & Microscale Meteorology Division (NCAR), USA. http://www.mmm.ucar.edu.ar/wrf/users/docs/arw_v3.pdf*.
50. Willmott, C.J., (1982). *Some comments on the Evaluation of Model Performance. Bulletin of the American Meteorological Society*, 63, 1309-1313.
51. Ying, Z., Xuexi, T., Guohui, L., (2009), *Sensitivity of ozone concentrations to diurnal variations of surface emissions in Mexico City: A WRF/Chem modeling study. Atmospheric Environment*, 43, 851-859.
52. Zhang, Y., Wen, X.Y., Jang, C. (2010). *Simulating chemistry-aerosol-cloud-climate feedbacks over the continental U.S. using the online-coupled Weather Research Forecasting Model with chemistry (WRF/Chem). Atmospheric Environment*, 44, 3568-3582.



Lic. Gustavo David SILNIK
Secretario de Relaciones Institucionales
y Administración
Universidad Nacional de Cuyo



Ing. Agr. Daniel Ricardo PIZZI
Rector
Universidad Nacional de Cuyo



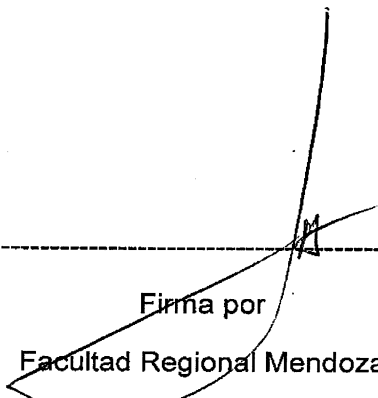


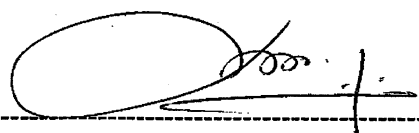
Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Mendoza

ADENDA AL ACUERDO ESPECÍFICO CELEBRADO ENTRE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO Y LA FACULTAD REGIONAL MENDOZA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

Adenda: con objeto de subsanar el error material de la cláusula cuarta del **Acuerdo Específico** celebrado entre la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Cuyo y la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional con fecha 05 de Septiembre de 2014, es que no deberá considerarse la siguiente frase "mientras dure el convenio marco celebrado entre ambas casas de estudio en el mes de Abril de 2008", sino que en su lugar se debe considerar su renovación será automática "mientras esté vigente el Convenio Marco".

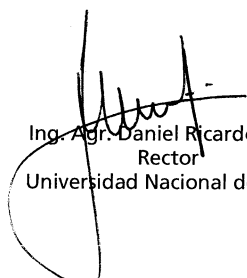
Mendoza, 10 de Marzo de 2016


Firma por
Facultad Regional Mendoza
Universidad Tecnológica Nacional


Firma por
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de Cuyo

Dr. MANUEL TOVAR
DECANO
FAC. CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES


Lic. Gustavo David SILNIK
Secretario de Relaciones Institucionales
y Administración
Universidad Nacional de Cuyo


Ing. Agr. Daniel Ricardo PIZZI
Rector
Universidad Nacional de Cuyo



Res. N° 643