



IG



*Maestría en Aplicaciones Espaciales de Alerta
y Respuesta Temprana a Emergencias*
Instituto de Altos estudios Espaciales Mario Gulich

**Obtención de mapas de calidad de aire, a través de la
implementación y primera aplicación del modelo de transporte
químico CHIMERE sobre Argentina**

María Fernanda García Ferreyra

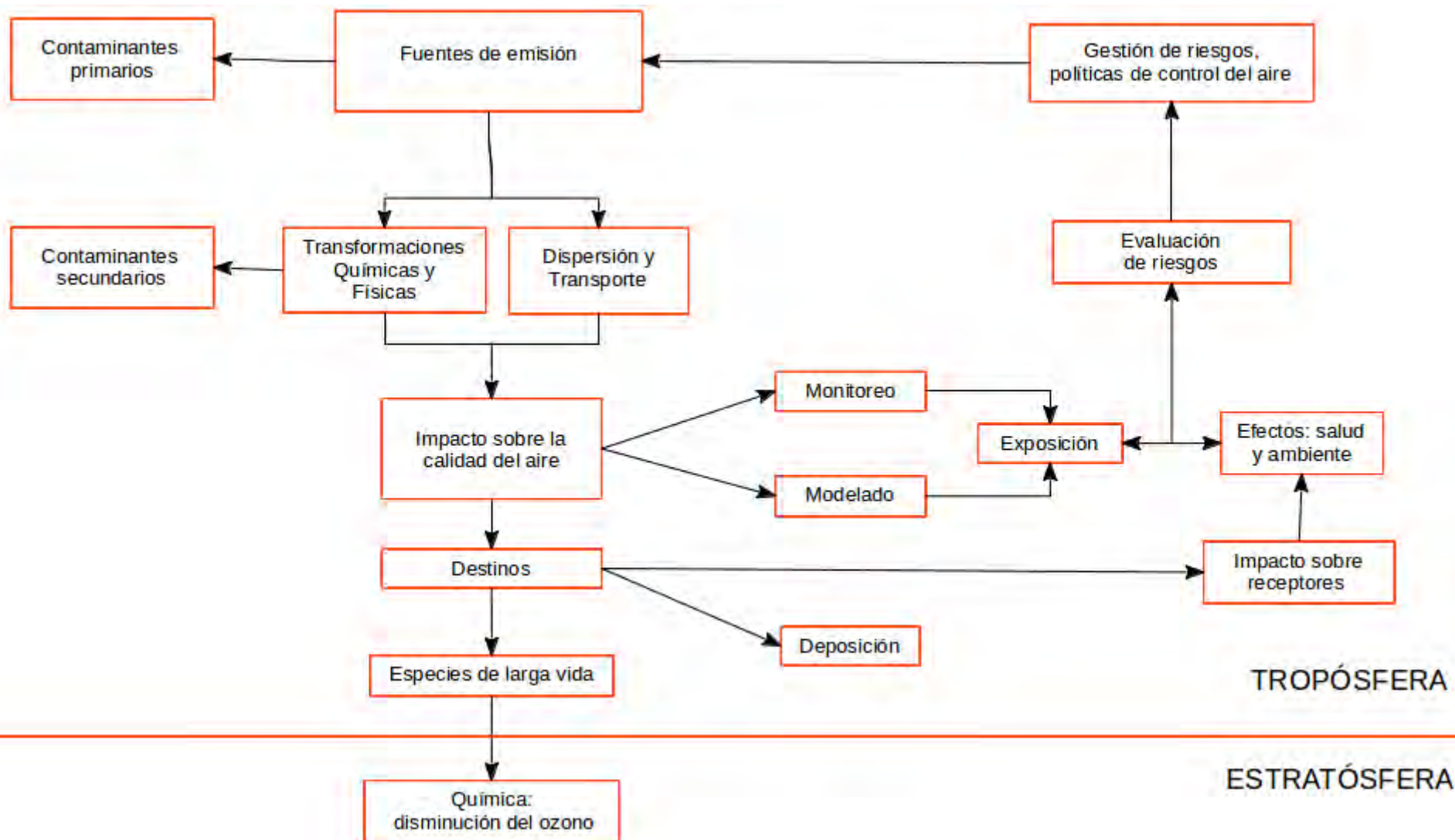
**Director: Gabriele Curci
CoDirector: Mario Lanfri**

CONTENIDOS

1. Marco Teórico y Objetivos
 2. Calidad del aire en Argentina y datos de campo
 3. Sistema de modelado
 4. Interfaz CHIMERE-EDGAR
 5. Evaluación del sistema de modelado
 6. Conclusiones
 7. Proyecciones
- Agradecimientos

1. MARCO TEÓRICO Y OBJETIVOS

EL SISTEMA ATMOSFÉRICO



1. MARCO TEÓRICO Y OBJETIVOS

FUENTES DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Tipos de Fuentes

- **Fuentes puntuales:** una planta de energía eléctrica.
 - **Fuentes lineales:** una ruta, recorrido de aviones y barcos
 - **Fuentes zonales:** tránsito urbano, emisiones rurales
-

Contaminantes primarios

Óxidos de nitrógeno (NO_x): tránsito vehicular, generación de energía.

Monóxido de carbono (CO): combustión del tránsito vehicular, industrias, biomasa.

Compuestos orgánicos volátiles (COVs): Emisiones biogénicas. Fuga de gas natural, volatilización de combustibles líquidos, procesos incompletos de combustión, solventes orgánicos.

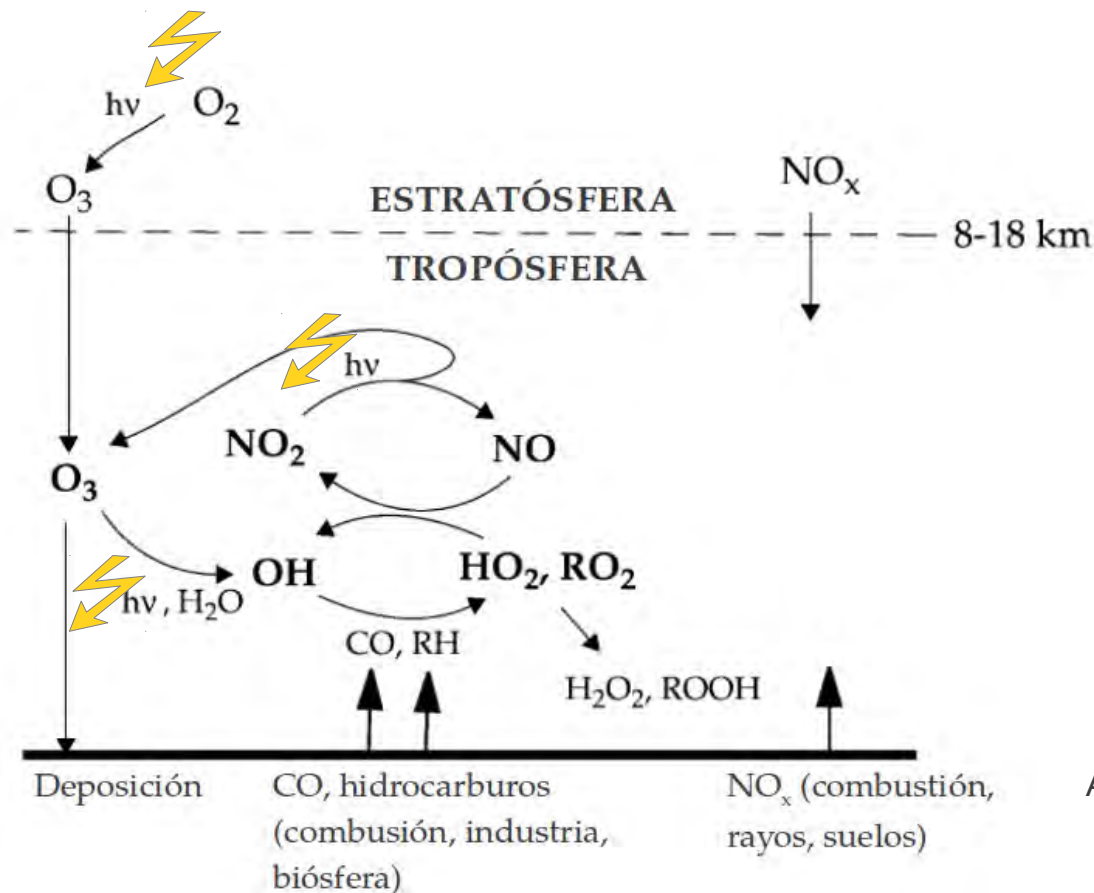
Dióxido de azufre (SO₂): quema de combustibles (carbón y petróleo). fundiciones en minas de cobre, plomo y zinc.

Material Particulado (PM₁₀ y 2.5): fuentes naturales (erosión del suelo, erupciones volcánicas, aerosoles marinos) y antropogénicas (tránsito, industrias, construcción).

1. MARCO TEÓRICO Y OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA ATMOSFÉRICA

Los contaminantes emitidos y los productos de sus reacciones se interconvierten permanentemente Hasta que son eliminados de la atmósfera por procesos físicos de deposición seca o húmeda.



Adaptado de Jacob, 1999

El impacto de los contaminantes primarios y secundarios se debe considerar a escala local, regional y global a medida que los contaminantes se transportan y continúan reaccionando.

1. MARCO TEÓRICO Y OBJETIVOS

EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE SOBRE LA SALUD HUMANA

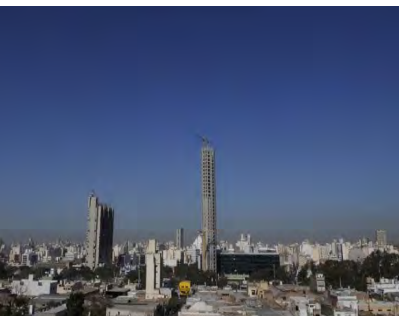
- La contaminación del aire está asociada con la mortalidad y morbilidad de la población en general.
- La inflamación de las vías respiratorias lleva a menudo a efectos en el sistema cardiovascular (OMS, 2006).
- La contaminación atmosférica y el material particulado se clasificarían en el Grupo I de carcinógenos humanos (OMS, 2013).
- Los niños y adultos mayores son los más vulnerables.
- En los países en vías de desarrollo el 42% del total de las afecciones respiratorias se pueden atribuir a la contaminación del aire (OMM, 2012).



Le remorqueur. Michel Delacroix.

El impacto de la contaminación del aire sobre la salud humana constituye la principal motivación para implementar leyes que regulen la calidad del aire.

Julio 2012, Córdoba



Diciembre 2013, Pekín



Marzo 2014, París



1. MARCO TEÓRICO Y OBJETIVOS

MODELADO DE LA CALIDAD DEL AIRE

Los **modelos de transporte químico**, junto al modelado meteorológico e inventarios de emisiones espaciales, son una herramienta clave para el conocimiento y control de problemas de calidad de aire.

La concentración de un componente químico puede ser calculado, después de un corto período de tiempo, desde su valor inicial y la tasa de cambio durante ese tiempo. La tasa de cambio es una función de las reacciones químicas, las emisiones, el transporte por el viento, su remoción por precipitaciones y otros procesos fisico-químicos.

Ecuación de continuidad:

$$\frac{\delta n}{\delta t} = -\nabla \cdot \mathbf{F} + P - L$$

donde

$\delta n/\delta t$: tendencia temporal local de la especie n ;

n : $n(x, y, z, t, \text{reacciones})$ es el número de densidad [molec/cm^3];

\mathbf{F} : es el vector flujo [molec/cm^2]

P : es la producción de la especie n por reacción + emisión de la especie n

L : pérdida de la especie n , por reacción o deposición.

1. MARCO TEÓRICO Y OBJETIVOS

OBJETIVOS

- Obtener mapas con distribución espacial de ozono y especies químicas precursoras de ozono troposférico, sobre el territorio argentino, a través de la implementación y primera aplicación del modelo de transporte químico CHIMERE que utiliza como datos de entrada al inventario global de emisiones antropogénicas EDGAR y a los datos de salida del modelo meteorológico de mesoescala WRF.
- Evaluar estadísticamente los resultados de las simulaciones de CHIMERE con datos de campo, obtenidos por diferentes instituciones de control y de investigación, y productos satelitales, sobre la región de estudio.

2. CALIDAD DEL AIRE EN ARGENTINA Y DATOS DE CAMPO

ESTUDIOS DE CALIDAD DEL AIRE EN ARGENTINA

CORDOBA:

1.3 millones hab.

- modelados de dispersión de contaminantes
- monitoreo continuo (pasado)
- campañas de medición a campo
- biomonitoreo
- análisis elemental de MP

MENDOZA

850.000 hab.

- inventarios de emisión
- modelados de dispersión de contaminantes
- monitoreo pasivo
- campañas de medición a campo
- análisis elemental de MP
- observación y análisis de la profundidad óptica de aerosoles



ROSARIO:

1.2 millones hab.

- monitoreo pasivo de contaminantes

Area Metropolitana BUENOS AIRES:

12.8 millones hab.

- inventarios de emisión
- modelados de dispersión de contaminantes
- monitoreo continuo
- campañas de medición a campo
- biomonitoreo
- estudio de altura de capa límite
- observación y análisis de la profundidad óptica de aerosoles

BAHIA BLANCA

- inventarios de emisión
- modelados de dispersión de contaminantes
- monitoreo continuo
- campañas de medición a campo

Argentina capturada por SAC-C/CONAE

2. CALIDAD DEL AIRE EN ARGENTINA Y DATOS DE CAMPO

RESULTADOS DE CALIDAD DEL AIRE EN ARGENTINA

TUCUMAN

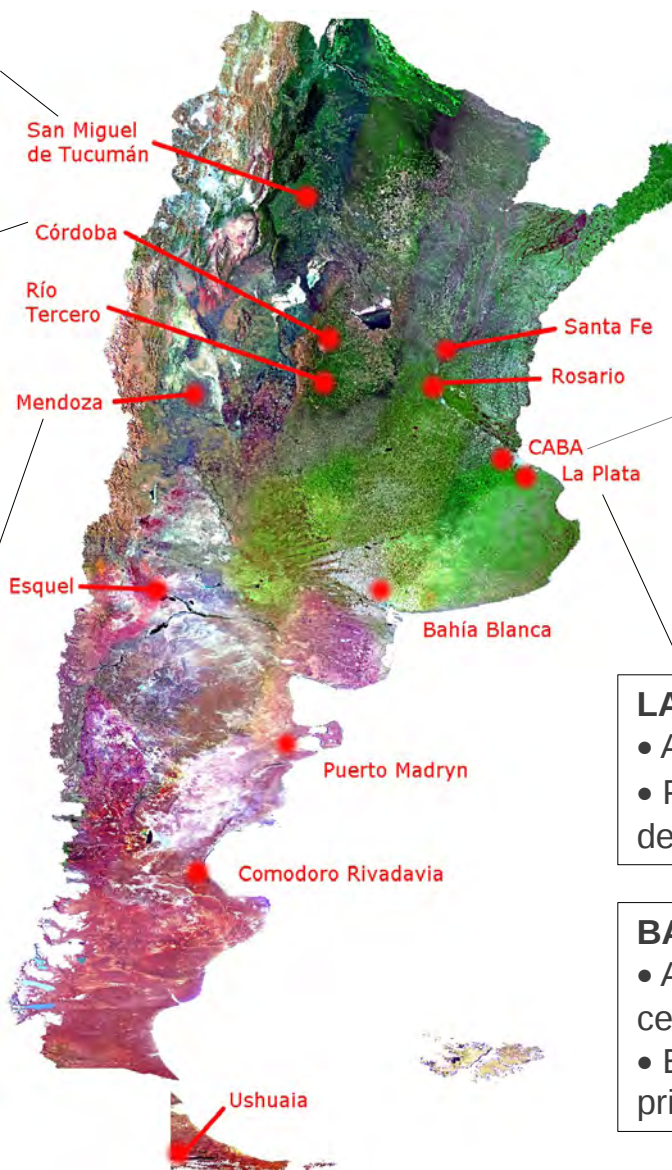
- Eventos de quema en la zafra (invierno).
- Muy altos niveles de CO y PM10.

CÓRDOBA

- Eventos de inversión térmica en invierno.
- Emisiones provenientes principalmente del tránsito vehicular.
- Se superan valores límite de calidad del aire.
- Niveles críticos de metales pesados en MP.

MENDOZA

- Impacto de actividades industriales y tránsito vehicular.
- Eventos de inversión térmica en invierno con altos niveles de O₃ en la superficie.



AMBA:

- Altos niveles de contaminantes asociados principalmente al tránsito vehicular y transporte público. Se superan valores límite de PM2.5.
- Alta exposición de la población a PM10.
- Buena ventilación y gran transporte de contaminantes a zonas periféricas.

LA PLATA

- Altos valores de AOD.
- PM10 y SO₂ superan estándares de la OMS cerca de las refinerías.

BAHÍA BLANCA

- Altos niveles de SO₂, NO_x y NH₃ cerca del polo petroquímico.
- En el ambiente urbano, emisiones principalmente de CO.

2. CALIDAD DEL AIRE EN ARGENTINA Y DATOS DE CAMPO

LEGISLACIÓN

Organismos ambientales y sanitarios de Argentina y el mundo establecen concentraciones límite para la exposición de las personas, para evitar efectos adversos sobre la salud.

La legislación debe tener en cuenta:

- los riesgos para la salud;
- la actualización tecnológica disponible, y
- aspectos económicos, políticos y sociales locales.

Especie	Tiempo*	Concentración Límite				
		Pcia. de Bs. As.	Ciudad de Bs. As.	Rosario	EPA	OMS
NO ₂	1 año	53 ppb	53 ppb	-	53 ppb	21 ppb
	24 h	-	-	0,10 mg/m ³	-	-
	1 h	200 ppb	200 ppb	-	100 ppb	109 ppb
SO ₂	1 año	30 ppb	30 ppb	-	-	-
	24 h	140 ppb	140 ppb	0,05 mg/m ³	-	8 ppb
	3 h	500 ppb	500 ppb	-	500 ppb	-
	1 h	-	-	-	75 ppb	-
CO	8 h	9 ppm	9 ppm	-	9 ppm	9 ppm
	1 h	35 ppm	35 ppm	-	35 ppm	25 ppm
O ₃	24 h	-	-	0,03 mg/m ³	-	-
	8 h	-	80 ppm	-	75 ppb	100 µg/m ³
	1 h	120 ppb	120 ppb	-	-	-
PM10	24 h	150 µg/m ³	150 µg/m ³	150 µg/m ³	150 µg/m ³	50 µg/m ³
	1 año	50 µg/m ³	50 µg/m ³	-	-	20 µg/m ³
PM2,5	24 h	-	-	-	35 µg/m ³	-

- Pcia. de Bs. As. Dec. N° 3395/96 de la Ley 5965
- CABA Dec. N° 198/GCABA/06 de la Ley 1356
- Rosario Ord. N° 5820/1994
- EPA, NAAQS
- OMS, 2006

* Período del tiempo sobre el cual el umbral indicado no debe violarse.

2. CALIDAD DEL AIRE EN ARGENTINA Y DATOS DE CAMPO

DATOS DE CAMPO

El sistema de modelado se evalúa contrastando las simulaciones con mediciones de campo de variables meteorológicas y de contaminantes atmosféricos, para conocer el desempeño y precisión de su implementación en Argentina.

La recolección de datos implicó contactar a organismos públicos y centros de investigación, dar a conocer este trabajo de tesis y conocer los llevados adelante por ellos, y la solicitud de los datos medidos.

Sistematización de la información reunida

Provincia	Localidad	Institución	Estación	Especies Monitoreadas							Córdoba	Buenos Aires	Bahía Blanca		
				NO	NO ₂	SO ₂	NH ₃	VOCs	O ₃	CO				PM10	AOD
Ciudad Autónoma de Buenos Aires		Ag. Prot. Amb. ^a	Parque Centenario ¹	x	x	-	-	-	-	x	x	-			
			Palermo ¹	x	x	-	-	-	-	x	x	-			
			Córdoba	x	x	-	-	-	-	x	x	-			
			La Boca	x	x	-	-	-	-	x	x	-			
		WOUDC ^b	STN 91	-	-	-	-	-	-	-	-				
	Avellaneda	ACUMAR ^c	Dock Sud	x	x	x	x	x	x	x	x				
Burzaco	Area Ind. Alte. Brown		-	-	-	-	-	-	-	-	-				
				Parámetros			Córdoba	Buenos Aires	Bahía Blanca						
				CO		X	X	X							
				NO		X	X	-							
				NO ₂		X	X	-							
				NO _x		X	X	X							
				SO ₂		X	-	X							
				O ₃		-	-	X							
				PM10		X	-	X							
				Temperatura		X	X	X							
				Presión		X	X	X							
				Velocidad del viento		X	X	X							
				Dirección del viento		X	X	X							

Período de tiempo: Marzo – Mayo 2009

Frecuencia de datos: horaria

Lugares: Buenos Aires, Bahía Blanca y Córdoba

Instituciones:

- Agencia de Protección Ambiental, GCABA
- Sec. De Ambiente, Mun. de Córdoba
- Comité Técnico Ejecutivo, Mun. Bahía Blanca
- Servicio Meteorológico Nacional

2. CALIDAD DEL AIRE EN ARGENTINA Y DATOS DE CAMPO

DATOS DE CAMPO

Características de sitios de monitoreo

- Buenos Aires

Monitoreo de contaminantes: Parque Centenario, área residencial-comercial con flujo vehicular medio y escasa incidencia de fuentes fijas.
Estación meteorológica: Aeroparque Metropolitano Jorge Newbery, a 5 km de Parque Centenario.

- Bahía Blanca

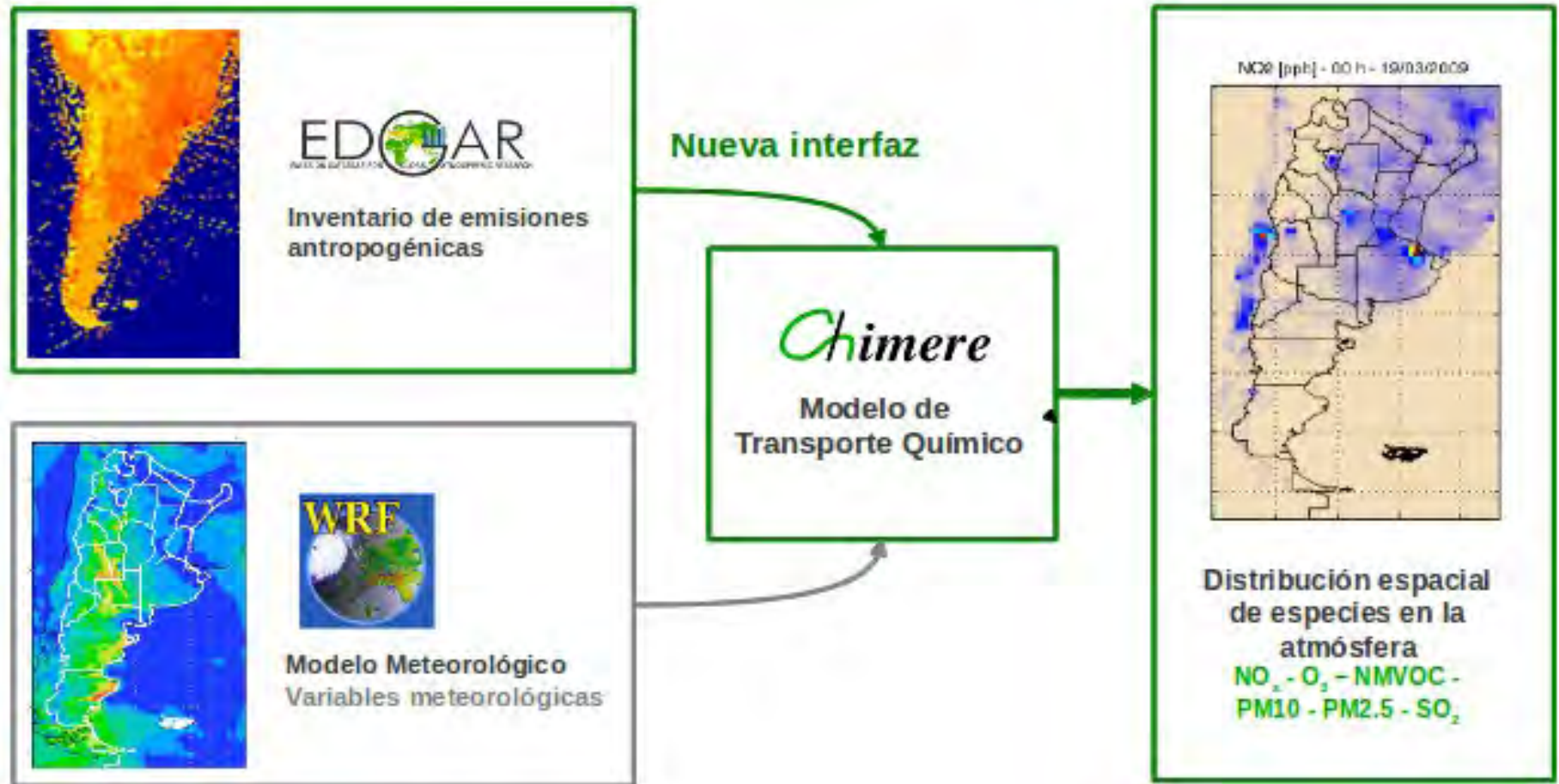
Monitoreo de contaminantes: Polo Industrial (petroquímico) en Ingeniero White.
Estación meteorológica: Aeropuerto de Bahía Blanca Comandante Espora, a 12 km de Ing. White.

- Córdoba

Monitoreo de contaminantes: Plaza Vélez Sarsfield, centro de la ciudad. Alto tránsito vehicular.
Estación meteorológica: Aeropuerto Internacional Pajas Blancas, a 12 km del centro de la ciudad.

3. SISTEMA DE MODELADO WRF-CHIMERE-EDGAR

SISTEMA DE MODELADO

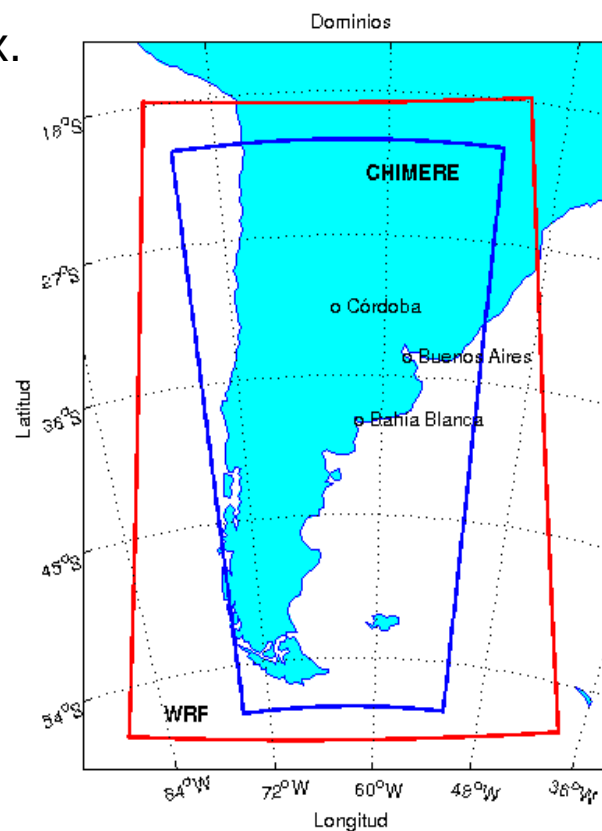


- EDGAR: base de datos de emisiones de contaminantes primarios grillados.
- WRF: condiciones meteorológicas.
- CHIMERE: transporta contaminantes y calcula concentraciones de nuevos contaminantes.

3. SISTEMA DE MODELADO WRF-CHIMERE-EDGAR

DOMINIO ESPACIAL Y TEMPORAL

- Resolución horizontal
 - WRF: 30 x 30 km (aprox. 0,23 x 0,23 °)
 - CHIMERE: 0,5 x 0,5 °
 - EDGAR: 0,1 x 0,1 °
- Resolución vertical (coordenadas verticales de presión hidrostática)
 - WRF: 28 niveles hasta 20 km aprox.
 - CHIMERE: 8 niveles hasta 5,5 km aprox.
- Resolución temporal
 - WRF: 1 h
 - CHIMERE: 1h



3. SISTEMA DE MODELADO

IMPLEMENTACIÓN Y APLICACIÓN DE WRF

Weather Research and Forecasting es un modelo numérico de predicción del tiempo y de simulación atmosférica de próxima generación, diseñado para investigación y aplicaciones operacionales.



Datos de entrada:

- Datos meteorológicos de análisis final NCEP FNL
Formato GRIB, cada 6 h y resolución de $1 \times 1^\circ$ y 52 niveles verticales (hasta 10 mbar)
- Usos de suelo categorizados por USGS
24 clases, resolución de 10 min.

Parametrización:

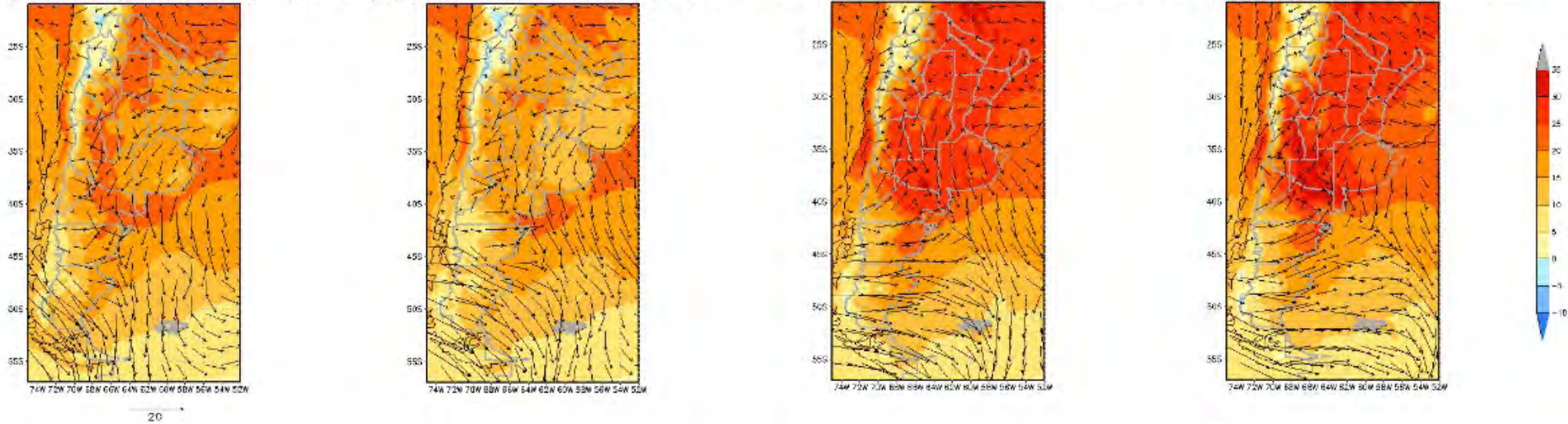
Parámetro	Nombre de la variable	Opción
Microfísica	mp_physics	WSM3
Radiación de onda larga	ra_lw_physics	RRTM
Radiación de onda corta	ra_sw_physics	Dudhia
Capa de superficie	sf_sfclay_physics	Monin-Obukhov
Superficie de suelo	sf_surface_physics	Noah LSM
Capa límite atmosférica	bl_pbl_physics	YSU
Parametrización de cumulus	cu_physics	Kain-Fritsch



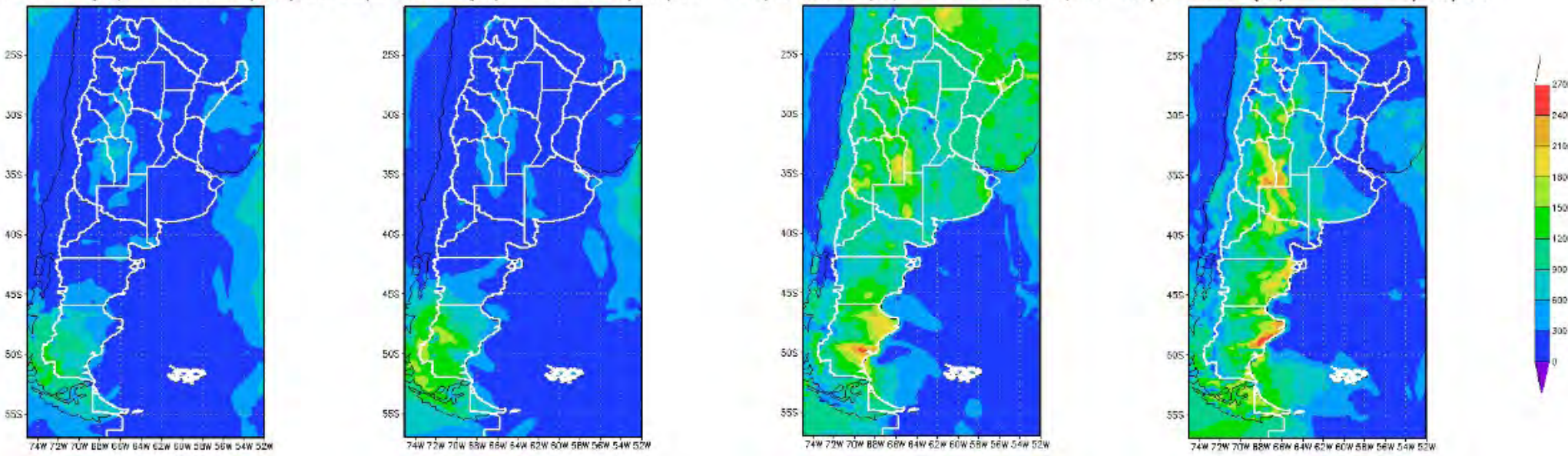
3. SISTEMA DE MODELADO

IMPLEMENTACIÓN Y APLICACIÓN DE WRF

T, (°C) y Viento, m/s – 00 h 19/03/09 T, (°C) y Viento, m/s – 06 h 19/03/09 T, (°C) y Viento, m/s – 12 h 19/03/09 T, (°C) y Viento, m/s – 18 h 19/03/09



Capa limite (m) – 00 h 19/03/09 Capa limite (m) – 06 h 19/03/09 Capa limite (m) – 12 h 19/03/09 Capa limite (m) – 18 h 19/03/09



3. SISTEMA DE MODELADO

IMPLEMENTACIÓN Y APLICACIÓN DE CHIMERE

Modelo de multiescala diseñado para generar pronósticos diarios de la concentración de ozono troposférico, aerosoles y otros contaminantes y para hacer simulaciones prolongadas en el tiempo para escenarios de control de emisiones.



Datos de entrada:

- Emisiones: EDGAR v4.2, especies CO, NH₃, NMVOCs NO_x, SO₂ y PM10.
- Condiciones de contorno: modelos MOZART y LMDz-INCA.
- Uso de suelo: GLCF. No hay emisiones biogénicas estimadas para Argentina todavía.
- Meteorología: información simulada por WRF, variables viento, temperatura, humedad, presión, precipitación, otros.



Química: conjunto de reacciones del mecanismo MELCHIOR (Menut et al. 2013)

Parametrización:

Parámetro	Nombre de la variable	Opción
Mecanismo químico	mecachim	Melchior reduced
Aerosoles químicamente activos	aero	Sí
Cantidad de aerosoles de distinto tamaño	nbins	9
Sal marina	seasalt	No
Polvo	dust	No
Contaminantes orgánicos persistentes	pops	No
Especies carbonáceas primarias	carb	No
Marcadores gaseosos	gtrc	No
Marcadores de particulado	ptrc	No
Química de aerosoles orgánicos secundarios	soatyp	Esquema medio



3. SISTEMA DE MODELADO

INVENTARIO DE EMISIONES EDGAR

Emission Database for Global Atmospheric Research v4.2 (2008) es un inventario de emisiones antropogénicas global.



Características:

- Emisiones categorizadas por sectores IPCC y país, en unidades de Gg/año.
- Gases con efecto invernadero; precursoras de ozono troposférico, acidificantes, partículas y aerosoles primarios y sustancias que producen el agotamiento de ozono estratosférico.
- Resolución horizontal de 0,1 x 0,1 °.



Cálculo de emisiones:

$$EM_c(y, x) = \sum_{i,j,k} [AD_{C,i}(y) \bullet TECH_{C,i,j}(y) \bullet EOP_{C,i,j,k}(y) \bullet EF_{C,i,j}(y, x) \bullet (1 - RED_{C,i,j,k}(y, x))]$$

Las emisiones (EM) para un país c son calculadas para cada compuesto x en una base anual (y) y un sector (i), multiplicando por un lado los datos de actividad específica por país (AD), cuantificando la actividad humana para cada sector i , con la diversidad de j tecnologías (TECH) para cada sector i , y con su porcentaje de disminución para una de las k mediciones a la salida de la emisión (EOP) para cada j tecnología, y por otro lado el factor de emisión específico de cada país (EF) para cada sector i y tecnología con una reducción relativa (RED) de la emisión no controlada por la reducción de k .

4. INTERFAZ CHIMERE-EDGAR

DETALLES TÉCNICOS DE LA INTERFAZ

Imprescindible para la realización de este trabajo, ya que Argentina no cuenta con un inventario de emisiones espaciado. Puede ser utilizado por países que están en las mismas condiciones de Argentina para estimar concentraciones de contaminantes atmosféricos.

Versiones:

- EDGAR v4.2
- emiSURF2011a

Etapas:

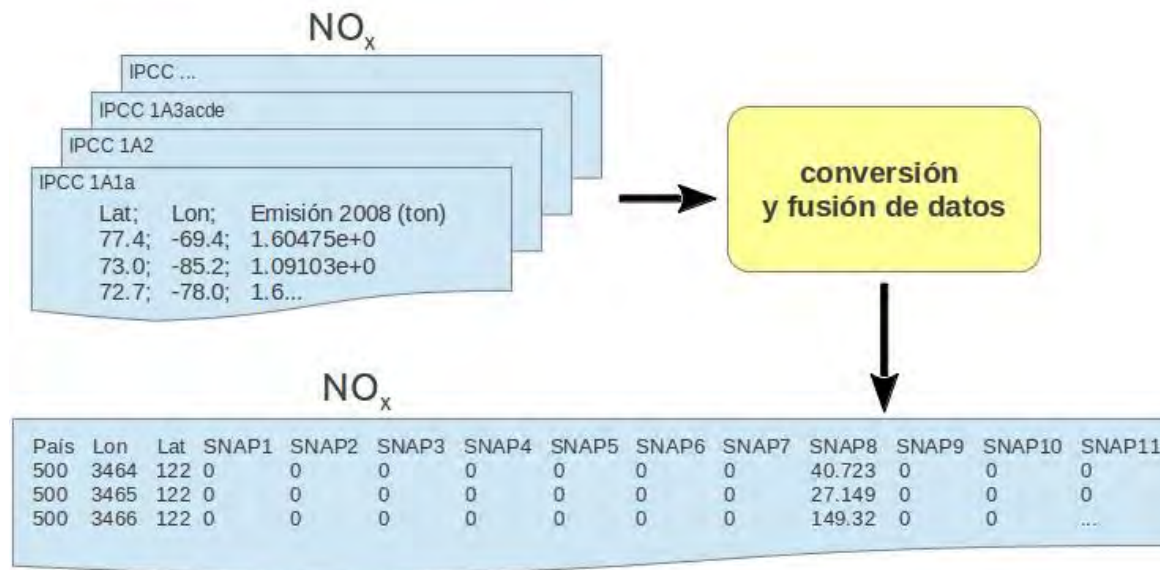
- 1) Descarga de datos de EDGAR v4.2 (2008): CO, NH₃, NMVOCs NO_x, SO₂ y PM10
- 2) Conversión de concentraciones de las emisiones desde sectores productivos IPCC a SNAP97
- 3) Generación de la grilla de datos.
- 4) Modificación y uso del código de la interfaz de emisiones emiSURF, de CHIMERE

Sectores IPCC	Descripción	Sectores SNAP
1A1a 1A1bc	Combustión en plantas de energía y transformación	SNAP 1
1A4	Procesos no industriales de combustión (residenciales, comerciales, otros)	SNAP 2
1A2	Combustión en industrias manufactureras	SNAP 3
2A1 2A2 2A7 2B 2C 2D 2E	Procesos productivos	SNAP 4
1B1 1B2 7A 7B 7C 7D	Extracción y distribución de combustibles fósiles y energía geotérmica	SNAP 5
2F1 2F2 2F3 2F4 2F5 2G 3A 3B 3C 3D	Uso de solventes y otros productos	SNAP 6
1A3b	Tránsito vehicular	SNAP 7
1A3a 1A3c 1A3d 1A3e	Otras fuentes móviles y maquinarias	SNAP 8
6A 6B 6C 6D	Tratamiento y destino final de residuos	SNAP 9
4A 4B 4C 4D1 4D2 4D3 4D4 4F 5D	Agricultura	SNAP 10
-	Emisiones Biogénicas	SNAP 11

4. INTERFAZ CHIMERE-EDGAR

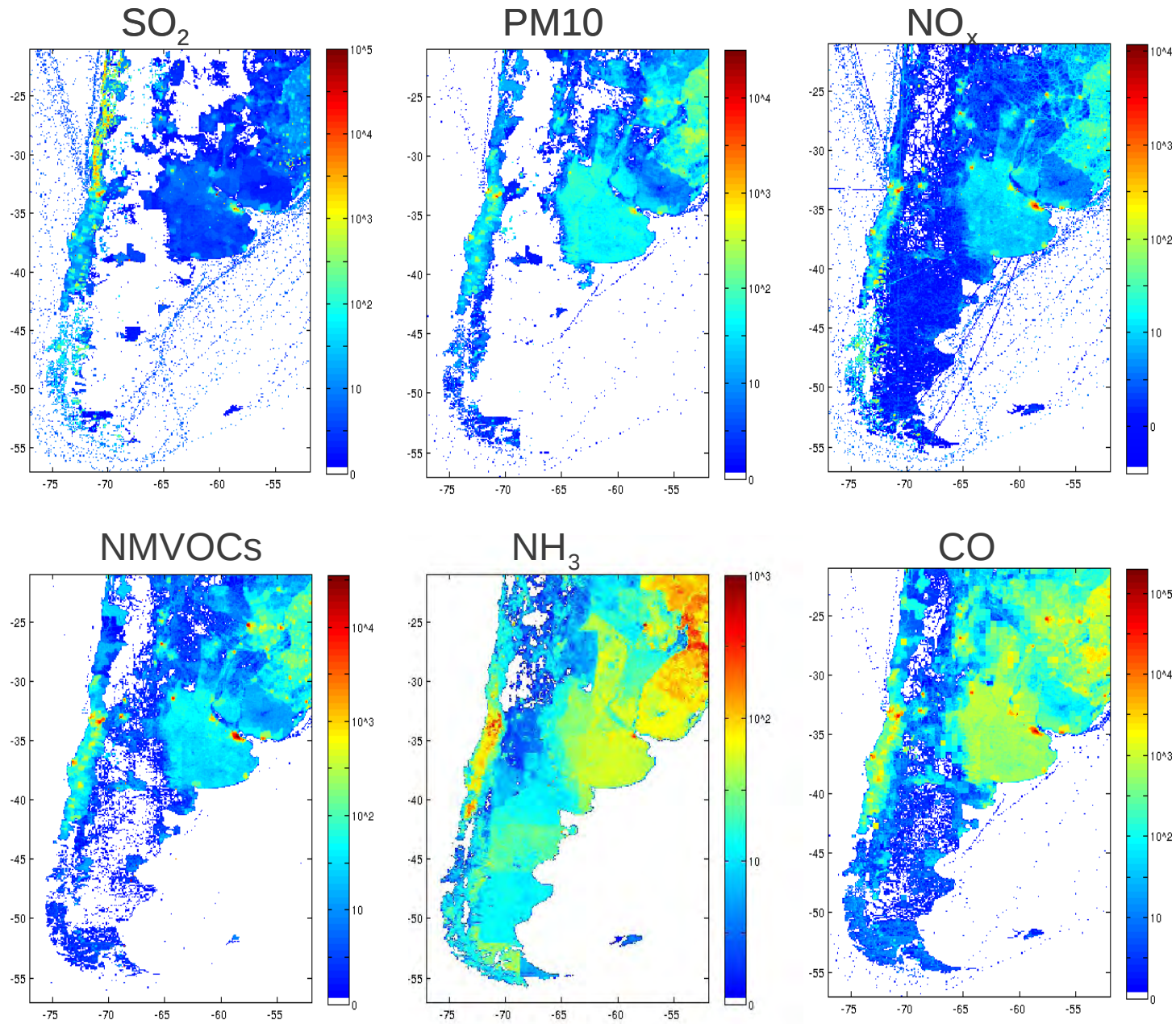
DETALLES TÉCNICOS DE LA INTERFAZ

Se escribieron los códigos para la conversión y fusión de datos para Matlab R2008b.



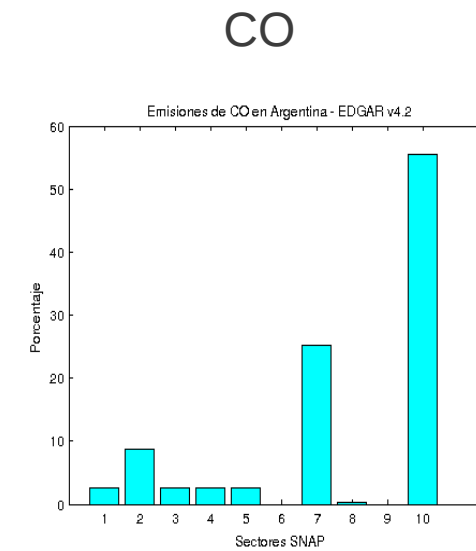
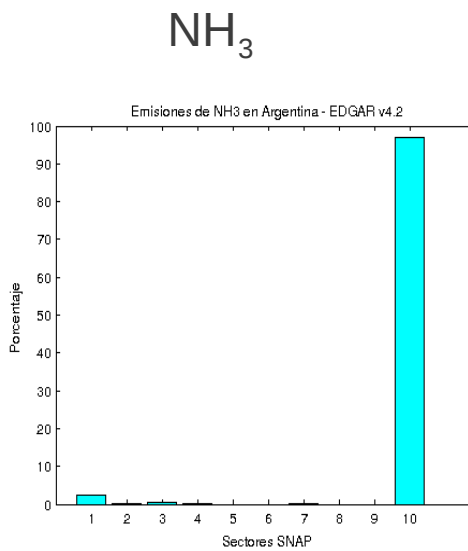
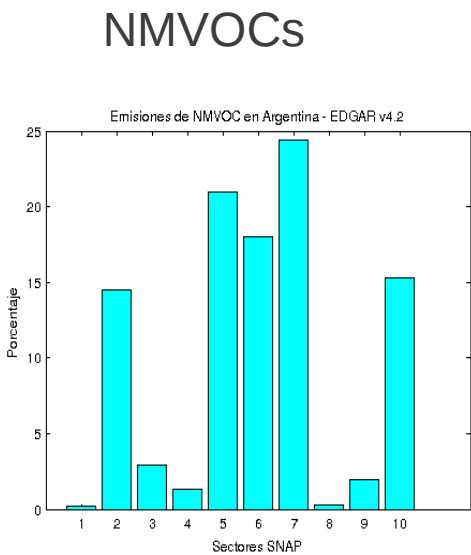
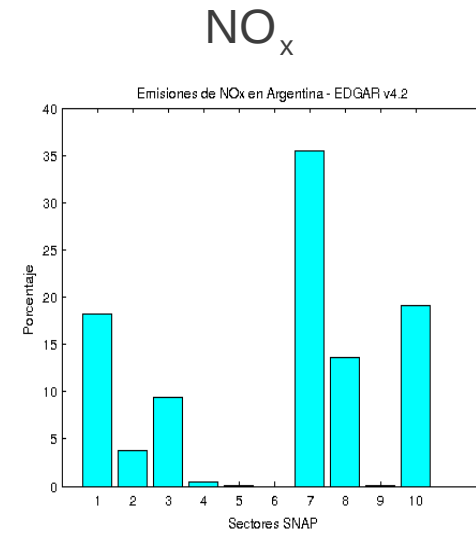
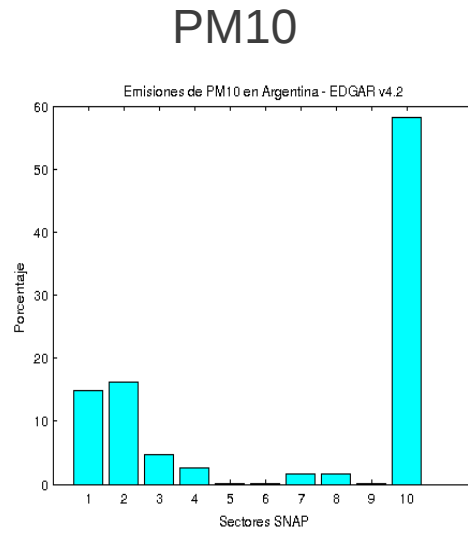
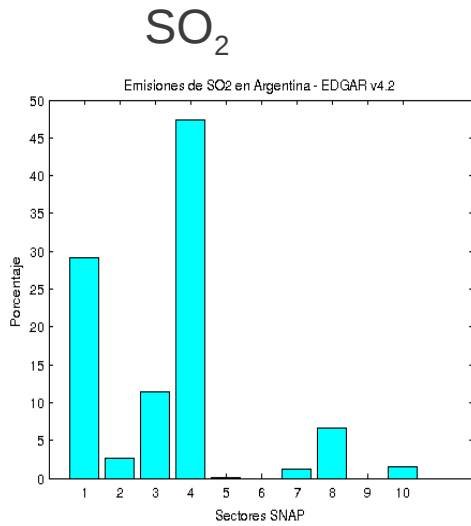
4. INTERFAZ CHIMERE-EDGAR

TOTAL DE EMISIONES EN ARGENTINA



4. INTERFAZ CHIMERE-EDGAR

TOTAL DE EMISIONES EN ARGENTINA



4. INTERFAZ CHIMERE-EDGAR

TOTAL DE EMISIONES EN ARGENTINA

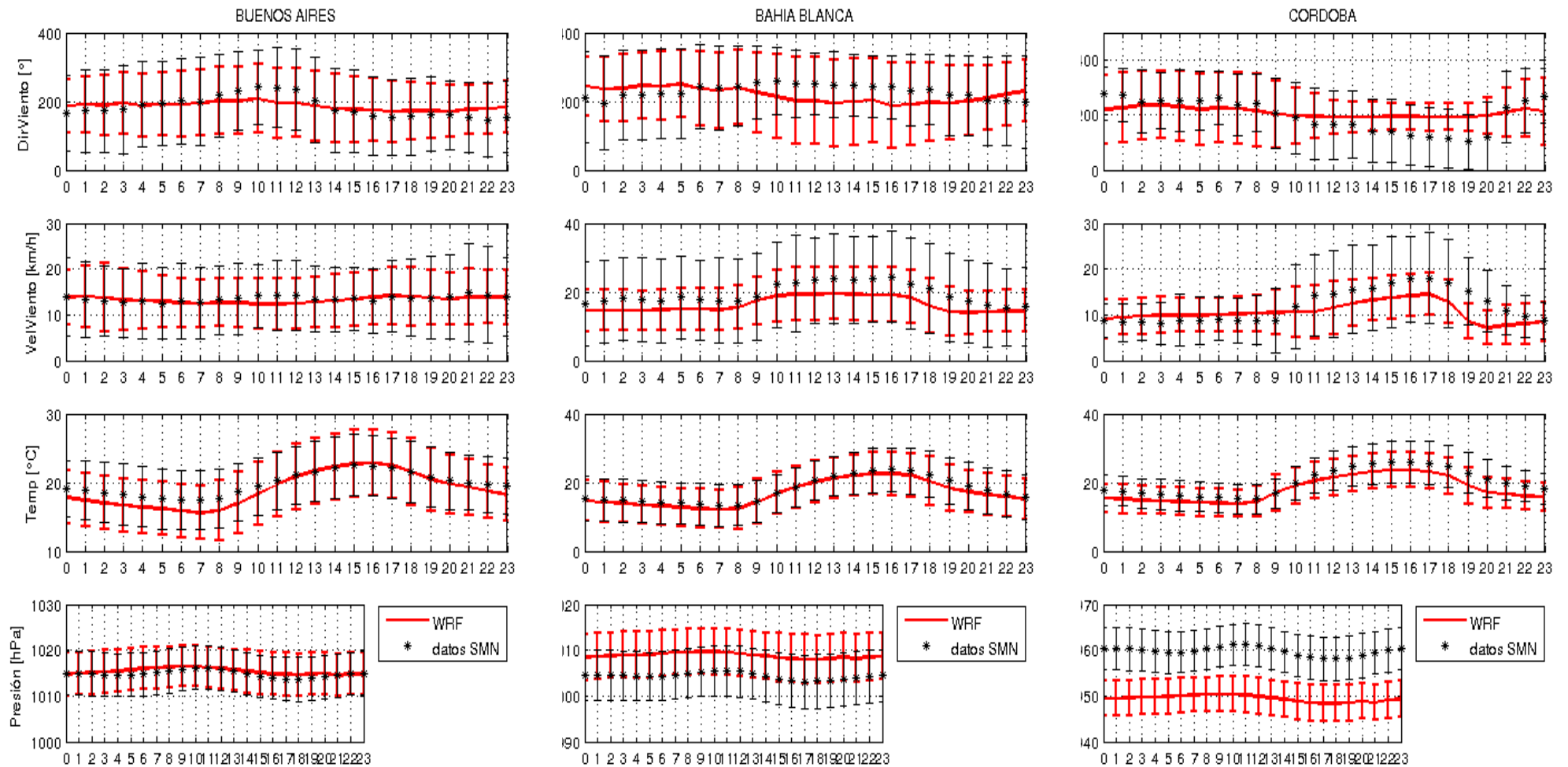
Comparación con el Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la República Argentina para el año 2000, realizado por la Fundación Bariloche y la Secretaría de Ambiente de la Nación. Se realizó para el Sector Energía

Inventario	Especie	Quema de combustibles fósiles IPCC 1A	Emisiones fugitivas IPCC 1B	Transporte internacional IPCC 1C	Total
ARG* (2000)	NO _x	649,13	2,04	51,35	702,52
	CO	2624,41	434,50	9,80	3068,71
	NMVOC	328,09	21,20	4,22	353,51
	SO ₂	64,07	15,30	4,77	84,14
EDGAR (2008)	NO _x	537,81	0,47	0,00	538,28
	CO	2479,01	113,63	0,00	2592,65
	NMVOC	347,20	223,18	0,00	57,37
	SO ₂	262,48	0,00	0,00	262,49
ARG*/ EDGAR	NO _x	1,21	4,34	-	1,31
	CO	1,06	3,82	-	1,18
	NMVOC	0,95	0,10	-	6,16
	SO ₂	0,24	-	-	0,32

* ARG se refiere al Inventario de Emisiones estimado por la Fundación Bariloche.

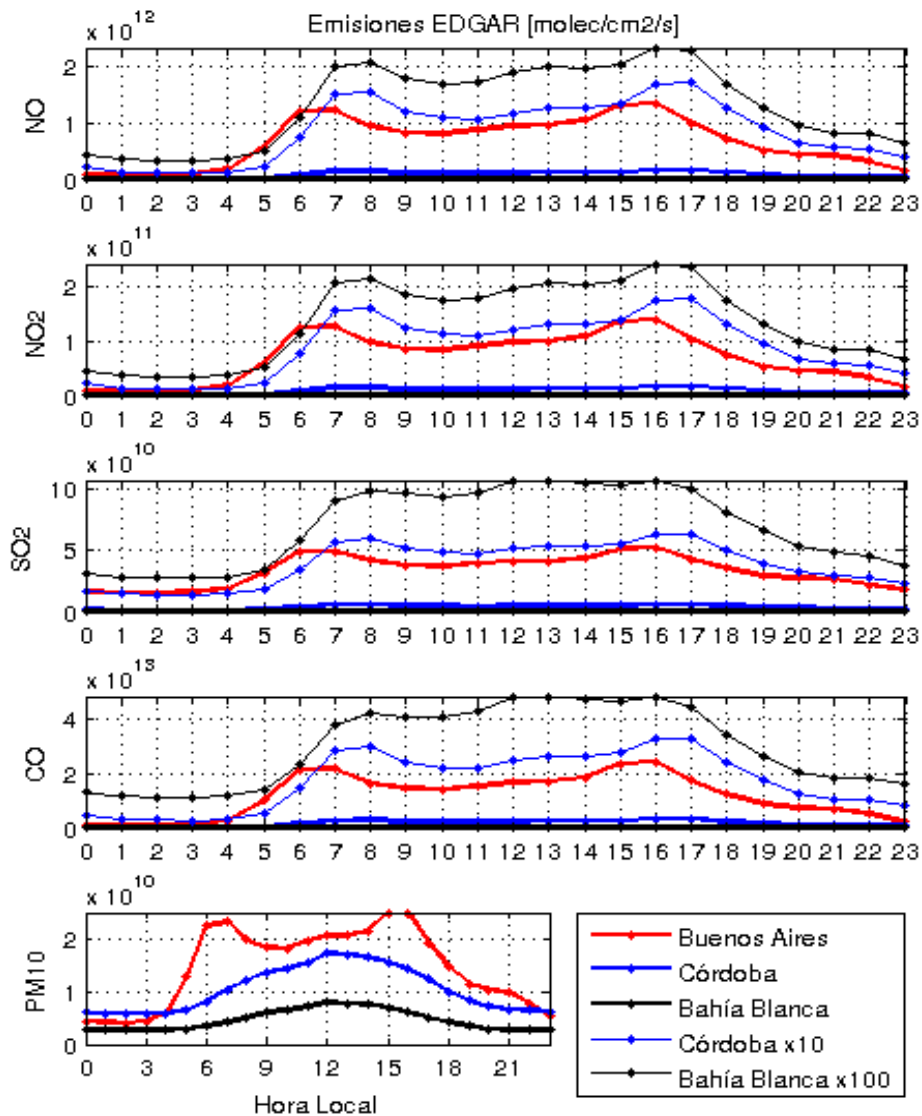
5. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MODELADO

MODELO METEOROLÓGICO WRF

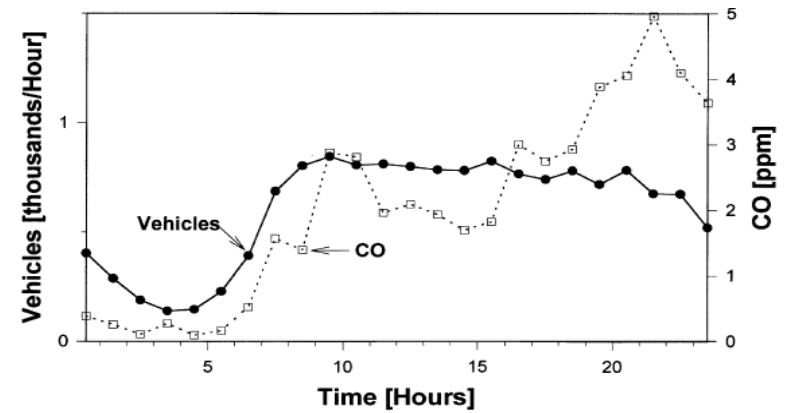


5. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MODELADO

EMISIONES EDGAR

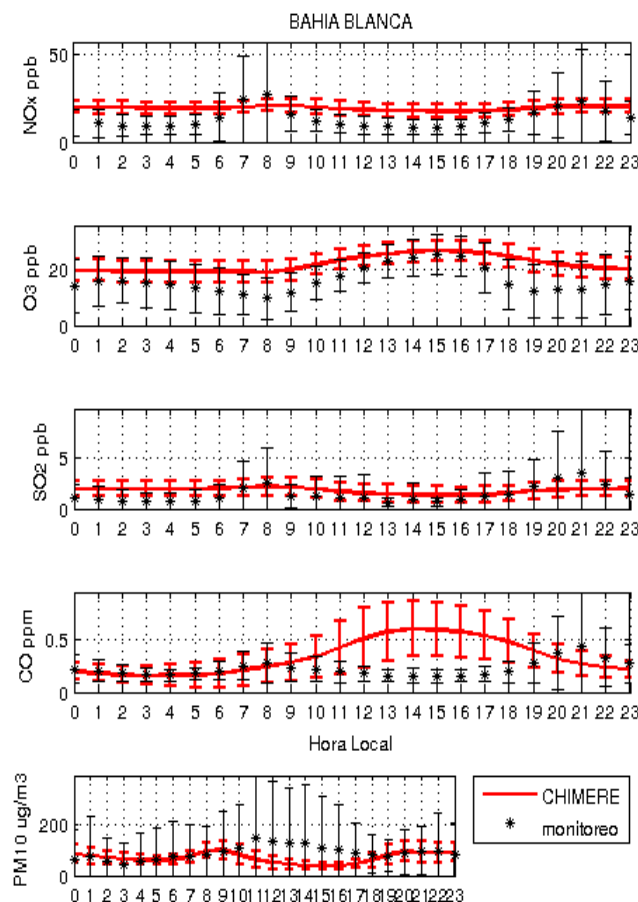
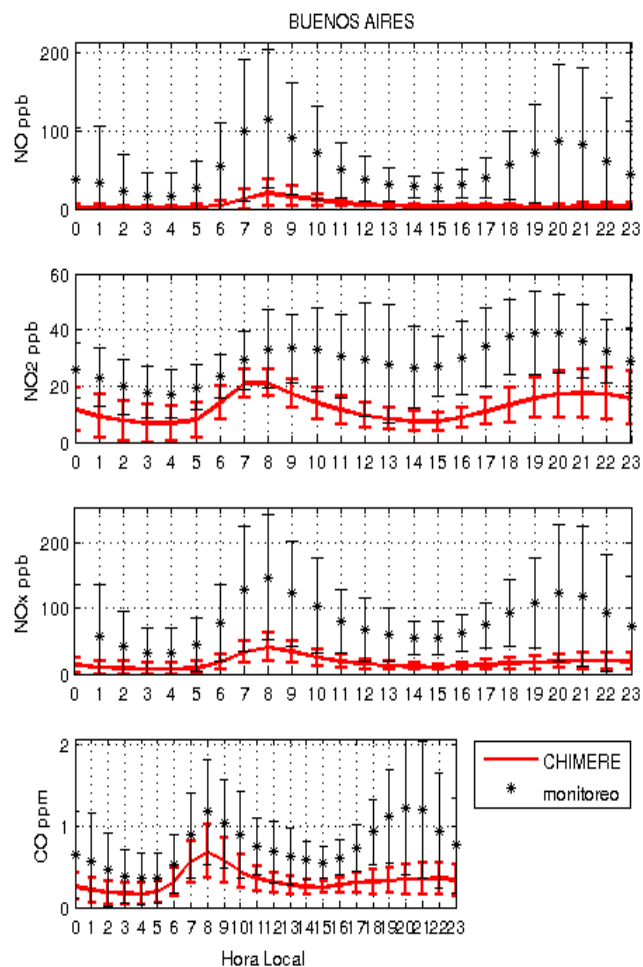


Buenos Aires, Bogo et al., 2003

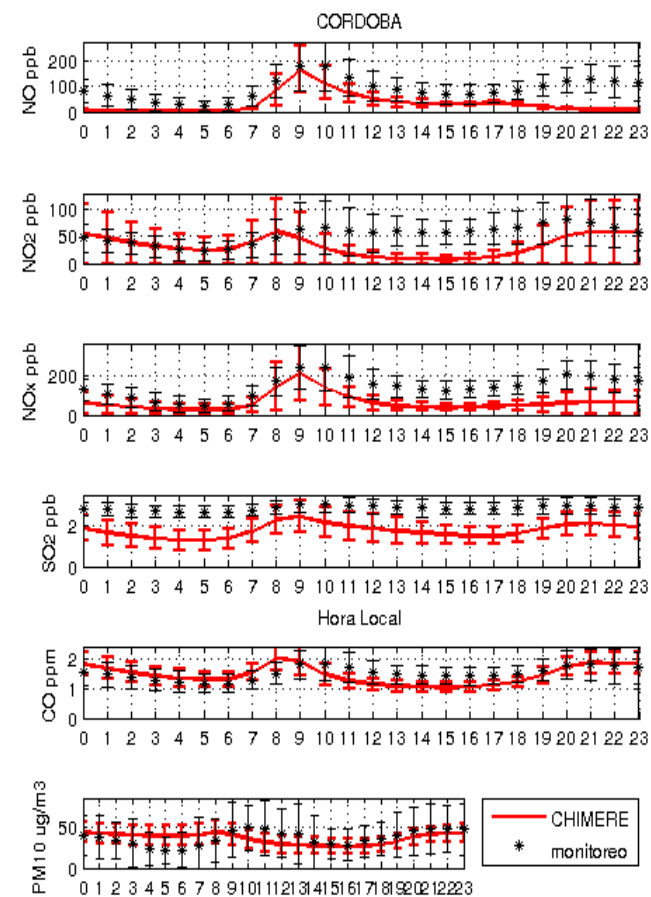


5. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MODELADO

MODELO DE TRANSPORTE QUÍMICO CHIMERE



Bahía Blanca: NO_x multiplicado por un factor de 250, las de CO por 5 y las de PM10 por 100.



Córdoba: las concentraciones de NO y NO₂ se muestran multiplicadas por 100 y 10 respectivamente; NO_x es la suma de los resultados anteriores; SO₂, CO y PM10 son multiplicados por un factor de 10.

5. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MODELADO

ÍNDICES ESTADÍSTICOS

Sesgo:

$$Sesgo = \bar{M} - \bar{O}$$

Sesgo medio normalizado:

$$SMN(\%) = \frac{Sesgo}{\bar{O}} \times 100$$

Error cuadrático medio:

$$ECM = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O_i - M_i)^2}$$

Estadístico muestral de correlación:

$$r_{xy} = \frac{\sum x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{n s_x s_y}$$

Problema de la inconmensurabilidad:

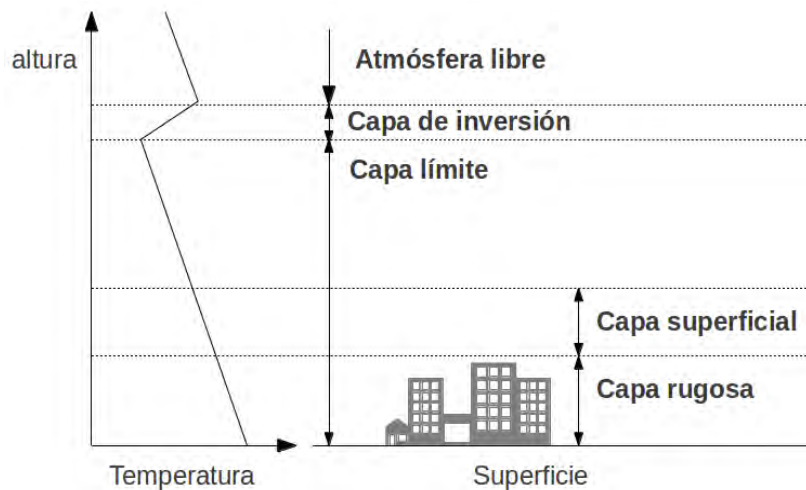
Los índices estadísticos no consideran que las predicciones de modelos regionales 3D son conjuntos de datos promediados en un volumen, mientras que las observaciones reflejan eventos individuales porque se obtienen de mediciones puntuales (Dennis et al., 2010).

Sitio	Índice (°)	Velocidad del viento (km h ⁻¹)	Temperatura (° C)	Presión (hPa)
Buenos Aires	sesgo	-0,30	-0,84	0,52
	SMN (%)	-2,21	-4,24	0,05
	ECM	6,72	1,97	1,57
	r	0,58	0,93	0,95
Córdoba	sesgo	-1,39	-2,10	-10,35
	SMN (%)	-11,64	-10,46	-1,08
	ECM	7,11	3,22	10,47
	r	0,49	0,92	0,94
Bahía Blanca	sesgo	-3,14	-0,91	4,45
	SMN (%)	-16,15	-5,16	0,44
	ECM	10,38	2,29	4,69
	r	0,63	0,96	0,96

Sitio	Índice	NO [ppb]	NO ₂ [ppb]	NO _x [ppb]	O ₃ [ppb]	SO ₂ [ppb]	CO [ppm]	PM10 [µg/m ³]
Buenos Aires	sesgo	-47,02	-16,65	-62,77			-0,43	
	SMN (%)	-91,50	-57,50	-79,00			-57,34	
	ECM	71,42	18,78	83,38			0,58	
	r	0,50	0,58	0,66			0,63	
Córdoba	sesgo	-90,14	-49,66	-140,07		-2,71	-1,38	-33,86
	SMN (%)	-99,66	-94,03	-97,59		-93,80	-90,34	-90,07
	ECM	103,59	55,88	150,95		2,69	1,43	42,58
	r	0,48	0,07	0,31		0,15	0,28	-0,02
Bahía Blanca	sesgo			-13,26	4,55	0,38	-0,16	-91,10
	SMN (%)			-99,43	27,39	28,00	-70,23	-99,27
	ECM			17,83	5,55	2,43	0,22	152,93
	r			0	0,71	0,07	-0,06	-0,04

5. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MODELADO

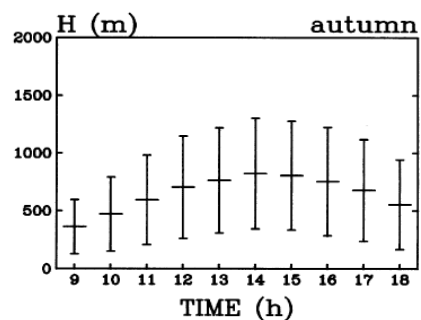
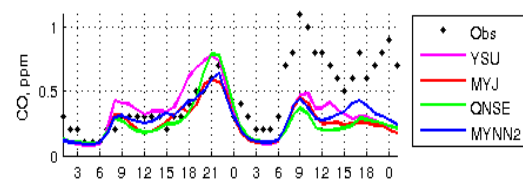
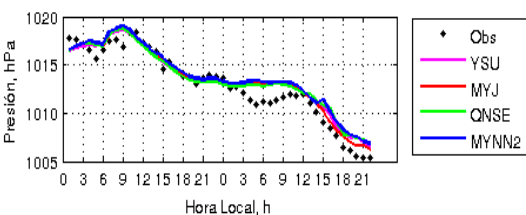
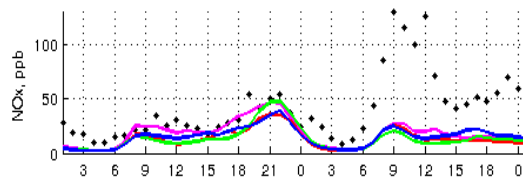
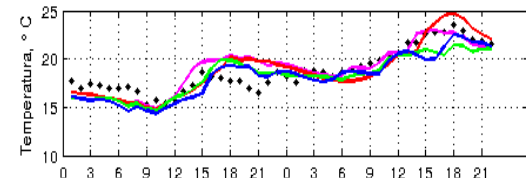
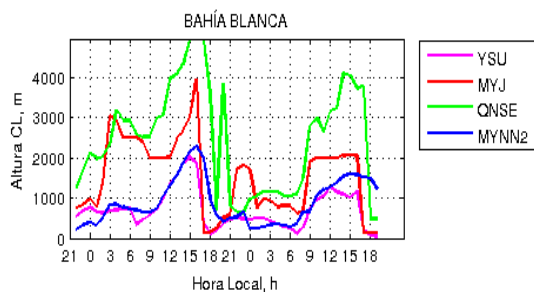
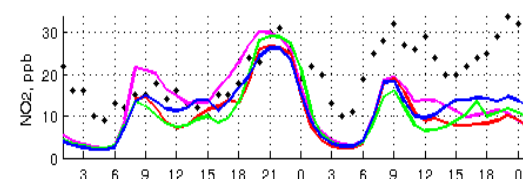
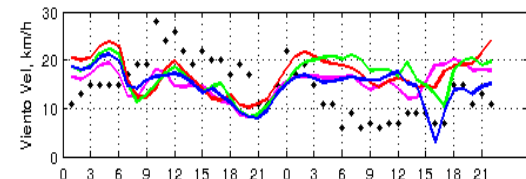
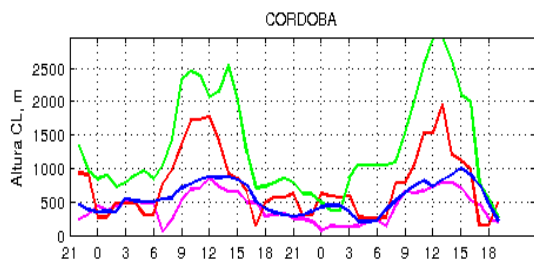
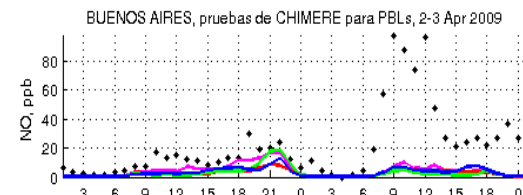
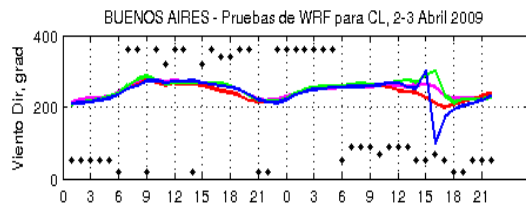
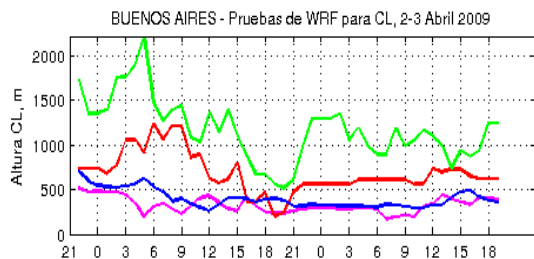
WRF: PRUEBAS DE SENSIBILIDAD PARA LA CAPA LÍMITE ATMOSFÉRICA



bl_pbl	Esquema	Cierre	Variable de pronóstico	sf_sfclay	Esquema
1	YSU ^a	NL	K	1	MM5 Monin-Obukhov
2	MYJ ^b	L	TKE	2	Monin-Obukhov (Janjic Eta)
4	QNSE ^c	NL	TKE	4	QNSE
5	MYNN2 ^d	L	TKE	1	MM5 Monin-Obukhov

5. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MODELADO

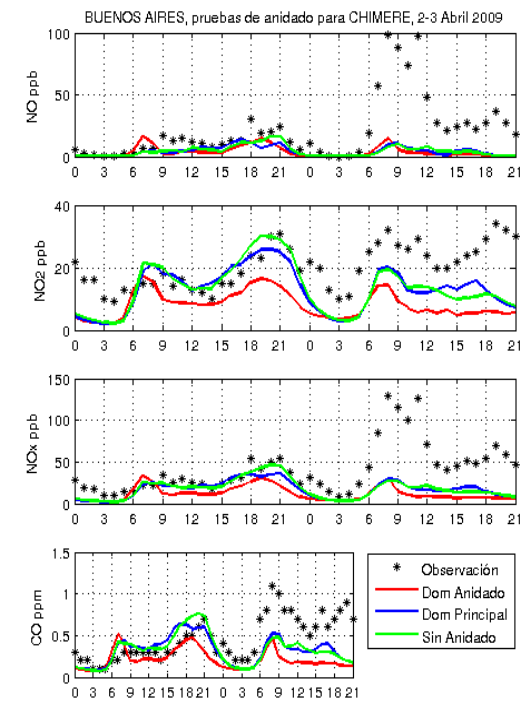
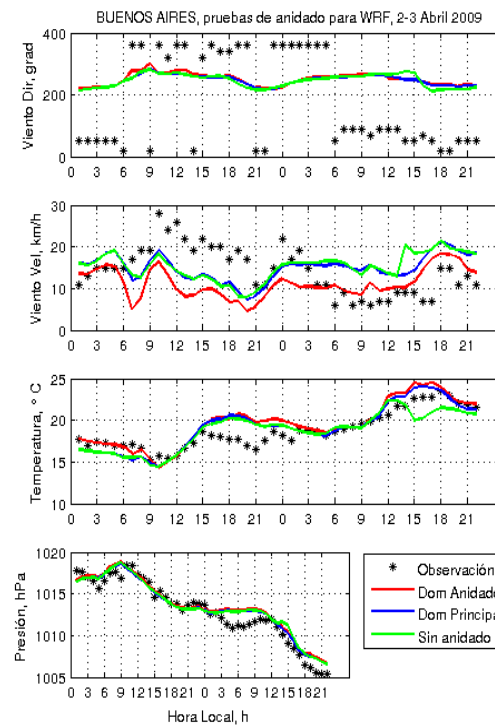
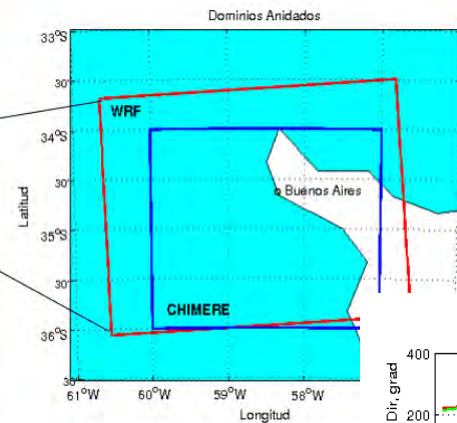
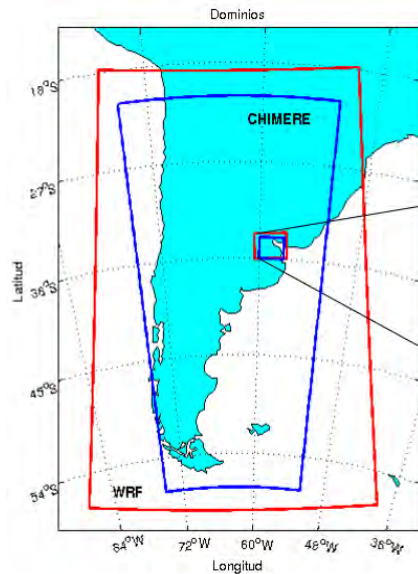
PRUEBAS DE SENSIBILIDAD PARA LA CAPA LÍMITE ATMOSFÉRICA



Buenos Aires, Altura de CL
Ulke y Mazzeo 1998

5. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MODELADO

ANIDADO SOBRE BUENOS AIRES



3. SISTEMA DE MODELADO

RESULTADOS DE CHIMERE

NO₂

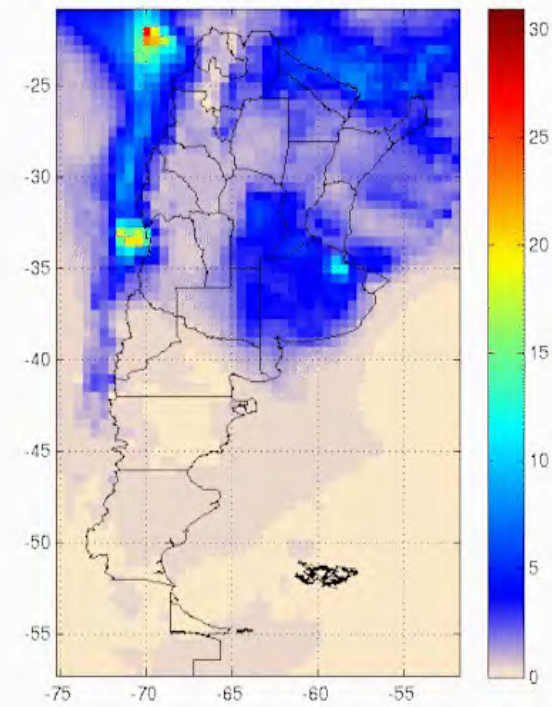
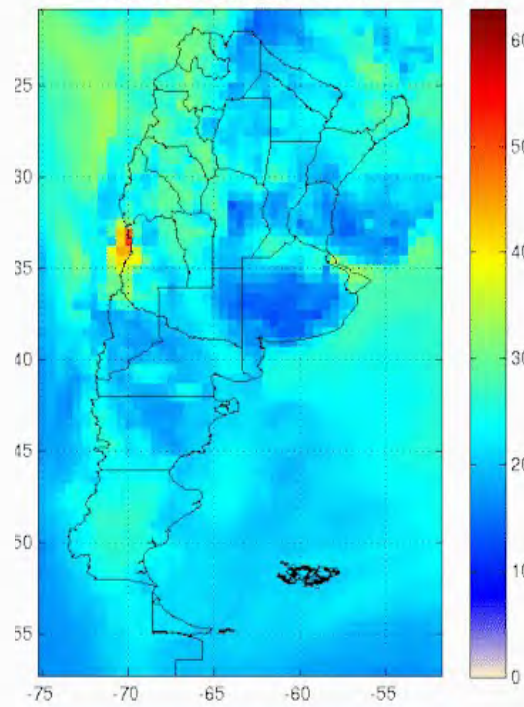
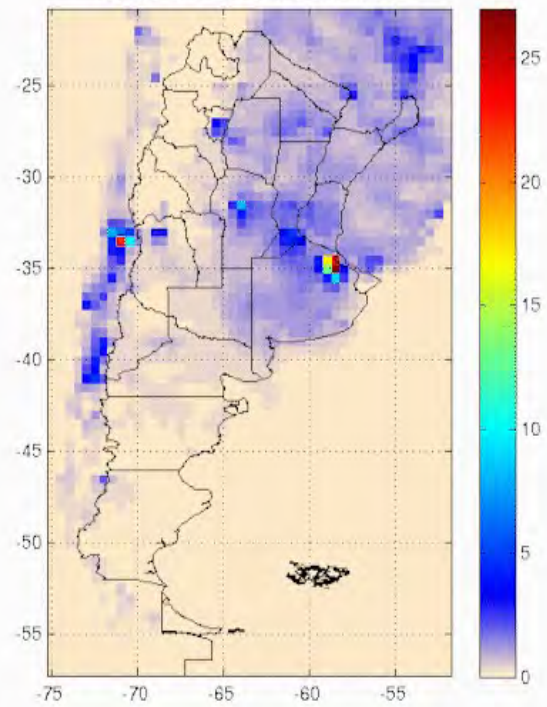
O₃

PM10

NO2 [ppb] - 0.00 h (local) 19/03/2009

O3 [ppb] - 0.00 h (local) 19/03/2009

PM10 [ppb] - 0.00 h (local) 19/03/2009



6. CONCLUSIONES

- Fue posible realizar la interfaz CHIMERE-EDGAR para la aplicación del modelo de transporte químico sobre Argentina. Esta nueva interfaz puede ser usada incluso por países que aún no tengan inventarios de emisiones regionales, gracias al carácter global de EDGAR.
- La comparación de la base de datos EDGAR con el inventario de emisiones nacional y con las mediciones *in situ* de contaminantes, muestra que hay una subestimación de las emisiones por parte del inventario utilizado.
- Fue posible implementar el sistema WRF-CHIMERE-EDGAR sobre nuestro territorio nacional.
- La dificultad que representó obtener datos de campo de contaminantes se corresponde con el incipiente desarrollo y control de la problemática en Argentina. Esta dificultad se traslada a la actotada evaluación de desempeño del sistema que se realizó.
- La evaluación del desempeño de WRF muestra buenos resultados para las variables meteorológicas analizadas, en los sitios indicados.
- La evaluación del desempeño de CHIMERE muestra deficiencias, principalmente para Córdoba y Bahía Blanca, por la gran subestimación de emisiones en esos sitios. En Buenos Aires, en cambio, los resultados son comparables a las mediciones, aun teniendo en cuenta el problema de la inconmensurabilidad.
- Primeros ensayos sobre la capa límite y el uso de dominios anidados indican que es necesario profundizar estos análisis para mejorar los resultados de salida del sistema WRF-CHIMERE-EDGAR.

7. PROYECCIONES

- Mejorar el inventario EDGAR v4.2 con otras versiones que puedan aportar datos de PM2.5, carbono orgánico y negro (EDGAR-HTAP).
- Utilizar información de uso de suelo desarrollado por el INTA y topografía de mejor resolución del IGN, para mejorar las condiciones iniciales y resolución del sistema de modelado.
- Continuar ensayando diferentes parametrizaciones de modelado.
- Obtener productos satelitales de columna total de NO₂ - HCHO - AOT en atmósfera (OMI/Aura, IASI y GOME/MetOp, MODIS/Terra-Aqua, etc) para adjuntar al modelado un monitoreo satelital.
- Construcción de un índice de calidad del aire regional.
- Operativizar el funcionamiento del sistema de modelado para la obtención de mapas con distribución espacial de especies que afectan la calidad del aire, que sea accesible a toda la sociedad y pueda ser de utilidad a instituciones gubernamentales de control de emisiones y de salud.
- Construcción de un inventario de emisiones nacional con distribución espacial.
- Operativizar la asimilación de datos satelitales para eventos extremos puntuales (incendios, erupciones volcánicas, grandes eventos de transporte de sal y erosión del suelo).
- Coordinar trabajos con investigadores e instituciones públicas.

AGRADECIMIENTOS

- Al Tribunal evaluador.
- Al Instituto de Altos Estudios Espaciales Mario Gulich, UNC y CONAE. A la Educación Pública!
- A la Agenzia Spaciale Italiana y CETEMPS L'Aquila.
- A las instituciones que brindaron sus datos para la realización de este trabajo (Sec. De Ambiente de Córdoba, Agencia de Protección Ambiental de CABA, Comité Técnico Ejecutivo de Bahía Blanca, Servicio Meteorológico Nacional y muchísimos otros!!).
- A los investigadores y compañeros que aportaron sus datos, su experiencia y voluntad de cooperación en distintas instancias de la tesis.
- A Gabriele Curci por sus invaluable aportes y apoyo durante mi estadía en L'Aquila y tesis. A Mario Lanfri y Marcelo Scabuzzo por su guía constante durante la maestría y tesis.
- A todos mis compañeros del Gulich por compartir todas las horas, anécdotas y risotadas!
- A mis amigos “MAREARTE-2011”, son los más geniales!
- A mi familia linda e incondicional :) <3

¡Gracias!