

Argentina



EVALUACIÓN DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Informe Final sobre Tecnologías para Adaptación



Este documento es resultado del Proyecto Evaluación de Necesidades Tecnológicas (ENT), financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) e implementado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el UNEP-Risoe Centre (URC), en colaboración con los Centros Regionales Fundación Bariloche y Libélula, para el beneficio de los países participantes. El presente informe es resultado de un completo proceso dirigido por los países. Las opiniones e información contenida en el mismo, son producto del Equipo ENT Nacional, liderado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

Presidenta de la Nación

Dra. Cristina Fernández

Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

Dr. Lino Barañao

**Secretaria de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e
Innovación Productiva**

Dra. Ruth Ladenheim

Subsecretario de Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

Lic. Fernando Peirano

RESPONSABLES Y COLABORADORES NACIONALES

REFERENTE EN MINISTRO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA:	Marcela Gregori
COORDINACIÓN NACIONAL ENT:	Gabriel Blanco
EQUIPO TÉCNICO:	
Ministerio Agricultura Ganadería y Pesca	Flory Begenesic Miguel Iribarren Carla Pascale
Ministerio de Economía	Martín Chojó
Secretaría de Industria Comercio y PyME	Guillermo Bidone, Luciano Scarpanti
Secretaría de Energía	Alejandro Boldes Eugenia Caraccia María Cristina Giusti Juan Ignacio Paraca Mónica Servant
Secretaría Transporte	Rodrigo Tornquist
Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable – Dirección de Cambio Climático	Lucas Di Pietro María Eugenia Rallo
Subsecretaría de Recursos Hídricos	María Josefa Fioriti Silvia Mengo
Comisión Nacional de Energía Atómica	Laura Dawidowski Darío Gómez Emilio Menviell
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria	Laura Finster Jorge Hilbert Graciela Magrin Miguel Taboada
Instituto Nacional del Agua - Recursos Hídricos	Dora Godniazki
Instituto Nacional de Tecnología Industrial - Director Centro de Energía	Mario Ogara
CONSULTORES:	Ana Lea Cukierman José Barbero Estela Santalla Enrique Puliafito Gabriel Vázquez Yanina Guthmann
COLABORACION ESPECIAL:	Elena Palacios

PRÓLOGO

El acceso a tecnologías limpias y eficientes que permitan la producción de bienes y servicios utilizando la menor cantidad posible de recursos naturales es una necesidad urgente para acompañar el actual proceso de crecimiento de la Argentina y transformarlo en un proceso de desarrollo sustentable y compatible con los requerimientos que la comunidad científica internacional ha establecido para hacer frente al cambio climático.

Para la Argentina es prioridad que esas tecnologías se hagan accesibles mediante la innovación y el desarrollo local a través de su sistema científico y tecnológico; pero también, y en aquellas áreas donde sea necesario, mediante la transferencia y adopción de tecnologías ya desarrolladas en otras latitudes.

Para hacer este proceso más eficiente se requiere de un análisis previo que permita identificar y priorizar las necesidades tecnológicas en los diferentes sectores productivos del país. Es en este contexto que el proyecto de Evaluación de Necesidades Tecnológicas para Mitigación y Adaptación al Cambio Climático que aquí se presenta ha venido a llenar parte de ese espacio de análisis y discusión multidisciplinarios.

Este proceso ha permitido, en primer lugar, identificar áreas de trabajo prioritarias que en la mayoría de los casos abarcan más de un sector productivo. Es así como se ha decidido abordar áreas tales como la cogeneración de energía eléctrica y calor en la industria, el uso de residuos para la producción de energía, el transporte de productos agrícola-ganaderos, la mejora en tecnologías y prácticas agrícolas para reducir el uso de nitrógeno y, finalmente, el fortalecimiento de los sistemas de medición, monitoreo y gestión de datos climáticos, un área que por definición es de interés a todos los sectores económicos y productivos del país.

En segundo lugar, se han podido identificar y evaluar necesidades tecnológicas concretas que apuntan no sólo a mitigar o a adaptarse al cambio climático sino que contribuyen, también, con un desarrollo más sustentable de los diferentes sectores involucrados. Finalmente, se han identificado barreras aún existentes para el desarrollo, implementación y difusión de esas tecnologías y sugerido acciones que permitan superarlas y a las cuales se les ha dado forma de Plan de Acción.

Los resultados obtenidos servirán para establecer prioridades de este Ministerio a la hora de apoyar acciones y actividades de innovación y desarrollo tecnológico, así como también integrar acciones sugeridas para vencer barreras al desarrollo e implementación de tecnologías a diferentes programas e iniciativas que el Ministerio lleva adelante actualmente.

El proyecto de Evaluación de Necesidades Tecnológicas para Mitigación y Adaptación al Cambio Climático constituye un proceso fructífero para nuestro país. Su elaboración ha sido ardua; ha implicado la labor de importantes y numerosos investigadores y tecnólogos del país, así como de personal especialmente dedicado a la coordinación de los grupos de trabajo. Deseo agradecer a todos los que han participado de una u otra manera a lo largo de su desarrollo.

Dr. Lino Baraño
Ministro de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN EJECUTIVO.....	10
ASPECTOS GENERALES.....	26
1. INTRODUCCIÓN.....	27
1.1. Sobre el proyecto ENT.....	27
1.2. Desarrollo de la ENT a nivel nacional.....	28
1.3. Políticas nacionales en Cambio Climático.....	29
2. ARREGLOS INSTITUCIONALES.....	35
2.1. Estructura ENT nacional.....	35
2.2. Involucramiento de partes interesadas.....	37
3. SELECCIÓN DE SECTORES.....	39
3.1. Criterios y resultados de la selección de sectores de la ENT.....	39
3.2. Criterios y resultados de la selección del área de estudio para adaptación en la ENT.....	41
3.2.1. Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático argentina	43
REPORTE OBSERVACIÓN Y MEDICIÓN DE VARIABLES CLIMÁTICAS E HIDROLÓGICAS	47
SECCIÓN I. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR Y PRIORIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS	48
1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	49
1.1. Concepción esquemática para el análisis del área de estudio.....	49
1.2. Observación y medición de variables climáticas e hidrológicas. Nivel Internacional.....	50
1.2.1. Organización Internacional.....	50
1.2.2. Monitoreo climático.....	53
1.2.3. Redes y Centros Internacionales.....	61
1.2.4. Modelos de Circulación Global.....	70
1.3. Observación y medición de variables climáticas e hidrológicas. Nivel Nacional.....	72
1.3.1. Identificación de actores claves.....	72
1.3.1.1. Redes hidrometeorológicas.....	76
2. PRIORIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS.....	87
2.1. Modelos.....	87
2.1.1. Modelos Meteorológicos Regionales.....	87
2.1.2. Modelos y Evaluación Hidrológica.....	93
2.1.3. Otros modelos hidrológicos usados.....	97
2.2. Instrumentos complementarios.....	99
2.2.1. Instrumentos aéreos y terrestres para medición in-situ.....	99
2.2.2. Instrumentos de sensado remoto.....	104
2.2.3. Software para instrumentos y satélites.....	110
2.3. Proceso de priorización de tecnologías.....	113
2.3.1. Análisis Multicriterio.....	114
2.3.1.1. Dimensiones de la evaluación multicriterio.....	116
2.3.1.2. Valoración de los criterios.....	117
2.3.1.3. Resultados del análisis multicriterio.....	122
2.3.2. Validación de resultados.....	124
2.3.3. Contribución de las propuestas a la reducción de vulnerabilidad y posibles Usuarios.....	124
2.3.4. Factibilidad de propuestas priorizadas.....	126
ANEXO I. LISTA DE ACTORES RELEVANTES INVOLUCRADOS.....	138
ANEXO II. FICHAS DE TECNOLOGÍAS PRIORIZADAS.....	140

SECCIÓN II. ANÁLISIS DE BARRERAS Y RECOMENDACIONES PARA UN MARCO FACILITADOR	145
1. ANALISIS DE BARRERAS	145
1.1. Identificación de barreras tecnológicas	145
1.1.1. Barreras para la mejora del monitoreo de las Variables Climáticas Esenciales (VCE)	145
1.1.1.1. Barreras según los generadores y usuarios	150
1.1.2. Barreras de propuestas tecnológicas priorizadas	152
1.1.2.1. Barreras para la construcción de un radiómetro de microondas Multiespectral	153
1.1.2.2. Barreras para la creación y operación de un Centro o Agencia Climática	155
2. RECOMENDACIONES PARA UN MARCO FACILITADOR	155
2.1. Sistema Nacional de Innovación	155
2.2. Participación Social y Comunitaria	155
2.3. Capacidades Humanas e Institucionales	156
2.4. Marco macroeconómico	157
2.5. Propuestas específicas para superar las barreras	157
2.5.1. Equipos y Mediciones	158
2.5.2. Centro de Datos	160
2.5.3. Productos y usuarios	162
2.5.4. Alerta y contingencias	163
SECCIÓN III. PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO	164
1. INTRODUCCIÓN PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO	164
SECCIÓN IV. IDEA DE PROYECTO	171
1. DESARROLLO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE RADIÓMETROS DE MICROONDAS MULTIFRECUENCIA (RMO-MF)	171
PRINCIPALES SIGLAS, ACRÓNIMOS Y PÁGINAS WEB	180
BIBLIOGRAFÍA	182

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura R.E. 1.1: ESQUEMA DE LAS REDES Y ACTORES CLAVES DE LAS MEDICIONES HIDRO-METEOROLÓGICAS.....	15
Figura R.E.1.2: PROPUESTA DE UBICACIÓN DE INSTRUMENTOS NUEVOS.....	19
FIGURA 1.1: ESTRUCTURA INSTITUCIONAL ENT INTERNACIONAL Y NACIONAL.....	28
FIGURA 2.1. ESTRUCTURA ENT NACIONAL.....	35
Figura 4.1: DIMENSIONES.....	49
Figura 4.2.: RECORTE DE LOS DATOS DE USHUAIA EN LA WDCGG.....	63
Figura 4.3.: FUNCIONES DE LA WDCGG	63
Figura 4.4: FUNCIONES DE UN CENTRO O SERVICIO HIDROLÓGICO O METEOROLÓGICO.....	65
Figura 4.5: ESQUEMA DE LOS MODELOS DE CIRCULACIÓN GLOBAL.....	71
Figura 4.6: ESQUEMA DE LAS REDES Y ACTORES CLAVES DE LAS MEDICIONES HIDRO-METEOROLÓGICAS.....	73
Figura 4.7: REDES DE MONITOREO EN ARGENTINA.....	75
Figura 4.8: ESQUEMA CONCEPTUAL DE LA RED DEL SMN.....	76
Figura 4.9: UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DEL SMN EN EL TERRITORIO ARGENTINO.....	77
Figura 4.10: LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS Y DE ALTITUD (RADIOSONDEO).....	78
Figura 4.11: LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE RADIACIÓN Y OZONO.....	79
Figura 4.12: BASE DE DATOS DE LA SSRH.....	81
Figura 4.13: REDES HIDROMETEOROLÓGICAS DE LA SSRH.....	84
Figura 4.14: ESTACIONES DE AFOROS Y PLUVIOMETRICAS.....	85
Figura 5.1: DIAGRAMA DE FLUJO DE UN MODELO REGIONAL COMO EL WRF.....	88
Figura 5.2: MODELO DE CALIDAD DEL AIRE, USANDO WRF Y WRF/CHEM.....	91
Figura 5.3: EJEMPLO DE DOMINIO DE MODELADO TÍPICO PARA UNA SIMULACIÓN URBANA.....	92
Figura 5.4: REPRESENTACIÓN DE LA ELEVACIÓN DEL TERRENO.....	92
Figura 5.5: MAPAS DE LULC CONSIDERANDO LAS 24 CATEGORÍAS USGS.....	93
Figura 5.6: MODELOS DE OLAS Y ONDAS DE TORMENTAS.....	95
Figura 5.7: PRODUCTOS E INFORMES OFRECIDOS POR EL INA.....	96
Figura 5.8: UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA RED OPERADA POR EL AIC.....	97
Figura 5.9: ANALIZADOR DE MOVILIDAD DIFERENCIAL (HTDMA).....	100
Figura 5.10: ESPECTRÓMETRO DE AEROSOLES POR CAVIDAD PASIVA.....	101
Figura 5.11: CONTADOR DE NÚCLEOS DE CONDENSACIÓN (CCN).....	102
Figura 5.12: AVIÓN DE INVESTIGACIÓN CON INSTRUMENTOS IN SITU.....	103
Figura 5.13: RADIÓMETRO DE ONDAS MILIMÉTRICAS.....	106
Figura 5.14: PERFILADOR DE VIENTOS.....	107
Figura 5.15: CEILÓMETRO.....	108
Figura 5.16: EJEMPLO DE DOS TIPOS DE DISDRÓMETROS.....	109
Figura 5.17: PROPUESTA DE UBICACIÓN DE INSTRUMENTOS NUEVOS.....	130
Figura 6.1: ESQUEMA GENERAL DE LAS BARRERAS.....	146
Figura 6.2: ACTORES SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN ARGENTINA.....	156
Figura 6.3: CONCEPCIÓN ESQUEMÁTICA DEL SECTOR.....	158
Tabla R.E. 1.1. ESTRUCTURA DEL INFORME ENT ARGENTINA PARA ADAPTACIÓN.....	12
Tabla R.E 1.2: VARIABLES CLIMÁTICAS ESENCIALES (VCE), DEFINIDAS POR EL GLOBAL CLIMATE OBSERVING SYSTEM (GCOS).....	14
Tabla R.E. 1.3: REDES METEOROLÓGICAS.....	15
Tabla R.E. 1.4: REDES DE RADARES.....	15
Tabla R.E. 1.5: REDES HIDRO-METEOROLÓGICAS.....	15
Tabla R.E.1.6: MODELOS ACTUALMENTE DISPONIBLES.....	16
Tabla R.E. 1.7: INSTRUMENTOS COMPLEMENTARIOS.....	16

Tabla R.E.1.8: RECOMENDACIONES RESULTANTES DE ENCUESTAS Y ENTREVISTAS.....	17
Tabla R.E.1.9: OBJETIVO ESPECIFICO 1: Ampliar en calidad y extensión cantidad la red de datos hidrometeorológicos.....	18
Tabla R.E.1.10: OBJETIVO ESPECIFICO 2: Establecer un centro de datos o agencia climática.....	18
Tabla 1.1: OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	27
Tabla 1.2: ETAPAS DE LA ENT	28
Tabla 1.3. EJES DE ACCIÓN ESTRATEGIA NACIONAL EN CAMBIO CLIMÁTICO.....	31
Tabla 1.4: POLITICAS SECTORIALES EN CAMBIO CLIMÁTICO.....	34
Tabla 2.1: EQUIPO ENT.....	36
Tabla 2.2: EQUIPO CONSULTORES	36
Tabla 3.1: CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	39
Tabla 3.2: SECTORES Y SUBSECTORES.....	39
Tabla 4.1: VARIABLES CLIMÁTICAS ESENCIALES (VCE), DEFINIDAS POR GCOS.....	51
Tabla 4.2: TIPO DE INSTRUMENTOS SATELITALES.....	52
Tabla 4.3: PRINCIPALES VARIABLES CLIMÁTICAS Y SU PLATAFORMA SATELITAL.....	58
Tabla 4.4: VARIABLES HIDROLÓGICAS. EXACTITUD RECOMENDADA	60
Tabla 4.5: Centros de datos mundiales en temas ambientales.....	61
Tabla 4.6: Bases de datos de GEI de la OMM (WDGCC).....	62
Tabla 4.7: USOS DE LA INFORMACION.....	64
Tabla 4.8: VARIABLES Y DOCUMENTOS INTERNACIONALES DE USO HIDROLÓGICO. CÓDIGOS.....	68
Tabla 4.9: RED METEOROLÓGICA.....	72
Tabla 4.10.: REDES HIDRO-METEOROLÓGICAS.....	72
Tabla 4.11: REDES DE RADARES.....	72
Tabla 5.1: Aspectos principales de WEAP.....	99
Tabla 5.2: FASES DEL PROCESO DE PRIORIZACIÓN.....	113
Tabla 5.3: RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO DE ENCUESTAS Y ENTREVISTAS.....	114
Tabla 5.4: PROPUESTAS PARA ANÁLISIS MULTICRITERIOS. OBJETIVO 1.....	115
Tabla 5.5: PROPUESTAS PARA ANÁLISIS MULTICRITERIO. OBJETIVO 2.....	115
Tabla 5.6: DIMENSIONES DE LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO.....	116
Tabla 5.7: MATRIZ MULTICRITERIO OBJETIVO 1.....	118
Tabla 5.8: MATRIZ MULTICRITERIO OBJETIVO 2.....	121
TABLA 5.9: ESTADO DE LA MEDICIÓN DE VARIABLES CLIMÁTICAS ESCENCIALES.....	127
Tabla 5.10: COSTOS APROXIMADOS EN MILES DE PESOS PARA VARIAS OPCIONES TECNOLÓGICAS.....	131
Tabla 5.11: RESUMEN DE COSTOS PARA N ESTACIONES.....	134
Tabla 5.12: RESUMEN DE COSTOS POR PERFIL.....	135
Tabla 6.1. PLAN DE ACCIÓN PARA EL SECTOR OBSERVACIÓN Y MEDICIÓN DE VARIABLES CLIMÁTICAS E HIDROLÓGICAS.....	165
Tabla 7.1: PRESUPUESTO IDEA DE PROYECTO.....	175
Tabla: 7.2: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PREVIAS. IDEA DE PROYECTO.....	176
Tabla: 7.3: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES IDEA DE PROYECTO.....	176

RESUMEN EJECUTIVO

Las Evaluaciones de Necesidades Tecnológicas (ENT) son parte del Programa Estratégico de Poznan sobre Transferencia de Tecnología, impulsado y acordado en 2008 en la 14^ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

El Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) financia globalmente el proyecto ENT, siendo la División de Tecnología, Industria y Economía del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) la agencia de implementación, con el apoyo técnico del Risoe Centre de Dinamarca. La ENT se desarrolla en aproximadamente 36 países, entre los cuales se encuentra la Argentina.

El propósito del proyecto ENT es apoyar a los países a identificar y analizar las necesidades prioritarias de tecnologías en mitigación y adaptación al cambio climático, incluyendo tecnologías blandas y duras, e identificar las principales barreras para su desarrollo, transferencia, implementación y difusión, así como establecer un Plan de Acción Tecnológico (PAT) con objetivos y medidas que contribuyan a crear un marco facilitador para el acceso a las tecnologías identificadas.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MinCTIP) a través de la Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva dio impulso al proyecto ENT en Argentina iniciando el proceso a partir de 2010, creando una estructura conformada por un coordinador nacional, un Equipo ENT integrado por Organismos Nacionales y Agencias científicas-tecnológicas del Estado y un Equipo de Consultores especializados en las diferentes áreas de estudio.

El proceso ha permitido seleccionar 5 sectores y analizar tecnologías en mitigación aplicables a 4 de ellos y tecnologías en adaptación aplicables al área monitoreo de variables climáticas e hidrológicas. Se presentan por separado los informes sobre tecnologías relacionadas con mitigación y sobre tecnologías para adaptación.

Los sectores analizados en el marco de la ENT han sido seleccionados considerando los criterios de aplicabilidad de los resultados a uno o varios subsectores, articulación con planes y programas existentes, y sinergias entre mitigación y adaptación. A su vez, cada tecnología propuesta por sector debía identificar su potencial de reducción de emisiones, contar con perspectivas de desarrollo local, generar beneficios adicionales al desarrollo y cubrir áreas de vacancia con respecto a la información disponible.

De acuerdo a estos criterios se han identificado las siguientes áreas y sectores para su análisis:

ADAPTACIÓN

- Tecnologías para la observación y medición de variables climáticas e hidrológicas.

MITIGACIÓN

- SECTOR ENERGÍA. Subsector Industria. Tecnologías para la cogeneración de energía eléctrica y calor aplicable a la pequeña y mediana industria de los subsectores agroalimentario y foresto-industrial.
- SECTOR TRANSPORTE. Subsector productos agrícolas. Sistemas multimodales de transporte aplicados a productos agrícolas.
- SECTOR RESIDUOS. Subsector Energía. Tecnologías para la producción de energía a partir de distintas corrientes de residuos.
- SECTOR AGRICULTURA. Tecnologías para la optimización del uso del nitrógeno en actividades agrícolas ganaderas.

Los sectores y subsectores correspondientes al Informe de Mitigación coinciden con aquellos identificados por la Segunda Comunicación Nacional del Gobierno de la República Argentina a la Conferencia de las Partes de la CMNUCC (SCN, 2007), como así también con otros estudios, como los más relevantes en términos de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEIs). La mayoría de los subsectores seleccionados, forman parte de las 10 categorías que dan cuenta de más del 95% de las emisiones de GEIs del país en el año 2005, de acuerdo a datos de la Fundación Bariloche¹. Adicionalmente, en algunos aspectos, las tecnologías priorizadas contribuirían a la reducción de la vulnerabilidad de los sectores, a los impactos del cambio climático.

El área observación y medición de variables climáticas e hidrológicas fue seleccionada de manera participativa, de acuerdo a criterios generales que rigieron la selección de los diversos sectores de la ENT. Cabe destacar el importante consenso entre los actores relevantes convocados, en la necesidad substancial de incrementar el monitoreo de las variables climáticas, lo que quedó reflejado en el resultado de encuestas realizadas durante el proceso.

Abordar la temática en la ENT garantiza contar con una propuesta concreta cuya aplicación daría respuesta a la demanda de más y mejor información sobre variables climáticas e hidrológicas, lo que permitiría planificar mejores respuestas para la reducción de la vulnerabilidad de los diversos sectores y la adaptación a este fenómeno. Asimismo, constituiría información útil para diversas aplicaciones en el campo ambiental.

Dicha información, es relevante considerando que Argentina es potencialmente vulnerable a los impactos del cambio climático. Según la Segunda Comunicación Nacional del Gobierno de la República Argentina a la Conferencia de las Partes de la CMNUCC (SCN, 2007), su potencial vulnerabilidad esta dada por su perfil productivo, que presenta un alto porcentaje de exportaciones agrícolas y de manufacturas de origen agropecuarias, sumado a su alta dependencia de la generación hídrica para la producción de electricidad.

En la SCN, se afirma que en la mayor parte del territorio argentino y en muchas regiones vecinas de los países limítrofes hubo notables tendencias climáticas durante las últimas 3 o 4 décadas, muy probablemente relacionadas con el calentamiento global. Las proyecciones del clima para este siglo resultan preocupantes porque el clima es uno de los más importantes activos físicos de la Argentina. Asimismo, de acuerdo a los diversos estudios de la SCN, entre los principales

¹ Fundación Bariloche. Argentina: Diagnóstico, Prospectivas y lineamientos para definir Estrategias posibles ante el Cambio Climático. 2008

impactos vinculados a los cambios del clima, que requieren respuestas de adaptación, se pueden mencionar²:

- a) Aumento de las precipitaciones medias anuales en casi toda la Argentina y muy especialmente en el noreste y en la zona oeste periférica a la región húmeda tradicional.
- b) Aumento de la frecuencia de precipitaciones extremas en gran parte del este y centro del país.
- c) Aumento de la temperatura en la zona cordillerana de la Patagonia y Cuyo con retroceso de glaciares.
- d) Aumento de los caudales de los ríos y de la frecuencia de inundaciones en todo el país excepto en San Juan, Mendoza, Comahue y Norte de la Patagonia.
- e) Retroceso de los caudales de los ríos de origen cordillerano en San Juan, Mendoza y Comahue.
- f) Afectación del litoral marítimo argentino con el aumento de la temperatura del océano, cambios en la circulación de las corrientes marinas y el ascenso del nivel medio del mar.
- d) Impacto potencial del cambio climático en los rendimientos de los cultivos de trigo, maíz y soja. Habría un equilibrio con mayor producción de granos en el sur y pérdidas en el norte.
- g) Extensión de la distribución geográfica de vectores de enfermedades tropicales infecciosas sobre Argentina.

Las medidas de respuesta para los impactos señalados, podrían demandar ingentes recursos, es por ello que fortalecer los sistemas y redes de medición de variables climáticas e hidrológicas brindaría información real, permitiendo reducir los niveles de incertidumbre propios de los modelos y facilitaría el proceso de toma de decisiones.

La Evaluación de Necesidades Tecnológicas en Adaptación (ENT) realizada en Argentina, tiene por objetivo mejorar las capacidades del país para monitorear las principales variables climáticas y generar información necesaria para contribuir a la reducción de la vulnerabilidad y adaptación de los diversos sectores frente los posibles impactos del cambio climático. El informe presenta la siguiente estructura:

Tabla R.E. 1.1. ESTRUCTURA DEL INFORME ENT ARGENTINA PARA ADAPTACIÓN	
ASPECTOS GENERALES	
1. INTRODUCCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Sobre el proyecto ENT • Desarrollo de la ENT a nivel nacional • Políticas nacionales en cambio climático
2. ARREGLOS INSTITUCIONALES	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura ENT nacional • Involucramiento de partes interesadas

²: Se amplia información en el ANEXO I. Impactos en Argentina. Vulnerabilidad y adaptación al Cambio Climático en Argentina

3. SELECCIÓN DE SECTORES

- Criterios y resultados de la selección de sectores de la ENT
- Criterios y resultados de la selección del área de estudio para la ENT Adaptación

REPORTE OBSERVACIÓN Y MEDICIÓN DE VARIABLES CLIMATICAS E HIDROLÓGICAS

Sección I	<ul style="list-style-type: none">• Caracterización del área de estudio• Priorización de tecnologías
Sección II	<ul style="list-style-type: none">• Análisis de barreras• Marco facilitador
Sección III	<ul style="list-style-type: none">• Plan de acción
Sección IV	<ul style="list-style-type: none">• Idea de proyecto

A continuación se brinda una síntesis del contenido de las secciones del Reporte sobre Observación y medición de Variables Climáticas e Hidrológicas.

Los elementos: **mediciones, productos y centros climáticos** son los ejes centrales del presente informe y la base para la selección y priorización de las tecnologías adecuadas para el país. Ello se fundamenta en que a los fines de una medición, los instrumentos desplegados en el campo (ya sean fijos o móviles) junto a los procedimientos de medición y calibración, deben organizarse en una *base de datos* coherente y estable.

A partir de estos datos se podrán generar pronósticos y otros *productos climáticos* que interpreten esa información y permitan una acción, tanto en vistas a la mitigación, como a la adaptación, según el requerimiento y objeto del estudio. Para generar estos productos se necesitan, entre otras cosas, *modelos regionales adecuados*. El manejo y generación de esta información útil debe ser responsabilidad de *una institución o agencia* especialmente destinada al mantenimiento y elaboración de estos productos ambientales específicos.

En este sentido, considerando los elementos mediciones, productos y centros climáticos, la caracterización y análisis del área de estudio y la priorización de tecnologías se estructura en torno a los siguientes aspectos:

1. Identificación de las redes de monitoreo del clima y del tiempo e hidrológicas en Argentina y su aporte a las redes internacionales.
2. Propuesta de mecanismos de coordinación y fortalecimiento de las redes a fin de mejorar la interrelación entre la situación global y la regional.
3. Identificación del estado del arte de instrumentos y monitoreo, a fin de mejorar la calidad de los datos y ampliar la cobertura espacial y temporal.
4. Propuesta de mejoras a los productos climáticos e hidrológicos, adaptando los modelos globales a los modelos regionales y locales, a fin de optimizar las herramientas de decisión.
5. Identificación de oportunidades tecnológicas para el desarrollo local de equipos para mediciones.

En la sección **caracterización del área de estudio** se presenta información sobre el estado del arte a nivel internacional en cuanto a principales variables climatológicas e hidrológicas y su estructura de monitoreo, organizaciones, redes, bases de datos y productos. Para el nivel nacional, se detallan estos mismos aspectos, identificando además principales actores.

En cuanto al nivel internacional se destaca que a fin de conocer el estado de las condiciones globales del clima, existen un conjunto de variables críticas recomendadas para monitoreo, denominado VCE (Variables Climáticas Esenciales) (*Tabla R.E 1.2*).

Sobre la base de las VCE se analiza la capacidad actual de monitoreo en Argentina y se realizan las propuestas tecnológicas en el marco de la ENT.

Tabla R.E 1.2: VARIABLES CLIMÁTICAS ESENCIALES (VCE), DEFINIDAS POR EL GLOBAL CLIMATE OBSERVING SYSTEM (GCOS)		
DOMINIO		VARIABLES CLIMÁTICAS ESENCIALES
Atmosférico (sobre tierra mar e hielo)	Superficie	Temperatura del aire, precipitación, presión atmosférica, balance de radiación en superficie; velocidad y dirección del viento, vapor de agua.
	Altura (aire)	Balance de radiación solar, incluyendo irradiancia solar; temperatura en altura; velocidad y dirección del viento; vapor de agua; propiedades de las nubes.
	Composición	Dióxido de carbono; metano; ozono; otros gases de efecto invernadero ⁽¹⁾ ; propiedad de los aerosoles.
Oceánico	Superficie	Temperatura y salinidad superficial de los mares; nivel del mar, estado del mar; hielo marino, corrientes, color del océano (para actividad biológica), presión parcial del dióxido de carbono.
	Sub-superficie	Temperatura, salinidad, corrientes, nutrientes, carbón, trazadores oceánicos, fitoplancton.
Terrestre		Usos del agua, descarga en ríos ⁽²⁾ ; agua subterránea; niveles de lagos, cobertura de nieve, glaciares y capas de hielo; suelos permafrost o estacionalmente congelado; cobertura del suelo, incluyendo tipo de vegetación, fracción de radiación activa absorbida fotosintéticamente (fAPAR); índice de área foliar (LAI), biomasa; áreas afectadas por fuego.

⁽¹⁾ Incluye el óxido nitroso (N₂O), los clorofluorcarbonos (CFCs), los hidroclorofluorcarbonos (HCFCs), los hidrofluorcarbonos (HFCs), el hexafluoro de azufre (SF₆), and perfluorocarbonos (PFCs).

⁽²⁾ Incluye escorrentía (m³ s⁻¹), localización y tasas de extracción de agua subterránea (m³ a⁻¹), extensión y cobertura de nieve (km²), profundidad de nieve (cm), inventario de glaciares/capas de hielo: balance de masa (kg m⁻² a⁻¹), longitud del glaciar (m), extensión (km²), extensión del permafrost (km²), perfiles de temperatura y espesor de la capa activa; biomasa por encima de la superficie (t/ha), área de incendios (ha), ubicación y fechas de los fuegos activos, eficiencia de quemado (%vegetación quemada / unidad de área)

Fuente: Global Climate Observing System (GCOS)

Los actores claves involucrados en la observación y medición de variables hidrometeorológicas en Argentina se presentan en *las Tablas 1.3. a 1.5.* y se muestra el esquema conceptual de las redes existentes en la *Figura 1.1.*

Tabla R.E. 1.3 : REDES METEOROLÓGICAS

Principalmente operada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN);
 Operada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA);
 Otras instituciones, principalmente universidades e institutos de investigación, pero que no están en red, algunas están disponibles por internet;
 Operadores privados: empresas petroleras, mineras, aeroclubes, etc.

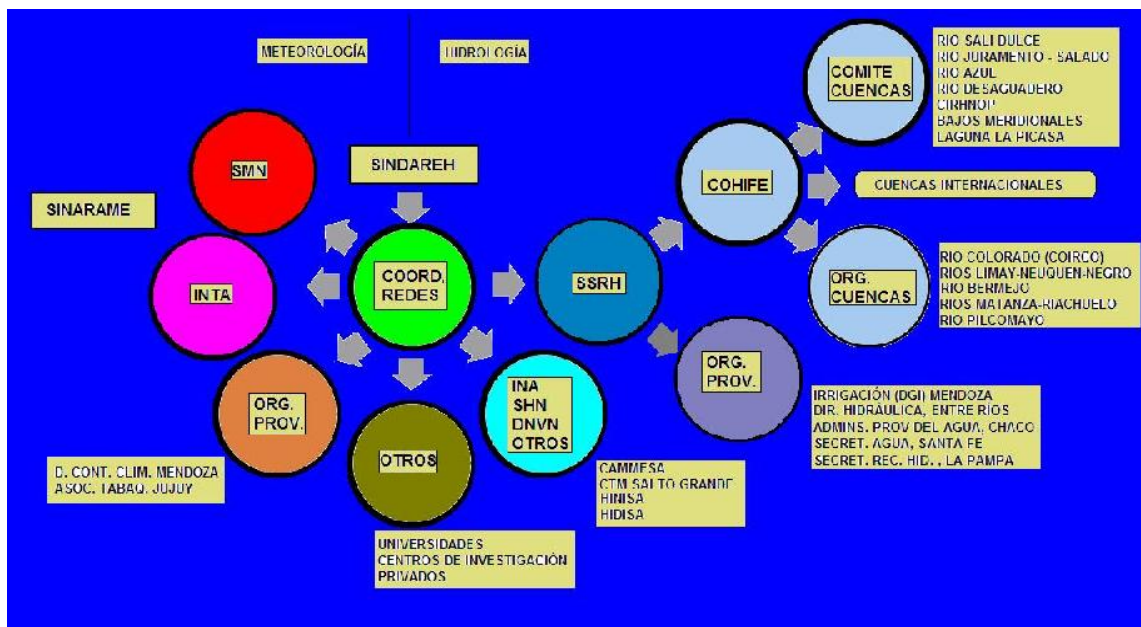
Tabla R.E. 1.4: REDES DE RADARES

Radares meteorológicos :
 SMN, INTA, Prov. de Mendoza (Contingencias Climáticas Provincial), Prov. De Jujuy (Lucha antigranizo red de tabacaleros)

Tabla R.E. 1.5: REDES HIDRO-METEOROLÓGICAS

Principalmente operada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN);
 Operada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA);
 Otras instituciones, principalmente universidades e institutos de investigación, pero que no están en red, algunas están disponibles por internet;
 Operadores privados: empresas petroleras, mineras, aeroclubes, etc.
 Operada por la SSRH y disponible en Internet.
 Operadas en las sedes del Instituto Nacional del Agua (INA)
 Operadores de presas hidráulicas para la generación eléctrica.
 Organismos hídricos provinciales.
 Comités u organismos de cuenca.
 Servicio de Hidrografía Naval (SHN)
 Servicio de Meteorología de la Armada (SMARA)

Figura R.E. 1.1.: ESQUEMA DE LAS REDES Y ACTORES CLAVES DE LAS MEDICIONES HIDRO-METEOROLÓGICAS



Para el **proceso de priorización de tecnologías** se analiza en el informe la capacidad de monitoreo en Argentina considerando modelos actualmente disponibles (Tabla 1.6.), y se presentan una serie de instrumentos aéreos y terrestres para medición in-situ y software para instrumentos y

satélites (*Tabla 1.7.*), que complementarían la red de monitoreo instalada en Argentina y permitirían mejorar la observación de variables climáticas e hidrológicas en el país.

Tabla R.E.1.6: MODELOS ACTUALMENTE DISPONIBLES

- Modelos Meteorológicos Regionales
 - Modelos Regionales en el SMN
 - Modelos Regionales en UBA
 - Modelos Regionales en el CCT-Mendoza
 - Modelos Regionales en UTN
 - Otras instituciones dedicadas al clima
- Modelos y Evaluación Hidrológica
 - Modelos hidrológicos en el SHN
 - Modelos hidrológicos en el INA
 - Otras Instituciones Argentinas con modelos hidrológicos
- Otros Modelos Hidrológicos Usados
 - Modelo Hidro-meteorológico NOAH
 - Modelo Hidro-meteorológico WEAP

Tabla R.E. 1.7: INSTRUMENTOS COMPLEMENTARIOS

Instrumentos Aéreos y Terrestres para Medición in-situ de aerosoles

- Espectrómetro de Partículas Meteorológicas (MPS)
- Instrumento Cloud Imaging Probe (CIP)
- Instrumento Liquid Water Content (LWC)
- Instrumento Aircraft Intergrated Meteorological Measurement System (AIMMS-20)
- Instrumento H-TDMA (de Texas A&M University)
- Aerodynamic Particle Sizer (APS, de TSI)
- Analizador de Movilidad Diferencial (DMA)

Instrumentos de Sensado Remoto

- Radiómetros
- Perfilador de Vientos
- Radares Meteorológicos
- Ceilómetro
- Disdrómetro

Software para Instrumentos y Satélites

- Software de Radar TITAN y Radares Polarimétricos
- Software para productos satelitales

Si bien las tecnologías que se describen son consideradas para desarrollar propuestas en el marco de la ENT, cabe destacar que la evaluación y priorización no se centra en la recomendación de tecnologías exclusivamente, ya que la temática observación de variables presenta la particularidad de vincular la efectividad de la tecnología con la gestión. Una red de monitoreo requiere asegurar su funcionamiento incluyendo mantenimiento, control de calidad, una base de datos segura y calibrada y una institución (Centro de Datos o Agencia Climática) que interprete

fielmente esos datos generando un producto adecuado. Por ello no se puede desacoplar los equipos propiamente de medición con la presencia de un centro o agencia climática.

En tal sentido el proceso y resultados de la priorización brindan respuestas a los requerimientos de la sociedad científica-tecnológica nacional que demanda una mejora en la red de monitoreo a fin de cubrir temporal y espacialmente el territorio nacional y una mejora en la coordinación de los datos con generación de otros productos climáticos. Dichas necesidades como así también las propuestas vinculadas se identificaron por medio de diversas fases que incluyeron relevamientos, encuestas y entrevistas a actores claves y talleres.

La información recabada en las entrevistas y los resultados de las encuestas permitieron reunir una serie de recomendaciones en cuanto a variables que deberían medirse, tecnologías que deberían utilizarse y propuestas de esquemas institucionales organizativos, para mejorar el sistema actual de monitoreo, permitiendo generar una primer lista de alternativas y/o propuestas para su posterior análisis (*Tabla 1.8*).

Tabla R.E.1.8: RECOMENDACIONES RESULTANTES DE ENCUESTAS Y ENTREVISTAS	
Variables físicas	Equipos posibles
<ul style="list-style-type: none"> a. Medición meteorológica de altura; b. Medición pluviométrica; c. Medición meteorológica superficial; d. Medición de aerosoles y radiación; e. Mediciones en glaciares, campos de nieve, etc. f. Otras mediciones. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Radares; b. Radiosondeo; c. Radiómetros; d. Lidars; e. Estaciones automáticas; f. Equipamiento con aviones g. Otros equipos.
Software o datos	Organizacionales
<ul style="list-style-type: none"> a. Software para uso de datos de satélites; b. Modelos regionales meteorológicos; c. Modelos hidrológicos; d. Mejoras o disponibilidad en las bases de datos. e. Otros productos climáticos según los usuarios. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Adaptación del SMN como agencia climática; b. Agencia climática nueva; c. Otras propuestas organizacionales.

Sobre las propuestas del proceso participativo, se definieron dos objetivos específicos (*Tabla 1.9* y *1.10*) incluyendo para cada uno, alternativas tecnológicas u organizativas que fueron evaluadas de acuerdo a una matriz multicriterio. La matriz considera diversos aspectos en las dimensiones ambiental, social, económica y política/institucional, como así también criterios técnicos.

Tabla R.E.1.9: OBJETIVO ESPECIFICO 1: AMPLIAR EN CALIDAD Y EXTENSIÓN CANTIDAD LA RED DE DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS
a) Mejorar (calidad) y ampliar (cobertura espacial /temporal) los perfiles en altura de temperatura y humedad.
Ampliar la red de radiosondeos.
Instalación de radiómetros.
Uso de información satelital, p. ej. MODIS.
b) Mejorar y ampliar la información de viento en altura y precipitación
Instalación de perfiladores de viento.
Instalación de radares.
c) Mejorar y ampliar la detección de aerosoles en altura
Instalación de LIDAR.
Campaña con aviones.

Tabla R.E.1.10: OBJETIVO ESPECIFICO 2: ESTABLECER UN CENTRO DE DATOS O AGENCIA CLIMÁTICA
Opciones para una agencia climática
a) Organizar una Agencia Climática nueva.
b) Ampliar el SMN (INTA. SSRH. u otra repartición) a fin de cumplir este rol.
c) Estructurar la AG dentro de la propuesta de un Sistema Nacional de Meteorología y Clima (SNMC) bajo el MinCTIP.

Sobre el total de propuestas tecnológicas consideradas para el **Objetivo 1: Ampliar en calidad y extensión cantidad la red de datos hidrometeorológicos**, en el análisis multicriterio, la opción mejor valorada ha sido la que considera radiómetros. Sin embargo existen diversos mecanismos complementarios que ayudan a lograr una mejora en la distribución espacial y temporal de las variables climáticas en altura. Ninguna de estas alternativas es realmente excluyente entre sí, ya que no entregan idéntica información, pero todas contribuyen al objetivo.

Una solución óptima para cumplir el objetivo debería incluir todas estas variantes a fin de cubrir adecuadamente las necesidades de tener mejor distribución espacial, temporal, capacidad operativa y extensión de las series de datos.

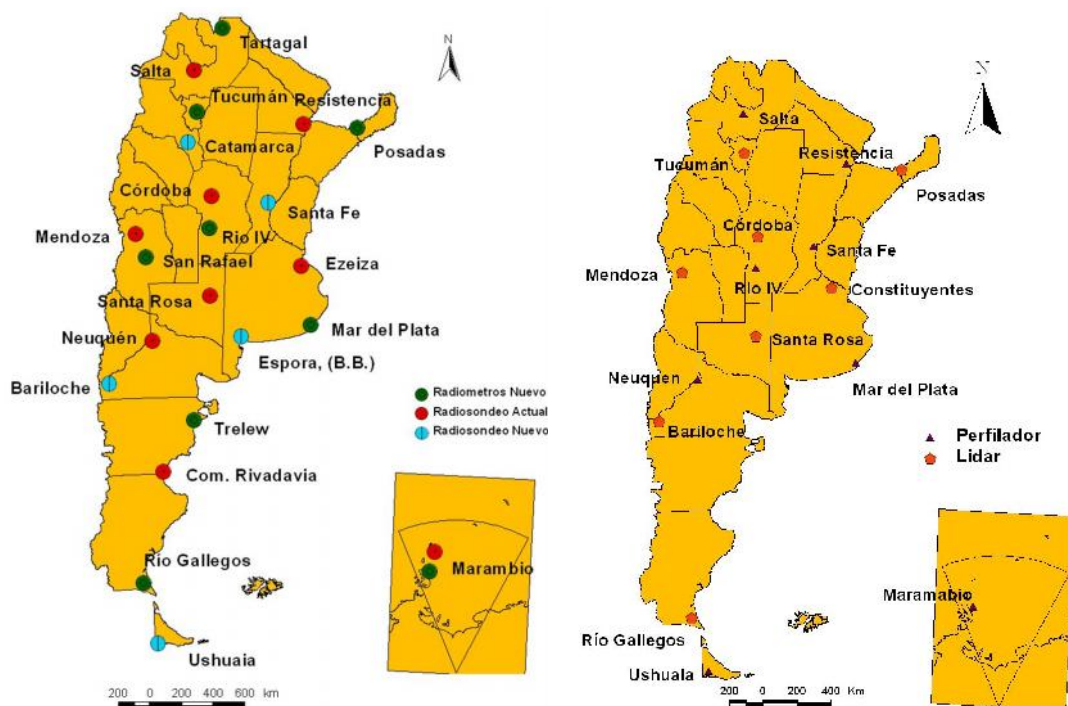
En este sentido las tecnologías para ampliar la red abarcarían radiómetros multi-frecuencia, radiosondeo, radares, Lidars y perfiladores de viento. Concretamente “Ampliar la red de mediciones de altura” podría incluir:

- 5 estaciones de radiosondeo nuevos (con dos vuelos diarios) sumados a los 8 ya presentes que incluyan ozono-sondeo;
- radares meteorológicos doppler doble polarización;

- 9 radiómetros 20/30 -50/60 GHz;
- 9 Perfiladores de viento y ceilómetros;
- 7 LIDARS.

En relación las tecnologías sugeridas, se presenta una propuesta de ubicación de los instrumentos (*Figura 1.2.*), establecida en función de la necesidad específica de mejorar la cobertura geográfica y temporal de las variables climáticas y de la capacidad técnica del personal del SMN en cada estación y del apoyo de instituciones científicas universitarias locales. Algunos instrumentos, a pesar de ser operativos, pueden requerir de una apoyatura científica adecuada. La investigación mediante el uso de aviones para medición de nubes, puede realizarse a través de campañas periódicas partiendo de algunos de los aeropuertos locales, aunq tenga una base de instalación fija.

Figura R.E.1.2: PROPUESTA DE UBICACIÓN DE INSTRUMENTOS NUEVOS



(a) Izq. Radiómetros y radiosondeos, (b) Der. LIDARS y perfiladores de viento.

Dado que la priorización de tecnologías finaliza con una idea de proyecto se considera para su selección, además del análisis multicriterio, aspectos complementarios tales como proyectos existentes que abordan el desarrollo de tecnologías propuestas. En este sentido, considerando el Plan de Radarización en el marco del Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME), que prevé el desarrollo de 10 radares meteorológicos a través de una empresa tecnológica argentina y el Plan para la construcción de 5 Lidars, por parte del Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF) estas tecnologías se recomiendan para la mejora de la red de monitoreo pero no se priorizan porque ya están en marcha.

El aumento del radiosondeo consiste en elevar en un globo un grupo de sensores una o dos veces por día. Esta propuesta es posible, ya que el SMN tiene 8 estaciones de radiosondeo, pudiéndose ampliar esta actividad a otras estaciones adicionales. Se propone aumentar en 5 las estaciones, sin embargo de acuerdo al análisis de factibilidad que se desarrolla en el informe, esta alternativa es costosa y no genera un adicional tecnológico al país por tanto no se considera como una priorización para idea de proyecto. Por otra parte el SMN podría ampliar su red de radiosondeo de acuerdo a sus propias decisiones y limitaciones presupuestarias o institucionales.

La construcción de radiómetros resulta interesante y por ello se plantea como tecnología priorizada para idea de proyecto. Esta tecnología permite el monitoreo en forma continua (es decir un perfil en altura cada 2-3 minutos) de varios parámetros en altura, como ser temperatura, vapor de agua y agua líquida. Es un complemento para los radares y tienen una cobertura espacial que permite cubrir las áreas entre radares a un costo que es 10 veces menor que el de un radar. Se propone en tal sentido la construcción de un grupo de radiómetros multifrecuencia, ya que este proyecto potenciaría el desarrollo tecnológico, complementando las capacidades institucionales científicos-tecnológicas actuales de construcción de radares y Lidars.

Otras alternativas complementarias consideradas que colaborarían en llenar la matriz de monitoreo de las Variables Climáticas Esenciales en el país, serían equipos de sensado de aerosoles y radiación tanto en superficie como en nubes, para ello se requerirían algunas aeronaves equipadas con estos equipos lo cual tiene un costo asociado elevado.

En relación a los costos, que es otro de los parámetros considerados para la priorización, el informe presenta un análisis detallado del costo-oportunidad de ampliar la red de monitoreo de algunas variables climáticas. Se presentan los costos de compra o desarrollo de equipos, mantenimiento, instalación, personal y operativos de una estación nueva. El total de los costos incluye una variante de avión (v1), una de radiómetro (v2) y una de radiosondeo (+o3). Se necesitarían aproximadamente 48 millones de pesos anuales para aumentar 48 estaciones de monitoreo nuevas, casi 1 millón promedio por estación considerando una amortización de los equipos a 15 años. A fin de comprar los costos para diversos equipos se definió el costo por perfil o unidad física de la variable de medición. Este costo varía entre 15 y 70 pesos para equipos automáticos y de 500 a 1000 pesos por perfil para los radiosondeos (u ozonosondeos).

En cuanto a la priorización del **Objetivo 2: Establecer un centro de datos o agencia climática**, de acuerdo a la valoración obtenida en el análisis multicriterio, resulta como más favorable que el SMN fortalezca su estructura para funcionar como Agencia Climática, mientras que las variantes de organizar una institución independiente (del SMN) o asociada al MinCTIP, parecería ser indistinto. Esto se justifica por el hecho que el SMN ya tiene numerosas funciones en sí mismas y requiere sólo de un aspecto adicional y complementario, comparado con organizar una estructura nueva.

Esta propuesta si bien no representa una tecnología en si es muy relevante. Para la existencia de mediciones confiables en cantidad y calidad (largas series de datos ininterrumpidas) se necesita un control, calibración y dedicación exclusiva al mantenimiento de todas las redes hidrometeorológicas existentes (o nuevas que surjan) en el país. Por ello, se considera que esto se logrará con la conformación de una Agencia o Centro de datos con objetivos específicos en el mantenimiento de todas las variables climáticas esenciales.

Eventualmente podrán existir dos o más Centros divididos por tipo de variables climáticas esenciales, por ejemplo Atmósfera en un centro, Hidrológicas en otro y Oceánicas en uno

adicional. Pero ya sea uno o varios, deberá existir un fuerte compromiso a la función específica, coordinada pero independiente de la función general de la institución de la que dependa.

Por ejemplo, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) o el Servicio de Hidrografía Naval (SHN) parecería ser el ámbito adecuado para tal Centro, debido a su fuerte vocación operativa, pero el SMN tiene otras funciones, por ejemplo los pronósticos diarios, el mantenimiento de sus estaciones propias, etc.

Lo mismo el Instituto Nacional del Agua (INA) mantiene ciertos modelos hidrológicos para ríos y algunas cuencas importantes, como la del Paraná-Río de la Plata, o la del Río San Antonio (Córdoba), pero su objetivo (central) no está en estudiar el cambio climático, aunque puede colaborar a este objetivo.

Actualmente tanto el SMN, el INA, el SHN o la Subsecretaría de Recursos Hídricos (SSRH) vienen cumpliendo parcialmente las funciones de centro de datos, pero ninguno tiene la capacidad operativa para realizar todas las funciones de un centro climático, ni lo contemplan totalmente sus cartas orgánicas. Por ello es que se insiste en formar centros específicos a tal fin, ya sea nuevos o reorganizando los objetivos operativos de alguna de estas organizaciones y dotarlas de medios y personal conforme.

Esta discusión es clave y probablemente sea la barrera más difícil de superar. Sin embargo, si el estamento político interpreta adecuadamente estas recomendaciones, los demás aspectos organizativos, presupuestarios y de personal se pueden superar gradualmente.

Con respecto al mantenimiento de bases de datos y centros de coordinación de redes, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva está organizando el Sistema Nacional de Meteorología y Clima, en el marco del Programa de Grandes Instrumentos y Bases de Datos. Aún no está definida su estructura final, pero seguramente va a contribuir a la disponibilidad de los datos y recursos informáticos para que confluyan en un punto, a través de un sistema de adhesiones toda la información referida al clima y la meteorología. Sin embargo no está claro aún si este Sistema incluirá otra de las funciones claves aquí mencionadas sobre la operación de un centro climático.

En conclusión, una Agencia Climática no tiene implicancias operativas en las actividades cotidianas del monitoreo, sino que deberá interactuar con todos los generadores de datos a fin de recolectar los datos y mantener la base de datos seguras por largo tiempo, controlando la calidad de cada dato que ingresa a su base, manteniendo los metadatos, generando productos para los usuarios, asesorando a las redes naturales en términos de calidad de equipos, lugar de instalación, etc. Asimismo, otra función importante de esta agencia es la de mantener operativos los modelos regionales tanto de atmósfera, hidrológicos u oceánicos a fin de evaluar el estado de las variables, generando los productos climáticos claves como mapas, alertas e informes para los usuarios y tomadores de decisión.

Respecto a los beneficios de las tecnologías para la observación y medición de variables climáticas y de la Agencia climática, cabe señalar que si bien ninguna de las propuestas contribuye directamente a reducir la vulnerabilidad de un sector determinado, estas presentan el beneficio de generar información para ayudar a una mejor interpretación del cambio climático, permitiendo detectar las amenazas y apoyando el proceso de toma de decisiones en la materia.

La implementación de las medidas propuestas, constituyen herramientas necesarias para mejorar la capacidad de predicción del cambio climático. Toda la sociedad puede resultar beneficiada,

dependiendo del uso que se haga de esa información para que realmente sea efectiva para reducir amenazas del cambio climático.

En la sección II, **Análisis de Barreras**, se evalúan los aspectos que deben fortalecerse para la mejora del monitoreo de las Variables Climáticas Esenciales (VCE) enfocado en los tres componentes: variables, redes y productos considerados como enfoques para la adopción de nuevas tecnologías. Las barreras se proponen según el análisis del autor y a partir de la información resultante de reuniones y consultas con operadores y gestores climáticos. Además se detallan las barreras de las propuestas priorizadas “Construcción de un radiómetro de microondas multiespectral” y “Establecer un centro de datos o agencia climática”.

Las barreras se organizan según los siguientes factores:

1. Factores de organización y gestión.
2. Factores financieros y de mercado.
3. Factores reguladores y políticos.
4. Factores relacionados con el personal.
5. Factores relacionados con la generación de datos.
 - a. Operación y despliegue de equipos.
 - b. Mantenimiento de equipos.
6. Factores relacionados con el usuario de datos.

A modo de síntesis las principales barreras para la construcción de un radiómetro de microondas multiespectral, podrían deberse a:

- Factores de organización y gestión: dada la reticencia, en general, de la inclusión de una tecnología no aplicada masivamente o reconocida en el país, se requiere de un proyecto previo demostrativo que logre convencer sobre la utilidad en el uso de esta práctica. Por otra parte, la asociación de grupos de investigación para el desarrollo de un equipo nuevo, puede tener algunas dificultades debido a la ocupación o interés del personal científico en otros proyectos.
- Factores financieros y de mercado: El desarrollo/construcción de un equipo nuevo es un proceso largo y más caro que simplemente llamar a licitación para la provisión de algunas unidades.
- Factores reguladores y políticos: Actualmente la Argentina está viviendo un período de máxima restricción de ingreso de materiales importados. El desarrollo de un equipo de alta tecnología exige importar en la etapa de diseño inicial numerosas piezas críticas, para que luego en una etapa operativa más amplia pudiera abordarse la construcción nacional.
- Factores relacionados con el personal: Se requiere la formación de personal para participar específicamente de un proyecto de estas características.
- Factores relacionados con la generación de datos: Si las instituciones que requieren la tecnología, no la adoptan, el proyecto simplemente fracasa.

Las barreras para la creación y operación de un Centro o Agencia Climática pueden sintetizarse en los siguientes puntos:

- Factores de organización y gestión: La principal barrera se enmarca en la existencia de organizaciones que cumplen con funciones similares pero no todas las requeridas para esta tarea. Resulta difícil justificar la creación de un nuevo ente nacional que pueda involucrar algunas tareas

ya impuestas a organizaciones con muchos años de trayectoria. En caso de que algunas de éstas asumieran esta función debería adecuarse su carta orgánica y presupuesto.

- Factores financieros y de mercado: Ya sea la creación de una agencia nueva o la adaptación de alguna otra, éste requiere un incremento del presupuesto nacional. Estas funciones no pueden asumirse desde el sector privado productivo, ya que la “venta” de productos climáticos, no sería suficiente para financiar todas las tareas requeridas.
- Factores reguladores y políticos: Si la instalación de una Agencia Climática requiere la aceptación adicional del Congreso, pueden tener importantes demoras en su aprobación, dependiendo del interés político en el tema.
- Factores relacionados con la generación de datos: Puede haber alguna barrera en la recepción de los datos por parte de los generadores primarios. Existe todavía cierta reticencia por parte de instituciones públicas a entregar o habilitar el uso de sus datos. Asimismo, la falta de colaboración, por ejemplo en armar una base de datos integrada, por temor a que una Agencia asuma el rol de otra organización, podría ser una barrera. Pueden además presentarse problemas relacionados con el mantenimiento de una red de monitoreo. Esta se dificulta en especial en zonas alejadas, no sólo por problemas financieros o presupuestarios (falta de repuestos o insumos, poco personal), sino técnicos (falta de conectividad, mantenimiento preventivo periódico escaso, calibración poco frecuente, problemas en el acceso remoto a los instrumentos). Adicionalmente puede agravarse el mantenimiento operativo de una red por problemas de vandalismos o inseguridad.

La identificación y resolución de estas barreras deberían generar un efecto estimulador, impulsando claramente la innovación, la cooperación y la competitividad de muchos factores, por ello se incluye una serie de ideas para establecer un marco facilitador que permita superarlas.

Cabe destacar que a diferencia de otros sectores abordados por la ENT, las mediciones de las variables esenciales climáticas, recae principalmente sobre el sector científico-tecnológico, mayormente operado por el Estado nacional o provincial, aunque existen numerosos actores en diversas jurisdicciones, nacionales, provinciales y municipales. Por lo tanto las principales medidas que se sugieren en el informe no están orientadas a destrabar o alentar los mecanismos del mercado pertinente, como en los otros sectores, sino fundamentalmente apuntan a la coordinación institucional para aumentar la capacidad tecnológica actual.

En las **recomendaciones para un marco facilitador** se sugieren aspectos relacionados con el sistema nacional de innovación, la participación social y comunitaria, las capacidades humanas e institucionales y el marco macroeconómico. En cuanto a las propuestas específicas para optimizar la capacidad tecnológica en términos de mediciones de las variables climáticas se sugiere:

- Mejorar el mantenimiento de lo existente.
- Ampliar la cobertura espacial de las principales variables climáticas.
- Identificar nueva tecnología principalmente de desarrollo local (para su uso y probable exportación), en especial para aquellas variables poco medidas (principalmente aerosoles y radiación UV).
- Generar proyectos en colaboración para la fabricación de tecnología propia.
- Mejorar la interconexión de datos (cableado, acceso y velocidad de internet, adquisición de servidores, unificación de software para acceso a bases de datos).

- Capacitación de personal técnico.
- Mejora institucional /administrativa / legal referida a los gastos e inversiones en equipos de monitoreo, adquisición y mantenimiento de bases de datos ("Brecha digital").
- Integrar un sistema de alerta temprana y de manejo de las contingencias.

A partir del análisis tecnológico y de barreras realizado, se ha establecido **un Plan de Acción Tecnológico (PAT)**, conteniendo un objetivo central, barreras y necesidades, como así también líneas de acción necesarias para superarlas, organizadas en aspectos regulatorios, económicos, de articulación institucional y tecnológicos, sin que ello represente un orden de implementación.

En relación a cada línea de acción se sugieren actividades, orientadas a generar los instrumentos o productos necesarios que viabilizarían la implementación de las mismas. Para ello, se proponen posibles actores del ámbito gubernamental para coordinarlas y presupuestos, que según se ha estimado, el conjunto de actividades propuestas requerirían de \$ 980.000 (pesos argentinos) equivalentes a US\$ 196.000 (dólares) para desarrollarse.

Se detallan en el cuadro del PAT otras líneas de acción que incluyen iniciativas actualmente en curso o planificadas por distintos organismos gubernamentales, destacadas por su relevancia o potencial sinergia con futuras acciones y proyectos derivados de la ENT.

Las líneas de acción sugeridas en el PAT son:

Regulatorias:

- Revisar y fortalecer políticas actuales para la mejora y mantenimiento en el tiempo de redes de monitoreo, dotándolas de claridad respecto de las competencias.

Económicas:

- Establecer partidas permanentes en el presupuesto nacional, destinadas a la instalación, operación y mantenimiento en el tiempo de estaciones de monitoreo y sistemas de información.

Articulación institucional:

- Establecer un Centro de Datos o Agencia Climática (nuevo o reorganizar los objetivos operativos de alguna de las organizaciones existentes), dotándolo de medios y personal acorde a sus funciones.
- Integrar un sistema de alerta temprana y de manejo de contingencias.

Tecnológicas:

- Aumentar el número de estaciones y su capacidad operativa y ampliar en calidad y cantidad la redes de datos hidrometeorológicos, mejorando la interconexión de datos (cableado, acceso y velocidad de internet, adquisición de servidores, unificación de software para acceso a bases de datos).
- Promover la organización de empresas mixtas o asociaciones de institutos para la provisión de equipamiento tecnológico.
- Mejorar los productos climáticos e hidrológicos, adaptando los modelos globales a los modelos regionales y locales, a fin de optimizar las herramientas de decisión.
- Generar estándares de calidad de los datos climáticos.

La **idea de proyecto** propuesta en la ENT consiste en el desarrollo, construcción e implementación de una red de radiómetros de microondas multifrecuencia (rmo-mf) para su uso como perfilador de temperatura y vapor de agua entre 0 y 10 km de altura. Provisión al SMN de 10 estaciones de monitoreo usando RMO como complemento a la red de altura de radiosondeo y radares.

Todo incremento en el monitoreo meteorológico y climático, ya sea temporal o espacial, trae un beneficio directo a la sociedad que se traduce en mejores pronósticos que ayudan tanto para la prevención de emergencias o catástrofes climáticas como para brindar información más precisa para la producción agrícola, entre otras muchas aplicaciones.

El desarrollo local de la tecnología de microondas entre 20 y 60 GHz impactaría positivamente sobre el sector científico e industrial de alta tecnología por el desarrollo de conocimientos aplicables a muchos sectores de alto rendimiento económico, entre ellos el de las comunicaciones y TICs.

ASPECTOS GENERALES



- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. ASPECTOS INSTITUCIONALES**
- 3. SELECCIÓN DE SECTORES**

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Sobre el proyecto ENT

Las Evaluaciones de Necesidades Tecnológicas (ENT) son parte del Programa Estratégico de Poznan sobre Transferencia de Tecnología, impulsado y acordado en 2008 en la 14^ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

En este contexto, desde 2009, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) dispuso el financiamiento de esta iniciativa, cuya agencia de implementación es la División de Tecnología, Industria y Economía del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con el apoyo técnico del Risoe Center de Dinamarca. Ambas instituciones vienen promoviendo y apoyando la ejecución de ENTs y Planes de Acción Tecnológicos en aproximadamente 36 países, entre los cuales se encuentra la Argentina.

Las ENT son un conjunto de actividades que identifican, analizan y priorizan, de manera participativa, las necesidades tecnológicas de los países -incluyendo nuevos equipos, técnicas, servicios, capacidades y habilidades- necesarios para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs) y reducir la vulnerabilidad frente a los impactos del cambio climático en sus territorios.

El análisis realizado en la ENT abarca la identificación de tecnologías disponibles a nivel mundial para los sectores seleccionadas a través del estudio, y evalúa aquellas susceptibles de ser incorporadas al sistema productivo nacional, mediante la transferencia desde otros países como así también a través del desarrollo local de las mismas.

Adicionalmente, describe las barreras que demoran o impiden la transferencia, el desarrollo e implementación de las tecnologías seleccionadas, sugiriendo una serie de medidas para hacer frente a estos obstáculos, incluyendo la creación de capacidad.

El proyecto ENT incluye además la elaboración de un Plan de Acción Tecnológico Nacional (PAT) que da prioridad a tecnologías, recomienda un marco propicio para la difusión e implementación de dichas tecnologías y facilita la identificación de ideas de proyectos concretos. En el PAT se abordan sistemáticamente las medidas prácticas necesarias para reducir o eliminar la política, las finanzas y las barreras relacionadas con la implementación de tecnologías identificadas,

Tabla 1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

- Identificar y priorizar, a través de un proceso participativo en los países, **tecnologías** que puedan contribuir a las metas de mitigación y adaptación en los países participantes en línea con las metas nacionales de desarrollo sustentable y prioridades tecnológicas.
- Identificar **barreras** para el desarrollo, la transferencia y la difusión de tecnologías prioritarias y desarrollar marcos instrumentales para superarlas, facilitando la implementación de las tecnologías seleccionadas.
- Desarrollar **Planes de Acción Tecnológicos** (PATs) especificando plan de actividades (sobre la base de marcos instrumentales) en los niveles sectoriales y transversales para facilitar el desarrollo, la transferencia, adopción y difusión de las tecnologías en los países participantes.

esperando que puedan articularse con las políticas y medidas ya existentes en los diferentes sectores abordados en el proyecto (*Tabla 1.1*).

Tabla 1.2. ETAPAS DE LA ENT	
1.	Definición de un Equipo nacional ENT.
2.	Involucramiento de representantes de diversos sectores.
3.	Identificación de prioridades de desarrollo del país.
4.	Priorización de sectores y subsectores.
5.	Priorización de tecnologías mediante análisis multi-criterio.
6.	Identificación de barreras para el desarrollo, difusión y aceleración de uso de las tecnologías.
7.	Elaboración de Planes de Acción.

La ENT constituye, de esta manera, una importante herramienta para hacer frente a los retos asociados al cumplimiento de compromisos asumidos por los países, en el contexto de la CMNUCC, representando a su vez un importante aporte a los planes nacionales de desarrollo sectoriales vigentes.

Como resultado del proceso ENT, que se desagrega en 7 etapas (*Tabla 1.2*) se puede contar con una cartera de proyectos concretos -con tecnologías

específicas e instrumentos asociados para superar barreras de implementación, mensurados en cuanto a su potencial de reducción de GEI y priorizados en base al consenso inter sectorial-brindando la posibilidad de hacer un uso más eficiente de programas e instrumentos de cooperación internacional, tales como el GEF, el Climate Investment Fund (CIF), el Clean Technology Fund (CTF), como así también de futuros instrumentos como las Acciones Nacionales Apropriadadas de Adaptación (NAPs, por sus siglas en inglés) y el Fondo Verde para el Clima -actualmente en discusión bajo la CMNUCC- que prevén el apoyo financiero y tecnológico.

1.2. Desarrollo de la ENT a nivel nacional

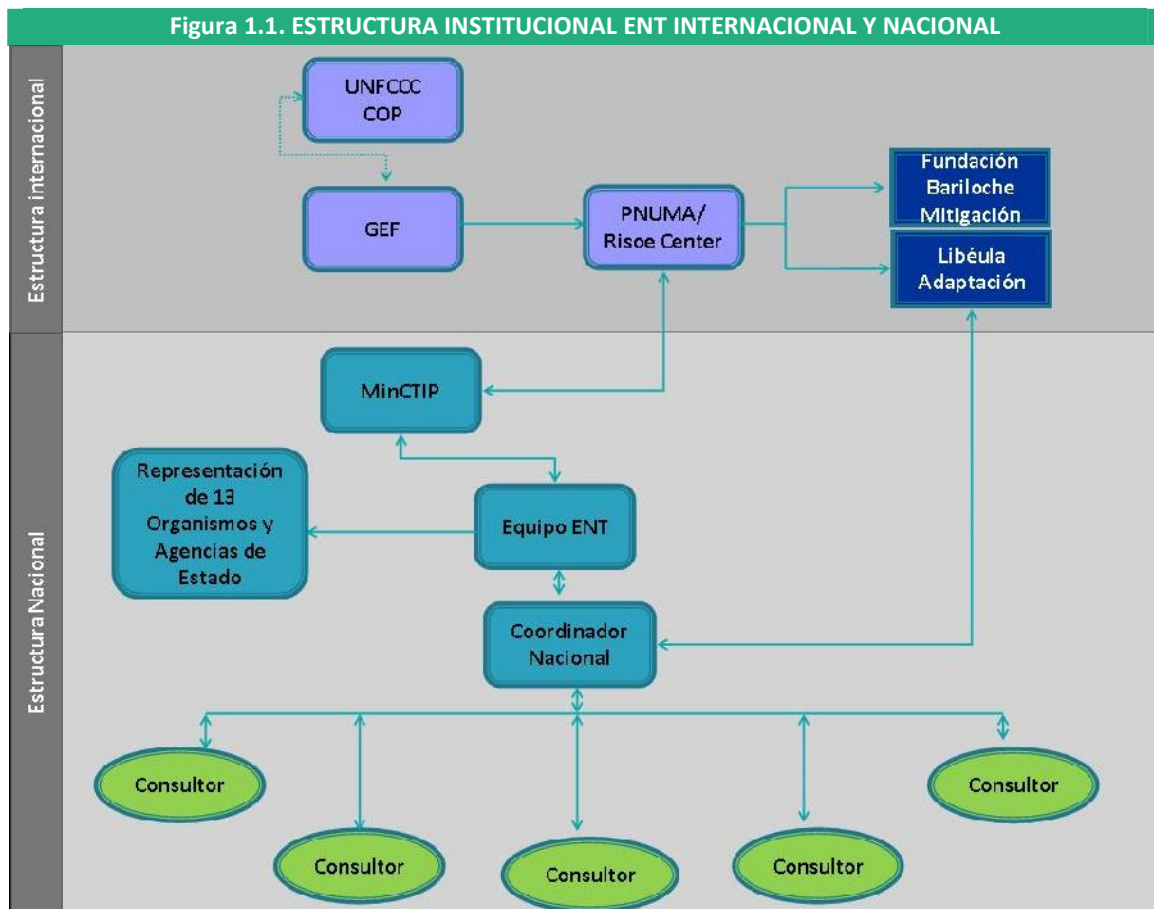
Considerando el rol clave de la ciencia interdisciplinaria y la innovación en la transición hacia un desarrollo sustentable y economías bajas en carbono, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación a través de sus líneas políticas fomenta un sistema de investigación articulado con el sistema productivo y social capaz de ser la base de diversos desarrollos tecnológicos, entre los que se encuentran aquellos orientados a la mitigación y la adaptación al cambio climático.

En acuerdo con sus líneas de acción el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MinCTIP) a través de la Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva dio impulso al proyecto ENT en Argentina iniciando el proceso a partir de 2010, mediante un Memorando de Entendimiento con PNUMA/Risoe Center.

Para su desarrollo ha creado una estructura de trabajo donde MinCTIP actúa como coordinador nacional. Como punto focal del proyecto y articulador entre las partes ha designado un Coordinador de Proyecto. Por otra parte, ha conformado un Equipo ENT integrado por Organismos Nacionales y Agencias científicas-tecnológicas del Estado, a fin de asegurar la inclusión de diferentes visiones y dar respuesta a las necesidades tecnológicas sectoriales, como así también garantizar la articulación de los resultados de los estudios con políticas actualmente en curso. Como responsables de la elaboración de los diferentes estudios enmarcados en la ENT ha conformado un Equipo de Consultores especializados en las diferentes áreas de estudio.

La contraparte global está conformada por el GEF, quien financia las ENTs en el marco de la UNFCCC. El PNUMA/Risoe Center es quien las dirige técnicamente y para América Latina se

cuenta con la asesoría técnica de dos Centros Regionales: La Fundación Bariloche en materia de mitigación y Libélula en adaptación.



Fuente: Elaboración propia

El proceso ha permitido seleccionar 5 sectores y analizar tecnologías en mitigación aplicables a 4 de ellos y tecnologías en adaptación para el área de observación de variables climáticas e hidrológicas. Se presentan por separado los informes sobre tecnologías relacionadas con mitigación y sobre tecnologías para adaptación.

El proceso de elaboración de la ENT se ha conducido mediante talleres y reuniones desarrollados durante 2010 y 2011, donde se reunió al Equipo ENT y otras partes interesadas a fin de dar cumplimiento a las diferentes etapas de la ENT (Tabla 1.2) y que se desarrollan en las siguientes secciones.

1.3. Políticas nacionales en Cambio Climático

El potencial de articulación de la ENT con políticas, planes y programas, actualmente en ejecución, fue uno de los criterios puestos en común y consensuados durante el proceso de elaboración de la ENT, entre los equipos de trabajo y actores relevantes. En este sentido, los sectores, las áreas específicas de estudio y tecnologías priorizadas guardan relación con el marco institucional del Estado para el desarrollo tecnológico con énfasis en la mitigación y adaptación al cambio climático.

El involucramiento y participación activa de representantes de los organismos y agencias del Estado, como parte del Equipo Nacional ENT, ha facilitado la distinción de las iniciativas relevantes en las fases primarias del estudio y permiten prever, posteriormente, un uso intensivo de la información elaborada en cada uno de los estudios como así también una fluida integración los resultados obtenidos en las políticas sectoriales.

Se citan a continuación las principales iniciativas consideradas en el marco de la ENT.

- **Estrategia Nacional en Cambio Climático (ENCC)**

La Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS) es el organismo encargado de la elaboración e implementación de las políticas nacionales sobre cambio climático y responsable de la inclusión de la temática en las políticas sectoriales.

En tal sentido, frente a la necesidad de proponer una visión unificada en la materia, que permita adoptar políticas y medidas gubernamentales coordinadas y consolidadas, vinculadas al cambio climático, inicio en 2009 el proceso de elaboración de la Estrategia Nacional en Cambio Climático (ENCC)³. Como primer paso constituyó el Comité Gubernamental de Cambio Climático, siendo uno de los objetivos de esta instancia de articulación institucional impulsar y ser parte del proceso de elaboración de la Estrategia Nacional en Cambio Climático.

Cabe destacar que el proceso ENT ha logrado una importante sinergia con el proceso de la ENCC, lo que se visualiza no solo porque los resultados de la ENT retroalimentan el contenido de la misma, que cuenta con un documento dinámico que se actualiza y mejora en sucesivas fases, sino porque miembros del Comité Gubernamental de Cambio Climático, son a su vez parte del Equipo Nacional ENT y cuentan con vasto conocimiento y experiencia en procesos participativos para abordar transversalmente la temática.

En el Comité Gubernamental de Cambio Climático participan representantes de más de 20 organismos del Estado y las provincias se encuentran representadas por el Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA) y el Consejo Hídrico Federal (COHIFE). También participan representantes de la sociedad civil, del sector científico, del sector privado y del sector de los trabajadores quienes son convocados a reuniones periódicas en las que se presentan y acuerdan los avances en el documento de la Estrategia.

La Estrategia Nacional en Cambio Climático se estructura en dos objetivos generales:

1. *Identificar, promover e implementar medidas de adaptación al cambio climático, incluyendo los impactos propios de la variabilidad climática, en especial en aquellas poblaciones, actividades productivas y ecosistemas particularmente vulnerables.*
2. *Desarrollar políticas, medidas y acciones que contribuyan a limitar el crecimiento de las emisiones de GEI sin comprometer el desarrollo sustentable del país.*

Transversalmente para ambos objetivos se identifican los medios necesarios y lineamientos para alcanzarlos en el corto y mediano plazo. Estos son: los arreglos y fortalecimiento institucional, la

³ Documento “Segunda Fase de la Elaboración de la Estrategia Nacional en Cambio Climático” disponible en <http://www.ambiente.gob.ar/?idarticulo=9752>.

generación de recursos, difusión y capacitación y marco regulatorio. Asimismo, presenta una serie de alrededor de 120 acciones organizadas en torno a 14 ejes (*Tabla 1.3*), vinculados a adaptación, mitigación, cambios de estilo de vida en la población y coordinación entre acciones nacionales e internacionales en la materia.

Tabla 1.3. EJES DE ACCIÓN ESTRATEGIA NACIONAL EN CAMBIO CLIMÁTICO
1- Incorporar consideraciones de gestión integral del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático a los procesos de planificación territorial.
2- Fortalecer los sistemas agropecuario y forestal y la seguridad alimentaria, disminuyendo la vulnerabilidad al cambio climático.
3- Fortalecer los procesos de gestión de la salud frente al cambio climático.
4- Fortalecer la gestión de los recursos naturales bajo los escenarios de cambio climático y variabilidad climática.
5- Fortalecer los sistemas de monitoreo, medición y modelado de variables ambientales (especialmente hidrológicas y meteorológicas) y variables socioeconómicas.
6- Incorporar consideraciones de adaptación al cambio climático en los sistemas productivos, incluyendo la planificación de la infraestructura.
7- Promover la producción y el uso racional y eficiente de la energía.
8- Promocionar y expandir la incorporación de fuentes de energía limpia en la matriz energética de manera que sean técnica, económica, ambiental y socialmente viables.
9- Promover prácticas más eficientes en los procesos de producción del sector industrial para limitar emisiones de GEI.
10- Promover el ordenamiento ambiental del territorio.
11- Promover el desarrollo e implementación de prácticas agropecuarias y forestales sustentables.
12- Incrementar la eficiencia energética en el sector transporte.
13- Promover cambios en estilos de vida de la población.
14- Promover la coordinación de las acciones nacionales con la actividad internacional en la materia

Fuente: Elaboración propia

Actualmente la Estrategia se halla en una fase tendiente a la definición de metas e indicadores, para lo cual se están asignando competencias para las acciones propuestas en la Estrategia Nacional en Cambio Climático, de acuerdo con los Organismos del Estado con mayor injerencia e interés en cada acción acordada. En este contexto, los resultados de la ENT serán analizados en las comisiones de trabajo para la elaboración de propuestas de acción con sus respectivas metas e indicadores.

- **Tercera Comunicación Nacional**

La SAyDS, a través de la Dirección de Cambio Climático, en cumplimiento de los compromisos asumidos por la República Argentina con la CMNUCC, ha realizado y presentado oficialmente dos comunicaciones nacionales y actualmente ha iniciado la realización de la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático⁴.

Esta, además de comunicar a la CMNUCC el estado de situación del país respecto del cambio climático, tiene como objetivo central desarrollar estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático integradas a los planes de desarrollo sectoriales y elaboradas a partir de la participación y el consenso de todos los actores de la vida social, económica y productiva del país, incluyendo a los organismos de los estados nacional, provincial y municipal, de las organizaciones de la sociedad civil y de las instituciones científicas y académicas.

El proceso de elaboración de la Tercera Comunicación Nacional cursado hasta el momento, ha incluido la realización de talleres de diálogo con actores relevantes para definir los objetivos específicos y alcances de los diferentes estudios y otras actividades a realizar dentro del marco de la 3ra CNCC, perfilar las actividades de capacitación y difusión para la necesaria concientización pública y el fortalecimiento de capacidades intermedias para el mejor desarrollo del proyecto. Asimismo, ha consensuado la dinámica de trabajo que debería regir para los equipos de expertos y los mecanismos de intercambio de información entre las distintas partes intervinientes.

Los componentes de la Tercera Comunicación Nacional han sido considerados y analizados por el Equipo de la ENT a fin de evitar superposiciones en el contenido de los estudios en ambos proyectos, y promover la sinergia entre los mismos.

- **Política internacional en Cambio Climático**

En materia de elaboración y ejecución de las políticas sobre cambio climático puertas afuera del país, es el Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto quien esta cargo de dichas tareas, según la Ley de Ministerios vigente. En este sentido, este Ministerio, a través de la Dirección General de Asuntos Ambientales (DIGMA), es quien trabaja en conjunto con la SAYDS y otros organismos y agencias de estado en la elaboración de la posición del país en los diferentes foros internacionales sobre cambio climático y participa sistemáticamente de las negociaciones en el marco de las Conferencias de las Partes de la CMNUCC.

En este último contexto DIGMA da seguimiento y toma en consideración las decisiones del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (OSACT), que asesora a la Conferencia de las Partes sobre cuestiones relativas al clima, el medio ambiente, la tecnología y los métodos y, el Órgano Subsidiario de Ejecución (OSE), cuya función es evaluar la implementación de la CMNUCC, el Protocolo de Kioto y sus decisiones, entre ellas un marco para la adopción de medidas para aumentar y mejorar la transferencia de tecnología. Estos Órganos cuentan además con un Grupo de Expertos en Transferencia de Tecnologías para apoyar el trabajo y la toma de decisiones del OSACT. Cabe destacar que las ENT derivan de estas instancias de trabajo.

⁴ información general, componentes disponibles en: <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=1124>

En vinculación con los aspectos internacionales durante el proceso nacional ENT se ha abordado el tema del financiamiento que deriva de la CMNUCC, ya que éste constituye uno de los elementos centrales que favorecen un entorno propicio para el desarrollo y la transferencia de tecnologías que se analizan y priorizan en los estudios.

El GEF, como mecanismo financiero de la CMNUCC tiene el mandato de suministrar recursos necesarios para el apoyo de la transferencia de tecnología de acuerdo con las directrices impartidas por la Conferencia de las Partes (CP). De esta forma brinda financiamiento para las ENT y a través de sus fondos fiduciarios promueve el desarrollo, demostración, despliegue y difusión de tecnologías ambientalmente racionales, especialmente para mitigación. En este sentido, se han puesto en consideración los lineamientos del GEF 5, para aspectos vinculados a tecnologías. Cabe destacar que Argentina ha sido destinatario de donaciones GEF a través de la ventanilla de cambio climático para 8 proyectos que tienen componentes tecnológicos, incluyendo 2 Comunicaciones Nacionales.

Por otra parte, se ha establecido el potencial de articulación de los resultados de la ENT con las Acciones de Mitigación Apropriadas a Nivel Nacional (NAMAS, por sus siglas en inglés) y Acciones Nacionales Apropriadas de Adaptación (NAPAs, por sus siglas en inglés). Si bien estos instrumentos están en proceso de definición en el marco de la CMNUCC permitirían canalizar recursos financieros y tecnológicos para implementar proyectos que incluyan el desarrollo tecnológico nacional.

Otros de los aspectos que merecen seguimiento en el ámbito internacional es la creación del Mecanismo para la Transferencia de Tecnologías, establecido como uno de los Acuerdo de Cancún (2010). El principal objetivo de dicho mecanismo es acelerar el desarrollo, despliegue y transferencia de tecnologías amigables al clima, en particular para países en desarrollo contando para ello con un Comité Ejecutivo de Tecnología (TEC, por sus siglas en inglés) que hará recomendaciones sobre las necesidades tecnológicas y el Centro y Red de Tecnología del Clima (CTCN, por sus siglas en inglés), el brazo operativo que dará servicio a los países en desarrollo y facilitará una red de centros de tecnología nacionales, regionales, sectoriales e internacionales. Si bien el mecanismo aún no es operacional y efectivo los avances en las sucesivas negociaciones permitirán determinar su funcionamiento y su vínculo con el Fondo Verde del Clima.

- **Políticas sectoriales en Cambio Climático**

Los siguientes planes y programas sectoriales con injerencia en los temas de la ENT fueron considerados como base para la elección de sectores y priorización de tecnologías:

Tabla 1.4. POLÍTICAS SECTORIALES EN CAMBIO CLIMÁTICO

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

- Programa Argentina CONECTAR para el fortalecimiento y articulación de redes de observación del clima.
- Políticas e instrumentos de financiamiento en curso o proyectados destinados a apoyar: proyectos innovadores, emprendimientos tecnológicos, investigaciones en ciencia y tecnología, formación y repatriación de recursos humanos, modernización de infraestructura y equipamiento.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca

- Plan Agroalimentario Nacional (PAN).
- Programa Nacional de Biocombustibles.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable

- Estrategia Nacional en Cambio Climático.
- Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (TCN).
- Proyecto Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (PNGIRSU)

Secretaría de Energía

- Planeamiento Energético Nacional (PLAENER).
- Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PNUREE).
- Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER).
- Programa de Generación con Energías Renovables (GENREN).

Secretaría de Transporte

- Reconexión del Sistema Ferroviario Nacional con el Puerto de Buenos Aires.
- Renovación y puesta en valor de estaciones terminales de Ferrocarriles.
- Reactivación Ferroviaria Belgrano Cargas.
- Hidrovía Paraguay – Paraná.

Secretaría de Industria

- Plan Estratégico Industrial Argentina 2020.
- Programa Sistemas Productivos Locales.
- Programa de Financiamiento Productivo del Bicentenario.

Subsecretaría de Recursos Hídricos

- Plan Nacional Federal de los Recursos Hídricos (PNFRH).
- Programa Sistema Nacional de Información Hídrica (SNIH).

Servicio Meteorológico Nacional

- Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME)

Fuente: Elaboración propia

2. ARREGLOS INSTITUCIONALES

2.1. Estructura ENT nacional

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MinCTIP) creó una estructura de trabajo para la ENT (*Figura 2.1*) donde actúa como coordinador nacional, siendo su responsabilidad primaria la de promover el apoyo político. Designó además un Coordinador de Proyecto, que es el punto focal y su rol es facilitar la comunicación entre las partes interesadas, interactuar con el equipo de consultores, dirigir los estudios técnicos, promover y desarrollar los procesos de consulta. Asimismo, es el encargado de la preparación de los reportes.



Como parte de la estructura, se creó el Equipo ENT (*Tabla 2.1*) el cual está conformado por Organismos del Estado responsables de la implementación de las políticas, planes y programas específicos vinculados con la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs) y la reducción de la vulnerabilidad y adaptación frente a los impactos del cambio climático. Incluye además a las agencias científicas-tecnológicas del Estado, que tienen como responsabilidad la investigación, la innovación, el desarrollo y la implementación de nuevas tecnologías o bien la adaptación al medio local de tecnologías transferidas desde otros países.

El Equipo ENT es el encargado de desarrollar los criterios e identificar los sectores, subsectores y tecnologías prioritarias para el ENT, validar los análisis de barreras y los planes de acción tecnológica. Colaboran facilitando información disponible en las instituciones que representan, tienen a su cargo el seguimiento y revisión de los informes elaborados por los consultores.

Para la elaboración de los diferentes estudios específicos de la ENT el MinCTIP lanzó una convocatoria pública, a través de su portal en Internet, dirigida a científicos e instituciones científicas-tecnológicas. Para evaluar a los proponentes se elaboraron los siguientes criterios de selección:

- Experiencia en estudios similares.
- Otros estudios relacionados con la temática.
- Nivel académico.
- Años de actividad en relación a la temática.
- Número de trabajos publicados en revistas y congresos relacionados con la temática.

- Potencial de transferencia de conocimientos (i.e. Tipo de institución a la que pertenece el consultor).

La convocatoria pública, realizada durante los meses de marzo y abril de 2011, tuvo una participación de 9 instituciones y 2 consultores individuales. Los consultores adjudicados y su filiación institucional, incluido el grupo de investigación y desarrollo al cual pertenecen, se muestran en la *Tabla 2.2*.

Tabla 2.1. EQUIPO ENT
1. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca
2. Ministerio de Economía
3. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Jefatura de Gabinete de la Nación
4. Secretaría de Energía, Ministerio de Planificación Federal en Inversión Pública y Servicios
5. Secretaría Transporte, Ministerio de Planificación Federal en Inversión Pública y Servicios
6. Subsecretaría de Recursos Hídricos, Secretaría de Obras Públicas, Ministerio de Planificación Federal en Inversión Pública y Servicios
7. Secretaría de Industria, Comercio y PyME, Ministerio de Industria
8. Dirección General de Asuntos Ambientales, Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto
9. Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)
10. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
11. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)
12. Instituto Nacional del Agua (INA)
13. Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.2. EQUIPO CONSULTORES
Observación y medición de variables climáticas e hidrológicas: Dr. Enrique Puliafito Grupo de Estudios Atmosféricos y Ambientales – Universidad Tecnológica Nacional Mendoza
Sector Energía: Dra. Ana Lea Cukierman Programa de Investigación y desarrollo de Fuentes Alternativas de Materias Primas y Energía (PINMATE). Departamento de Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (UBA)
Sector Transporte: Lic. José Barbero Instituto Tecnológico Ferroviario “Scalabrini Ortiz” – Universidad Nacional de San Martín
Sector Residuos: Ing. Estela Santalla Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Sector Agrícola: Dr. Gabriel Vázquez Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA)

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que otros actores relevantes del sector científico-tecnológico y del sector privado fueron involucrados desde fases iniciales del proyecto mediante su participación en talleres y procesos de consulta para identificar áreas de trabajo de la ENT y tecnologías relevantes.

2.2. Involucramiento de partes interesadas

El involucramiento de las partes interesadas se ha realizado bajo las modalidades de taller nacional, reuniones sectoriales, contactos vía correo electrónico para informar avances, solicitud de información puntual o de respuestas a encuestas específicas.

El proceso de elaboración de la ENT ha incluido inicialmente el desarrollo un taller nacional, que se realizó en abril de 2010, donde quedó conformado el Equipo ENT y se contó con la participación de expertos de Riso Center y el Coordinador Nacional. En dicha oportunidad y durante 3 reuniones posteriores, realizadas el mismo año, se planteó un plan de trabajo con asignación de responsabilidades y cronogramas, se definieron los lineamientos del estudio, se desarrolló la identificación de políticas sectoriales, el establecimiento de prioridades en los sectores y se consensuó el contenido de los Términos de Referencia para los consultores a cargo de los diferentes estudios.

En general el desarrollo de las reuniones y ejecución del plan de trabajo se vieron facilitados dada la experiencia de los miembros del Equipo ENT en procesos participativos, ya que varios de ellos conforman el Comité Gubernamental de Cambio Climático como así también participan en diversas redes interinstitucionales. Asimismo, el rol del Coordinador Nacional fue clave en este sentido facilitando las comunicaciones, sistematizando resultados de las reuniones y articulando visiones y sugerencias de las diferentes partes interesadas para promover avances efectivos en las fases del proyecto. Los principales obstáculos que se presentaron en el proceso estuvieron vinculados a la dificultad de sostener en el tiempo el apoyo y compromiso político hacia un proyecto que si bien tiene potencial de aplicabilidad a futuro, en el corto plazo no constituye una acción directa en el territorio.

Otras partes interesadas del sector científico-tecnológico y del sector privado fueron convocados a lo largo del desarrollo del proyecto bajo diferentes modalidades a fin de discutir el proyecto desde su inicio y recoger sus opiniones al respecto. Una de las principales fue la invitación de los mismos a participar de las reuniones de trabajo junto al Equipo Nacional ENT y el Coordinador Nacional.

En una segunda instancia, los consultores fueron quienes convocaron a dichas partes interesadas, bajo la supervisión del Coordinador Nacional, para discutir los avances de los estudios y solicitar su participación en las etapas de evaluación multicriterio de las distintas tecnologías analizadas -a fin de seleccionar aquellas tecnologías más beneficiosas y/o costo efectivas para su implementación- y de la identificación de barreras.

Para el caso específico del estudio relacionado con adaptación: observación de variables climáticas e hidrológicas, la convocatoria a partes interesadas se ha desarrollado en diferentes fases, que permitieron identificar y priorizar alternativas tecnológicas y validar análisis y propuestas de los consultores en el marco de la ENT. Las fases han incluido:

- Asistencia a diversos talleres organizados por la Subsecretaría de Recursos Hídricos (SSRH) para la organización de las bases de datos hidrometeorológicas.
- Consultas personales con expertos, en especial con miembros del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), del SSRH y otros organismos de cuencas en oportunidad de los talleres organizados por la SSRH.
- Organización de un taller ENT donde se expusieron los resultados preliminares de este informe con miembros de diversos organismos y actores claves.
- Circulación del informe preliminar a diversos actores claves para su opinión y comentarios.
- Organización de una encuesta enviada por correo electrónico a los principales actores (Anexo II).

Las opiniones e información recabada en los distintos talleres y exposiciones como así también las encuestas, permitieron identificar demandas, opiniones y recomendaciones que enriquecen y complementan la información, enfoques y resultados de este informe.

3. SELECCIÓN DE SECTORES

3.1. Criterios y resultados de la selección de sectores de la ENT

Para el cumplimiento de las etapas de la ENT y sus productos asociados, el Equipo ENT, el Coordinador Nacional y MinCTIP han trabajado determinando, en primer lugar, pautas generales para la selección de sectores. Estas apuntaron a la optimización de los recursos disponibles para la elaboración del proyecto y a la utilidad de los resultados para los diversos organismos con competencia en la materia, teniendo en cuenta los planes y programas de desarrollo del país actualmente vigentes. Posteriormente, incluyendo a otros actores relevantes, se han consensado criterios específicos que rigieron la selección de sectores y guiaron la elaboración de los estudios. Estos se detallan en la *tabla 3.1*.

Tabla 3.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN

- Optimización de los recursos económicos y tiempos disponibles
- Asegurar resultados aplicables a futuro
- Transversalidad entre sectores
- Articulación con planes y programas existentes
- Posibles sinergias entre mitigación y adaptación
- Potencial de reducción de emisiones por sector
- Potencial desarrollo local de tecnologías
- Beneficios adicionales al desarrollo
- Áreas de vacancia con respecto a la información disponible

Considerando los criterios detallados, se han seleccionado los sectores y subsectores presentados en la *Tabla 3.2*, para evaluar tecnologías susceptibles de ser implementadas a nivel nacional, con potencial de reducción de emisiones de GEI, reducción de la vulnerabilidad o que contribuyen a la adaptación de diversos sectores al cambio climático.

Tabla 3.2. SECTORES Y SUBSECTORES

SECTOR	SUBSECTOR	JUSTIFICACION
	OBSERVACIÓN Y MEDICIÓN DE VARIABLES CLIMÁTICAS E HIDROLÓGICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Es una oportunidad de reforzar los programas en marcha en Argentina para la consolidación de redes de monitoreo para la medición de variables climáticas e hidrológicas. • La medición y el monitoreo de variables climáticas e hidrológicas es una actividad por naturaleza transversal a todos los sectores. • Las tecnologías analizadas permitirán mejorar la gestión de riesgos de desastres y la futura implementación de medidas de adaptación en varios sectores como infraestructura, energía, agricultura y transporte.

SECTOR ENERGÍA	<p>Industria: tecnologías para la cogeneración de energía eléctrica y calor aplicable a la pequeña y mediana industria de los subsectores agroalimentario y foresto-industrial</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El sector energía es el más importante en términos de emisiones de GEI totales del país. • Constituye un tema transversal a varios sectores • Es parte de la planificación energética • Presenta un importante potencial de mitigación de emisiones GEIs • Presenta otros beneficios relacionadas a la seguridad energética • Área con una relativa falta de información y análisis.
SECTOR TRANSPORTE	<p>Agricultura: sistemas multimodales de transporte aplicados a productos agrícolas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La categoría transporte en su conjunto da cuenta del 13% de las emisiones del Sector Energía (cuya participación es del 50%, del total de emisiones del país), según estimaciones de 2005 de la Fundación Bariloche. • Constituye un tema transversal • Representa un aporte para programas en marcha de la Secretaría de Transporte y el Ministerio de Agricultura. • Los cambios modales presentan en Argentina un alto potencial de mitigación de emisiones GEIs • Ofrece oportunidades de sinergias con medidas de adaptación en el sector transporte
SECTOR RESIDUOS	<p>Energía: tecnologías para la producción de energía a partir de distintas corrientes de residuos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El sector residuos en su conjunto representa el 6% de las emisiones totales de GEI del país, según estimaciones a 2005 de la Fundación Bariloche. Dentro de este sector, se hallan las categorías Residuos Sólidos y Vertederos; Aguas Residuales Domésticas y Aguas Residuales Industriales, que son abordadas en la ENT. Se considera que el sector presenta un alto potencial de mitigación de emisiones. • Constituye un aporte para los planes de gestión de residuos que lleva adelante la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable y de la planificación energética que lleva adelante la Secretaría de Energía, en su capítulo de energías alternativas. • Contribuye a la mitigación de GEIs no sólo por la reducción de emisiones de metano, sino también por la sustitución de combustibles fósiles. • Aporta a la generación de información y un mayor análisis sobre tecnologías específicas.
SECTOR AGRICULTURA	<p>Tecnologías para la optimización del uso del nitrógeno en la agricultura y ganadería.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Por su relevancia en las emisiones de GEIs -19% de las emisiones totales del país (Fundación Bariloche), a través de la formación de óxido nítrico- presenta un alto potencial de mitigación de emisiones GEIs. • Presenta sinergias con posibles medidas de adaptación en la agricultura • Área que requiere mayor información y un análisis detallado de las tecnologías disponibles y sus beneficios

Fuente: Elaboración propia

3.2. Criterios y resultados de la selección del área de estudio para la ENT Adaptación

El área de estudio sobre adaptación para la ENT: observación y medición de variables climáticas e hidrológicas fue seleccionada en el marco de las reuniones donde participaron los actores involucrados en la ENT.

De acuerdo a criterios que rigieron la selección de los diversos sectores de la ENT el área observación de variables climáticas e hidrológicas fue considerado debido a que refuerza programas actualmente en marcha en el país, para la consolidación de redes de monitoreo cuyo objeto es la medición de variables climáticas e hidrológicas. Por otra parte, se destaca que es una actividad transversal a todos los sectores, teniendo en cuenta que las tecnologías analizadas permitirían mejorar la gestión de riesgos de desastres y la futura implementación de medidas de adaptación en varios sectores como infraestructura, energía, agricultura y transporte.

Cabe destacar el importante consenso entre los actores relevantes convocados a participar de la ENT, en la necesidad substancial de incrementar el monitoreo de las variables climáticas, lo que quedó reflejado en el resultado de encuestas realizadas durante el proceso.

En este sentido, abordar la problemática en la ENT garantiza contar con una propuesta concreta cuya aplicación daría respuesta a la demanda de mayor información, de utilidad no solo en temas de cambio climático sino para múltiples usos en el campo ambiental.

Contar con más y mejor información sobre variables climáticas e hidrológicas, permitiría planificar mejores respuestas para la reducción de la vulnerabilidad de los diversos sectores y la adaptación a este fenómeno, que para Argentina es relevante considerando su perfil productivo, caracterizado por presentar un alto porcentaje de exportaciones agrícolas y de manufacturas de origen agropecuarias, sumado a su alta dependencia de la generación hídrica para la producción de electricidad. En el próximo ítem se describen los posibles impactos analizados en la Segunda Comunicación Nacional del Gobierno de la República Argentina a la Conferencia de las Partes de la CMNUCC (SCN, 2007).

Las medidas de respuesta para los impactos esperados del cambio climático podrían demandar ingentes recursos, es por ello que fortalecer los sistemas y redes de medición de variables climáticas e hidrológicas brindaría información real, permitiendo reducir los niveles de incertidumbre propios de los modelos y facilitaría el proceso de toma de decisiones. Al respecto un informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) del año 2008 sobre Cambio Climático y el Agua (Bates et al., 2008) recomienda:

“Es necesario mejorar los datos observacionales y su accesibilidad para conocer más a fondo los cambios que están sucediendo, y para acotar mejor las proyecciones de los modelos; tales datos son imprescindibles para una gestión adaptativa frente a la eventualidad de un cambio climático. Para avanzar en esa dirección es necesario disponer de más datos. Algunas redes observacionales están disminuyendo de tamaño. Unos registros relativamente cortos en el tiempo podrían no reflejar en toda su extensión la variabilidad natural y desencaminarían posiblemente los estudios de detección, mientras que su reconstrucción a lo largo de períodos prolongados podría situar las tendencias y valores extremos recientes en un contexto más amplio. Las principales carencias identificadas respecto a las observaciones del cambio climático se relacionan con el agua dulce y con los ciclos hidrológicos...”.(Bates et al, 2008, pág 145).

El informe citado como así también otros informes y publicaciones científicas, coinciden en que la mejora en la gestión de la adaptación se producirá con mejores datos observacionales, modelos y una serie de productos climáticos que permitan manejar la emergencia y proponer medidas de adaptación coherentes. En esta dirección, el análisis y propuestas en la ENT se orientan a la creación de sistemas operacionales para la gestión de la adaptación.

El área de estudio y la priorización de las tecnologías, se abordó considerando que la medición los instrumentos desplegados en el campo (ya sean fijos o móviles) junto a los procedimientos de medición y calibración, deben organizarse en una base de datos coherente y estable. A partir de los datos se pueden generar pronósticos y otros productos climáticos que interpreten esa información y permitan una acción, tanto en vistas a la mitigación y la adaptación, según el requerimiento y objeto del estudio. Para generar estos productos se requieren, entre otros instrumentos modelos regionales adecuados.

El manejo y generación de esta información útil debe ser responsabilidad de una institución o agencia especialmente destinada al mantenimiento y elaboración de estos productos ambientales específicos. Por tanto, mediciones, productos y centros son los ejes centrales analizados en la ENT, estando en consonancia con la recomendación de diversas agencias y organismos internacionales sobre cambio climático, sobre fortalecer estos tres ejes claves.

Respecto a los beneficiarios de las tecnologías para la observación y medición de variables climáticas, éstos son de carácter difuso. Sin embargo pueden distinguirse:

a. Beneficiarios generales: La sociedad en general recibe un beneficio con la incorporación de tecnologías para la observación y medición de variables climáticas a través de una mejora sobre los pronósticos meteorológicos (corto plazo); y a largo plazo, información útil para generar acciones de adaptación y reducción de la vulnerabilidad por el cambio climático. Desde el punto de vista de la adaptación al cambio climático, mejores datos permitirá a los grupos de investigación a determinar las zonas posibles de desastres (inundaciones, sequías, cambio de patrones de lluvia, etc.) lo que permitirá a las organizaciones políticas a orientar sus recursos para la adaptación, al reducir la incertidumbre sobre la pregunta ¿adaptarse a qué?. Pero no sólo tiene una connotación negativa, sino que habrá zonas geográficas que recibirán una mejora climática (mayores lluvias en zonas antes secas, temperaturas más templadas en zonas antes muy frías) lo que permitiría por ejemplo una ampliación de la frontera agrícola, aumentando la producción.

b. Beneficiarios particulares: Para los usuarios de estas tecnologías: (Servicio Meteorológico Nacional, Servicio Hidrológico Naval, Administradores de Cuencas, etc) tienen acceso a mejores datos que les permite realizar mejor su trabajo (por ejemplo, mejora en los resultados de los modelos de pronóstico, por tener una red con cobertura mayor; mejores productos climáticos, etc.). Para los desarrolladores de esta tecnología: mayor acceso a tecnología de punta, si se desarrollan nacionalmente los equipos de mediciones; las universidades y empresas que participan de estos desarrollos se benefician con conocimientos tecnológicos y obtienen mayor capacidad competitiva en el mercado internacional.

c. Beneficiarios específicos: A partir de los productos climáticos elaborados existen beneficiarios específicos que se benefician con una mejora en los pronósticos (debido al uso de mejores equipos, modelos y una agencia dedicada a la generación de conocimiento). Por ejemplo los productores agrícolas con mejores pronósticos de lluvias pueden optimizar sus cultivos, las Agencias de Defensa Civil para adelantarse a la evacuación en zonas potenciales de desastres, entre otros.

3.2.1. Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático argentina

El perfil productivo del país, con un alto porcentaje de exportaciones agrícolas y de manufacturas de origen agropecuarias, hace que sea potencialmente vulnerable a los impactos del Cambio Climático. A ello se agrega la alta dependencia de la generación hídrica para la producción de electricidad⁵. Los estudios realizados en el marco de la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático de la República Argentina para caracterizar los impactos de la variabilidad del clima actual y de los cambios que podrían ocurrir en un horizonte de 10 a 40 años, muestran los siguientes resultados:

En la mayor parte del territorio argentino y en muchas regiones vecinas de los países limítrofes hubo notables tendencias climáticas durante las últimas 3 o 4 décadas, muy probablemente relacionadas con el calentamiento global. Estos cambios del clima han generado importantes impactos que requieren de respuestas de adaptación.

En casi toda la Argentina hubo un aumento de las precipitaciones medias anuales con mayor incidencia en el noreste y en el centro del país, lo que por una parte facilitó la expansión de la frontera agrícola en la zona oeste periférica a la región húmeda tradicional y por otra llevó al anegamiento permanente o transitorio de gran cantidad de campos productivos.

Este incremento en las precipitaciones produjo también un aumento importante en los caudales de los ríos, excepto en aquellos que se originan en la Cordillera de los Andes. Esto trajo beneficios para la generación hidroeléctrica, pero también por la mayor frecuencia de inundaciones, impactos socioeconómicos negativos en los valles de los grandes ríos de las provincias del este del país. El aumento de la frecuencia de precipitaciones extremas en gran parte del este y centro del país ocasiono daños por inundaciones, vientos destructivos y granizo asociados a estos eventos.

La temperatura de la zona cordillerana de la Patagonia tuvo un aumento de más de un grado, con el consiguiente retroceso de casi todos los glaciares andinos. Hubo una disminución de los caudales de los ríos que se originan en la cordillera en las provincias de San Juan, Mendoza, Río Negro y Neuquén, probablemente ocasionado en la disminución de las precipitaciones niveles sobre la Cordillera de los Andes. En Río Negro y Neuquén, donde se genera una parte importante de la hidroelectricidad del país, esta disminución de los caudales de los ríos ha significado pérdidas de esa generación de hasta un 40 %.

No puede dejar de mencionarse que debido a los cambios climáticos tan significativos ya ocurridos en la Argentina, se ha desarrollado una importante adaptación autónoma, especialmente en el sector agropecuario. Se trata de la expansión de la frontera agropecuaria hacia el oeste y norte de la zona agrícola tradicional que reconoce causas comerciales y tecnológicas, pero que se posibilitó por el cambio climático ocurrido en esas zonas.

Si bien esta adaptación ha sido generalmente exitosa en términos económicos de corto plazo, está causando perjuicios ambientales que podrían tornarse catastróficos de acuerdo a las proyecciones del clima de las próximas décadas. Esta adaptación autónoma requiere de atención para encauzarla y minimizar sus impactos negativos.

De acuerdo a la información suministrada en la 2da Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático presentada en

⁵ Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático de la República Argentina.

diciembre de 2007, las proyecciones del clima para este siglo resultan preocupantes porque el clima es uno de los más importantes activos físicos de la Argentina.

De acuerdo con los escenarios climáticos utilizados y proyectados para el periodo 2020/2040 por el Centro de Investigaciones del Mar y de la Atmósfera (CIMA) con un modelo climático de alta resolución y con resultados de varios modelos climáticos globales, el calentamiento global creará nuevas vulnerabilidades y aumentará la mayoría de las existentes.

De esta información, se aprecia que la precipitación en la zona cordillerana tiene una fuerte reducción. De importancia para los glaciares y el régimen de los ríos pluvionivales de la cordillera es la evolución de la altura de la isoterma de cero grado. La misma continuará ascendiendo de nivel en toda la región cordillerana desde 30° hasta el extremo sur del continente; en verano este ascenso para la década 2020/2030 sería del orden de 120 a 200 metros y en invierno sería mayor en Cuyo (150 m) que en la Patagonia (50 a 80 m). Ello implica que seguirán retrocediendo los glaciares y que los ríos continuarán cambiando su régimen anual, con disminución de los caudales en verano y aumento relativo de los mismos en invierno.

Los escenarios climáticos de todos los modelos están indicando un aumento de la temperatura que sería más pronunciado en el norte del país. Esto también resulta de los escenarios de alta resolución producidos por el CIMA. Según estos escenarios, el aumento de temperatura abarcará todo el territorio, pero será más intenso en el norte del país, con más de 1° C hacia el período 2020/2040. Ello agravaría las ya extremas condiciones de los veranos en esa región y aumentaría el estrés hídrico, particularmente en invierno cuando las precipitaciones son escasas. Los aumentos serían menores hacia el sur, pero en la Patagonia, sumados al calentamiento ya producido durante el siglo pasado, continuarían impulsando el retroceso generalizado de los glaciares.

En cuanto a la precipitación, se proyectan un aumento de la precipitación en el centro de Argentina. Sin embargo, las tendencias serían muy inferiores a las registradas en la segunda mitad del siglo pasado. Por otra parte, algunos modelos dan en esta región distintas tendencias, inclusive en algunos casos de signo negativo. Hay mayor incertidumbre en el oeste y norte de Argentina en cuanto al signo de las tendencias de la precipitación, aunque se podría esperar, de acuerdo con los resultados de todos los modelos, que los cambios no serían importantes en ningún sentido. En cambio, sobre Chile central, los Andes y el noroeste de la Patagonia en la zona cercana a la Cordillera, todos los modelos, al igual que el modelo de alta resolución del CIMA, indican que habrá una marcada reducción de la precipitación. Estos resultados son muy consistentes entre los diferentes modelos y con las tendencias actuales.

Estas proyecciones permiten estimar (aunque en algunos casos ya se están observando) nuevas vulnerabilidades o aumentos de las mismas en varias regiones y sectores socioeconómicos. Estas vulnerabilidades se pueden resumir en:

- Estrés hídrico en el centro y norte del país, debido a las mayores temperaturas, aumentará considerablemente la evaporación y como no se proyectan grandes cambios en la precipitación, es probable que se vaya hacia una mayor aridez. Esto es de particular relevancia ante el actual avance de la frontera agropecuaria en el norte del país, con la consiguiente destrucción del monte y la pérdida de la cubierta vegetal del suelo que, en un clima más árido, conduciría a un proceso de desertificación.
- Olas de calor pueden producir impactos en la agricultura, generando estrés hídrico a causa de la mayor evaporación debida a las altas temperaturas. En las ciudades, a las olas

de calor se suma el efecto del calentamiento urbano, ocasionando problemas en la salud de la población y un aumento en la demanda del consumo eléctrico para refrigeración. El aumento en las temperaturas que pronostican los modelos para escenarios futuros también se trasladará a las temperaturas extremas. Aunque las temperaturas mínimas crecerían el doble que las máximas, las olas de calor pueden ser mucho más frecuentes e intensas. Si bien las zonas que se verán más afectadas serán las ubicadas en el norte del país --donde se esperan los mayores incrementos en las temperaturas-- los grandes conglomerados urbanos del centro del país como Córdoba, Rosario, Mendoza y Buenos Aires también se verían afectados por más extremas olas de calor.

- Las respuestas hidrológicas con respecto a la variabilidad climática, las tendencias de la precipitación y de los caudales durante las últimas décadas y los escenarios del clima para el resto del siglo, crean dudas sobre disponibilidad de los recursos hídricos de la Cuenca del Plata con las magnitudes actuales durante las próximas décadas. Estos cambios en la hidrología de la Cuenca de Plata tendrían impactos considerables en la economía y la vida de la región. En particular, se vería reducida la generación de energía hidroeléctrica, no sólo a nivel nacional sino regional, con el agravante de que ésta es la principal fuente de electricidad de la región.
- La mayor frecuencia de precipitaciones extremas que están ocurriendo en la Argentina han sido observadas también en muchas otras regiones. Se estima que esta mayor frecuencia continuará en este siglo. Por lo tanto, no habiendo resultados en contrario, es de esperar que también en la Argentina se mantengan o intensifiquen las actuales frecuencias de grandes precipitaciones. Dado que las afectaciones de origen hídrico ya se encuentran vigentes, es posible reseñar los principales problemas emergentes de las mismas y las vulnerabilidades vinculadas a los mismos: el crecimiento y desarrollo de los centros urbanos han ocupado muy frecuentemente zonas bajas próximas a los cursos de agua, lo cual los hace más proclives a sufrir efectos de las precipitaciones intensas como los anegamientos por desbordes de los cursos de agua.
- Para Cuyo, los diferentes escenarios climáticos muestran bastante concordancia entre sí, indicando un descenso de las precipitaciones sobre la Cordillera de los Andes y la zona vecina de Chile para el resto del siglo. Estas tendencias decrecientes se vienen ya registrando desde comienzos del siglo pasado. La mayor demanda de riego se produce en el verano, por la mayor evaporación, pero también por el tipo de cultivos (frutales y viñedos) predominantes. El modelado de los ríos cuyanos, como función de la precipitación nival y la temperatura, indica que el hidrograma anual de estos ríos continuará modificándose con aumento del caudal relativo en invierno y primavera y disminución en el verano y otoño. El cambio del hidrograma anual se sumaría a la reducción de los caudales agravando los efectos potenciales del cambio climático global en los oasis de riego.
- En el caso de los valles del Comahue, los caudales de los ríos seguirían decreciendo con la consiguiente reducción de una fracción importante de la generación hidroeléctrica del país. No se esperan reducciones de los caudales en los ríos más australes. Este panorama es muy favorable, pues debido a su extrema aridez, el agua en la Patagonia es un factor condicionante del desarrollo que sólo se puede dar a partir de los ríos que nacen en la Cordillera de los Andes.

- Las costas marítimas de la Argentina son sede de importantes labores industriales y comerciales, portuarias, de extracción de hidrocarburos y de una muy significativa actividad turística y de recreación. El Cambio Climático podría afectar el litoral marítimo argentino con el aumento de la temperatura del océano, cambios en la circulación de las corrientes marinas y el ascenso del nivel medio del mar. En varias ciudades costeras de la Provincia de Buenos Aires, la vulnerabilidad a la erosión costera se está potenciando por el avance urbano sobre la costa, muchas veces por desconocimiento de la dinámica natural, lo que favorece el aumento de dicha degradación.
- Los estudios realizados para la 2da. Comunicación Nacional indican que el impacto potencial del cambio climático sobre los rendimientos de los cultivos de trigo, maíz y soja sería levemente perjudicial en la mayor parte de la región. En general, habría un equilibrio con mayor producción de granos en el sur y pérdidas en el norte.
- El cambio climático ya está extendiendo sobre la Argentina la distribución geográfica de vectores de enfermedades tropicales infecciosas. Tal es el caso del dengue, que incluso ha causado algunos casos de enfermedad en el norte del país y del caracol que propaga la esquistosomiasis en el río Paraná.

Cada uno de los cambios e impactos descritos precedentemente requieren de medidas de adaptación, que suponen una importante demanda de recursos. Por este motivo se hace relevante fortalecer los sistemas y redes de medición de variables climáticas e hidrológicas, de modo tal, como se menciona precedentemente, de contar con información real que permita reducir los niveles de incertidumbre propios de los modelos y facilitar el proceso de toma de decisiones.

REPORTE

Observación y medición de Variables Climáticas e Hidrológicas



SECCIÓN I. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y PRIORIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS

En la Sección I, en primer lugar, se detalla la concepción bajo la cual se realiza el análisis del área de estudio. Seguidamente, se presenta información sobre el estado del arte a nivel internacional en cuanto a principales variables climatológicas e hidrológicas y su estructura de monitoreo, organizaciones, redes, bases de datos y productos. Se detallan estos mismos aspectos para el nivel nacional, en el punto 1.3. identificando además a los principales actores.

Considerando las variables críticas, internacionalmente recomendadas para monitoreo, a través del conjunto denominado VCE (Variables Climáticas Esenciales, pag 47), se describe en el punto 2 de la sección, la capacidad de monitoreo en Argentina, considerando modelos actualmente disponibles. Además se presentan una serie de instrumentos aéreos y terrestres para medición in-situ y software para instrumentos y satélites, que complementarían la red de monitoreo instalada en Argentina y permitirían mejorar la observación de variables climáticas e hidrológicas en el país.

Posteriormente, se presentan propuestas tecnológicas y organizacionales, consideradas necesarias y complementarias a los programas actualmente vigentes, sugeridas por actores relevantes en materia de monitoreo, convocados a participar en la ENT. Sobre la base de dichas propuestas, se realiza un análisis multicriterio y de factibilidad, a fin de arribar a una priorización de tecnologías y de sistemas operacionales para la gestión de la adaptación, que concluyen en ideas de proyectos concretas.

1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.1. Concepción esquemática para el análisis del área de estudio

Se ha planteado para la ENT una concepción esquemática del problema del cambio global para la observación y medición de las variables climáticas e hidrológicas, que distingue tres dimensiones básicas: Clima, Tecnología y Sociedad, tal como se indica en la *Figura 4.1*.

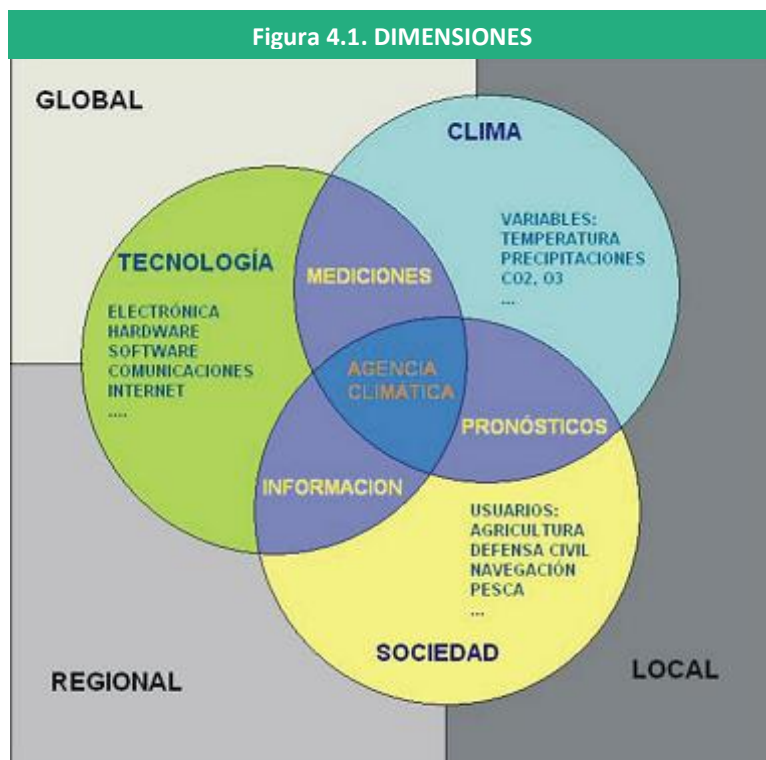
En la dimensión "Clima" se incluyen todas las variables físicas que permiten caracterizarla. Las organizaciones mundiales han definido un grupo de variables climáticas esenciales (VCE) que deberían monitorearse a fin de conocer el estado de las condiciones globales.

En la dimensión "Tecnología" se identifican todos los recursos técnicos y humanos disponibles. Finalmente en la dimensión "Sociedad" se incluyen las necesidades de los usuarios. Esta sociedad es actor y víctima tanto de su propio consumo tecnológico como de la variabilidad climática.

La interacción o frontera Clima-Tecnología, es sumamente amplia, pero a los efectos de esta ENT se distinguen fundamentalmente aquellos equipos y métodos de mediciones de las variables climáticas. En la frontera Clima-Sociedad, podemos imaginar un grupo de productos elaborados que van del clima a la sociedad como necesidad de pronósticos, alertas, planes de adaptación, acciones que prevean planes de mitigación y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero u optimización del consumo de agua y energía, etc.

La interfase Sociedad-Tecnología, representa la manera que la sociedad interactúa con la tecnología, fundamentalmente demandando mayor información y conocimiento.

El núcleo de la interacción entre las tres dimensiones es el enfoque central de esta ENT. El análisis se realiza abordando el problema desde lo global y en las escalas regional y local, que impactan en las tres dimensiones del clima, tecnología y sociedad.



Basados en la concepción descripta, el análisis del área de estudio y priorización de tecnologías se estructura en torno a los siguientes aspectos:

6. Identificación de las redes de monitoreo del clima y del tiempo e hidrológicas en Argentina y su aporte a las redes internacionales.
7. Propuesta de mecanismos de coordinación y fortalecimiento de las redes a fin de mejorar la interrelación entre la situación global y la regional.
8. Identificación del estado del arte de instrumentos y monitoreo, a fin de mejorar la calidad de los datos y ampliar la cobertura espacial y temporal.
9. Propuesta de mejoras a los productos climáticos e hidrológicos, adaptando los modelos globales a los modelos regionales y locales, a fin de optimizar las herramientas de decisión.
10. Identificación de oportunidades tecnológicas para el desarrollo local de equipos para mediciones.

1.2. Caracterización de la Observación y medición de variables climáticas e hidrológicas. Nivel Internacional

1.2.1. Organización Internacional

En respuesta a las sugerencias de los diversos informes del IPCC sobre Cambio Global (IPCC, 2007), se ha implementado un sistema denominado Global Climate Observing System (GCOS) o - Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC)-, conformado por programas e instituciones internacionales que participan en la medición de las variables climáticas y oceanográficas, como por ejemplo la Organización Meteorológica Mundial (OMM)⁶, diversas agencias de Naciones Unidas, agencias de investigación de EE.UU., Europa, Japón, etc.

Algunos componentes del GCOS de observación internacional son: el Global Ocean Observing System (GOOS), el Global Terrestrial Observing System (GTOS), el Global Observing System (GOS), el Global Atmosphere Watch (GAW) estos 2 últimos dependientes de la OMM. Algunos programas científicos básicos asociados son el World Climate Research Programme (WCRP), y el International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), entre otros.

Los objetivos centrales del GCOS son:

- Caracterizar el estado global del sistema climático y su variabilidad.
- Monitorear las forzantes del sistema climático, incluyendo las contribuciones naturales y antrópicas.
- Apoyar las actividades de determinación y predicción de las causas del cambio global.
- Fomentar la adaptación de la información global a las escalas regionales y locales.
- Caracterizar el análisis de impacto para la adaptación a eventos extremos, determinando riesgos y vulnerabilidades.

⁶ En Argentina, el Servicio Meteorológico Nacional forma parte de la OMM.

A fin de cumplimentar con estos objetivos y el de concentrar los esfuerzos de monitoreo, el GCOS ha definido un conjunto de **variables denominadas “Variables Climáticas Esenciales” (VCE)**. Muchas de estas variables ya se miden actualmente o son factibles de medirse. La *Tabla 4.1* define estas variables esenciales de acuerdo al ámbito o dominio de medición.

Por razones prácticas, los datos climatológicos se han dividido en un número de categorías: datos de alta atmósfera; datos climatológicos en superficie, datos sobre radiación (en superficie); datos marítimos y oceánicos, datos de la criósfera, datos sobre la composición atmosférica, datos hidrológicos, y datos históricos y representativos.

Tabla 4.1: VARIABLES CLIMÁTICAS ESENCIALES (VCE), DEFINIDAS POR GCOS

DOMINIO		VARIABLES CLIMÁTICAS ESENCIALES
Atmosférico (sobre tierra mar e hielo)	Superficie	Temperatura del aire, precipitación, presión atmosférica, balance de radiación en superficie; velocidad y dirección del viento, vapor de agua.
	Altura (aire)	Balance de radiación solar, incluyendo irradiancia solar; temperatura en altura; velocidad y dirección del viento; vapor de agua; propiedades de las nubes.
	Composición	Dióxido de carbono; metano, ozono; otros gases de efecto invernadero ⁽¹⁾ ; propiedad de los aerosoles.
Oceánico	Superficie	Temperatura y salinidad superficial de los mares; nivel del mar, estado del mar; hielo marino, corrientes, color del océano (para actividad biológica), presión parcial del dióxido de carbono.
	Sub-superficie	Temperatura, salinidad, corrientes, nutrientes, carbón, trazadores oceánicos, fitoplancton.
Terrestre	Usos del agua, descarga en ríos ⁽²⁾ ; agua subterránea; niveles de lagos, cobertura de nieve, glaciares y capas de hielo; suelos permafrost o estacionalmente congelado; cobertura del suelo, incluyendo tipo de vegetación, fracción de radiación activa absorbida fotosintéticamente (fAPAR); índice de área foliar (LAI), biomasa; áreas afectadas por fuego.	

⁽¹⁾ Incluye el óxido nitroso (N2O), los clorofluorcarbonos (CFCs), los hidroclorofluorcarbonos (HCFCs), los hidrofluorcarbonos (HFCs), el hexafluoro de azufre (SF6), and perfluorocarbonos (PFCs).

⁽²⁾ Incluye escorrentía ($m^3 s^{-1}$), localización y tasas de extracción de agua subterránea ($m^3 a^{-1}$), extensión y cobertura de nieve (km^2), profundidad de nieve (cm), inventario de glaciares/capas de hielo: balance de masa ($kg m^{-2} a^{-1}$), longitud del glaciar (m), extensión (km^2), extensión del permafrost (km^2), perfiles de temperatura y espesor de la capa activa; biomasa por encima de la superficie (t/ha), área de incendios (ha), ubicación y fechas de los fuegos activos, eficiencia de quemado (%vegetación quemada / unidad de área).

Fuente: Global Climate Observing System (GCOS)

La implementación y medición de las Variables Climáticas Esenciales (VCE) se realiza desde diversas plataformas: avión, globo, satélite, estaciones terrestres o marinas a través de boyas o barcos.

Como ejemplo de interacción entre investigación, mediciones y modelos, se han realizado a nivel internacional numerosos esfuerzos. Así existen actualmente numerosos satélites científicos, por ejemplo la plataforma Earth Observation System⁷ (EOS), está dedicada a captar diversos parámetros, desde radiación global, temperatura, vapor de agua, precipitaciones, cambios de usos de suelos, entre otros.

Un programa internacional líder en esta materia es el proyecto Global Energy and Water Cycle Experiment⁸ (GEWEX) cuyo objeto es el de caracterizar el ciclo hidrológico global, a través del sensado remoto, las mediciones in situ, y el desarrollo de modelos.

Entre las recomendaciones claves, el GCOS sugiere la creación de redes nacionales y regionales a partir de programas nacionales propios. Pero también promueve la interrelación y adaptación de estos programas nacionales a fin de que se unan a esta estrategia internacional. En Argentina el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) actúa como organismo nacional o punto focal de contacto ante el GCOS, aportando su red de observaciones a esta red global.

Otra red internacional es el Committee on Earth Observation Satellites⁹ (CEOS). Esta fue creada en 1984 por el grupo de naciones G7 para coordinar los esfuerzos de diversas agencias espaciales respecto a misiones de plataformas satelitales (*Tabla 4.2*) optimizando tipos de observaciones, intercambio de datos y generando acuerdos entre las agencias participantes: European Space Agency (ESA), European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT), National Aeronautics and Space Administration (NASA), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) –EE.UU, Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). Por Argentina participa la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE).

Tabla 4.2.: TIPO DE INSTRUMENTOS SATELITALES

INSTRUMENTOS PARA LA MEDICIÓN DE QUÍMICA ATMOSFÉRICA

- Sondas para temperatura y humedad atmosférica.
- Radares para perfiles de nubes y lluvia.
- Radiómetros para balance radiativo terrestre.
- Imágenes ópticas de alta resolución.
- Radiómetros para imágenes multiespectrales (vis/IR).
- Radiómetros para imágenes multiespectrales (microondas pasivas).
- Radares en microondas y altímetros.
- Lidars.
- Instrumentos para campo magnético, gravedad y geodinámica.

Fuente: www.ceos.org

⁷ <http://eosps0.gsfc.nasa.gov/>

⁸ <http://www.gewex.org/>

⁹ <http://www.ceos.org>

Una de las actividades claves de coordinación de las redes internacionales para la detección del cambio climático es el mantenimiento de la calidad de los datos, la disponibilidad de los datos operacionales y científicos y la preparación de productos e informes especiales de asesoramiento a las autoridades nacionales e internacionales.

- Calidad de los datos: para mantenerlos se deben fortalecer los aspectos metodológicos instrumentales: mejorar y calibrar los equipos, aumentar la frecuencia de muestreo, agregar variables no medidas, comprobar y validar las series históricas; entre muchas otras recomendaciones. Esto incluye informar y conocer las incertidumbres asociadas y la preparación de una buena meta-data asociada a cada variable.
- Acceso y disponibilidad pública de datos: es uno de los objetivos primarios de la generación de datos climáticos. Para ello se han creado a nivel internacional Centros de Datos (Data Centers) especializados en cada variable (o grupo) esencial (VCE). A nivel local debe fortalecerse la creación y mantenimiento de centros de datos climáticos propios. En Argentina el SMN al formar parte de la OMM envía continuamente los datos registrados, según lo normado y establecido por ella a los correspondientes centros regionales y mundiales de datos. Sin embargo, existe todavía una alta reticencia por parte de los organismos públicos y de investigación a ceder sus datos y hacerlos públicos en bases de datos organizados. Para ello deberían revisarse las normativas vigentes.
- Generación de productos climáticos: es muy importante integrar y analizar espacial y temporalmente los datos recolectados en productos que proporcionen información útil para la toma de decisiones. Esta tarea demanda muchos recursos humanos especializados y computacionales. Además del SMN existen otros grupos y centros de investigación en Argentina que están capacitados para proveer esta tarea.
- Implementación de modelos globales y regionales: es una herramienta esencial en el análisis e interpretación de datos. Los modelos que estudian los intercambios atmósfera – hidrósfera son los llamados GCM acoplados (General Circulation Models). Estos modelos climáticos permiten realizar predicciones de tiempo y clima a nivel global, en una resolución geográfica de $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ (o 200 km x 200 km aproximadamente). Sin embargo a fin de resolver problemas de menor escala es necesario plantear modelos regionales tanto hidrológicos como atmosféricos.

1.2.2. Monitoreo climático

El requisito de la homogeneidad en los registros del clima toma su forma más estricta para las observaciones para la detección del cambio climático, exigiendo un alto estándar de calidad. Otro requisito básico es que la serie climatológica debe ser larga. Sin embargo, un dato importante a tener en cuenta es que la homogeneidad y la duración de una serie se relacionan entre sí de tal manera que cuanto más extensa sea la serie climatológica más estrictos los requisitos de homogeneidad deben ser. Un pequeño cambio en un momento dado en la magnitud de una variable debida, por ejemplo, a un cambio en el entorno de una estación, puede pasar desapercibida si la longitud de la serie es corta, ya que ese pequeño cambio no puede discernirse de la variabilidad natural. Sin embargo, a medida que la longitud de la serie se incrementa, un pequeño cambio tendrá más posibilidades de ser marcado como estadísticamente significativo.

Esto significa que la longitud de las series de datos actúa como una especie de lente de aumento para la detección de interrupción de la homogeneidad de la serie. Estos saltos de homogeneidad, de no ser correctamente identificados como falta de homogeneidad de la serie, serán

interpretados como un cambio en la señal del clima. De ello se desprende los esfuerzos extremos que deben hacerse a fin de evitar cualquier alteración que pueda introducir inhomogeneidades en la series de observaciones. A fin de sistematizar estos conceptos citamos los principios básicos para la observación de las variables climáticas esenciales.

a) Principios básicos

A continuación se presentan los 10 principios básicos del monitoreo o recomendaciones especificadas por la OMM para el monitoreo de variables climáticas, que servirán para definir las necesidades o revisar el estado del arte en el monitoreo climático de Argentina. Estos criterios se aplican a través del SMN.

1. Deben evaluarse el impacto de los nuevos sistemas o cambios en los sistemas existentes antes de su implementación.

En este contexto, se entiende por cambio relevante a aquellos que afectan a los instrumentos, la prácticas y lugares de la observación, las tasas de muestreo, entre otros. El ritmo del cambio en las redes de sistemas de observación se ha incrementado durante las últimas décadas y es muy probable que esta tendencia continúe. Muchos de estos cambios se introducen deliberadamente como resultado de la disponibilidad de nuevas tecnologías que mejoran la exactitud de las observaciones. Si la nueva tecnología es más confiable, debe darse continuidad y homogeneidad de los registros del clima por los climatólogos. Si los cambios son inevitables será necesario reducir al mínimo los efectos negativos de un cambio, desde el punto de vista de la homogeneidad de la serie de dato.

2. Deben superponerse los sistemas de observación nuevos y viejos durante un período adecuado.

Es importante implementar programas paralelos de observación entre los sistemas de observación existentes y su reemplazante (o entre los sitios meteorológicos nuevos y el viejo en el caso de reubicación), a fin preservar la continuidad y homogeneidad de los registros climáticos, aún a pesar de los costos adicionales que esto implica. Se debe dar prioridad a las estaciones que forman parte de redes especiales para la detección del cambio climático.

3. Deben documentarse los detalles y la historia de las condiciones locales, instrumentos, procedimientos operativos, los algoritmos de procesamiento de datos y otros factores pertinentes a la interpretación de los datos (es decir, los metadatos) y tratarlos con el mismo cuidado que los propios datos.

Los metadatos de buena calidad son ahora tan fundamentales para los servicios meteorológicos, en particular para las operaciones e investigación del clima, como los datos mismos. Hay una necesidad de acceso a los metadatos (es decir, preferentemente en formato electrónico) para: la interpretación de datos, control de calidad, selección de la red, monitoreo del desempeño de la red, las expectativas del cliente, los compromisos internacionales (por ejemplo, para las redes de superficie del SMOC), y la identificación y el ajuste de los registros del clima para detectar discontinuidades no climáticas. Por desgracia, los metadatos son frecuentemente incompletos, mal organizados y de difícil acceso. La mejora de este tema es un gran desafío para las organizaciones climáticas.

Es deseable que la gestión de los metadatos se realice a través de un sistema de base de datos electrónica, aunque los registros en papel deban todavía ser manejados y conservados en formato electrónico y/o en forma de microfilm/microficha si es posible. Los registros de la información de metadatos en planillas de cálculo puede ser una forma útil de asegurarlos en forma provisoria, sin embargo es preferible organizar una política de información más amplia y segura a fin de evitar que datos personales u otra información comercial confidencial, se distribuya sin la aprobación o consentimiento adecuado.

4. Debe evaluarse la calidad y homogeneidad de los datos periódicamente, como parte de las operaciones de rutina

Es importante que las responsabilidades para asegurar la calidad de los datos climáticos se distribuyan en toda la organización y no se consideren de exclusiva responsabilidad de los administradores de datos climáticos. Los servicios meteorológicos han de procurar establecer una clara política de gestión de datos con estrategias que impliquen un fuerte enfoque hacia la calidad de los datos, pasando por las instalaciones de laboratorio y estableciendo procesos que garanticen la calidad en el monitoreo en tiempo real, el control de calidad y el archivo de datos. Un tema clave sigue siendo las pruebas de homogeneidad de los registros meteorológicos (temperatura y precipitación, punto de rocío, velocidad y dirección del viento).

5. Deben integrarse los productos e informes sobre la vigilancia del clima con las prioridades de observación nacionales, regionales y mundiales.

Los climatólogos deben identificar las prioridades de observación de sus países sobre la base de las capacidades de las redes existentes y los sistemas para satisfacer una amplia gama de necesidades del clima. Igualmente los climatólogos deben asegurarse de que las redes proporcionan un muestreo espacial y temporal adecuado para asegurar la representatividad de las áreas monitoreadas. Para ello es conveniente adecuar, compatibilizar e integrar las recomendaciones de los informes de las agencias climáticas internacionales (IPCC, GCOS, GAW, SBSTA) a las prioridades nacionales.

6. Debe mantenerse la operación de estaciones y sistemas con series largas de registros-sin interrupciones

Este principio es otro que es fundamental para la producción de los registros del clima homogéneo y continuo. Se alienta a los países a identificar las estaciones en una serie de redes especiales establecidas para la vigilancia del clima de largo plazo. Dado que los cambios en los sistemas de observación son inevitables, es fundamental que los SMN e SHN tengan programas de gestión del cambio en el lugar, que incluyen programas paralelos de observación. Debe dedicarse mucho esfuerzo en asegurar la continuidad a largo plazo de los sitios críticos para el clima. Los países deben reconocer que sus estaciones con series largas de tiempo histórico climatológico constituyen patrimonio nacional, regional y mundial para sus naciones. En Argentina el SMN opera estaciones cuyos registros superan los 100 años de antigüedad.

7. Debe centrarse la mayor prioridad para observaciones adicionales en las regiones pobres de datos o con mala observación o resolución temporal inadecuada

Para ello es importante realizar una evaluación de la red nacional y regional. El desarrollo o uso de mejores tecnologías de observación debe centrarse en aquellas regiones cuyas observaciones han demostrado ser problemáticas (por ejemplo, precipitación en climas fríos). A menudo, estas regiones están asociadas con los ecosistemas que son sensibles al cambio climático y por lo tanto

las observaciones tienen una importancia adicional para las evaluaciones de los impactos climáticos y estudios de adaptación. Las prioridades también deben estar relacionadas con el tejido social, económico y ambiental del país. Por otra parte el diseño de redes nacionales puede contribuir a mejorar la red internacional sobre vigilancia del clima, mejorando la resolución espacial o temporal.

8. Deben especificarse al inicio del diseño e implementación del sistema a los diseñadores de una red, operadores e ingenieros sobre las necesidades a largo plazo y las frecuencias de muestreo.

La vigilancia del clima sostenible sólo puede lograrse a través de una comprensión compartida y acoplamiento considerable, entre la red de observación y los administradores de sistemas, administradores de datos y climatólogos. Los climatólogos deben estar preparados para responder a las demandas de mayor información, tratando de dar detalles de las necesidades nacionales de observación de una amplia gama de aplicaciones claves climatológicas (por ejemplo, análisis de la variabilidad del clima, la predicción del clima), los requisitos de calidad, densidad espacial, frecuencia de muestreo y requisitos de precisión.

9. Debe promoverse la conversión de los sistemas de observación para investigación a operaciones de largo plazo de manera cuidadosamente planificada.

Las necesidades del clima implican un compromiso a largo plazo para los sistemas de observación. Para aquellos sistemas que tienen potencial para la vigilancia del clima, es necesario desarrollar un plan de transición claro (de la investigación a las operaciones). Cualquier transición requerirá el desarrollo de la infraestructura de apoyo a las necesidades más amplias del cambio climático, como se viene desarrollando en esta sección.

10. Deben incorporarse los sistemas de gestión de datos que faciliten el acceso, uso e interpretación de datos y los productos como elementos esenciales de los sistemas de vigilancia del clima

Una de las principales diferencias entre los requisitos de observación del clima y el tiempo meteorológico se refiere al tratamiento de las observaciones más allá de unas pocas horas de su recolección. Mientras que el valor operacional de las observaciones de los meteorólogos por lo general se deprecia rápidamente, no así para los climatólogos.

Los sistemas de gestión de datos climáticos se sitúan entre los sistemas de observación y la producción de productos y servicios climáticos. Estos incluyen los sistemas de control de calidad, los metadatos, la relación entre los usuarios de datos y el sistema de observación y los administradores de red que ayudan a preservar la integridad de los datos climáticos. Una base de datos climáticos robusta y segura es la piedra angular para el desarrollo y suministro de productos y servicios de calidad. Las organizaciones deben esforzarse por desarrollar una política de gestión de datos que proteja a la totalidad de los datos observados y medidos, tanto los datos registrados en papel, como los recogidos por medios más directos.

b) Variables Climáticas Esenciales

Se presenta a continuación una breve lista de las principales variables climáticas esenciales (VCE), y la precisión que de ellas se requiere.

- **Temperatura:** tanto para la medición de temperatura del aire o de la superficie marina, la precisión debe ser de ± 0.1 K, y una precisión operativa de ± 0.2 K. Los valores extremos diarios deben tener una precisión de ± 0.5 K, sin embargo la precisión operativa debe ser nuevamente de ± 0.2 K.
- **Precipitaciones:** la precipitación (frecuencia, intensidad, tipo y cantidad) es una variable clave para determinar el estado del sistema climático. Debido a su alta variabilidad espacial y temporal necesita medirse a través de una red densa de observaciones a fin de determinar su variabilidad y extremos. La precisión para cantidad de precipitación debe ser de ± 0.1 mm si ≤ 5 mm, y $\pm 2\%$ si > 5 mm. Para profundidad de nieve la precisión debe ser ± 1 cm para ≤ 20 cm y $\pm 5\%$ si > 20 cm. La precisión operativa debe ser de $\pm 5\%$. Sin embargo esta precisión es muy sensible a la radiación y en particular al viento.

Las principales fuentes de errores provienen de a) la deformación sistemática de los campos de vientos encima del orificio del medidor (2-10% para lluvia y 10-50% para nieve); b) pérdidas de humedad en las paredes internas del colector y c) pérdidas de humedad en el recipiente cuando se vacía (2-15% en verano y 1-8% en invierno).

A fin de reducir estos errores debe tenerse en cuenta la ubicación de objetos cercanos al orificio u otros objetos que modifiquen los campos de viento. Debido a su alta variabilidad espacial y temporal, las observaciones sólo representan un área pequeña en torno a los datos. Por ello la combinación de información satelital, calibrada con datos de superficie puede colaborar a aumentar la precisión y cobertura de los datos de precipitaciones.

- **Otras variables claves:** una estación tipo debería contener al menos las siguientes observaciones: tiempo, viento, cantidad de nubes, tipo de nubes, altura de la base de nubes, visibilidad, humedad, temperatura (incluido los extremos), presión atmosférica, precipitación, cobertura de nieve, radiación solar o heliofanía, temperatura de suelos a 5, 10, 20, 50, 100, 150 y 300 cm o un subconjunto de ellos.

Las nevadas y el equivalente en agua de nieve se miden en la mayoría si no en todos los países con climas fríos de invierno, aunque estas observaciones no siempre se difunden fuera del país de origen. En cuanto a la radiación solar, se mide la componente global, directa y difusa. Otro elemento importante es la radiación descendente de infrarrojos (terrestre / de onda larga).

Todas estas lecturas deberían hacerse en forma horaria o por lo menos 3 veces al día. Con la incorporación de estaciones meteorológicas automáticas, se pueden obtener lecturas cada 10 minutos. La resolución debería ser de:

- Humedad: punto de rocío y temperatura: ± 0.5 K, humedad relativa: $\pm 3\%$
- Presión atmosférica: ± 0.1 hPa
- Viento: velocidad: ± 0.5 m/s para ≤ 5 m/s; $\pm 10\%$ para > 5 m/s; dirección: $\pm 5\%$; ráfagas: $\pm 10\%$

– Heliofanía: ± 0.1 h

- **Mediciones de altura:** las mediciones de temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento y la nubosidad en la estratosfera baja y la troposfera son esenciales para los estudios de la circulación atmosférica y muchas aplicaciones meteorológicas (por ejemplo, para la aviación). El GCOS Upper Air Network (GUAN) usa radiosondas para proporcionar datos cruciales para la detección del cambio climático. La influencia del entorno en una estación es menos crucial para las observaciones en altitud que el de las mediciones de la superficie. Excepto por alguna influencia en la capa límite, las observaciones de radiosondas no están generalmente afectadas por algún cambio ambiental. Sin embargo las variaciones por cambio en los instrumentos de observación tienen generalmente un impacto mucho mayor en observaciones de altura.
- **Composición química:** las mediciones de la composición química atmosférica son esenciales a fin de vigilar el forzamiento del sistema climático, tanto naturales como antrópicos, y por lo tanto su importancia en la predicción del cambio climático es crucial. La Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG), llevada a cabo bajo los auspicios de la OMM, en la actualidad cuenta con una red para determinar las tendencias a largo plazo en la media global de las concentraciones de gases de efecto invernadero no reactivos.
- El **ozono**, no solo es un gas de efecto invernadero, sino que juega un papel en la filtración de la radiación UV del sol a través de la capa de ozono. La vigilancia de este gas de efecto invernadero depende de datos complementarios de satélite y mediciones in situ. Estos últimos no están bien distribuidos, y por lo tanto hay una necesidad de mejorar el monitoreo de la capa de ozono con medidas en el sitio (ozono total y perfiles de la columna vertical). Las concentraciones de aerosoles en la atmósfera tienen una influencia significativa en la temperatura atmosférica. El IPCC identifica los aerosoles, como el componente del clima de mayor incertidumbre y hay pocas mediciones sistemáticas de estos. La fuente más completa para la observación de los aerosoles es la profundidad óptica medidos por instrumentos desde satélites y desde tierra. Además, se requiere de mediciones rutinarias del perfil vertical de dispersión desde tierra y/o satélite (por ejemplo por medio de LIDAR).
- **Instrumentos satelitales de observación terrestre:** el uso de satélites de observación terrestre global, se ha convertido en la principal herramienta para la cobertura de todo el planeta de las VCE (Tabla 4.3). La ventaja de estos instrumentos es la posibilidad de cubrir toda la superficie terrestre y marina aún en zonas poco pobladas o deshabitadas con el mismo instrumento. La desventaja es su alto costo de implementación y elaboración de datos. Estas mediciones se complementan, calibran y validan con mediciones aéreas, superficiales tanto terrestres como oceanográficas.

Tabla 4.3: PRINCIPALES VARIABLES CLIMÁTICAS Y SU PLATAFORMA SATELITAL

VARIABLES	PLATAFORMA
Propiedades de las nubes (cantidad, prop. ópticas, altura)	MODIS, GLAS, AMSR-E, MISR, AIRS, ASTER, SAGE III
Flujos de energía radiactiva (atmósfera alta, superficie)	CERES, ACRIM III, MODIS, AMSR-E, GLAS, MISR, AIRS, ASTER, SAGE III
Precipitación	AMSR-E
Química troposférica (ozono, gases precursores)	TES, MOPITT, SAGE III, MLS, HIRDLS, LIS

Química estratosférica (ozono, ClO, BrO, OH, gases trazas)	MLS, HIRDLS, SAGE III, OMI, TES
Propiedades de los aerosoles (estratosféricos, troposféricos)	SAGE III, HIRDLS, MODIS, MISR, OMI, GLAS
Temperatura atmosférica	AIRS/AMSU-A, MLS, HIRDLS, TES, MODIS
Humedad atmosférica	AIRS/AMSU-A/HSB, MLS, SAGE III, HIRDLS, Poseidon 2/JMR/DORIS, MODIS, TES
Rayos (eventos, área, estructura)	LIS
Irradiancia solar total	ACRIM III, TIM
Irradiancia solar espectral	SIM, SOLSTICE
Cobertura y cambios en el uso del suelo	ETM+, MODIS, ASTER, MISR
Dinámica de la vegetación	MODIS, MISR, ETM+, ASTER
Temperatura superficial	ASTER, MODIS, AIRS, AMSR-E, ETM+
Ocurrencia de incendios (extensión y anomalías térmicas)	MODIS, ASTER, ETM+
Efectos volcánicos (frecuencia de ocurrencia, impacto, anomalías térmicas)	MODIS, ASTER, ETM+, MISR
Humedad superficial	AMSR-E
Fitoplancton & materia orgánica disuelta	MODIS
Campos de vientos superficiales	Sea Winds, AMSR-E, Poseidon 2/JMR/DORIS
Topografía de la superficie del océano (altura, olas, nivel del mar)	Poseidon 2/JMR/DORIS
Hielo continental (topografía de las capas de hielo, volumen, cambios en los glaciares)	GLAS, ASTER, ETM+
Hielo marítimo (extensión, concentración, temperatura)	AMSR-E, Poseidon 2/JMR/DORIS, MODIS, ETM+, ASTER
Cobertura de nieve	MODIS, AMSR-E, ASTER, ETM+

Fuente: http://eospso.gsfc.nasa.gov/ftp_docs/measurements.pdf

Argentina ha puesto recientemente en órbita el satélite SAC-D/Aquarius¹⁰ como cooperación de diversas universidades y centros de investigación argentinos. Este proyecto está vinculado a la evaluación global de variables sensibles al cambio global.

- **Observaciones sobre el mar:** además de su uso en la planificación operativa de las actividades marinas, la información sobre el clima de los océanos es esencial para comprender y predecir la evolución de la variabilidad climática, incluyendo el cambio.

¹⁰ **SAC-D (Satélite de Aplicaciones Científicas – D/ Aquarius)** construido por empresa INVAP Sociedad del Estado y lanzado 2011. Permite la observación climáticas y oceanográficas. Contiene 7 instrumentos para estudiar el medioambiente y un paquete de demostración tecnológica. Su instrumento primario, Aquarius destinado a medir la salinidad de los océanos, es operado por la NASA de Estados Unidos. El SAC-D es operado por la CONAE, la agencia espacial argentina. La misión Aquarius forma parte del programa EOS de la NASA, destinado a recolectar datos por largos periodos de tiempo de la superficie de la tierra, la biosfera, la atmósfera terrestre, y los océanos.

Es necesario realizar el seguimiento del calor almacenado en el océano y los intercambios de calor, humedad, cantidad de movimiento y especies de gases en la atmósfera. Los elementos clave son el aire y la temperatura superficial del mar, punto de rocío, la visibilidad, el tiempo, la dirección y velocidad del viento, la presión, la información sobre las nubes y el período de las olas, altura y dirección.

La temperatura superficial del mar es la variable más crítica para aplicaciones y modelos de relación atmósfera-océano. Además de las variables de la superficie atmosférica, otros elementos muy importantes son la salinidad superficial del mar, y la presión parcial de dióxido de carbono, (pCO_2). El color del océano se utiliza para indicar la actividad biológica.

Las observaciones de las corrientes oceánicas, la circulación termohalina y la estructura tridimensional de la temperatura y la salinidad son necesarias para determinar el transporte y almacenamiento de calor y carbono.

Debe prestarse especial atención en las regiones costeras, a las corrientes de borde, o las regiones de desbordamiento, las variables biogeoquímicas, y la productividad primaria. El hielo marino es importante como indicador del cambio climático, así como a través de su realimentación por el albedo y su impacto sobre los ecosistemas polares.

Las mediciones de buques de observación voluntaria (VOS) y boyas son cruciales en el análisis estacional o interanual del cambio climático o las predicciones a más largo plazo.

c) Monitoreo de variables hidrológicas

Los servicios hidro-meteorológicos entre otras, tienen la responsabilidad de vigilar los eventos hidrológicos, la planificación hidrológica, proporcionar predicciones y avisos y requieren medir variables específicas.

Estas variables o fenómenos no han sido tradicionalmente consideradas variables climáticas, sin embargo la prioridad en la descripción del ciclo hidrológico, el cual juega un papel importante en la variabilidad del clima y son claves en los modelos de predicción.

Ejemplos de estos parámetros son estados de los ríos, lagos y nivel de embalse, el caudal, el transporte de sedimentos y/o deposición, las tasas de recarga, temperaturas del agua y la nieve, la capa de hielo, la calidad del agua, las propiedades químicas del agua, evaporación, humedad del suelo, nivel freático, y la extensión de una inundación.

- **Variables, exactitud recomendada en instrumentos hidrológicos:**

La *Tabla 4.4* presenta la exactitud recomendada (niveles de incertidumbre) expresada al 95 por ciento del intervalo de confianza para las principales variables hidrológicas:

Tabla 4.4: VARIABLES HIDROLÓGICAS. EXACTITUD RECOMENDADA	
Precipitación (cantidad y forma); 3-7%	Concentración de sedimento suspendido; 10%
Intensidad de la lluvia; 1 mm/h	Transporte de sedimento suspendido; 10%
Espesor de nieve (puntual); 1 cm debajo de 20 cm o 10% sobre 20 cm	Transporte de carga de fondo; 25%
Contenido de agua en la nieve; 2,5-10%	Temperatura del agua; 0,1-0,5°C
Evaporación (puntual); 2-5%, 0,5 mm	Oxígeno disuelto (temperatura del agua superior a

	10°C); 3%
Velocidad del viento; 0,5 m/s	Turbidez; 5-10%
Nivel del agua; 10-20 mm	Color; 5%
Altura de ola; 10%	pH; 0,05-0,1 unidad de pH
Profundidad del agua; 0,1 m, 2%	Conductividad eléctrica; 5%
Anchura de la superficie del agua; 0,5%	Espesor de hielo ; 1-2 cm, 5%
Velocidad de la corriente; 2-5%	Capa de hielo; 5% para 20 kg/m ³
Caudal; 5%	Humedad del suelo; 1 kg/m ³ 20 kg/m ³

1.2.3. Redes y Centros Internacionales

Las redes de monitoreo de datos internacionales están asociadas a los Centros de Datos específicos. El objeto de estos centros de datos es:

- Habilitar el acceso universal y equitativo de información y datos científicos.
- Facilitar el mejor acceso a los datos.
- Controlar la calidad de los datos.
- Mantenimiento de las bases de datos.
- Coordinación de la red de generadores.

Estos centros de datos pueden ser unificados o descentralizados.

a) Centros de datos climáticos

La *Tabla 4.5* muestra algunos centros de datos mundiales o nacionales dedicados al mantenimiento de bases de datos climáticos.

Tabla 4.5: CENTROS DE DATOS MUNDIALES EN TEMAS AMBIENTALES

1. Atmospheric Radiation Measurement (ARM) Program Data Archive	10. NOAA National Climatic Data Center (NCDC)
2. Banchory Research Station, Centre for Ecology and Hydrology (CEH), UK	11. NOAA, National Environmental Satellite, Data, and Information Service (NESDIS)
3. Canada Centre for Remote Sensing, Natural Resources Canada	12. NOAA National Geophysical Data Center (NGDC)
4. Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC)	13. United Nations Environment Programme/Global Resource Information Database (UNEP/GRID) Clearinghouse Node at USGS EDC
5. Centro de Previsao de Temp e Estudio Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), Marine and Atmospheric Research	14. WMO World Data Centre for Greenhouse Gases (WDCGG)
6. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Data Distribution Centre (DDC)	15. Department of Atmospheric Science, Colorado State University
7. Modelling & Integration Research Division of Air Quality Research Branch, Meteorological Service of Canada (MSC), Environment Canada	16. Earth System Science Center, The Pennsylvania State University
8. NASA Goddard Institute for Space Studies (GISS)	Free University of Berlin, Institute of Meteorology, Section of Remote Sensing, Germany
9. NOAA Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory (CMDL)	17. Global Land Cover Facility (GLCF), University of Maryland
	18. National Center for Atmospheric Research (NCAR)

La *Tabla 4.6* muestra por ejemplo la organización pública de la base de datos de la OMM sobre gases de efecto invernadero (WDGCC)¹¹ que se aloja en Japón. En cada fila se establece el link a la estación y bases de datos correspondientes. La *Figura 4.2* muestra un recorte de la página disponible con los datos de Ushuaia incorporada a la WDCGG.

En la *Figura 4.3* se resumen brevemente las funciones y organización del centro de datos WDCGG. En esta se destacan las funciones de recolección de datos a los generadores o fuentes de datos, luego existe una validación, control de calidad y reformateo de la información. Lo cual se incorpora a la base de datos. En esta se preparan diversos productos con los datos almacenados (tablas, gráficos, informes) que se difunden al público en general y especialistas.

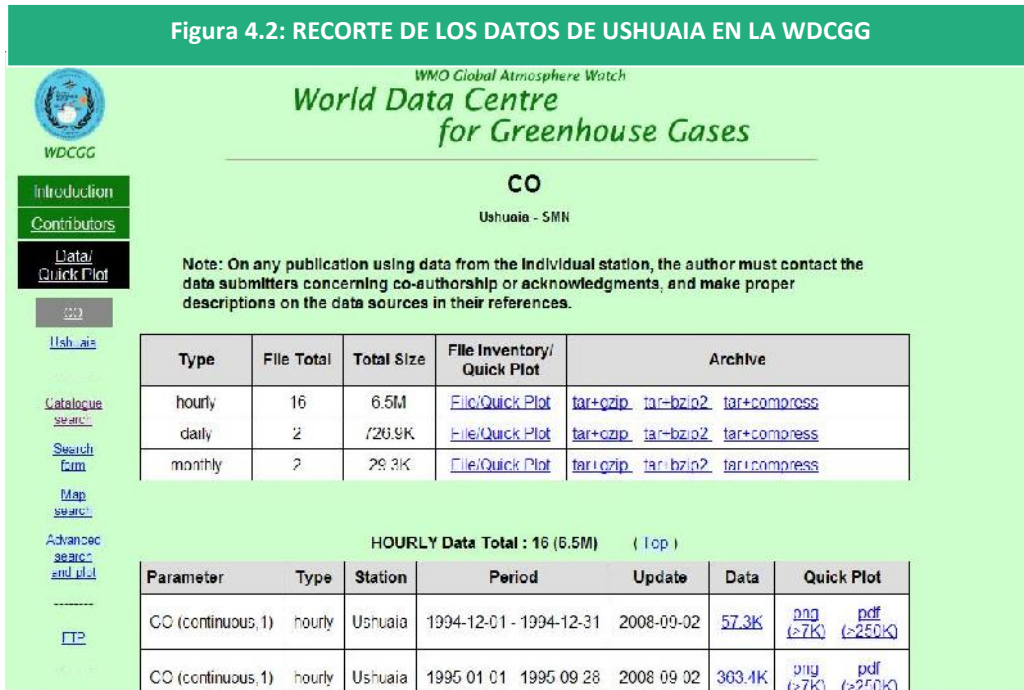
Tabla 4.6: BASES DE DATOS DE GEI DE LA OMM (WDGCC)

Total = 334 Download archives of the data listed below Download metadata csv file			
Station Name	Country/Territory	Contributor	Parameter
Ähtäri	Finland	FMI	NO ₂ , O ₃ , SO ₂
Adrigole	Ireland	AGAGE	<u>CCl₄, CFCs,</u> <u>CH₃CCl₃, N₂O**</u>
Aircraft (over Bass Strait and Cape Grim) *	Australia	CSIRO	<u>13CO₂, CH₄,</u> <u>CO, CO₂, H₂,</u> <u>N₂O*</u>
Aircraft Observation of Atmospheric trace gases by JMA *	Japan	JMA	CH ₄ , CO, CO ₂ , N ₂ O
.....(**)			
Urawa	Japan	Saitama	<u>CO₂*, MET</u>
Ushuaia	Argentina	SMN	CO, O ₃ , MET
Utö	Finland	FMI	NO ₂ , O ₃ , SO ₂
Varna *	Bulgaria	NIMH	NO ₂ , SO ₂
Viana do Castelo	Portugal	IM	SO ₂
Vindeln	Sweden	IVL	O ₃
Virolahti	Finland	FMI	NO ₂ , O ₃ , SO ₂
..... (**)			
Westerland *	Germany	UBA	<u>CO₂** , O₃,</u> <u>MET</u>
Western Pacific *	United States of America	NOAA/ESRL	¹³ CH ₄ , ¹³ CO ₂ , C ¹⁸ O ₂ , CH ₄ , CO ₂ , MET

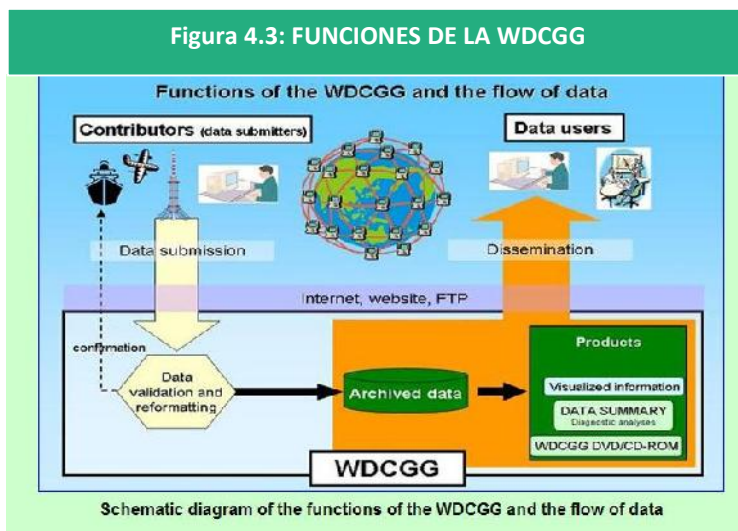
¹¹ <http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/>

Yonagunijima *	Japan	JMA	CH ₄ ^{**} , CO, CO ₂ ^{**} , O ₃ , MET
----------------	-------	-----	---

(**) Nota: se ha realizado un recorte a modo de ejemplo.



Fuente: <http://gaw.kishou.go.jp/cqi-bin/wdcqg/download.cgi?index=USH354S00-SMN¶m=200620717&select=inventory>



Fuente: <http://gaw.kishou.go.jp/wdcg/introduction.html>
Centro o Servicio Hidrológico

b) Centros o Servicios Hídricos

La misión principal de un centro o servicio hidrológico¹², o de un organismo equivalente, es suministrar información (*Tabla 4.7*) a los decisores sobre el estado y la evolución de los recursos hídricos del país (*Figura 4.4*).

Para satisfacer las diversas necesidades, un servicio hidrológico debe:

a) establecer las necesidades de los usuarios actuales o futuros en materia de información sobre los recursos hídricos;

b) determinar las normas (exactitud, precisión, frecuencia, disponibilidad, etc.) de los datos que se requieren para satisfacer esas necesidades;

c) diseñar y establecer redes hidrométricas para medir los diferentes tipos de datos requeridos; se necesitan tanto redes de uso específico como redes básicas y complementarias, definiendo la adquisición del instrumental apropiado y/o promoción de la fabricación del mismo a través de los mecanismos existentes del sistema de CyT.

d) establecer métodos para la transferencia de información desde los sitios de medición hasta otras localidades de la región en las que sea representativa;

e) recoger datos y mantener el control de calidad del proceso de recopilación de datos mediante la inspección de los equipos y las prácticas de campo;

f) procesar y archivar los datos y mantener un control en la calidad y seguridad de los datos archivados;

g) facilitar a los usuarios el acceso a los datos, para los períodos, los lugares y de acuerdo con las características solicitadas, sobre todo la difusión de predicciones hidrológicas y alertas; la publicación de anuarios de datos básicos en papel, microfichas, o sistemas informatizados compatibles. Además la preparación de informes sobre los recursos hídricos, con un resumen de datos analizados; por ejemplo, la publicación de atlas hidrológicos o la creación de bases de datos en sistemas de información geográfica; la preparación de material informativo o didáctico para

Tabla 4.7: USOS DE LA INFORMACION

- a) Evaluación de los recursos hídricos de un país (cantidad, calidad, distribución temporal y espacial), el potencial para el desarrollo de este recurso y la capacidad de satisfacer la demanda actual y futura;
- b) Planificación, el diseño y la ejecución de proyectos hídricos;
- c) Evaluación de los efectos ambientales, económicos y sociales de las prácticas de gestión, actuales o previstas, de los recursos hídricos, así como la adopción de políticas y estrategias adecuadas;
- d) Evaluación de las repercusiones en los recursos hídricos de las actividades de otros sectores, como la urbanización o la explotación forestal;
- e) Seguridad de personas y bienes frente a los riesgos relacionados con el agua, en particular las inundaciones y las sequías.

¹² Los aspectos generales son también válidos para un Servicio Meteorológico.

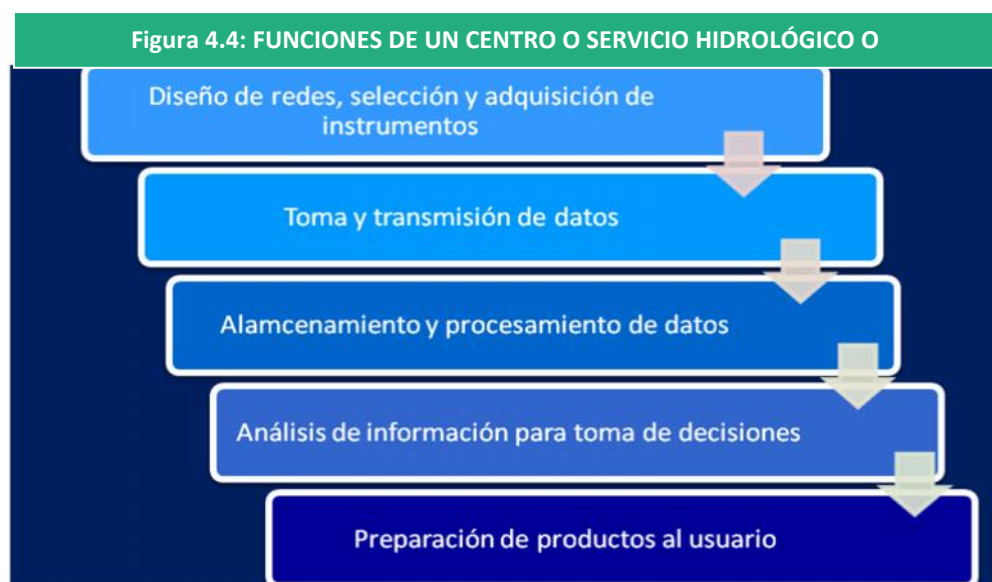
ser utilizados por el público en general, los medios de información y las escuelas y la información para el diseño de proyectos y en especial sobre las frecuencias de caudales extremos.

h) informar a los usuarios potenciales de la información disponible y ayudarlos a hacer el mejor uso de ella;

i) crear nuevas técnicas y realizar investigaciones sobre los procesos hidrológicos y conexos para ayudar al usuario a interpretar y comprender los datos;

j) fomentar la formación continua del personal y otras actividades relacionadas con la calidad, como la preparación de manuales de instrucción e informes de evaluación de nuevos instrumentos;

k) asegurar la coordinación con otros órganos que obtengan información relativa al agua o sobre otras cuestiones importantes como la hidrogeología, el uso del agua, la topografía, la utilización de la tierra o la información climática.



Los principales elementos del sistema hidrológico que se deben examinar para realizar una evaluación básica de los recursos hídricos son: caudales afluentes, almacenamiento y caudales efluentes.

En muchos casos, se podrían necesitar otros tipos de datos, como los de los niveles de agua subterránea y la calidad del agua, el uso del agua (consumo, caudales para riego, usos no consuntivos, como la demanda biológica de oxígeno (DBO) de los vertidos de residuo en un curso de agua, etc.) y los datos no hidrológicos, por ejemplo, la proporción de agua utilizada en actividades de recreación, el volumen de peces de río capturado, entre otros. Sin embargo, la actividad fundamental de la mayoría de los servicios hidrológicos sin duda es suministrar información sobre:

- la cantidad de agua: volumen, variabilidad anual y valores externos.

- la calidad del agua: resulta cada vez más importante en numerosos países por diversas razones, como la importancia que tiene para el consumo (doméstico, industrial y agrícola), la explotación y la utilización de los cursos de agua (la pesca, la piscicultura y las actividades de recreación) y la preocupación ecológica (eutrofización de lagos, deterioro de los ecosistemas de agua dulce y los estuarios).

- **Desarrollo y gestión de los recursos hídricos.**

FUNCIONES DE DESARROLLO Y GESTIÓN	SECTORES ESPECÍFICOS DE LOS RECURSOS HÍDRICOS
Hidrología de aguas superficiales	Uso del agua en la agricultura
Hidrología de aguas subterráneas	Abastecimiento de agua potable
Control de la calidad del agua superficial	Uso del agua en la industria
Control de la calidad del agua subterránea	Energía hidráulica
Información sobre la utilización del agua	Navegación
Desarrollo de los servicios de aguas superficiales	Control de crecidas
Desarrollo de los servicios de aguas subterráneas	Gestión de la sequía
Reutilización de las aguas usadas	Uso del agua con diversos fines
Gestión integrada de los recursos hídricos	
Gestión del uso del agua	
Gestión de las aguas residuales	
Fortalecimiento de las instituciones	
Legislación	
Enseñanza y formación profesional	
Desarrollo de los recursos humanos	

c) Programas internacionales de hidrología

Se mencionan brevemente algunos programas internacionales de hidrología funcionando en la OMM, definiciones básicas y requisitos para el monitoreo de las variables hidrológicas.

- **Programa de Hidrología y Recursos Hídricos (PHRH)**

A nivel Internacional la OMM coordina la hidrología operativa a través del Programa de Hidrología y Recursos Hídricos (PHRH). Este programa asiste a los Servicios Hidrológicos de los Miembros en materia de hidrología operativa y en la mitigación de los riesgos relacionados con el agua, como inundaciones y sequías. La hidrología operativa comprende:

1. la medición de los elementos hidrológicos básicos a partir de las redes de estaciones meteorológicas e hidrológicas: concentración, transmisión, proceso, almacenamiento, recuperación y publicación de datos hidrológicos básicos
2. la predicción hidrológica
3. la preparación y el mejoramiento de métodos, procedimientos y técnicas en materia de:
 - diseño de redes
 - características de los instrumentos
 - normalización de instrumentos y métodos de observación
 - transmisión y proceso de datos
 - suministro de datos meteorológicos e hidrológicos para efectos de diseño
 - predicción hidrológica

Cabe señalar que, en el presente contexto, los datos hidrológicos incluyen datos sobre la cantidad y la calidad de las aguas superficiales y las aguas subterráneas. La hidrología operativa está, por lo tanto, muy relacionada con la evaluación de los recursos hídricos.

- **Servicio de información hidrológica (INFOHYDRO)**

El Servicio de referencias e información sobre datos hidrológicos (INFOHYDRO) es un servicio encargado de la difusión de información sobre:

1. las organizaciones nacionales e internacionales (gubernamentales y no gubernamentales), instituciones y organismos relacionados con la hidrología
2. las actividades hidrológicas y conexas que realizan los organismos del punto 1)
3. las principales cuencas fluviales y lacustres internacionales del mundo
4. las redes de estaciones de observación hidrológica de los Miembros de la OMM: número de estaciones y períodos de registros
5. los bancos de datos hidrológicos nacionales: sistemas de recopilación, proceso y archivo de datos
6. los bancos de datos internacionales relacionados con la hidrología y los recursos hídricos

INFOHYDRO, como base de datos, no contiene o maneja datos hidrológicos, ni duplica los sistemas de referencias nacionales. Está diseñado para facilitar la rápida difusión de información hidrológica actualizada a los países miembros, en particular, para el beneficio de sus expertos, órganos, y empresas encargados de la evaluación, el desarrollo y la gestión de los recursos hídricos que requieren el apoyo de instituciones nacionales, regionales e internacionales relacionadas con la hidrología operativa. La

información disponible en INFOHYDRO ofrece una buena indicación de las actividades de evaluación de los recursos hídricos que realizan los países.

- **Centro Mundial de Datos de Escorrentía (CMDE)**

Otro centro de interés es el Centro Mundial de Datos de Escorrentía (CMDE). El banco de datos del CMDE contiene datos de caudales de 2930 estaciones de 131 países. Dispone de datos completos de caudales diarios de 1478 estaciones, así como de datos parciales de caudales diarios para la creación de otras 186 series de datos; 1266 estaciones suministran datos mensuales de caudales. El centro del banco de datos está compuesto de los datos diarios de caudales procedentes de 1237 estaciones de 75 países que anteriormente recopilaba la OMM en el marco del Programa de Investigación de la Atmósfera Global (GARP). Estas estaciones han sido seleccionadas según los siguientes criterios:

1. distribución geográfica nacional uniforme (de conformidad con las normas de la red), con mayores densidades en zonas donde el caudal presenta variaciones rápidas
2. cobertura, en la medida de lo posible, de cada tipo de región hidrológica homogénea de cada país
3. cuencas fluviales relativamente pequeñas (hasta alrededor de 5 000 Km², y en algunos casos excepcionales hasta 10 000 Km²)
4. datos de caudales que representan el caudal natural del río, es decir que se debieron corregir porque la desviación, abstracción, o redistribución por almacenamiento de agua es muy importante
5. registros de muy buena calidad

• Sistema de Hidrología Operativa para Fines Múltiples (HOMS)

En los últimos decenios se han hecho importantes progresos en la ciencia de la hidrología y en la tecnología y, se han aportado importantes contribuciones en el desarrollo y la gestión de los recursos hídricos. El HOMS transfiere tecnología hidrológica en forma de componentes separados que pueden tener muchas formas: series de diseños para la construcción (o manuales de instrucción) de equipos hidrológicos, informes para describir una amplia variedad de procedimientos hidrológicos, y programas informáticos, que cubren el proceso, control de calidad y archivo de datos hidrológicos, así como la modelización y el análisis de los datos procesados.

Existen unos 400 componentes disponibles cuyos autores los utilizan operativamente, garantizando así que cada componente es útil y realmente funciona. Hasta la fecha, 35 países han suministrado componentes al HOMS; cada uno tiene una descripción resumida de dos páginas, escrita en un formato modelo, con información sobre el contenido y las aplicaciones del componente, junto con detalles del autor y del apoyo disponible. La *Tabla 4.8* muestra el código de algunos documentos internacionales usados como referencia.

Tabla 4.8: VARIABLES Y DOCUMENTOS INTERNACIONALES DE USO HIDROLÓGICO. CÓDIGOS

COD	Variable / Documento	COD	Variable / Documento
C00	Generalidades	H16	Datos de calidad química
C05	Calidad del agua, instrumentos de control de varias variables	H21	Datos de calidad biológica
C06	Temperatura del agua	H25	Datos meteorológicos generales para uso en hidrología
C09	Carga de sedimentos	H26	Datos de precipitación, obtenidos por medio de diversos procedimientos, excepto radar
C10	Carga en suspensión	H33	Datos de precipitación obtenidos por radar

C12	Arrastre de fondo	H35	Datos de temperatura del aire
C14	Carga de lavado	H39	Datos de humedad del aire
C16	Calidad química	H41	Datos solares, horas de luz solar o radiación
C21	Calidad biológica	H45	Datos de evaporación
C25	Datos meteorológicos generales; estaciones climatológicas y meteorológicas	H52	Datos de viento
C26	Precipitación, generalidades	H53	Datos de nieve y hielo, capa de nieve, espesor y equivalente en agua
C27	Precipitación, pluviómetros manuales y totalizadores	H55	Datos de humedad del suelo
C30	Precipitación, pluviógrafos y pluviómetros telemétricos	H65	Datos de agua subterránea
C33	Precipitación, medición por radar	H70	Agua superficial (nivel y flujo) en general
C35	Temperatura del aire	H71	Datos de nivel del agua, nivel de río, niveles de lagos o embalses
C37	Temperatura del suelo	H73	Datos de caudal, todo tipo
C39	Humedad	H76	Dedución de curvas de caudales, conversión de nivel en caudal por medio de curvas de caudales
C41	Horas de luz solar	H79	Datos de velocidad del agua, cálculo del caudal a partir de mediciones de velocidad en puntos
C43	Radiación solar	H83	Procesamiento de la información histórica sobre crecidas
C45	Evaporación, generalidades	I05	Datos generales de calidad del agua
C46	Evaporación, tanques	I06	Datos de temperatura del agua (incluyendo el fenómeno de hielo en ríos)
C48	Evaporación, lisímetros	I09	Datos de transporte de sedimentos
C52	Dirección y velocidad del viento	I25	Datos meteorológicos generales para el uso en hidrología
C53	Nieve, espesor de manto, equivalente en agua	I26	Datos de precipitación
C55	Humedad del suelo	I36	Contaminación aerotransportada
C56	Humedad del suelo, muestreadores de suelo	I41	Datos solares, horas de luz solar o radiación
C58	Humedad del suelo, métodos nucleares	I45	Evaporación, generalidades
C60	Humedad del suelo, métodos eléctricos	I50	Evaporación, cálculo a partir de mediciones meteorológicas
C62	Humedad del suelo, tensiómetro	I53	Datos de nieve
C65	Agua subterránea, nivel	I55	Datos de humedad del suelo
C67	Agua subterránea, sensores para perforación	I60	Balance hídrico
C71	Nivel o altura del agua	I65	Niveles de agua subterránea
C73	Caudal, canal aforador, vertedero, métodos ultrasónicos, y electromagnéticos	I71	Datos de niveles de agua
C79	Velocidad del agua, molinetes hidrométricos o flotadores	I73	Datos de caudal
C85	Aforo de río, generalidades	I80	Cauces menores

C86	Aforo de río, teleféricos	I81	Crecidas y análisis de frecuencia de crecidas
C88	Aforo de río, grúas, puentes y pasarelas, malacates y tornos	J04	Predicción de flujos de corriente a partir de datos hidrometeorológicos
C90	Aforo de ríos, equipos para usar en botes	J10	Tránsito de flujos de corriente a efectos de predicción
C92	Mediciones de hielo	J15	Modelos combinados de predicción y de tránsito de flujos de corriente
E00	Generalidades	J22	Predicción de flujos estacionales
E05	Calidad del agua	J28	Predicción de caudales de estiajes
E09	Sedimentos	J32	Predicción de la humedad del suelo
E25	Observaciones meteorológicas aplicadas a la hidrología	J45	Predicción de hielo
E53	Nieve y hielo, glaciología	J54	Predicción de la temperatura del agua superficial
E55	Humedad del suelo	J55	Predicción de calidad del agua superficial
E65	Agua subterránea	J65	Predicción del aporte de sedimentos
E70	Agua superficial, nivel y flujo	J80	Análisis del rendimiento de modelos
E71	Nivel del agua	K10	Análisis regionales
E73	Medición del caudal, aforo por dilución	K15	Estudios de crecidas en lugares específicos
E79	Medición de velocidad, uso de molinetes hidrométricos	K22	Modelos de simulación lluvia escorrentía
E85	Medición de características hidrológicas a partir de mapas	K35	Simulación y tránsito de flujos de corriente
E88	Estudios de reconocimiento	K45	Tránsito a través de embalses y lagos
H00	Sistemas de proceso de diversos tipos de datos	K54	Estudios de temperatura del agua
H05	Datos generales de calidad del agua	K55	Estudios de calidad del agua
H06	Datos de temperatura del agua	K65	Estudios de sedimentos
H09	Datos de transporte de sedimentos		

1.2.4. Modelos de Circulación Global

Los modelos numéricos de circulación global (GCM) representan los procesos físicos climáticos que se desarrollan en la atmósfera juntamente con sus interacciones con el océano, la criosfera y la superficie terrestre (modelos acoplados). Estos modelos intentan simular las posibles variaciones del clima futuro ante el aumento de los gases de efecto invernadero. Estos modelos se construyen a través de una grilla 3-D con una resolución entre 200 y 500 km ($2^\circ \times 2^\circ$) aprox., 20 capas de alturas y 30 capas en las profundidades del mar. Sin embargo a medida que va creciendo la capacidad computacional, esta resolución se va haciendo menor (*Figura 4.5.*). De todos modos, estos modelos permiten estudiar los posibles cambios de largo plazo, como los usados por el IPCC¹³. Esta escala es, sin embargo, muy gruesa para poder analizar los impactos regionales, o estudiar en detalle procesos de escalas menores como los que ocurren en la física de nubes, o la presencia de lagos o ríos.

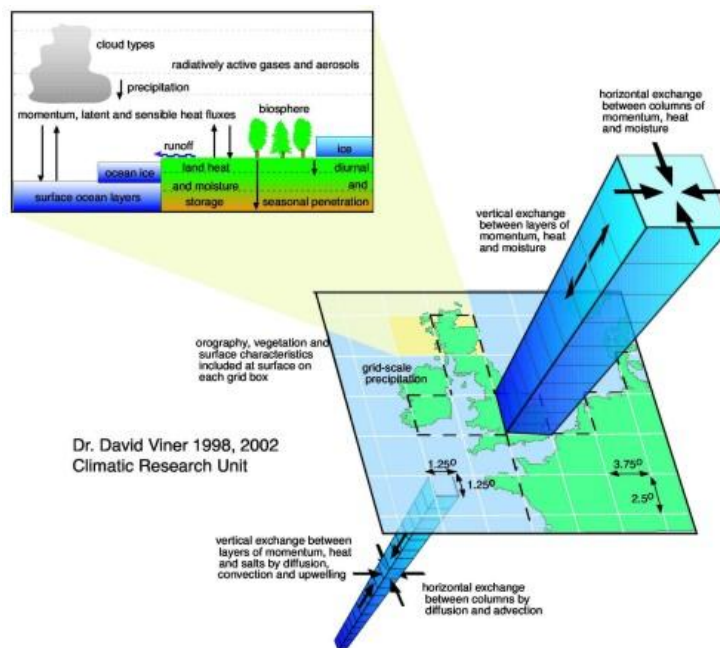
Estos procesos menores se incluyen en los modelos globales a través de efectos promedios conocidos como parametrizaciones, aunque introducen una incertidumbre importante. Para

¹³ http://www.ipcc-data.org/ddc_gcm_guide.html

mejorar el estudio en escalas menores y reducir las incertidumbres producidas por estas parametrizaciones, se implementan modelos regionales acoplados a los GCM que permiten realizar análisis de impacto más detallados.

Algunos modelos globales acoplados más usados son los siguientes:

Figura 4.5: ESQUEMA DE LOS MODELOS DE CIRCULACIÓN GLOBAL



Fuente: (http://www.ipcc-data.org/ddc_gcm_guide.html)

El Servicio Meteorológico de Inglaterra, a través del Hadley Centre ha desarrollado y actualizado diversos modelos globales, siendo probablemente el pionero en este tipo de modelos (Cullen, 1993). El primer modelo ampliamente usado fue el HadCM2. Actualmente tiene en funcionamiento Hadley Centre Global Environment Model version 3 (HadGEM3).¹⁴ Incluye un modelo de atmósfera completamente acoplado a modelos de físicos y biológicos de océanos, capas polares y interacción terrestre (Mitchell *et al.*, 1995; Johns *et al.*, 1995; Airey *et al.*, 1995; Madec and Imbard, 1996)

Community Earth System Model (CESM)¹⁵ desarrollado y mantenido por la Climate and Global Dynamics Division (CGD) de la National Center for Atmospheric Research (NCAR) y financiado por la National Science Foundation (NSF) y el U.S. Department of Energy (DOE).

El modelo climático ECHAM (Roeckner *et al.*, 1996) ha sido desarrollado por el Instituto Max-Planck de Hamburgo¹⁶ que se acopla al modelo de océano (OPYC3) (Oberhuber, 1993; Bacher et

¹⁴ <http://www.metoffice.gov.uk/research/modelling-systems/unified-model/climate-models/hadgem3>

¹⁵ <http://www.cesm.ucar.edu/>

¹⁶ <http://www.mpimet.mpg.de/en.html>

al., 1998; Oberhuber et al., 1998; Zhang et al., 1998). Actualmente el MPI está desarrollando y actualizando sus modelos, produciendo los modelos MPIOM (interacción hielo-océano); HAMOCC circulación global de los océanos, ICON (modelo de ecuaciones no hidrostáticas de atmósfera, acoplado al ECHAM5 (GCM).

Otros modelos acoplados atmósfera-océano (Abe-Ouchi et al., 1996) han sido desarrollados por los institutos Center for Climate System Research (CCSR) – U. Columbia¹⁷ y National Institute for Environmental Studies, Japón (NIES)¹⁸.

1.3. Observación y medición de variables climáticas e hidrológicas. Nivel Nacional

1.3.1. Identificación de actores claves

En Argentina existen en la actualidad diversas redes independientes (Tablas 4.9 a 4.11) que tienen injerencia en la detección de las variables climáticas esenciales (VCE).

La

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6 muestra un esquema conceptual de las redes y actores claves involucrados en la observación hidrometeorológicas y las siguientes tablas detallan las redes existentes.

Tabla 4.9.: RED METEOROLÓGICA

Principalmente operada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN);
Operada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA);
Otras instituciones, principalmente universidades e institutos de investigación, pero que no están en red, algunas están disponibles por internet;
Operadores privados: empresas petroleras, mineras, aeroclubes, etc.

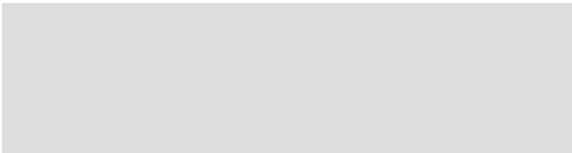
Radares meteorológicos :
SMN, INTA, Prov. de Mendoza (Contingencias Climáticas Provincial), Prov. Jujuy (Lucha antigranizo red de tabacaleros)

Tabla 4.10: REDES HIDRO-METEOROLÓGICAS

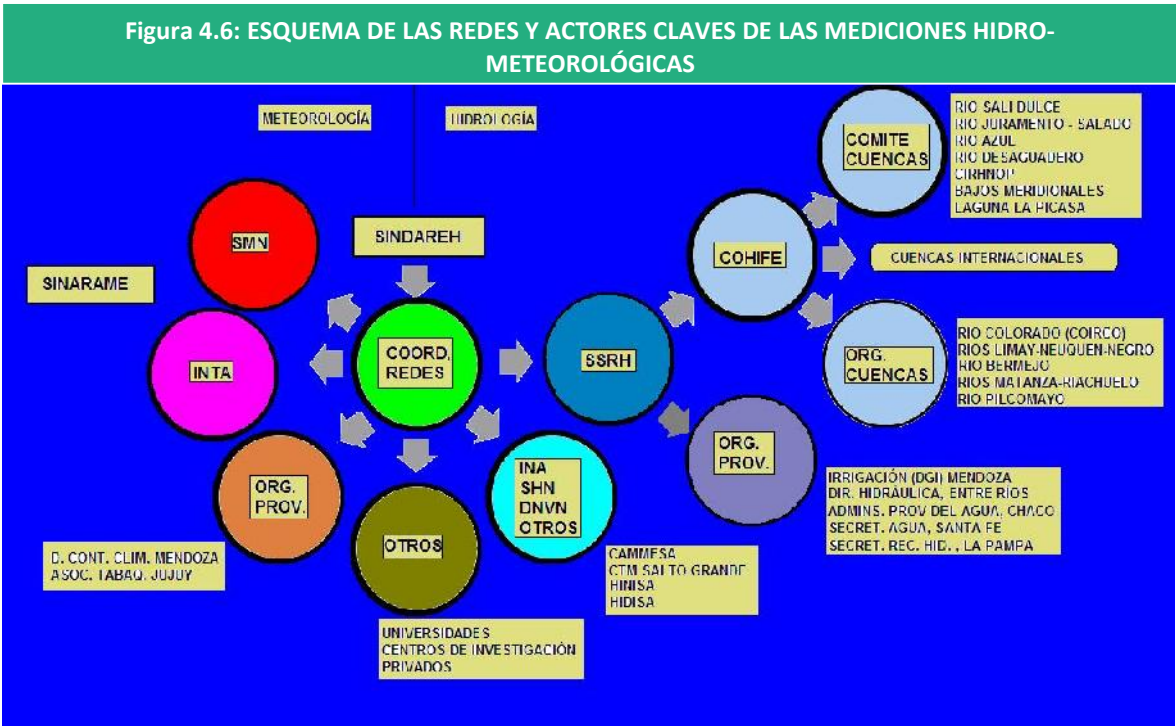
Principalmente operada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN);
Operada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA);
Otras instituciones, principalmente universidades e institutos de investigación, pero que no están en red, algunas están disponibles por internet;
Operadores privados: empresas petroleras, mineras, aeroclubes, etc.
Operada por la SSRH y disponible en Internet.
Operadas en las sedes del Instituto Nacional del Agua (INA)
Operadores de presas hidráulicas para la generación eléctrica.
Organismos hídricos provinciales.
Comités u organismos de cuenca.
Servicio de Hidrografía Naval (SHN)
Servicio de Meteorología de la Armada (SMARA)

¹⁷ <http://www.ccsr.columbia.edu/>

¹⁸ <http://www.nies.go.jp/gaiyo/index-e.html>



Fuente: Elaboración propia



Desde el punto de vista de su dependencia, se pueden reorganizar los actores en:

ORGANISMOS NACIONALES
Servicio Meteorológico Nacional (SMN)
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
Servicio de Hidrografía Naval (SHN)
Dirección Nacional de Vías Navegables (DNVN)
Instituto Nacional del Agua (INA)
Institutos de Investigación: IANIGLA (dependencia de CONICET)
Otros
ORGANISMOS PROVINCIALES
Departamento General de Irrigación (DGI) y Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas (DAC) (ambas de la Prov. de Mendoza)
Dirección de Hidráulica de Entre Ríos
Administración del Agua de Chaco
Secretaría de Agua de Santa Fe
Secretaría de Recursos Hídricos de la Pampa
Otros

ORGANISMOS DE CUENCA
COIRCO
COREBE
AIC
PILCOMAYO
otros
OPERADORES HIDROELECTRICOS
CAMMESA
AIC
HINISA
HIDISA
Operadores de Embalses
otros
REDES DE ALERTA
REDES LOCALES
REDES VIALES

El Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME) tiene por objeto coordinar los radares existentes: 3 controlados por el INTA (Paraná, Pergamino y Anguil), 1 por el SMN (Ezeiza), 2 por la Dirección de Contingencias Climáticas (Mendoza), y 1 por la Asociación de Tabacaleros de Jujuy. Adicionalmente se están construyendo 2 nuevos radares Doppler Polarimétricos que se instalarán en Bariloche y Córdoba.

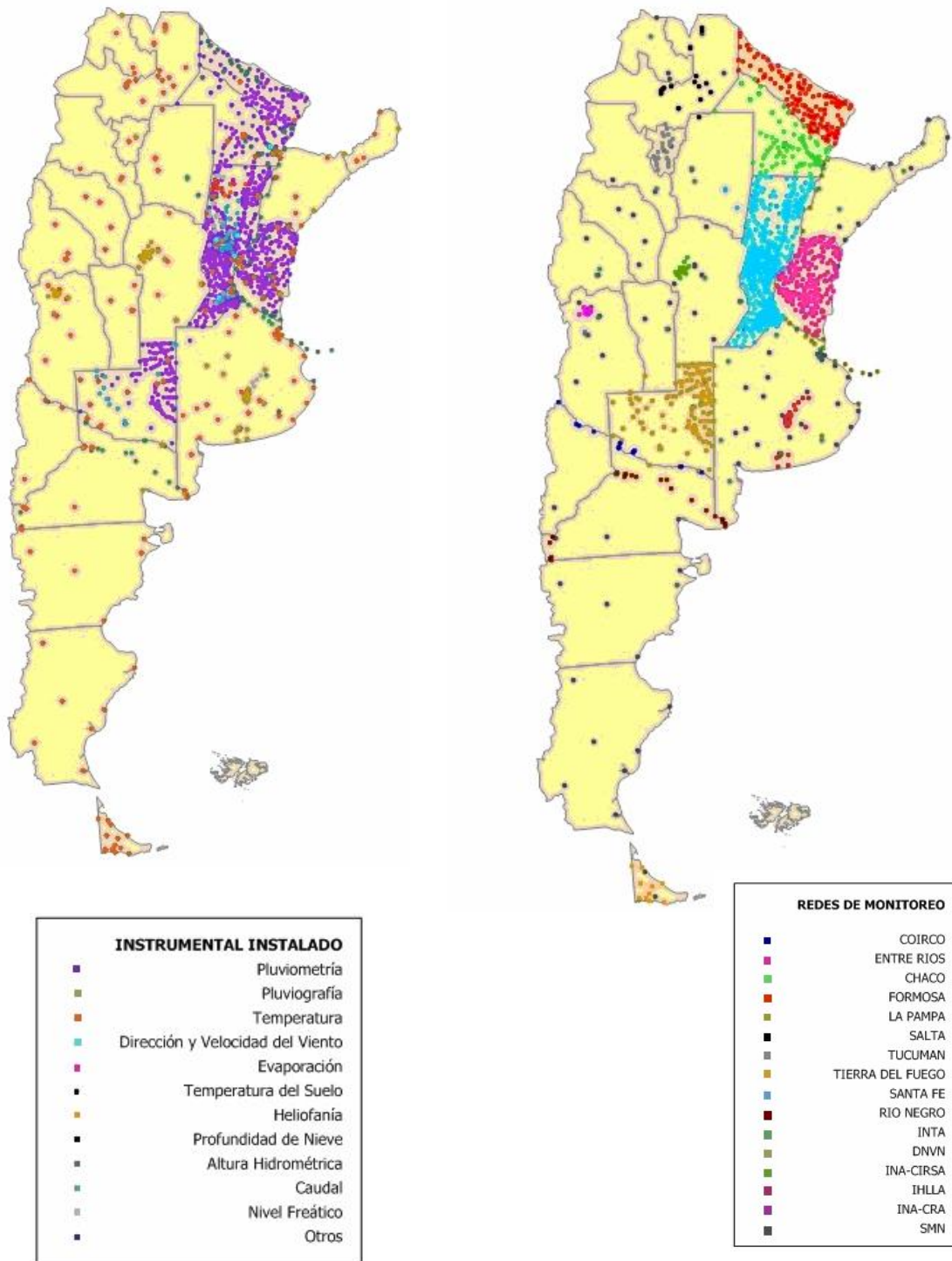
A estos radares le seguirán eventualmente otros radares que se irán instalando en otras zonas del país. A esta red de nuevos radares se les adicionará una red de pluviómetros, a fin de calibrar las precipitaciones medidas por los mismos. El INTA ya ha dispuesto de 12 estaciones automáticas con información pluviométrica en el área de cobertura de sus radares.

Una alternativa para integrar la red de estaciones meteorológicas con los operadores privados, universidades, entre otros, es organizar una red cooperativa, como la propuesta en Estados Unidos (COOP stations¹⁹). Los potenciales generadores de datos se asocian libremente a esta red y aportan la información en un formato apropiado, de acuerdo al convenio suscrito vía web.

¹⁹ <http://www.weather.gov/om/coop/>

Figura 4.7: REDES DE MONITOREO EN ARGENTINA

Instrumental actual utilizado	Redes de Monitoreo
-------------------------------	--------------------



Fuente: Inventario de redes y monitoreo, SINDAREH, gentileza Oscar Duarte, Dirección de Hidráulica de Entre Ríos

1.3.1.1. Redes hidrometeorológicas

Mientras que el recurso hídrico tiene múltiples actores nacionales y provinciales, la generación de datos meteorológicos básicos superficiales se centra principalmente en tres organismos, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), la Subsecretaría de Recursos Hídricos (SSRH) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Adicionalmente existen algunos organismos provinciales o de cuencas, especialmente los que tienen que ver con la prevención de accidentes climáticos como la Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas (Mendoza) e indirectamente algunos organismos que miden parámetros hidrometeorológicos (p.ej. Departamento General de Irrigación, Mendoza).

Otra diferencia interesante con la red hídrica, compuesta por organismos oficiales, es que la red meteorológica cuenta con una amplia red informal de datos capturados por universidades, centros de investigación, aeródromos, empresas privadas (mineras, petroleras, viales), y aficionados particulares.

Estos operadores varios, no siempre están activos, y su calibración y funcionamiento no siempre es segura en especial para los sensores de precipitación, radiación solar o UV, que a veces acompañan a las estaciones automáticas o manuales. Con la debida consideración a la calidad e incertidumbre de estos datos estas estaciones informales podrían complementar la red del INTA, SSRH y SMN.

a) Servicio Meteorológico Nacional

El Servicio Meteorológico Nacional²⁰, en su carácter de miembro activo de la OMM y siguiendo las normas y procedimientos recomendados internacionalmente, mantiene en operación una vasta red de estaciones meteorológicas en toda la extensión del territorio nacional (Figuras 4.8 y 4.9).

Figura 4.8: ESQUEMA CONCEPTUAL DE LA RED DEL SMN

El SMN, es el único organismo oficial que tiene por objeto mismo la detección de las variables climáticas esenciales (VCE).

La mayoría son estaciones climáticas o sinópticas manuales con información horaria.

Fuente: <http://www.smn.gov.ar/?mod=acerca&id=2>

Figura 4.9 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DEL SMN EN EL TERRITORIO ARGENTINO



²⁰ <http://www.smn.gov.ar>

Fuente: <http://www.smn.gov.ar/?mod=acerca&id=2>



En el diseño de estas redes se han tenido en cuenta, en forma prioritaria, las necesidades nacionales de datos meteorológicos, tratando asimismo de contribuir en forma simultánea, al desarrollo de los programas internacionales en vigencia. Las redes de observación se diferencian entre sí por el tipo de observaciones que se realizan, el instrumental que utilizan, la frecuencia de las observaciones, la forma en que se transmiten esos datos y la finalidad de los mismos.

La Red de Estaciones Sinópticas de superficie está compuesta por 117 estaciones que toman datos horarios durante las 24 horas del día de parámetros meteorológicos tales como: temperatura, humedad, presión atmosférica, viento en superficie, ocurrencia de fenómenos meteorológicos, tipo y cantidad de nubosidad.

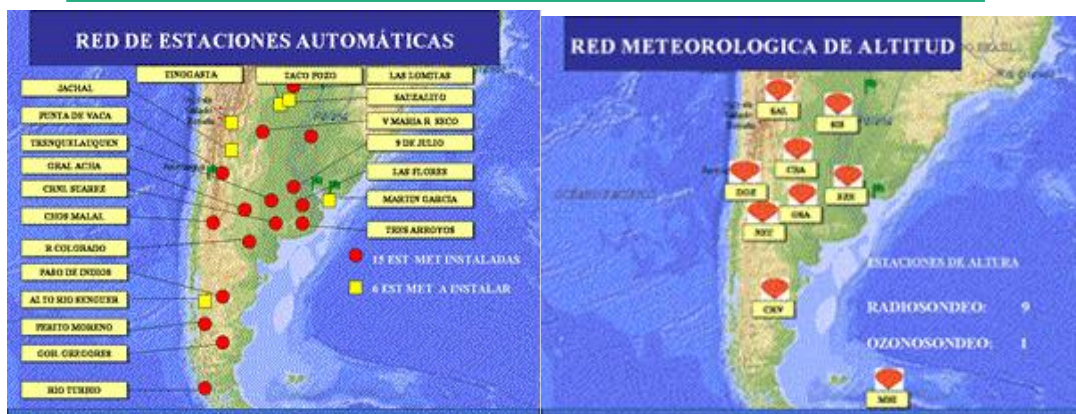
Los datos obtenidos de estas estaciones se someten a un proceso de consistencia básico en la misma estación a través de un sistema automático denominado Sistema de Observación Meteorológica (SOM) y luego son transmitidos en tiempo real a un centro de comunicaciones para su difusión nacional e internacional.

Una parte de esta red (67 estaciones) integra la Red Sinóptica Básica Regional (RSBR) destinada al intercambio internacional y regional de datos meteorológicos, que se realiza a través del Centro Regional de Telecomunicación Buenos Aires, como contribución directa a programas de la Vigilancia Meteorológica Mundial. A esta contribución se deben sumar las 5 estaciones sinópticas de superficie instaladas en las bases antárticas operadas por la República Argentina, de las cuales tres (Orcadas, Esperanza y Marambio) han sido reconocidas internacionalmente como de referencia, en virtud de la calidad de los datos y la extensión de su serie en el tiempo.

Además el SMN mantiene en operación una Red de Estaciones Climáticas en las que se realizan observaciones 3 veces por día con el fin de obtener registros que se ingresan a la base de datos existentes para el estudio del clima. Algunas estaciones de esta red, seleccionadas por su largo record y por la calidad de sus observaciones integran la red de estaciones climáticas de referencia, que conforman la base del Sistema Mundial de Observación Climática (SMOC).

Otro componente importante de la red de observación lo constituyen las estaciones especiales. Dentro de ellas se destacan las estaciones aeronáuticas, que realizan observaciones para el apoyo a la navegación aérea nacional e internacional, siendo la más moderna la ubicada en el Aeropuerto Internacional Ministro Pistarini (Ezeiza), equipada con un sistema automático de observación que permite la operación en Categoría III del citado Aeropuerto.

Figura 4.10: LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS Y DE ALTITUD (RADIOSONDEO)



Fuente: <http://www.smn.gov.ar/?mod=acerca&id=2>

Actualmente el SMN cuenta con 16 estaciones automáticas (Figura 4.10), que permiten obtener datos para fines sinópticos, transmitiéndolos vía satélite. Se destaca, entre ellas, la estación de Punta de Vacas, en la provincia de Mendoza, por encontrarse a 2400 metros sobre el nivel medio del mar y las recientemente instaladas en Isla Martín García y Pontón Recalada, dada su importancia para la navegación en el Río de la Plata.

La Red Sinóptica de Observación en Altitud está compuesta por 8 estaciones en el territorio continental. En las mismas, se realiza diariamente el lanzamiento de un globo sonda que transporta un sistema de posicionamiento global (en inglés GPS) para medir temperatura, presión, humedad y viento desde el suelo hasta la estratósfera (aproximadamente 30 Km. de altitud). Integra además esta red, la estación de altitud emplazada en la Base Marambio (Antártida), la que además de las mediciones convencionales de altitud, registra la distribución vertical del ozono (ozonosondeo).

Integra también el conjunto de estaciones especiales, la Estación para la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG), ubicada en Ushuaia (Tierra del Fuego), la que por sus características es única en el país; y las estaciones de medición de ozono total, ozono superficial, radiación ultravioleta y radiación solar global, directa y difusa, ubicadas en otras estaciones seleccionadas y en observatorios meteorológicos de la Red (Figura 4.11).

La Argentina participa, a través de estas estaciones especiales, en el Programa de la Vigilancia de Atmósfera Global (VAG) de la OMM. Este programa es considerado el componente de química atmosférica del Sistema de Observación Climática Global (en inglés, GCOS). Alrededor de 80 estados forman parte del Programa VAG, el que incluye aproximadamente 300 estaciones, de las cuales sólo 22 son de referencia globales.

Figura 4.11: LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE RADIACIÓN Y OZONO



Fuente: <http://www.smn.gov.ar/?mod=acerca&id=2>

Para dar una idea de la importancia de la estación VAG emplazada en el extremo sur de nuestro territorio continental, basta mencionar que Ushuaia es una de las seis nuevas estaciones científicas del Programa para la Vigilancia de la Atmósfera Global instaladas durante los últimos años en distintos lugares del mundo y en la actualidad es la única estación que se encuentra operativa en América del Sur. Esta estación emplazada en la Isla Grande de Tierra del Fuego a nivel del mar y sobre las costas del Canal Beagle, es operada merced a un convenio entre el SMN y el gobierno provincial desde septiembre de 1994 y suministra observaciones de gran valor científico por su cercanía al vórtice polar, contribuyendo con ello al monitoreo del así llamado "agujero de ozono" y de la radiación ultravioleta-B. Entre las actividades que se llevan a cabo en la mencionada estación se destacan:

- Evaluación de gases de efecto invernadero, su transporte y transformación de las regiones sub-antárticas. Identificación de fuentes oceánicas y sumideros de gases de invernadero.
- Estudio de las interacciones entre los bajos niveles de ozono, los CFCs, el monóxido de carbono y la radiación ultravioleta-B, en las regiones sub-antárticas.
- Ozono, columna total (con espectrofotómetro Dobson) y ozono troposférico.
- Programa de muestreo por Flask.
- Radiación solar global, directa, difusa y UVB.
- Programa de medición y monitoreo de Cloro Fluor Carburos y Clorofluocarbonos.
- Parámetros meteorológicos.
- Hollín en hidrocarburo.
- Policíclicos.
- Monóxido de carbono.
- Aerosoles.

- Química de la precipitación.

En cuanto al estado de otras redes, si bien en el último período se ha registrado una sensible disminución en cuanto a la cantidad de las estaciones freaticométricas, pluviométricas y algunas evaporimétricas, el SMN ha encarado un programa tendiente a automatizar la consistencia y el tratamiento de las series de datos disponibles. Asimismo, continúa realizando significativos esfuerzos para incrementar esas observaciones a través de convenios con otros organismos nacionales y provinciales.

Actualmente el Departamento Redes de la Dirección Logística tiene a su cargo la responsabilidad del soporte logístico y técnico que permite el funcionamiento de las redes de observación. En particular, la Gerencia de Investigación, Desarrollo y Capacitación asume la responsabilidad de mantenimiento de las redes de Ozono, radiación, contaminación y geomagnetismo. El cumplimiento de esta tarea, incluye la planificación de nuevas instalaciones meteorológicas, el asesoramiento técnico específico a otros organismos interesados en instalar estaciones de medición, la inspección periódica de las estaciones y la supervisión de los métodos empleados para las observaciones y para la confección de los mensajes producidos por las estaciones.

Al caudal de datos proveniente de la red de estaciones fijas, se suman los informes suministrados por los buques reclutados por el SMN en el marco del Sistema de Observación Voluntaria (SOV) de la OMM y los provenientes de empresas aerocomerciales que contribuyen con notificaciones aéreas (denominadas AIREPs) en el espacio aéreo nacional. Respecto de este último punto, el SMN se encuentra evaluando la factibilidad de implementar un programa para la recepción de datos meteorológicos proveniente de aeronaves en forma automática, conocido internacionalmente como AMDAR (Aircraft Meteorological Data Relay), contribuyendo de este modo a proveer datos meteorológicos en tiempo real para la seguridad de la navegación aerocomercial nacional e internacional, en un área con escasa disponibilidad de información (cono sur y áreas oceánicas adyacentes).

b) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) posee una red de datos pluviometeorológicos cuyo objetivo es el asesoramiento a los productores agrícolas además de investigaciones propias. Por lo tanto, no todas las estaciones son aplicables a la investigación del cambio climático con largas series de datos superficiales. La red consta de aproximadamente 35 estaciones manuales ubicadas en las estaciones experimentales (EE) que datan de los años 1960-70 y otras 50 estaciones automáticas ubicadas en sus propios predios (EE) o en campos de los productores u otras instituciones que cooperan con el INTA. Las primeras estaciones automáticas se adquirieron en el año 2000. Muchas de estas estaciones automáticas son del tipo Davis, iMetos o Nimbus. Los datos de las estaciones automáticas están disponibles en la web: <http://www.inta.gov.ar/info/estmet.htm>.

Además, de las estaciones ya citadas, corresponde mencionar que está en marcha un proyecto de construcción de 150 estaciones automáticas de diseño propio (en participación con la UTN F.R. Avellaneda), de las cuales se han terminado y distribuido aproximadamente un tercio. Los datos de las estaciones se ubican en forma provisoria en la página de Internet <http://www.siga.inta.gov.ar>.

c) Subsecretaría de Recursos Hídricos

La Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación coordina diversos organismos y esfuerzos orientados a mantener el **Sistema Nacional de Información Hídrica (SNIH)**. Opera la Red Hidrológica Nacional (RHN) desde el diseño y mantenimiento, cumpliendo con la función de recolectar, procesar y almacenar los datos básicos obtenidos de la misma para ser utilizados por los organismos nacionales, provinciales e interjurisdiccionales relacionados con los recursos hídricos, el medio ambiente y el público en general. La RHN opera como resultado de una licitación por un operador privado (EVARSA).

Esta información, disponible on line (*Figura 4.12*), es prioritaria para conocer el estado y dinámica de los recursos hídricos con precisión, en cantidad y calidad, a fin de permitir un correcto diseño y construcción de los diversos tipos de obras de infraestructura (viales, hidráulicas, portuarias, etc.) y lograr un eficiente aprovechamiento del agua para sus múltiples usos (agua potable, energía, riego, industrial, minero, turístico, etc.) constituyéndose en el componente esencial de todo proceso de planeamiento y gestión en un marco de desarrollo sostenible. A fin de complementar la mediciones efectuadas actualmente, es intención densificar la RHH incrementado el número de estaciones de medición, así como integrando las redes de organismos nacionales, provinciales e interjurisdiccionales, facilitando el intercambio **de información**. **En este sentido se está conformando la Base de Datos Hidrológica Integrada.**

Figura 4.12: BASE DE DATOS DE LA SSRH

Estación (Río-Longitud)	Latitud	Longitud
Sección: BARRANCAS - BARRANCAS	35° 46' 26,41"	69° 50' 30,24"
Sección: CHICO - LAS LOICAS	30° 47' 34,40"	70° 00' 20,00"
Sección: COLORADO - BUTA RAQUIL	37° 24' 34,40"	69° 44' 48,10"
Sección: COLORADO - LOBEJUNADOR DUVAL	38° 11' 18,00"	69° 26' 11,30"
Sección: COLORADO - PICHU MAHUIDA	38° 40' 17,90"	69° 58' 53,20"
Sección: COLORADO - PUESTO HERINDEZ	38° 24' 49,00"	69° 00' 33,00"
Sección: CURA CO - PICHU MAHUIDA	38° 10' 40,00"	69° 10' 40,00"
Sección: GRANDE - BARDAS BLANCAS	39° 51' 59,00"	69° 41' 44,00"
Sección: GRANDE - LA ESTRELLA	39° 35' 18,10"	70° 11' 19,30"
Sección: GRANDE - LA GÓTERA	39° 02' 19,90"	69° 00' 27,40"

Fuente: <http://bdhi.hidricosargentina.gov.ar/sitioweb/frmlnicial.aspx>

Organismos o cuerpos colegiados consultivos de la SSRH son:

- Consejo Hídrico Federal (COHIFE);
- Comités de Cuencas;
- Organismos de Cuencas.

El COHIFE es un ámbito de discusión, concertación y coordinación de la política hídrica nacional en el que participan las provincias, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y la SSRH.

Los Comités de Cuenca están integrados por representantes de las jurisdicciones autónomas. Su objetivo es procurar acuerdos -que deberán ser avalados por los gobiernos provinciales- sobre el intercambio de información hidrometeorológica, sobre la priorización de problemas y oportunidades de alcance interjurisdiccional, así como sobre el diseño y la organización de la implementación de acciones relacionadas con los temas priorizados²¹. Algunos de estos comités son:

- Río Sali-Dulce.
- Río Juramento-Salado.
- Río Azul (ACRA).
- Laguna La Picasa.
- Región Hídrica Bajos Submeridionales.
- Región Hídrica del Noroeste de la Llanura Pampeana (CIRHNOP).
- Río Desaguadero.
- Autoridad Interjurisdiccional de la cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC).

Los Organismos de Cuenca son responsables de la ejecución de los acuerdos interjurisdiccionales alcanzados en los Comités de Cuenca, cuando su tamaño o complejidad excede las capacidades de los organismos provinciales o nacionales existentes y/o plantea dificultades para lograr la coordinación entre ellos.

- Río Colorado (COIRCO).
- Cuencas Ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC).
- Matanza-Riachuelo (CEMR).
- Río Bermejo (COREBE).
- Entes binacionales.

d) Redes hidrológicas

La Red Hidrológica Nacional (RHN) se constituye a partir de la Red de Hidrología Nacional básica dependiente de la SSRH, creando un banco de datos hidro-meteorológicos, cuyos principales objetivos son:

- Operar y mantener la red hidrológica nacional básica.
- Comprar instrumental.
- Integrar información con otras redes.
- Mantener actualizado el banco de datos hidrológicos.
- Asegurar el suministro de la información a los usuarios a través de la web.
- Publicar periódicamente la estadística hidrológica.

²¹ www.hidricosargentina.gov.ar

La RHN (superficiales y de vías navegables) de la SSRH se forma de tres componentes (incluyen a las del SMM e INTA descritas en la sección anterior):

- 1) Red Hidrometeorológica: Comprende a las estaciones meteorológicas en su conjunto o a estaciones individuales evaporimétricas, pluviométricas o pluviográficas. Corresponden en su gran mayoría y a nivel de Organismos Nacionales al Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la SSRH (*Figura 4.7*). La RHN, actualmente es operada a través de terceros y cuenta con 369 puntos de medición, en muchos de los cuales se observan tanto parámetros hidrológicos como meteorológicos. A continuación se resume la cantidad (en paréntesis) y tipos de estaciones de la red actual, agrupadas en función de los parámetros que miden:
 - Estaciones de Medición de Contenido de Agua en Nieve (6)
 - Estaciones de Medición de Precipitación (155)
 - Estaciones Meteorológica (46)
 - Estaciones remotas: Estación Maestra Receptora (1); Estación Remota de Medición de Agua en Nieve y Temperatura (6)
- 2) Red hidrométrica de medición de niveles y aforos en los grandes cursos fluviales, ríos Paraná, Paraguay y Uruguay, fundamentalmente desarrolladas para apoyo a la navegación y en su mayoría corresponden a nivel de organismos Nacionales; a la Dirección Nacional de Vías Navegables (DNVN), Prefectura Naval Argentina (PNA) y SSRH:
 - Estaciones de Medición de Alturas Hidrométricas y Aforos Líquido y Sólido (41)
 - Estaciones de Medición de Alturas Hidrométricas y Aforo Líquido (122)
 - Estación de Medición de Alturas Hidrométricas (96)
- 3) Red hidrométrica-hidroambiental de medición de niveles, aforos líquidos y sólidos y calidad de aguas en el resto de los cursos de agua. A nivel de Organismos Nacionales pertenecen principalmente a la red nacional de la SSRH (*Figura 4.13 y Figura 4.14*).

Mediante Licitación Pública Nacional destinada a la "Ampliación y modernización de la Red Hidrológica Nacional, adquisición de datos y tareas accesorias", la SSRH implementará la automatización de todas las estaciones existentes de la RHN (aproximadamente 370) e incorporará aproximadamente 150 sitios de medición nuevos, dotados de la última tecnología en lo que refiere a monitoreo de variables hidrometeorológicas.

La incorporación de nuevas estaciones permitirá incrementar el número actual de observación de la red a más de 600 sitios de observación de variables hidrológicas e hidrometeorológicas. Este sistema de monitoreo hidrológico incluye dataloggers, gabinetes para resguardo del instrumental, sensores pluviométricos, sensores hidrométricos de radar, de presión y de boya y contrapeso, sensores meteorológicos, sondas multiparamétricas para campañas de monitoreo de calidad de agua, torres soporte del equipamiento, elementos conectores y todos los accesorios necesarios para la renovación, actualización e instalación y puesta en marcha y funcionamiento a pleno del sistema de monitoreo.

Figura 4.13: REDES HIDROMETEOROLÓGICAS DE LA SSRH

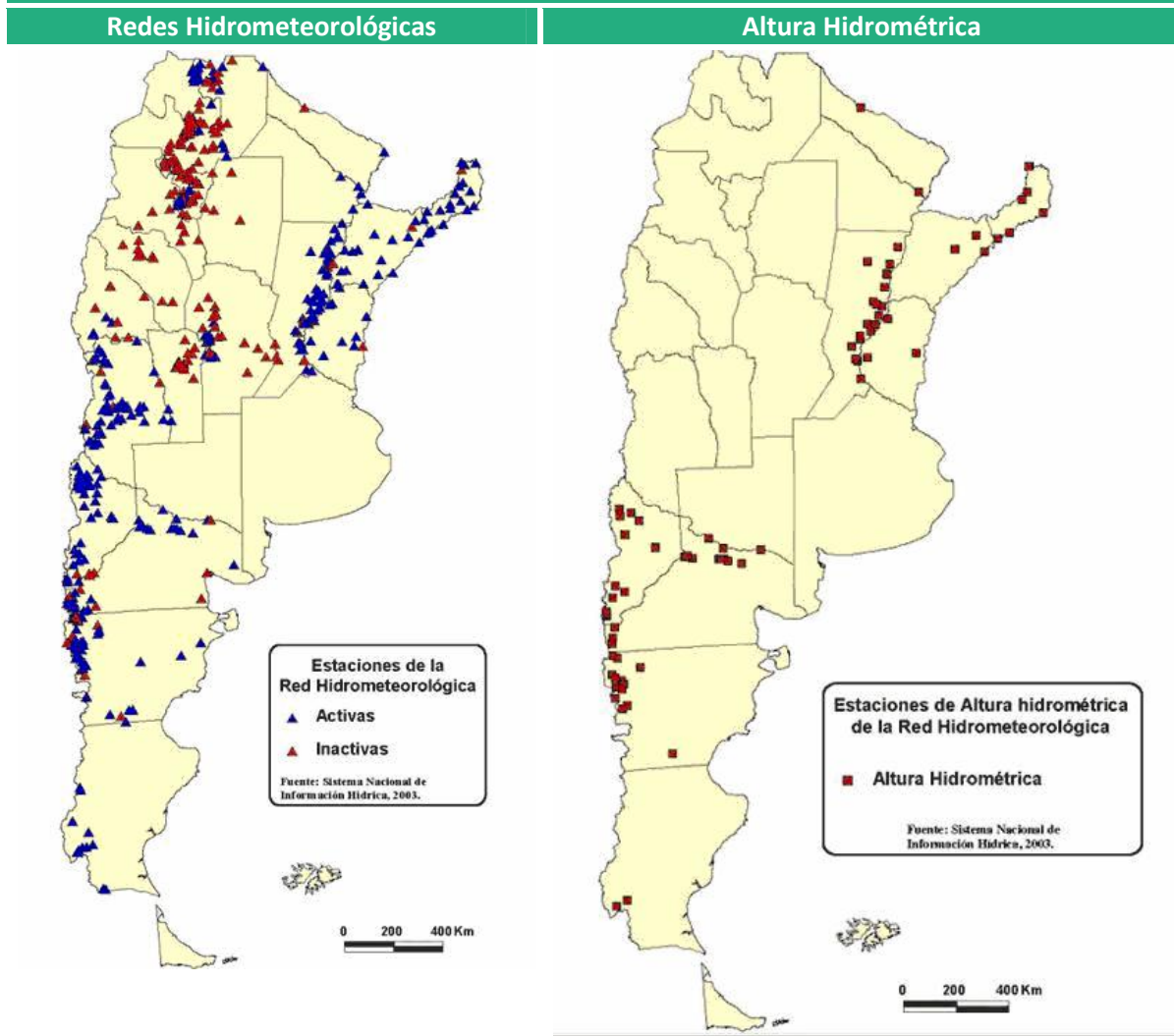
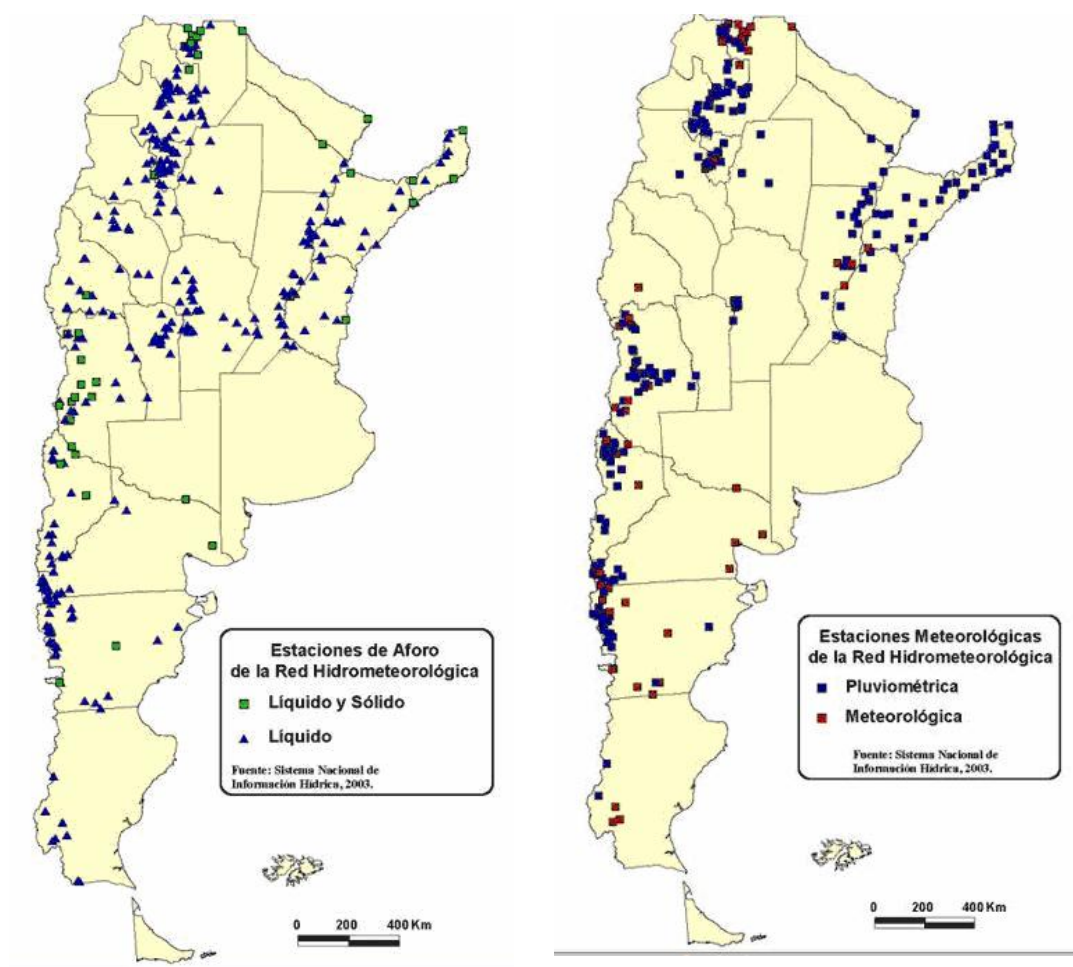


Figura 4.14: ESTACIONES DE AFOROS Y PLUVIOMÉTRICAS





Fuente: www.hidricosargentina.gov.ar

Para las redes pluviales los planes de mejora incluye proveer de equipamiento a Tipó (Río Iguazú); Formosa (Río Paraguay); Ita Cajón; Ita Ibaté; (Río Paraná); Corrientes (Río Paraná); Goya (Río Paraná); Esquina (Río Paraná); San Javier; (Sistema Paraná); Santo Tomé (Corrientes); (Río Uruguay); Concordia (Río Uruguay). Las mismas serían equipadas con registradores de altura de río y lluvia, con sistema automático y de teletransmisión. A algunas estaciones podrían agregarse medición de parámetros de calidad de agua y dirección y velocidad del viento.

e) Servicio de Hidrología Naval

El Servicio de Hidrología Naval (SHN) de Argentina tiene la función específica de desarrollar, preparar y editar cartas náuticas convencionales y especiales, incluyendo croquis de ríos. Publica cartas de Derroteros, Listas de Faros y Señales y Tablas de Mareas y Almanaque Náutico, que contribuyen a los fines de seguridad náutica y custodia de los intereses nacionales. Sin embargo realiza importantes tareas de mediciones, investigación y desarrollo, por ejemplo el desarrollo de modelos de mareas y crecidas. El SHN también trabaja en la protección de vidas y bienes en las zonas costeras del Río de la Plata. Miembro permanente del sistema de alerta por crecidas en este río, integrado también por la Dirección Nacional de Defensa Civil, sus pares provinciales, municipales y otras instituciones, el Servicio de Hidrografía Naval brinda diagnósticos y pronósticos mareológicos de vital importancia ante la ocurrencia de sudestadas en el río. Para ello, la División Mareas opera con la información suministrada por la red de mareógrafos que

abarca desde el río de la Plata interior (Palermo) hasta Ushuaia, y que junto con las previsiones meteorológicas permiten pronosticar el comportamiento de las masas de agua y sus posibles anomalías. Esta información no sólo es útil a los habitantes de las zonas ribereñas de Buenos Aires; el conocimiento que aporta brinda servicios a los navegantes y a los puertos, además de contribuir, con fines de investigación, a una más profunda comprensión de los procesos de cambio global.

El SHN tiene tres departamentos relevantes a este informe: los de Hidrología, Meteorología y Oceanografía. Otro organismo dependiente del SHN es el Centro Argentino de Datos Oceanográficos (CEADO), que mantiene y organiza la información oceanográfica Argentina. Para esos efectos mantiene bases de datos y archivos de información en apoyo de operaciones navales y de investigación y desarrollo en ciencias del mar que incluye: Base de Metadatos, Datos físicos y químicos (Atlántico SW), Datos batitermográficos (Atlántico SW Y Pacífico SE), Datos físicos y químicos (Océanos Australes), Datos de temperatura (Estaciones Fijas).

2. PRIORIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS

Sobre la base de las Variables Climáticas Esenciales y considerando los principales actores nacionales en materia de observación, presentados en puntos anteriores, se describen a

continuación modelos actualmente disponibles y una serie de instrumentos aéreos y terrestres para medición in-situ y software para instrumentos y satélites, que complementarían la red de monitoreo instalada en Argentina y permitirían mejorar la observación de variables climáticas e hidrológicas en el país.

Se incluyen en este punto las propuestas tecnológicas y organizacionales, consideradas necesarias y complementarias a los programas actualmente vigentes, sugeridas por actores relevantes en materia de monitoreo, convocados a participar en la ENT. Sobre la base de dichas propuestas, se realiza un análisis multicriterio y de factibilidad, a fin de arribar a una priorización de tecnologías y de sistemas operacionales para la gestión de la adaptación, que concluyen en ideas de proyectos concretas.

2.1. Modelos

2.1.1. Modelos Meteorológicos Regionales

En la investigación atmosférica deben observarse procesos de mesoescala, microfísica, radiación solar, geografía, aerosoles, calentamiento del suelo y perturbaciones a nivel global que determinan la formación de nubes en una zona determinada. Para la modelación de eventos meteorológicos regionales se puede usar el modelo Weather Research and Forecasting (WRF) fruto de la colaboración entre NCAR, Forecast Systems Lab (FSL), Centro para Análisis y Predicción de Tormentas (CAPS), Air Force Weather Agency (AFWA), y varias universidades. Este modelo está diseñado para mejorar la precisión de los pronósticos e investigar las características del clima en una variedad de escalas, desde nubes a sinópticos.

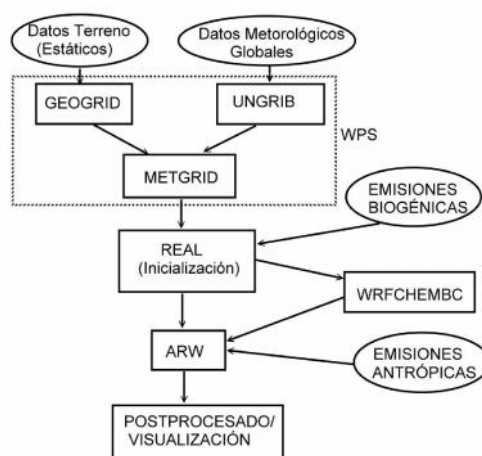
El diagrama de flujo del modelo en la *Figura 5.1* muestra los principales módulos que lo conforman. La sección WPS (WRF Preprocessing System) integra los datos topográficos y meteorológicos y los configura en la escala espacial y temporal deseada, generando una grilla horizontal.

En la sección GEOGRID se preparan los dominios anidados, los cuales bajan la resolución del dominio general de los modelos de circulación global (GCM) (normalmente de $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ o $100\text{ km} \times 100\text{ km}$ aprox.) para adaptarlos a la grilla de resolución regional o local (p. ej. a $5\text{ km} \times 5\text{ km}$). En METGRID se toma la información inicial de los modelos globales GCM, por ejemplo de la NCEP (National Center for Environmental Prediction - NOAA²²) que se actualizan cada 6 horas y se los adapta para la zona bajo estudio.

En el módulo REAL se configuran las condiciones iniciales de contorno adaptando el inventario de emisiones a la zona bajo estudio y el marco temporal de simulación generando una grilla 3D de campos meteorológicos (temperatura, vientos, presión, humedad). El modelo terrestre es capaz de usar topografía de 30 segundos (aprox. 90 m), uso de la tierra, tipo de suelo, datos de vegetación, albedo de la nieve. La parte física del modelo se resuelve en ARW (Advance Research WRF, dynamic solver) que incluye la resolución de las ecuaciones atmosféricas, teniendo en cuenta los efectos de la capa límite, capa superficie y radiación; y varios esquemas microfísicos de nubes (Rasmussen et al. (2002)). Finalmente el software incluye varias herramientas para visualizar los resultados del modelo.

²² <http://www.ncep.noaa.gov/>

Figura 5.12: DIAGRAMA DE FLUJO DE UN MODELO REGIONAL COMO EL



2.1.1.1. Modelos Regionales en el SMN

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) usa en forma operativa dos veces al día el modelo ETA SMN²³, el cual es un modelo de alta resolución (25 km en la horizontal) y de área limitada, que abarca la región definida entre 14 y 65° latitud Sur y 30 y 91° longitud Oeste. El mismo está contenido dentro de un modelo global (GFS, NCEP) cuya resolución horizontal es de 50 km. Por otro lado, también cuenta el SMN con el modelo regional ARPE, el cual es de área limitada, pero a diferencia del anterior, este modelo es de baja resolución (150km en la horizontal). Durante el pronóstico, el modelo global provee de los valores de las variables en los bordes a los modelos regionales para que ellos realicen su pronóstico.

Actualmente, el modelo ETA SMN pronostica a 120 horas a intervalos de 3 horas para 38 niveles de presión en la vertical mientras que el modelo ARPE lo hace a 36 horas, con intervalos de 6 horas y para 10 niveles en la vertical. El desarrollo del modelo ETA comenzó en 1973 en la Universidad de Belgrado (Mesinger y Janji) y en el Instituto Federal de Hidrometeorología, Yugoslavia. Entre los años ochenta y noventa, los principales desarrollos y mejoras fueron realizados en el NOAA/National Centers for Environmental Prediction (NCEP), Estados Unidos, donde el modelo es usado para pronóstico del tiempo operacional desde 1993. Esta versión del modelo ETA fue obtenida en el International Centre for Theoretical Physics, Trieste, Italia en el año 2002 y adaptada para el extremo sur de Sudamérica por el Grupo de Modelado Numérico del Departamento de Procesos Automatizados del Servicio Meteorológico Nacional.

El modelo Australian Region Primitive Equations (ARPE) fue desarrollado por Mc Gregor et al. 1978 y posteriormente reformulado por Leslie et al. 1985. Corre operativamente en el Servicio Meteorológico Nacional desde 1998 dos veces al día y cuenta con un sistema de asimilación de datos y análisis objetivo propio basado en el método de correcciones sucesivas (Cresman 1959), en el cual se toma como campo base el pronóstico válido para esa hora de la corrida de 12 o 24 hs previas. También se utiliza este modelo para realizar análisis trihorarios de las condiciones en superficie.

²³ <http://www.smn.gov.ar/?mod=acerca&id=4>

Las variables de pronóstico en niveles sigma son viento, temperatura y relación de mezcla. En superficie, el modelo pronostica presión, temperatura y relación de mezcla. Por su parte, las variables de diagnóstico son geopotencial (calculado en niveles sigma a través de la ecuación hidrostática), velocidad vertical, precipitación convectiva y precipitación de gran escala.

Entre sus procesos físicos, el modelo incluye la capa límite planetario, el ciclo diurno de temperatura, la simulación de la convección y la condensación en gran escala.

Las ecuaciones se resuelven en una retícula horizontal equiespaciada en un mapa de proyección estereográfica polar tangente en 60° S con una distancia entre nodos de 150 Km y un total de puntos de 63 por 49.

2.1.1.2. Modelos Regionales en UBA

El Centro de Investigación del Mar y la Atmósfera (CIMA)²⁴ es un instituto compartido entre el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Argentina (CONICET) y la Universidad de Buenos Aires (UBA). Las actividades de investigación del CIMA se pueden sintetizar en las siguientes grandes áreas: Cambio Climático; Dinámica de la variabilidad atmosférica sobre Sudamérica; Oceanografía Física.; Diagnóstico y Modelado Sinóptico.; Hidrología de la Cuenca del Plata.

El CIMA mantiene activas varias líneas de investigación relacionadas con el Cambio Climático y su impacto sobre distintas regiones del país. En particular, una de las estrategias con que ha abordado este tipo de estudios, ha sido el modelado numérico.

El CIMA ha sido pionero a nivel nacional en la ejecución de Modelos de Circulación General (desde el año 1990) y ha participado activamente en varios proyectos internacionales en que se ha comparado el clima previsto por distintos modelos en base a diferentes escenarios climáticos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC).

En base a la utilización de modelos climáticos, el CIMA se concentró en estimar escenarios climáticos y analizar los posibles impactos en distintas regiones de Argentina. Existen dos metodologías para obtener información detallada (es decir con mayor resolución espacial y temporal) a partir de modelos globales que proveen información en mayor escala: una es el downscaling estadístico y otra el downscaling numérico. Ambas fueron aplicadas exitosamente en el CIMA y los resultados publicados en revistas internacionales.

Paralelamente se han llevado a cabo diferentes estudios de diagnóstico tendientes a comprender los efectos detectables del Cambio Climático sobre la precipitación y la temperatura en distintas regiones del país. Estos estudios se realizan en base a conjuntos de datos que cubren vastos períodos (i.e., más de 30 años) y han generado importantes avances en el conocimiento del clima en la Argentina, sus variaciones y potenciales cambios. Asimismo se han realizado diversos estudios sobre el impacto del cambio climático, en los recursos hídricos, agrícolas así como en el sector salud. En este aspecto, el Instituto CIMA participa del programa GEWEX. Entre sus proyectos regionales se incluyen uno sobre la cuenca del Río de la Plata (LPB La Plata Basin)²⁵.

²⁴ <http://www.cima.fcen.uba.ar/espanol/index.htm>

²⁵ <http://www.eol.ucar.edu/projects/lpb/>

2.1.1.3. Modelos Regionales en el CCT-Mendoza

El Programa Regional de Meteorología²⁶, dependiente del Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA) de CONICET en Mendoza tiene como principal objetivo investigar el clima, sus variaciones y los fenómenos meteorológicos que afectan la Región de Cuyo, a fin de contribuir a la predicción de los efectos sobre el medio ambiente y sobre las actividades socioeconómicas de la región. El estudio de los fenómenos meteorológicos de la región de Mendoza contribuye con las actividades agrícolas, ya que ayuda a resolver problemas como:

- Tendido de redes eléctricas.
- Prevención de aluviones y avalanchas.
- Desarrollo de actividades de montaña (andinismo, turismo, transporte, etc.).
- Conocimiento de la relación entre el clima y la salud.
- Manejo del recurso hídrico.

El diagnóstico y pronóstico de la ocurrencia de fenómenos meteorológicos como el Viento Zonda, Tormentas, Heladas, etc., permite prevenir y reducir los efectos causados como:

- Ráfagas fuertes causadas por eventos de viento Zonda severo y tormentas convectivas severas, que producen efectos dañinos.
- Avalanchas e inundaciones y su relación con tormentas de nieve en la alta Cordillera de los Andes.
- Contaminación ambiental mediante el estudio de la inversión de subsidencia en días con Zonda en altura o de ocurrencia de granizo.
- Pérdidas determinadas por heladas desestacionalizadas.

2.1.1.4. Modelos Regionales en UTN

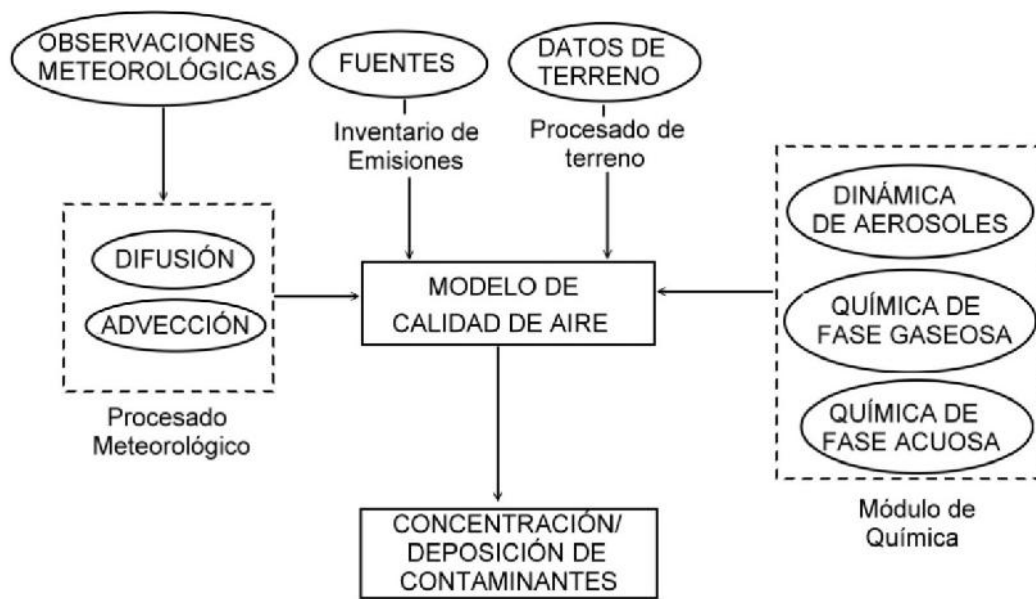
El Grupo de Estudios Atmosféricos y Ambientales (Grupo GEAA)²⁷ de la UTN-FR Mendoza, tiene implementado recientemente un Modelo WRF para investigación atmosférica y de calidad del aire (*Figura 5.2*). El modelo WRF puede acoplarse a otros modelos de dispersión, por ejemplo, CALPUFF, o integrarse al modelo WRF/Chem (Chemical Transport Model).

Éste es un modelo químico de transporte que permite realizar la modelación acoplada de la química y la meteorología utilizando un único sistema de coordenadas horizontales y espaciales (Grell et al., 2005). Esto permite configurar una amplia gama de parametrizaciones químicas y físicas sin necesidad de interpolarlas en dominios espacio -temporales diferentes, como cuando se implementan otros modelos de dispersión.

Figura 5.2: MODELO DE CALIDAD DEL AIRE, USANDO WRF Y WRF/CHEM

²⁶ <http://www.prmarg.org/paginas/index/el-programa>

²⁷ www.frm.utn.edu.ar/geaa



El modelo WRF/Chem posee una estructura modular que permite considerar una variedad de procesos fisicoquímicos acoplados como son: el transporte, la deposición, la emisión, la transformación química, la interacción con los aerosoles, los procesos de fotólisis, la transferencia radiactiva, etc. En su implementación normal se definen varios dominios anidados (2 o 3) con una serie de niveles verticales (20-30) para realizar el downscaling de las propiedades químicas y físicas de la atmósfera. Por ejemplo para el caso de Mendoza, (Figura 5.3) el dominio menor cubre el norte de la provincia de Mendoza (resolución de 4 km, 200 km N/S x 160 km E/W), incluyendo el centro urbano.

Debido a la geografía compleja de Mendoza, se modificó la configuración del módulo de entrada WPS (WRF Preprocessing System), incluyendo la representación de elevación de terreno provista por la misión Shuttle Radar Topography Mission SRTM3 (Rodríguez et al, 2005). Esto permite obtener una resolución espacial de aproximadamente 90 m x 90 m, diez veces mejor que la de mayor resolución global incluida en WPS por defecto.

Como fuente de datos estáticos de tipo y usos de suelo (LULC, Land Use Land Cover) se usan mapas y atlas desarrollados por distintas instituciones (p. ej. Dirección de Ordenamiento Territorial de Mendoza (DOADU), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Universidades Nacionales; Cruzate et al., 2007; D.O.A.D.U., 2009; IDR, 2009). Los campos presentes en los distintos mapas se organizan en un Sistema de Información Geográfico (SIG), asignándoles a cada sector una de las 24 categorías de uso de suelo definidas en el *standard* USGS (United States Geological Survey; Skamarock et al., 2008).

En las siguientes figuras se aprecia, por ejemplo, la mejor precisión obtenida por el grupo GEAA (UTN-FRM) para la región urbana como la sub-urbana de Mendoza. La nueva configuración permite continuar utilizando los datos globales para las regiones en las cuales no fueron implementados los nuevos mapas de usos de suelo. En este momento, en el Grupo de Estudios Atmosféricos y Ambientales (GEAA) está trabajando para mejorar la caracterización de LULC en toda la Argentina (Puliafito et al, 2011a, 2011b).

Figura 5.3: EJEMPLO DE DOMINIO DE MODELADO TÍPICO PARA UNA SIMULACIÓN URBANA

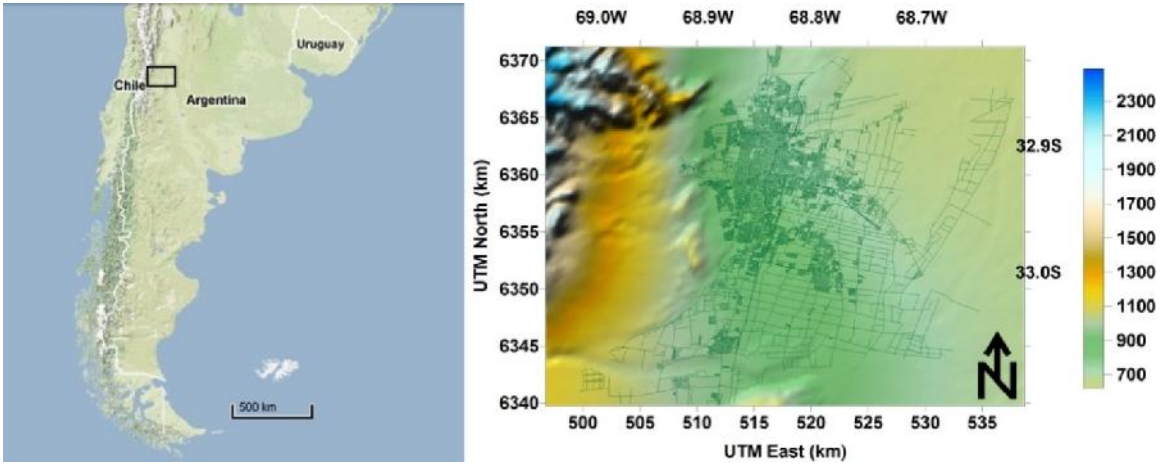
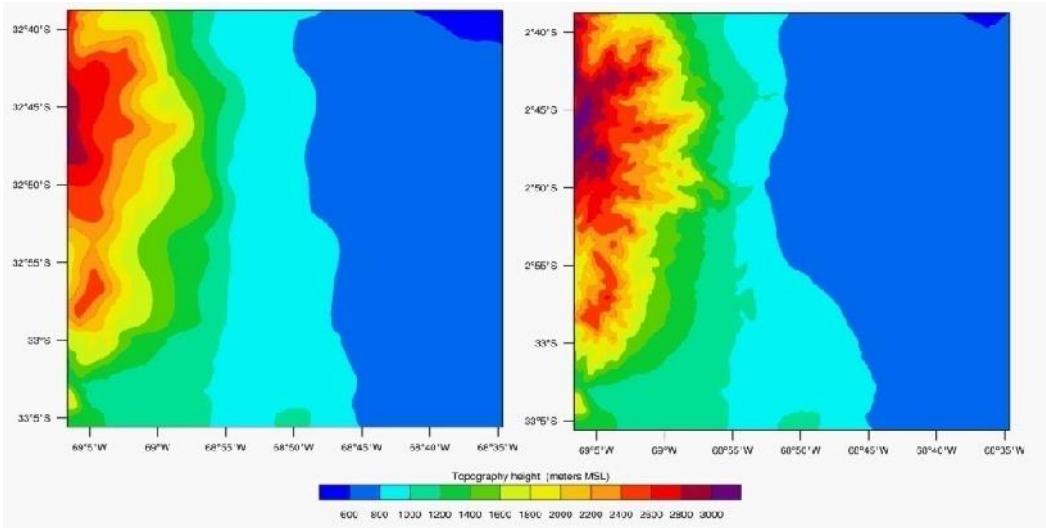
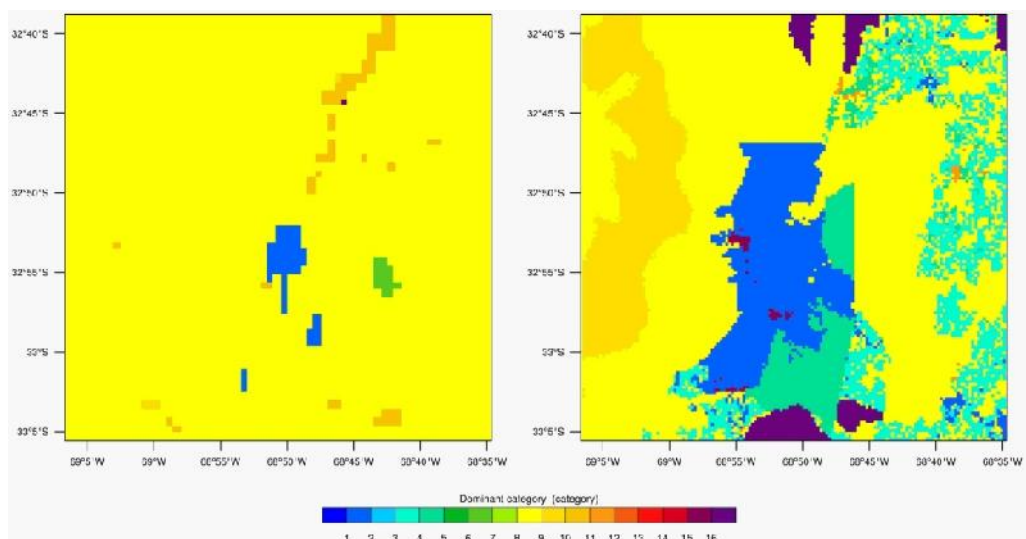


Figura 5.4: REPRESENTACIÓN DE LA ELEVACIÓN DEL TERRENO
Elevación incluida en el módulo WPS: Configuración por defecto (panel izquierdo), datos SRTM3 (panel derecho).



Fuente: UTN/GEAA

Figura 3: MAPAS DE LULC CONSIDERANDO LAS 24 CATEGORÍAS USGS
Resolución por defecto (panel izquierdo), datos locales de alta resolución (panel derecho).



Fuente: UTN/GEAA

2.1.1.5. Otras instituciones dedicadas al clima

El Laboratorio Climatológico Sudamericano²⁸ es una institución que se dedica a investigar la variabilidad meteorológica - climática (incluido el Cambio Climático) y su predictibilidad, como así mismo la aplicación de este conocimiento. El Laboratorio es una organización sin fines de lucro que realiza actividades de investigación y ofrece pronósticos climáticos a empresas. Cuenta con cuatro líneas de acción: 1) investigación básica sobre variabilidad climática a distintas escalas, 2) desarrollo de predictores climáticos, 3) desarrollo de modelos empíricos que correlacionan clima y rendimiento de cultivos y 4) transferencia tecnológica, al sector agropecuario y energético.

También existen algunas consultoras privadas (nacionales o internacionales) que ofrecen servicios de pronósticos, basados en información nacional o internacional.

2.1.2. Modelos y Evaluación Hidrológica

El análisis hidrológico permite correlacionar el caudal de agua con la acumulación de nieve (basándonos en estudios anteriores y en la red de caudalímetros existente en una cuenca, a cargo de la Autoridad competente). También es necesario un modelo hidrológico para proveer distintos rangos de respuestas a incrementos de precipitaciones.

2.1.2.1. Modelos hidrológicos en el SHN

Una de las tareas esenciales de un Servicio de Hidrología es suministrar predicciones y alertas de eventos hidrológicos extremos, sobre todo los riesgos de inundación, sequía, mareas, ondas de tormentas y avalancha. Muchos de estos fenómenos están vinculados a las características atmosféricas e hidrológicas, de manera que las predicciones se transmiten en cooperación con el Servicio Meteorológico Nacional. En Argentina el SMN coopera con el Servicio de Hidrología Naval²⁹ en la predicción de olas (altura y dirección), mareas, ondas de tormenta, mediante el uso

²⁸ <http://www.labclisud.com.ar/index.php>

²⁹ www.hidro.gob.ar

de modelos numéricos conjuntos. El Modelo utilizado es el modelo SMARA/WAM. El SHN, también ofrece información periódica sobre la situación glaciológica estimada en zonas de operaciones antárticas.

El modelo de mareas y onda de tormenta del Servicio Meteorológico de la Armada Argentina (SMARA) es un modelo hidrodinámico bidimensional, integrado en la vertical (*Figura 5.6*). Provee la altura y corriente media instantánea de la columna de agua. En los gráficos, en Tiempo Universal Coordinado (TUC), se presenta el nivel que se adiciona a la marea astronómica por efecto meteorológico y la corriente total (marea con efecto meteorológico) promediada en toda la profundidad.

La Descripción del modelo se encuentra en Etala (2009). La versión aplicada al mar epicontinental argentino ($0.33^\circ \times 0.33^\circ$) está conducida por el viento a 10 metros producido por el modelo Eta del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). El modelo de plataforma alimenta a un modelo de mayor resolución en el Río de la Plata de $3'$ ($1/20^\circ$) en latitud y longitud, que es conducido por los mismos vientos pronosticados. Los retroanálisis que permiten conocer el estado del campo de nivel del agua y corrientes al inicio de cada pronóstico se realizan en los dos casos, plataforma y Río de la Plata, con campos de viento a 10 m producidos por el National Centers for Environmental Prediction (NCEP) en una resolución aproximada de 35 km en una grilla geográfica y que son actualizados cada 6 horas en el modelo de olas, a 00 TUC, 06 TUC, 12 TUC y 18 TUC.

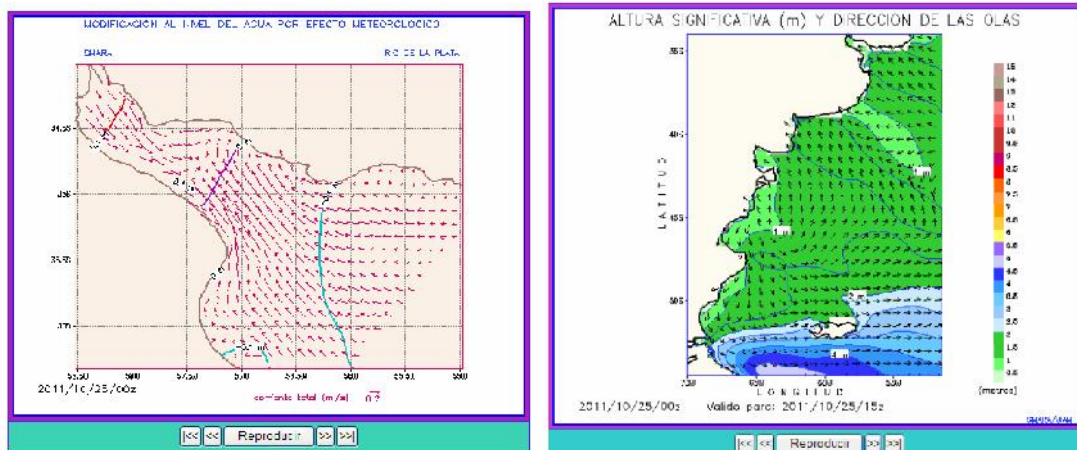
En general, dada la importancia social que reviste pronosticar dichos fenómenos, se establece una estrecha colaboración con otros institutos nacionales como defensa civil o la policía. Estas instituciones tienen la infraestructura necesaria para difundir la alerta, evacuar la población o prestar ayuda y asistencia en la reparación de daños.

Si bien la información necesaria para suministrar predicciones y alertas puede ser muy similar a la requerida para evaluar los recursos hídricos (por ejemplo, intensidad de la precipitación, niveles de agua, etc.), en realidad los requisitos específicos son muy diferentes.

Para la predicción, se requiere sobre todo que la información sea oportuna, fácil de comprender y exacta, de manera que se puedan tomar decisiones rápidas y con toda seguridad; en cambio, tiene menos importancia la alta precisión de la información, la constante recopilación de datos o la conformidad con métodos científicos de muestreo. La gran diferencia entre las necesidades de datos para evaluar los recursos y para elaborar predicciones y alertas puede ocasionar importantes problemas de orden práctico a un Servicio Hidrológico que debe cumplir ambas funciones y para lo cual necesitará otros instrumentos, sistemas de transmisión y procedimientos de difusión de datos.

Figura 4: MODELOS DE OLAS Y ONDAS DE TORMENTAS

Salidas típicas de los modelos de ondas de tormentas para el Río de la Plata (Izq.) y modelo de olas para la plataforma continental Argentina (Der.)



Fuente: <http://www.hidro.gov.ar/Smara/mareas.asp#>

2.1.2.2. Modelos hidrológicos en el INA

En Argentina, el Instituto Nacional del Agua (INA)³⁰ a través de sus Institutos tiene varios proyectos de investigación dedicados a modelar las escorrentías y pronosticar crecidas y disponibilidad de agua especialmente para la cuenca del Plata (*Figura 5.7*). El INA es un organismo científico tecnológico descentralizado que tiene por objetivo satisfacer los requerimientos de estudio, investigación, desarrollo y prestación de servicios especializados en el campo del aprovechamiento y preservación del agua. Depende de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Cuenta con una estructura técnica y científica integrada por centros especializados, regionales y programas con sede en distintas ciudades de la Argentina: LH –Laboratorio de Hidráulica (Ezeiza); DSH – Dirección de Servicios Hidrológicos (Ezeiza); Centro de Tecnología del Uso del Agua - CTUA (Ezeiza); Dirección de Sistemas de Información y Alerta Hidrológico - SlyAH (Ezeiza); Centro Regional Litoral – CRL (Santa Fe); Centro Regional Andino - CRA (Mendoza); Centro de la Región Semiárida - CIRSA (Córdoba); Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua - CELA (Mendoza); Centro Regional de Aguas Subterráneas - CRAS (San Juan); Programa Nacional de Calidad del Agua - PNCA.

Algunos temas centrales y relevantes a este estudio son:

- Evaluación de impacto ambiental y riesgo por obras de infraestructura y accidentes en cuerpos de agua.
- Hidrología superficial y subterránea.
- Hidrología urbana.
- Sistemas de alerta hidrológico para inundaciones, aluviones, crecidas, sequías y derrames.
- Información hídrica.
- Ingeniería de riego y drenaje.

Específicamente a este informe es de mayor interés el área abarcada por la Dirección de Sistemas de Información y Alerta Hidrológico, ya que analiza y elabora productos y sobre hidrometeorología,

³⁰ <http://www.ina.gov.ar/>

pronósticos de cuencas a partir de la información de los generadores de datos, modelos e información satelital.

Figura 5.7: PRODUCTOS E INFORMES OFRECIDOS POR EL INA



Fuente: www.ina.gov.ar

2.1.2.3. Otras Instituciones Argentinas con modelos hidrológicos

El estudio para otras cuencas y grandes ríos se realiza por ejemplo por la Universidad del Litoral, en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (UNL-FICH) con un espectro amplio de servicios investigaciones hídricas y meteorológicas³¹.

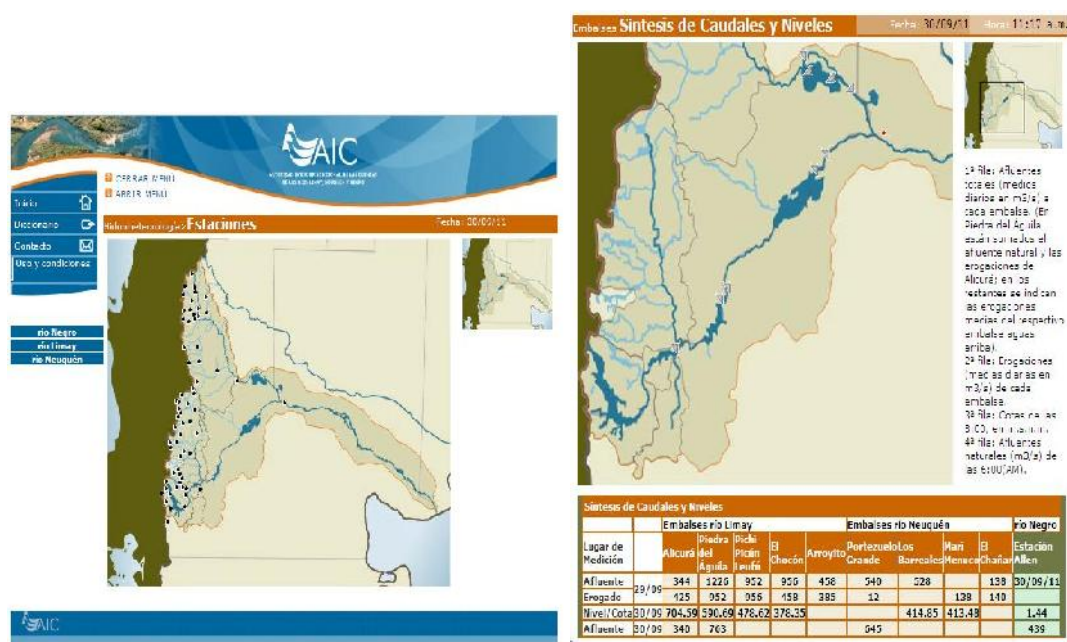
La Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas (AIC)³² es la responsable de las cuencas de los ríos Limay, Negro y Neuquén con fines de regular la disponibilidad de energía eléctrica. Posee un Sistema de Información y Evaluaciones Hidrometeorológicas (SIEH) que incluye pronósticos a partir del uso de modelos.

Operan una red de 200 sensores hidrometeorológicos de las cuencas y mantienen un modelo de operación de los embalses. La *Figura 5.8* muestra la ubicación de los puntos de muestreo hidrometeorológico (izquierda) y detalles y acceso al volumen y caudales de los embalses de la cuenca (derecha).

Figura 5.8: UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA RED OPERADA POR EL AIC
Información de caudales y niveles de los embalses de la cuenca

³¹ [http://fich.unl.edu.ar/pagina.php?ID=96:](http://fich.unl.edu.ar/pagina.php?ID=96)

³² <http://www.aic.gov.ar/>



Fuente: www.aic.gov.ar/aic/hidro01.aspx

2.1.3. Otros modelos hidrológicos usados

2.1.3.1. Modelo Hidro-meteorológico NOAH

El modelo hidrológico "Noah-distributed Land-surface model (LSM)" fue desarrollado por National Center for Atmospheric Research (NCAR) y se usa en forma operativa en el National Center for Environmental Prediction (NCEP). Permite realizar un acoplamiento entre las variables atmosféricas, usos del suelo y distintos tipos de precipitaciones. Se usa para caracterizar las condiciones hidrológicas terrestres mejorando las capacidades de predicción de eventos hidrometeorológicos, usando pronósticos de precipitaciones cuantitativos, asociados a modelos de predicción meteorológicos numéricos como el WRF.

El modelo utiliza siete variables meteorológicas: precipitación, temperatura, humedad, presión del viento y componentes de radiación de ondas cortas y largas. Flujos verticales de energía, sensibles al calor latente, radiación neta y humedad, evapotranspiración, infiltración, percolación profunda, profundidad del agua y estado térmico del suelo y humedad del suelo.

Tiene diversas opciones o esquemas como el Noah_SGH (sub grid hydrology) que permite un análisis de escorrentías, infiltraciones y descargas en ríos de una cuenca.

La ventaja importante de este modelo es que está plenamente acoplado al modelo meteorológico WRF.

Otros de los esquemas importantes de NOAH son los relativos a los intercambios de calor con la zona urbana (urban canopy layer) (Chen and Dudhia, 2001).

Con respecto a los modelos hidrológicos, los diversos organismos nacionales y provinciales tienen implementado algún tipo de modelo hidrológico, que van desde simples planillas de cálculo con datos de precipitaciones y escorrentías, hasta modelos digitales numéricos más complejos. Sin embargo no hay un formato único que pueda ser fácilmente trasladable de una zona a otra, ya que implica incluir datos de terreno, usos del suelo y estadísticas de precipitaciones y caudales medios de ríos, etc.

Lo que se propone es implementar un único modelo que incluya la topografía, tipos y usos del suelo, meteorología e hidrología nacional. Un modelo como el desarrollado por NCAR, tiene la ventaja que incorpora la topografía digital existente, por ejemplo de 90 m se la representación de elevación de terreno provista por la misión Shuttle Radar Topography Mission SRTM3 (Rodríguez et al., 2005). Esto permite considerar una resolución espacial de 3" × 3" (aproximadamente, 90 m × 90 m).

2.1.3.2. Modelo Hidro-meteorológico WEAP

El Sistema de Evaluación y Planificación del Agua (Water evaluation and Planning-WEAP)³³ es una herramienta de modelación para la planificación y distribución de agua que puede ser aplicada a diferentes escalas, desde pequeñas zonas de captación hasta extensas cuencas (CCG, 2009)³⁴.

WEAP explícitamente incluye demandas de agua con prioridades asociadas y usa escenarios para evaluar diferentes esquemas de distribución del recurso. WEAP incluye un modelo hidrológico, así como varios módulos que permiten integrar WEAP con el modelo de agua subterránea MODFLOW y con el modelo de calidad del agua QUAL2K. WEAP también ha sido utilizado en conjunción con modelos socio-económicos (*Tabla 5.1*).

WEAP apoya la planificación de recursos hídricos balanceando la oferta de agua (generada a través de módulos físicos de tipo hidrológico a escala de sub-cuenca) con la demanda de agua (caracterizada por un sistema de distribución de variabilidad espacial y temporal con diferencias en las prioridades de demanda y oferta). WEAP emplea una paleta de diferentes objetos y procedimientos accesibles a través de una interfaz gráfica que puede ser usada para analizar un amplio rango de temas e incertidumbres a las que se ven enfrentados los planificadores de recursos hídricos, incluyendo aquellos relacionados con el clima, condiciones de la cuenca, proyecciones de demanda, condiciones regulatorias, objetivos de operación e infraestructura disponible.

A diferencia de otros modelos de recursos hídricos típicos basados en modelación hidrológica externa, WEAP es un modelo forzado por variables climáticas. Por otra parte y de manera similar a estos modelos de recursos hídricos, WEAP incluye rutinas diseñadas para distribuir el agua entre diferentes tipos de usuarios desde una perspectiva humana y ecosistémica.

Estas características convierten a WEAP en un modelo ideal para realizar estudios de cambio climático, en los que es importante estimar cambios en la oferta de agua (ej. cambios en la precipitación proyectados) y en la demanda de agua (ej. cambios en la demanda por evaporación en cultivos), los cuales producirán un balance de agua diferente a nivel de cuenca (Purkey et al.,

³³ <http://www.weap21.org/>

³⁴ Esta sección se adaptó a partir de un informe conjunto elaborado por la Universidad Católica de Chile y el Stockholm Environment Institute (CCG, 2009).

2007). Una serie de artículos (Yates et al 2005a, 2005b, y 2006) describen la manera en que el modelo hidrológico está integrado en WEAP.

Tabla 5.1: ASPECTOS PRINCIPALES DE WEAP	
Enfoque integrado	Enfoque único para realizar evaluaciones de planificación integrada de recursos hídricos.
Proceso de participación	Una estructura transparente que facilita la participación de los actores involucrados en un proceso abierto.
Balance de Agua	Base de datos que mantiene la información de demanda y oferta de agua para realizar balances de masa en arquitectura conexión-nodo.
Basado en Simulación	Calcula la demanda, oferta, escorrentía, infiltración, requisitos para las cosechas, flujos y almacenamiento del agua, y generación, tratamiento, descarga de contaminantes y de calidad de agua en ríos para variados escenarios hidrológicos y de políticas.
Escenarios de políticas de uso de agua	Evalúa una amplia gama de opciones de desarrollo y manejo del agua y toma en cuenta los múltiples y opuestos usos de los recursos hídricos.
Interfaz amigable	Interfaz gráfica basada en mapas SIG con conceptos de agarrar-y-arrastrar ("drag-and-drop") con flexibles resultados como mapas, gráficos y tablas.
Integración de Modelos	Conexión dinámica con otros modelos y programas como QUAL2K, MODFLOW, MODPATH, PEST, Excel y GAMS.

Fuente: <http://www.weap21.org/>

2.2. Instrumentos complementarios

En esta sección se menciona a aquellos equipos que permiten observar las variables climáticas esenciales que están carentes en Argentina, en especial para la detección de precipitación y caracterización de aerosoles en forma directa, con muestreo in situ o a través de sensado remoto, tanto desde la tecnología en sí (hardware) como de los programas de control y procesamiento de datos (software). Esto debe interpretarse como un complemento a la red de monitoreo instalada en Argentina, como se describió en las secciones anteriores.

2.2.1. Instrumentos aéreos y terrestres para medición in-situ

2.2.1.1. Medición de aerosoles

Uno de los parámetros claves para caracterizar la precipitación es la concentración de núcleos de condensación (CCN) y núcleos de hielo (NH). Éstas son las partículas que forman las gotas de agua y cristales de hielo de las que una pequeña porción se convertirá eventualmente en lluvia.

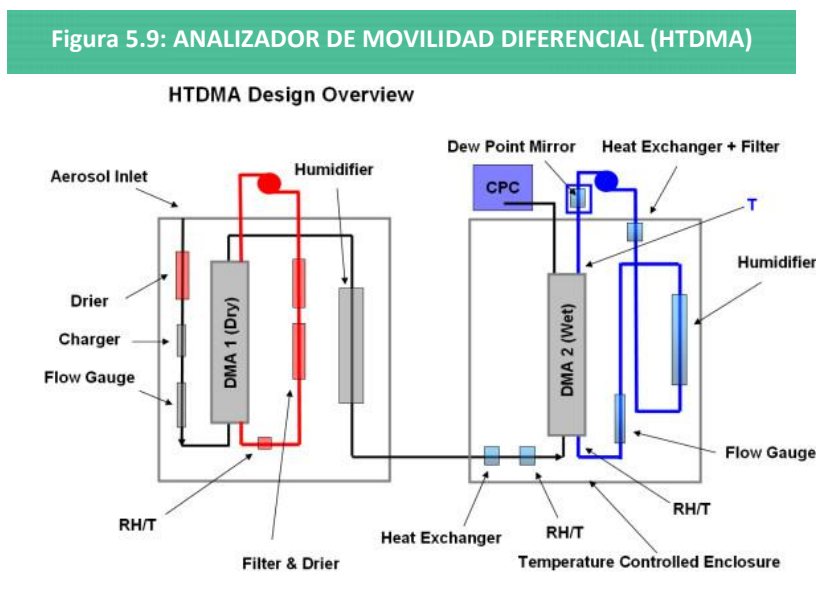
La medición de la composición química, concentración y tamaño de los aerosoles, CCN y NH presentes en las nubes, puede realizarse usando un avión y es esencial para comprender los

procesos de precipitación, su influencia en el desarrollo de las gotas de agua y cristales de hielo. Para lograr un adecuado muestreo de partículas dentro y fuera de las nubes, la plataforma de investigación (avión) debe medir la distribución del tamaño de aerosoles e hidrometeoros dentro de la nube. El rango dinámico de tamaños, de varios órdenes de magnitud, se logra utilizando instrumentos tales como los Differential Mobility Analyzer (DMA), Passive Cavity Aerosol Spectrometer (PCASP SPP-200), Cloud Droplet Probe (CDP) y Cloud Imaging Probes (CIP's).

El Analizador de Movilidad Diferencial (DMA) utiliza el método de separación por movilidad eléctrica aplicada a las partículas (Figura 5.9). El rango va desde los $0,04\mu\text{m}$ a los $0,5\mu\text{m}$. Se induce un campo eléctrico para separar partículas con rango de movilidad eléctrica reducida. En este caso el tamaño de la partícula es proporcional a su movilidad eléctrica. Si la partícula es higroscópica, ésta crecerá a medida que absorbe agua, mientras que aquellos aerosoles que no lo son, no modificarán su tamaño. A través de dos DMA se puede estimar la distribución de tamaño y su crecimiento higroscópico (HTDMA)

Los cantidad de aerosoles, discriminado por tamaño, también se pueden medir utilizando la Passive Cavity Aerosol Spectrometer Probe (PCASP). El haz emitido por un láser es dispersado por las partículas que ingresan en la cámara de muestreo, el haz dispersado por la partícula es colectado por un conjunto de elementos ópticos y enfocada en un foto detector; la señal luego es amplificada luego en tres etapas para cubrir el rango de $0,1\mu\text{m}$ a $3,0\mu\text{m}$.

La distribución por tamaño de aerosoles se caracteriza acoplando las mediciones del DMA y la PCASP. Casi todos los CCN tienen un tamaño entre $0,01\mu\text{m}$ a $0,75\mu\text{m}$. El rango escaneado por el DMA y la PCASP infiere el tamaño entre $0,1\mu\text{m}$ a $3\mu\text{m}$ por dispersión de luz.



HTDMA: Hygroscopic Tandem Differential Mobility Analyzer

<http://www.cas.manchester.ac.uk/restools/instruments/aerosol/hygroscopic/schematic/index.html>; DMA

http://www.just-clouds.com/research_aircraft_instrumentation.asp Texas A&M University (TAMU)

www.lamar.colostate.edu

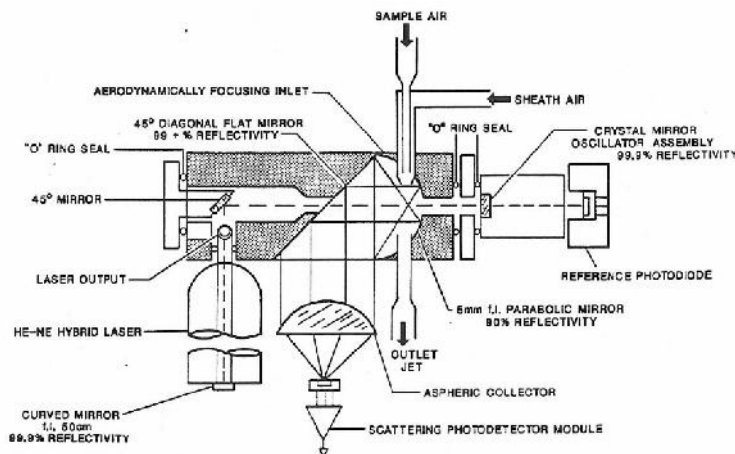
La concentración y distribución de tamaño de gotas en las nubes se mide con la Cloud Droplet Probe (CDP). La CDP es un espectrómetro de dispersión de luz (hacia delante), que mide partículas

de nubes en un rango de 2 micrones a 50 micrones. El instrumento cuenta y mide el tamaño de las gotas individuales que atraviesan el haz láser. Las gotas que atraviesan el haz láser dentro del volumen de muestreo dispersan luz y la dispersión hacia delante es recolectada en un divisor de haz de luz, donde uno es recibido por un detector de tamaño y el otro haz es recibido por un detector calificador. El rango de la CDP es fijo y está distribuido en 30 canales. La CDP se instala debajo del ala del avión.

El instrumento Cloud Imaging Probe (CIP) mide hidrometeoros en un rango de $25\mu\text{m}$ a 1.56mm . La CIP emite un haz láser sobre las partículas, el haz recibido es amplificado ópticamente ocho veces y enfocado sobre una matriz de fotodiodos de 64 elementos, cada elemento tiene un tamaño de $25\mu\text{m}$. Cuando una partícula hace sombra sobre el detector del haz láser, la electrónica digital comienza a almacenar la información de los diodos a la velocidad de aire verdadera (TAS, True Air Speed). La información de salida se distribuye en 62 canales siendo la partícula mínima detectable de $25\mu\text{m}$ y la mayor de $1562.5\mu\text{m}$. La CIP posee un detector de contenido de agua líquida (LWC).

El instrumento Liquid Water Content (LWC) es un sensor metálico caliente (hot wire) que trabaja a una temperatura constante de 125°C . A mayor contenido de agua líquida en las cercanías del sensor, mayor es la cantidad de gotas que impactan sobre el sensor. Esto causa un efecto de enfriamiento y el sistema de control aplica más potencia para mantener los 125°C constantes, esta potencia adicional es función del contenido de agua líquida y velocidad de aire verdadera (TAS).

Figura 5.10: ESPECTRÓMETRO DE AEROSOLES POR CAVIDAD



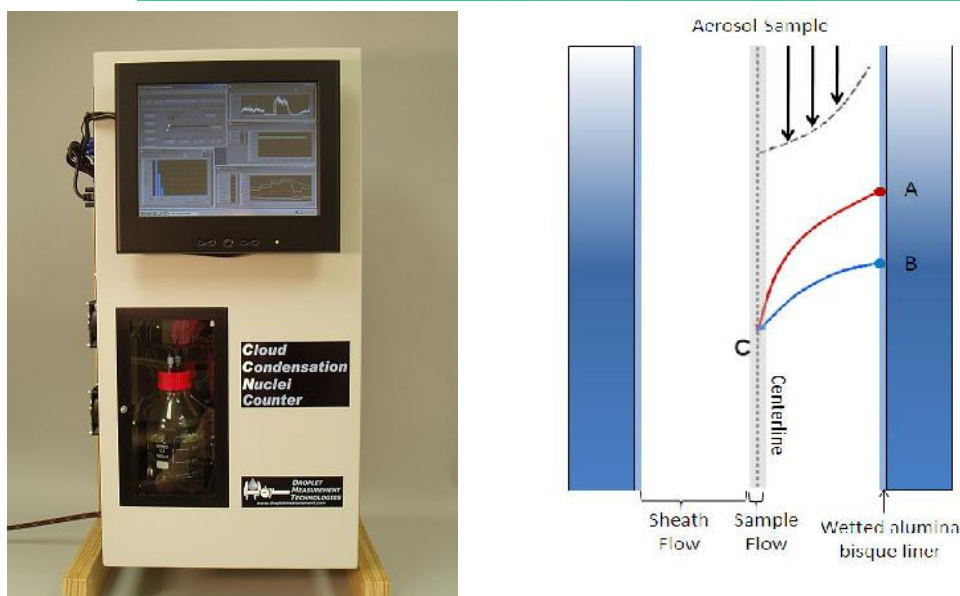
DMT PCASP 100x Aerosol Spectrometer Probe. Droplet Measurement Technology
www.dropletmeasurement.com

La concentración de CCN a múltiples súper

saturaciones (SS) se mide en forma continua con el contador de Núcleos de Condensación de Nubes (CCN). El contador de CCN de DMT (*Figura 5.11*) utiliza una columna vertical con un gradiente de temperatura longitudinal para exponer las partículas a una súper saturación casi constante a medida que atraviesan la columna.

Las partículas que se activan son contadas y medidas en tamaño a la salida del instrumento. Durante la operación normal, los perfiles de temperatura se cambian secuencialmente en forma reiterada para medir la concentración de CCN a diferentes niveles de súper saturación. Basado en experiencias anteriores, se pueden realizar cinco mediciones a diferentes súper saturaciones entre 0,1% a 1% en un periodo de 15 minutos. Se utilizará la distribución en tamaño y la concentración de CCN para determinar el espectro de CCN, lo cual describe la concentración de partículas que se activan en función de los picos de SS en la nube. Este espectro será utilizado como entrada para los modelos que se describen en este documento.

Figura 5.11: CONTADOR DE NÚCLEOS DE CONDENSACIÓN DE NUBES (CCN)



Fuente: <http://www.dropletmeasurement.com>

El contador de núcleos de hielo (NH) mide las partículas atmosféricas sobre las cuales se forma hielo. Las partículas que actúan como eficientes NH, como el yoduro de plata, tienen una estructura cristalina parecida al hielo. Los NH son activados en una cámara de nubes y los cristales de hielo son contados por un sensor de partículas acústico siendo las gotas de agua ignoradas. Existen partículas de polvo que inicialmente son efectivas como NH, pero si estas están recubiertas por ácido sulfúrico o elementos orgánicos se inhibe la actividad de nucleación de hielo (Archuleta et al, 2005, Cziczo, et al. 2004).

El instrumento Aircraft Intergrated Meteorological Measurement System (AIMMS-20) es un sistema formado por tres módulos: (1) un instrumento colocado debajo del ala llamado Air Data Probe (ADP), (2) dos antenas GPS activas instaladas en los extremos de las alas conectadas a un procesador dual de GPS y (3) una unidad inercial instalada en el centro del avión (dentro). Con este conjunto la AIMMS-20 mide: temperatura, humedad, presión barométrica, vectores de

dirección de vientos 3D relativos al avión, aceleración en 3 ejes, velocidad de aire verdadera (TAS) y campo magnético. La Unidad Inercial mide aceleraciones en 3 ejes y velocidad angular en 3 ejes. El modulo GPS recibe la señal de dos antenas para realizar mediciones diferenciales de fase de portadora, información de fase usada para medición de Angulo de ataque (0,1 grado), posición tridimensional y velocidad.

Un banco de filtros de partículas permite el muestreo de diferentes tamaños con un rango de 0,01 μm a 20 μm . El equipo se instala en el avión y se conecta al sistema de entrada de aire externo y salida. Las muestras son analizadas por Microscopios de Transmisión Electrónica (TEM), los que proveen información de tamaño, forma, composición, estructura cristalográfica de los elementos filtrados durante el vuelo del avión. Para lograr un análisis completo también se usan los métodos de Imágenes de alta resolución (HRTEM), Espectrometría Dispersiva de Energía de rayos X (EDS), Espectroscopía por pérdida de energía de electrones (EELS), y Difracción de electrones en áreas selectas (SAED). Los análisis más detallados se realizan en el laboratorio posterior a cada vuelo (Figura 5.12).



Fuente: SOAR http://www.just-clouds.com/research_aircraft_instrumentation.asp

La medición de CCN y aerosoles en la superficie se relacionan con el desarrollo de las nubes ya que éstos son ingeridos por las nubes y sirven de alimentadores de las nubes. Es interesante también medir desde tierra la distribución de tamaño de partículas, los niveles de súper saturación a que se activan, y su composición química.

Las partículas de aerosoles en la atmósfera afectan el balance de radiación de la Tierra de varias maneras (IPCC, 2001). Primero los aerosoles absorben y dispersan radiación. Este efecto está influenciado por la higroscopicidad de los aerosoles determinada principalmente por su composición química. Segundo, la formación de nubes y sus propiedades similarmente dependen de su composición química como también de la distribución de tamaño (Kreidenweis et al., 2005; McFiggans et al., 2005; Rissler et al., 2004). Por ello la higroscopicidad de los aerosoles influencia el albedo de las nubes y las propiedades de radiación de las gotas en las nubes. Para medir estas propiedades se pueden utilizar varios instrumentos.

El instrumento H-TDMA (de Texas A&M University) mide la relación que existe entre el diámetro de los aerosoles medidos por la movilidad eléctrica de la partícula en un primer DMA con una humedad relativa (HR) menor al 10% y la movilidad eléctrica de la partícula luego de ser expuesta a una otra HR mayor al 10% en un segundo DMA. Se mide el crecimiento relativo de acuerdo al crecimiento por condensación de agua. Esto permite establecer las tasas de crecimiento de los aerosoles.

El Aerodynamic Particle Sizer (APS, de TSI) es un instrumento que realiza dos mediciones. Una es la clasificación de partículas en un rango de 0,5 μm a 20 μm utilizando una sofisticada técnica de tiempo de vuelo que mide el diámetro aerodinámico en tiempo real. La determinación del diámetro aerodinámico depende de la forma, tamaño y densidad de la partícula. La otra medición es la detección de partículas por dispersión de luz en un rango equivalente de 0,37 μm a 20 μm , por lo tanto cada aerosol posee dos mediciones independientes. Ambos instrumentos (H-TDMA y el APS) proveen mediciones claves para estudiar la dinámica de la formación de las precipitaciones dentro de una nube.

El Espectrómetro de Partículas Meteorológicas (MPS) es un instrumento óptico para medir precipitación utilizada entre otros por el Servicio Meteorológico Nacional de USA, mide por ejemplo lluvia y copos de nieve. Se instala en la superficie junto con una estación meteorológica y permite de manera única y eficaz cuantificar y calificar el tipo de precipitación. Mide la distribución de tamaño, velocidad de caída e hidrometeoros en un rango de 50 μm a más 6.4mm.

2.2.2. Instrumentos de sensado remoto

La cobertura espacial de las mediciones de teledetección o sensado remoto (desde satélite, radar, otros) los hace altamente complementarios, pero no un sustituto de la tradicional observación en tierra. Ellos tienen el potencial para llenar los vacíos de datos, pero la calibración con datos in situ es fundamental para asegurar la homogeneidad de los datos históricos. Los elementos convenientes para medir o estimar mediante sensado remoto son la precipitación, la cantidad de nubes, los flujos de radiación, el balance de radiación de la Tierra y el albedo, la parte superior de la biomasa oceánica, la topografía de la superficie oceánica y la altura de las olas, la capa de hielo del mar y la temperatura superficial del mar.

En particular, los totales mensuales de precipitación están disponibles en la unidad de sondeo por microondas (MSU) desde 1983 a excepción de las regiones polares. Los datos MSU también proporcionan valiosos datos sobre la temperatura de la troposfera y la estratosfera. Los productos satelitales son una alternativa atractiva para la radiación en la estimación de flujo de calor, lo que permite mejoras en el uso directo de los re análisis de predicción numérica del tiempo. Como se mencionó anteriormente las observaciones por satélite no pueden ser vistas como un reemplazo de las observaciones in situ. Algunas de sus limitaciones para el clima son los siguientes:

- precisión menor que en las observaciones in situ, por ejemplo, mediciones de radiosondas tienen una resolución vertical de unos 100 metros, precisión de la temperatura de 0,1 K y los errores en la humedad de un pequeño porcentaje, que son mejores, sobre un orden de magnitud de los mejores sensores satelitales disponibles;
- la longitud de los registros de los satélites son todavía demasiado cortos para fines de detección del clima;
- existen problemas con la calibración y el desplazamiento de los sensores que afectan negativamente a la estabilidad y la homogeneidad de sus registros;
- los instrumentos más avanzados pasarán años hasta que puedan satisfacer las necesidades operativas de los servicios meteorológicos.

A continuación se describen brevemente instrumentos meteorológicos de sensado remoto complementarios.

2.2.2.1. Radiómetros

Los radiómetros de microondas (MWR) proveen mediciones continuas de vapor de agua y agua líquida en la atmósfera (*Figura 5.13*). Las ondas de microondas e infrarrojas en la atmósfera son convertidas en perfiles de *temperatura (T)*, *humedad (HR)* y *agua líquida (SLW)*. El radiómetro multi-espectral mide continuamente hasta los 10km de altura generando información de la atmósfera crucial para pronósticos inmediatos y pronósticos a corto plazo climáticos. Un perfil obtenido por un radiómetro es equivalente a un radiosondeo, sin embargo al medir en forma continua mejora hasta 10 veces la estimación de los perfiles en altura realizado por interpolación de un radiosondeo cada 12 horas (sino cada 24 horas, como habitualmente se realiza en Argentina). El MWR mide vapor de agua en 22 a 30 GHz, Oxígeno en 51 y 59 GHz y LWC de 22 a 59 GHz. La tecnología del Radiómetro permite medir perfiles de agua líquida relacionados con convección local, rayos, corrientes descendentes, precipitación, neblina visibilidad y turbulencia.

Es un instrumento que puede medir día y noche, aún bajo condiciones de lluvia. Es útil para el pronóstico de corto plazo; permitiendo una medición continua de las capas bajas, medias y altas de temperatura. Muchos de estos cambios en la atmósfera son invisibles para el ojo o los radares y también para la radiosonda debido a su intervalo de muestreo.

El radiómetro puede detectar incrementos en la densidad de vapor de agua una hora antes que el agua líquida (e hidrometeoros) se formen y sean detectados por el radar.

Se han desarrollado Índices de pronósticos a partir de radiosondeos para pronóstico de corto tiempo como K-Index (KI), Convective Available Potential Energy (CAPE), Lifting Index (LI), Convective Inhibition (CINH), Total Totals Index (TTI), Showalter Index (SI), etc. A medida que se extienden las horas entre la medición de la radiosonda, los pronósticos son menos precisos. Estos índices se generan en forma muy precisa constantemente con el radiómetro juntamente con el perfilador de vientos por radar (RWP). Al realizar barridos en azimut con bajos ángulos de elevación el radiómetro puede detectar vapor de agua y agua líquida en las primeras etapas de formación de nubes convectivas. Los índices de pronósticos son usados ampliamente para predecir convección local y con mediciones continuas estos pronósticos incrementan su precisión de manera drástica. Los principales cambios de temperatura diaria suceden debajo de los 50 metros de altura y estos son monitoreados constantemente por el radiómetro.

Figura 5.13: RADIÓMETRO DE ONDAS MILIMÉTRICAS



MP-3000A Temperature, Humidity and Liquid Profiler

Fuente: <http://www.radiometrics.com/products.htm>

Los perfiles de temperatura, humedad y agua líquida tienen una resolución temporal del orden de pocos minutos, con resoluciones verticales de 50m desde la superficie hasta los 500m, de 100m desde los 500m de altura hasta los 2km de altura y de 250m por encima de los 2km de altura. Otras variantes del uso de microondas en 30, 60 o 90 GHz se usa como radares de nubosidad, vientos, lluvia y contenido total de vapor de agua o agua líquida.

2.2.2.2. Perfilador de Vientos

Los Perfiladores de Vientos por Radar (RWP) son radares Doppler de frecuencia alta y ultra alta diseñados para medir perfiles de vientos en toda condición climática. Estos radares detectan ecos de señales producidos por irregularidades en índices de refracción de radio asociado con turbulencias "eddies" a media longitud de onda del radar (condición de Bragg). Como la turbulencia se desplaza con el viento, la velocidad de traslación provee una medición directa de la dirección media del viento (*Figura 5.14*).

A diferencia de radares climáticos, los RWP son capaces de operar en ausencia de precipitación y nubes. Los perfiladores miden típicamente la velocidad radial del aire en 3 o más direcciones, verticalmente y con un desvío de 15 grados de la vertical en la dirección norte y este; a partir de estas componentes se determinan las componentes horizontal y vertical del viento. Un perfilador simple mide solamente la componente horizontal del viento, pero para estudiar la convección es necesario medir la componente vertical. Los perfiladores de vientos operan automáticamente y realizan mediciones prácticamente sobre la ubicación del mismo, siendo estas dos características una ventaja respecto de sistemas de medición de viento usando un globo. Cualquier perfilador de vientos posee un rango máximo y mínimo, que dependen de las características como longitud del pulso transmitido, tiempo de recuperación, etc. Los ecos por objetos sobre la superficie deben reducirse al máximo teniendo en cuenta la localización.

Figura 5.14: PERFILADOR DE VIENTOS
Vaisala LAP®-3000 Lower Atmosphere Wind Profiler



Fuente: <http://www.vaisala.com/en/products/windprofilers/Pages/LAP-3000.aspx>

Es importante medir a la mayor altura posible por lo que los perfiladores de vientos almacenan datos por varios minutos para integrar las señales débiles obtenidas. Típicamente un perfilador puede tardar seis o doce minutos para realizar el conjunto de mediciones necesarias para medir la velocidad del viento. En muchos casos las observaciones se combinan para entregar información cada una hora. Los perfiladores troposféricos operan a una frecuencia de 400-500Mhz y son los más apropiados para mediciones sinópticas y de meso-escala. No son de gran tamaño y prácticamente no se ven afectados por la lluvia. Los perfiladores de la capa límite tienen antenas de menor tamaño y no miden velocidad vertical en lluvia, pero las gotas incrementan la sección del radar y esto incrementa el rango vertical para medir la componente horizontal del viento.

2.2.2.3. Radares Meteorológicos

Los radares meteorológicos son capaces de detectar precipitación, para la observación atmosférica y para estudios de investigación atmosférica. La frecuencia de operación es de los 3 a 10 GHz, correspondiente a una longitud de onda de 30 a 3 cm. Son diseñados para detectar y generar mapas de las áreas de precipitación, midiendo la intensidad y posición de los ecos.

Las aplicaciones de los radares meteorológicos son:

- Detección de condiciones de clima peligrosas, rastreo y alerta;
- Seguimiento de sistemas climáticos sinópticos y de meso escala;
- Estimación de cantidad de precipitación.

Los radares modernos realizan barridos de volumen a partir de una cantidad de rotaciones a diferentes ángulos de elevación de la antena. Toda la información polar es almacenada en una

matriz tridimensional llamada base de datos volumétrica que es utilizada para generar productos meteorológicos en tiempo real.

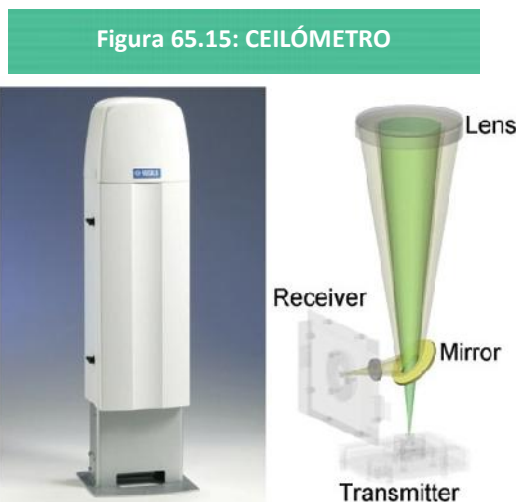
El eco del pulso de transmisión tiene una amplitud, fase y polarización. La amplitud se usa para determinar el factor de reflectividad de radar (Z , medida en dBz) para estimar la masa de precipitación por volumen escaneado, aunque no se puede estimar el tipo de precipitación a partir de esta única medición.

Los radares Doppler determinan la diferencia de fase entre el pulso transmitido y recibido, la información entre ambas es una medida de la velocidad Doppler media de las partículas, es decir el promedio ponderado (reflectivity weighted average) de la reflectividad de la componente radial de la velocidad de los hidrometeoros en un pulso. El espectro Doppler es una medida de la variabilidad espacial de las velocidades de las partículas y provee una indicación de vientos y turbulencia en las tormentas.

Los radares polarimétricos que transmiten y reciben la componente de polarización vertical y horizontal del pulso, permiten distinguir el tipo de hidrometeoros. Un radar polarimétrico mide reflectividad diferencial (Z_{DR}) y propagación de fase específica (K_{DP}) que permiten describir una distribución de tamaño de gotas. En función de la diferencia de fase entre la componente horizontal y vertical, promediadas separadamente, se puede distinguir entre lluvia, nieve, hielo, granizo y copos de nieve.

2.2.2.4. Ceilómetro

Un ceilómetro es un instrumento diseñado para detectar la altura de las capas de las nubes, normalmente hasta 5-7 km. Existen algunas versiones que miden la presencia de nubes altas tipo cirrus hasta 13-15 km de alturas para todo tipo de clima (Vaisala CL51). Se basa en un sistema óptico con tecnología láser (*Figura 5.15*).



Vaisala Ceilometer CL51.

Fuente: <http://www.vaisala.com/en/products/ceilometers/Pages/default.aspx>

2.2.2.5. Disdrómetro

El disdrómetro es un instrumento que mide el tamaño y distribución de las precipitaciones (DSD) por medio de un sistema óptico-láser. Puede determinar 20 tamaños entre 0.3 y 5.4 mm y tasas de precipitación. Las precipitaciones pueden clasificarse en llovizna, lluvia, aguacero, granizo, nieve o mezcla de ellos. Este instrumento mide en forma óptica a un metro del suelo, determinando tamaño y velocidad de caída de cada tipo de precipitación, logrando un espectro de tamaños de precipitación (DSD). De esta función de densidad se puede determinar la cantidad de precipitación y otras propiedades como número de densidad de gotas, reflectividad de radar, contenido total de agua líquida. Este instrumento es muy útil para mejorar la calibración de los radares (Lee and Zawadzki, 2006).

Algunos equipos utilizan láser, 2D-video usando cámara de barridos muy rápidas, microondas o sistemas acústicos (micrófonos) para inferir el tamaño de las partículas. Otros utilizan un dispositivo electromecánico compuesto por una membrana que oscila cuando cae una gota y se compensa su movimiento con dos bobinas eléctricas que sensan el movimiento de la membrana y atenúan su oscilación. Estos dispositivos son más sensibles al viento, que su versión óptica. Otras versiones con micrófonos se usan para detectar tamaño de granizo a partir del impacto en una pantalla metálica, en conjunción con paneles grillados de medición de impacto de granizo (granizómetros). En la *Figura 5.16* se ejemplifican 2 tipos de disdrómetros utilizados.

Otra forma de calcular los tamaños de partículas es usar un radar en forma vertical y determinar el espectro de velocidades, y de allí inferir el espectro de tamaños. Sin embargo el viento vertical y otras fuentes de ruido influyen en la determinación del espectro de tamaños. A fin de reducir esta incertidumbre, la combinación de radar Doppler y disdrómetro, permite obtener una mejora sustancial en la distribución de tamaños de precipitaciones y en la determinación de los vientos ascendentes, y calibración de la reflectividad del radar (Thomson and List, 1996).

Figura 5.16: EJEMPLO DE DOS TIPOS DE DISDRÓMETROS





Fuente: www.thiesclima.com/disdrometer.html

2.2.3. Software para instrumentos y satélites

2.2.3.1. Software de Radar TITAN y Radares Polarimétricos

Los radares Doppler de doble polarización permiten entre otras cosas, identificar las partículas de las nubes, discriminando entre agua super fría, llovizna, lluvia, granizo, graupel, nieve seca, nieve húmeda, vientos reinantes dentro de las nubes, cantidad de precipitación por zonas de hasta 1 km², georeferenciado en el Sistema de Información Geográfica (SIG).

Para el procesamiento en tiempo en real y almacenamiento de la información de radar se utiliza el software TITAN, (Thunderstorm Identification and Tracking Análisis). Este software identifica cada tormenta vista en el radar, le coloca un identificador y determina las propiedades de la tormenta, por ejemplo altura, volumen, área, intensidad, lluvia, velocidad de desplazamiento y realiza el seguimiento sobre la superficie. TITAN puede usarse también para predecir la futura posición e intensidad de una tormenta a partir de estadísticas pasadas. Este software permite determinar:

- número de tormentas que ocurren naturalmente en la zona bajo estudio,
- duración en tiempo de las tormentas,
- evolución de nubes aisladas convectivas,
- estimación de precipitación.

La utilización de radares de doble polarización tiene importantes ventajas respecto de radares de polarización simple o Doppler. Este tipo de radares permite estudiar procesos de nubes y la identificación de distintos tipos de partículas (Hubbert et al., 1998 y Vivek et al., 1999).

Anteriormente la estimación de lluvia a partir de mediciones de radar se basaba en modelos empíricos que usualmente se derivan de análisis de regresión a partir de la reflectividad de radar y mediciones de pluviómetros o simulaciones numéricas. En un radar polarimétrico, se incluyen los datos de reflectividad diferencial (Z_{DR}) y propagación de fase específica (K_{DP}), en los modelos. La

exactitud de la estimación de lluvia basada en radares está limitada por la no linealidad de los modelos empíricos, la que puede ser mejorada por una mejor descripción de la distribución en tamaño de gotas (DSD).

Se recomienda el uso de radares de polarización dual para estimaciones de lluvia ya que son relativamente inmunes a interferencias, por ejemplo permite eliminar ecos indeseados como clutter, propagación anómala y otros errores en las mediciones del radar simple. La identificación de partículas permite la diferenciación entre lluvia y granizo. El Clasificador de Ecos de Radar (REC) puede fácilmente identificar diferentes tipos de ecos para facilitar la operación. Por ejemplo, el (REC) puede clasificar ecos de precipitación y separarlos de artefactos como AP clutter de superficie, ecos de aire libre, clutter de mar, ecos de pájaros o insectos incluyendo hasta saltamontes.

La utilización de Doppler permite estudiar los factores en la capa planetaria límite que controlan la formación y la evolución de tormentas (p.ej. líneas de convergencia preexistente que llevan a la formación de tormentas y las corrientes descendentes/ascendentes que disparan nuevas tormentas) como también los patrones de convergencia.

Muchos estudios demuestran que se usan los radares polarimétricos para identificar tipos de hidrometeoros (Doviak y Zrníc 1993; Straka et al 2000, Vivekanandan et al., 1999). Los radares polarimétricos lineales transmiten y reciben las componentes horizontal y vertical de radiación, proveyendo más información de la dispersión que los radares convencionales. Los parámetros observables por radares polarimétricos dependen de las características de los hidrometeoros; particularmente (a) tamaño de partícula, (b) forma de la partícula, (c) orientación de la partícula respecto de la dirección vertical local, (d) fase (líquida o hielo), y (e) densidad (mojado, seco, agregados, rimel). Por esto las observaciones de polarización se usan para delinear regiones de hidrometeoros que tienen diferentes formas, orientaciones y fase.

La exactitud de la estimación de lluvia por un radar bien calibrado está limitada por la falta de conocimiento detallado de la distribución en tamaño de las gotas (DSD). La lluvia se estima usualmente a partir de la reflectividad del radar usando la relación Z-R basada en lluvia en convectiva o estratiforme. La relación Z-R se obtiene ajustando mediciones de pluviómetros y reflectividad de radar. Es sabido que la relación Z-R cambia de lugar en lugar y también en el tiempo dependiendo de los cambios de DSD. Por ello, una relación empírica de Z-R no puede proveer una estimación exacta para diferentes tipos de lluvia ya que no puede manejar la variación en tamaño de las gotas.

La relación entre la reflectividad de radar y la lluvia se puede casi completamente cuantificar solamente si se especifica la distribución en tamaño de las partículas ya que es proporcional a los momentos de DSD (p. ej., la reflectividad es el 6to momento y la lluvia es proporcional al 3.67avo momento del espectro de las gotas). La estimación de la lluvia requiere detallado conocimiento de DSD y por ello se derivan varios estimadores de lluvia a partir de las observaciones de los radares polarimétricos que incluyen reflectividad, reflectividad diferencial y fase de propagación.

2.2.3.2. Software para productos satelitales

Existen agencias internacionales que mantienen diversos productos con imágenes, series temporales y bases de datos proveniente de plataformas distintas.

La Agencia NASA de EEUU mantiene su página ECHO (Earth Observing System (EOS) Clearinghouse³⁵) como parte del sistema de información de NASA Earth Science Data and Information System (ESDIS). El objeto es proveer de una base de datos organizada por variable (temperatura, concentración de gases, otros), plataforma (instrumentos, satélites, otros), cobertura espacial e intervalo temporal. Entre sus series se encuentran meta datos sobre variabilidad climática, ciclo de carbono, ecosistemas, composición atmosférica, ciclo hidrológicos, entre otros.

El software de búsqueda utilizado por ECHO se encuentra la herramienta denominada REVERB (o The Next Generation Earth Science Discovery Tool³⁶). Esta página es de acceso libre y permite definir la búsqueda por fecha, zona geográfica, variables e instrumentos (satélite) disponibles con esa información.

La información seleccionada se almacena en formato *.hdf o * hde (o Hierarchical Data Format: HDF, HDF4, or HDF5). Este es un formato para almacenar grandes volúmenes de datos, originariamente desarrollada por el National Center for Supercomputing Applications. Algunos software genéricos matemáticos y de visualización gráfica como MATLAB, OCTAVE, IDL, JAVA soportan el uso de esta extensión. Para el uso de este tipo de datos en modelos (como por ejemplo en WRF, se usa la herramienta NCL (NCAR Command Language³⁷) desarrollada por NCAR, pero en sistema operativo Linux.

Otro formato típico asociado a grandes volúmenes (matriciales) de datos es NetCDF, también generado por NCAR que se puede leer con NCL.

Existe una aplicación provista por NASA llamada Panoply³⁸ que permite visualizar la información, su aplicación para Windows es panoplyWin.

Este software es compatible con formatos NetCDF y HDF. Permite:

- Seleccionar gráficos específicos por latitud-longitud, latitud-altura, longitud-altura, latitud-tiempo, entre otros.
- Combinar dos matrices (suma-resta o promedio).
- Graficar en mapas regionales o globales.
- Guardar y exportar en diversos formatos.

³⁵ <http://www.echo.nasa.gov/>

³⁶ <http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/>

³⁷ <http://www.ncl.ucar.edu/overview.shtml>

³⁸ <http://www.giss.nasa.gov/tools/panoply/>

2.3. Proceso de priorización de tecnologías

A fin de priorizar tecnologías para la observación y medición de variables climáticas e hidrológicas se desarrolló un proceso de 4 fases (*Tabla 5.2*). Los resultados de la primera fase, relevamiento de información, se presentó en los puntos precedentes.

Las siguientes fases permitieron identificar una serie de alternativas, en línea con los ejes centrales del estudio (enfoque, mediciones, productos y centros), para su posterior priorización, realizada mediante análisis multicriterio y de factibilidad. La priorización ha sido validada por las consultas, constituyendo la base para formular las ideas de proyecto.

Tabla 5.2: FASES DEL PROCESO DE PRIORIZACIÓN	
Primera Fase Exploratoria y de Relevamiento	Segunda Fase de Consulta a Actores
<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacidad actual de monitoreo del país: equipamiento disponible; 2. Existencia de redes organizadas (COIRCO, COREBE, etc.); 3. Instituciones específicas (Servicio Meteorológico Nacional, Subsecretaría de Recurso Hídricos, etc.); 4. Instituciones académicas (Universidades, CONICET, INA, etc.) que puedan dar apoyo a las anteriores o que estén realizando investigaciones en el tema. 	<ol style="list-style-type: none"> 5. Participación en varias reuniones sobre redes hidrometeorológicas y radares realizadas en la ciudad de Buenos Aires en la Subsecretaría de Recursos Hídricos (Sistema Integrado de Datos de Redes Hidrometeorológicas - SINDAREH); 6. Consulta individual a expertos a través de entrevistas (SMN, INA, DGI, etc.); 7. Realización de una encuesta de opinión sobre necesidades tecnológicas de monitoreo. 8. Consulta a literatura especializada
Tercera Fase: Selección de Alternativas	Cuarta Fase: Taller de Difusión
<ol style="list-style-type: none"> 9. Las tecnologías seleccionadas combinan la información proveniente de las dos fases anteriores interpretada por el consultor. 10. La propuesta, fue consultada/validada en un taller en el Servicio Meteorológico en la ciudad de Buenos Aires con la presencia de varios representantes del SMN, SSRHH, INA entre otros. 	<ol style="list-style-type: none"> 11. Finalmente el grupo ENT realizó un taller donde se expusieron las motivaciones y selecciones a un público más amplio, con el retorno, preguntas y objeciones de otros interesados.

A partir del análisis de la información derivada del proceso en sus diferentes instancias, se han identificado numerosas necesidades y/o debilidades. Entre ellas, se ha interpretado como una demanda de la sociedad científica-tecnológica nacional la mejora en la red de monitoreo a fin de cubrir temporal y espacialmente el territorio nacional. Por otro lado, considerando que se han señalado carencias y barreras institucionales u organizativas que dificultan el monitoreo adecuado, se identifica como una demanda de los entrevistados, la mejora en la coordinación de los datos y en la generación de otros productos climáticos.

Asimismo, la información recabada en las entrevistas y los resultados de las encuestas reunió una serie de recomendaciones en cuanto a variables que deberían medirse, tecnologías que deberían utilizarse y propuestas de esquemas institucionales organizativos, permitiendo generar una

primer lista de alternativas y/o propuestas (tercera fase) para su posterior análisis, que se sintetiza en la *Tabla 5.3*:

Tabla 5.3: RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO DE ENCUESTAS Y ENTREVISTAS	
VARIABLES FÍSICAS	EQUIPOS POSIBLES
g. Medición meteorológica de altura; h. Medición pluviométrica; i. Medición meteorológica superficial; j. Medición de aerosoles y radiación; k. Mediciones en glaciares, campos de nieve, etc. l. Otras mediciones.	h. Radares; i. Radiosondeo; j. Radiómetros; k. Lidars; l. Estaciones automáticas; m. Equipamiento con aviones n. Otros equipos.
SOFTWARE O DATOS	ORGANIZACIONALES
f. Software para uso de datos satélites; g. Modelos regionales meteorológicos; h. Modelos hidrológicos; i. Mejoras o disponibilidad en las bases de datos. j. Otros productos climáticos según los usuarios.	d. Adaptación del SMN como agencia climática; e. Agencia climática nueva; f. Otras propuestas organizacionales.

2.3.1. Análisis Multicriterio

Teniendo en cuenta la demanda de *“ampliar la captura de datos climáticos esenciales, mejorar su calidad y extensión geográfica y generar productos que sirvan a la toma de decisiones ante los posibles cambios climáticos globales”*, las opciones tecnológicas seleccionadas, se presentan en torno a dos objetivos específicos que dan respuesta a dicha demanda:

- 1) Ampliar en calidad y extensión cantidad la red de datos hidrometeorológicos.
- 2) Establecer un Centro de Datos o Agencia Climática.

Cada uno de estos objetivos específicos, presentan propuestas tecnológicas u organizativas que son evaluadas de acuerdo a una matriz multicriterio.

Objetivo 1) Ampliar en calidad y extensión cantidad la red de datos hidrometeorológicos.

Entre las variables físicas seleccionadas, se abordará la medición de variables meteorológicas en altura. Esta puede realizarse mediante diversos equipos o una combinación de ellos, tales como radares, radiosondeo, radiómetros, Lidars, ceilómetros, aviones instrumentados, globos libres o cautivos, cohetes, satélites con equipos de sensado remoto. A su vez cada equipo puede monitorear más de una variable, con lo cual puede resolver varios aspectos simultáneamente.

Considerando las variables temperatura, vapor de agua, vientos, aerosoles y radiación, las propuestas sometidas a análisis multicriterios son las que se muestran en la *Tabla 5.4*.

Tabla 5.4: PROPUESTAS PARA ANÁLISIS MULTICRITERIO. OBJETIVO 1
a) Mejorar (calidad) y ampliar (cobertura espacial /temporal) los perfiles en altura de temperatura y humedad.
Ampliar la red de radiosondeos.
Instalación de radiómetros.
Uso de información satelital, p. ej. MODIS.
b) Mejorar y ampliar la información de viento en altura y precipitación
Instalación de perfiladores de viento.
Instalación de radares.
c) Mejorar y ampliar la detección de aerosoles en altura
Instalación de LIDAR.
Campaña con aviones.

Objetivo 2) Establecer un Centro de Datos o Agencia Climática

La implementación de una Agencia Climática (AG), podría ayudar a superar o complementar las necesidades de Software o datos. Se consideran para su evaluación opciones organizacionales (*Tabla 5.5*) que puedan garantizar las siguientes funciones:

- a) La calidad de los datos. Para ello se deben fortificar los aspectos metodológicos instrumentales: mejorar y calibrar los equipos, aumentar la frecuencia de muestreo, agregar variables no medidas, comprobar y validar las series históricas; entre muchas otras recomendaciones. Esto incluye informar y conocer las incertidumbres asociadas y la preparación de una buena meta-data asociada a cada variable.
- b) Asegurar el acceso y disponibilidad pública de estos datos. Esto requiere compilar y organizar los datos existentes en bases de datos públicas con acceso público sin restricciones y permisos previos.
- c) La generación de productos climáticos que integran y analizan espacial y temporalmente los datos recolectados proporcionando información útil para la toma de decisiones. Esta tarea demanda muchos recursos humanos especializados y computacionales.

Tabla 5.5: PROPUESTAS PARA ANÁLISIS MULTICRITERIO. OBJETIVO 2 <i>Establecer un Centro de Datos o Agencia Climática</i>
d) Organizar una Agencia Climática nueva.
e) Ampliar el SMN (INTA, SSRH, u otra repartición) a fin de cumplir este rol.
f) Estructurar la AG dentro de la propuesta de un Sistema Nacional de Meteorología y Clima (SNMC) bajo el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MinCTIP)

Los resultados del análisis multicriterio se presentan en las *Tablas 5.7 y 5.8*.

2.3.1.1. Dimensiones de la evaluación multicriterio

Las propuestas tecnológicas u organizativas para cada objetivo específico son evaluadas de acuerdo a las dimensiones y criterios descritos en la *Tabla 5.6*:

Tabla 5.6: DIMENSIONES DE LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO	
DIMENSIÓN	CRITERIOS
AMBIENTAL	Emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs).
	Afectación a la calidad de aire (contaminación de otras emisiones diferentes a los GEIs).
	Afectación a la calidad del Agua (subterráneas y superficiales).
	Paisaje (impacto visual).
SOCIAL	Empleo (en cuanto a cantidad).
	Empleo (en cuanto a calidad).
ECONÓMICA	Desarrollo local de tecnología (si se pueden generar actividades productivas directas o indirectas a partir del desarrollo de la tecnología).
	Economías regionales (si se pueden generar actividades productivas directa o indirectas a partir de la implementación de la tecnología).
	Uso de la tierra.
POLÍTICA/ INSTITUCIONAL	Aceptación social.
	Marco regulatorio (si la implementación de la tecnología está en línea o no con la legislación).
CRITERIOS ESPECIFICOS	
Técnicos * ¹	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora la tecnología (hardware o software) existente. • Mejora la capacidad de operación. • Mejora la resolución espacial. • Mejora la resolución temporal. • Disminuye el costo de instalación inicial. • Disminuye el costo operativo.

*¹: Implica el grado en que la herramienta propuesta cumple con los objetivos técnicos y científicos planteados, en términos de calidad del dato obtenido.

Fuente: Elaboración propia

2.3.1.2. Valoración de los criterios

Para desarrollar el análisis multicriterio se ha llevado a cabo una valoración cualitativa de cada uno de los criterios. Se proponen cuatro posibles valores de (0 a +100). Se prefirió una escala de valores positivos y negativos, ya que diversas alternativas pueden afectar en sentido contrario el criterio establecido.

La escala propuesta es la siguiente:

Influye muy positivamente.....	100
Influye positivamente.....	50
Influye poco.....	25
Neutro, no afecta.....	0

En caso de que el subcriterio no es relevante al tema o que todas las propuestas tengan valoración equivalente se le adjudica el mismo valor, en general 0.

A cada valor asignado se le multiplica el peso de cada criterio, es decir se realiza una suma ponderada. La propuesta con mayor puntaje es la alternativa seleccionada.

Tabla 5.7: MATRIZ MULTICRITERIO OBJETIVO 1

OBJETIVO 1 a) AMPLIAR LA RED DE MEDICIONES DE ALTURA				
	Peso	OPCIONES		
		Radiosondeo	Radiómetros	MODIS
I. AMBIENTAL	4	0	0	0
a. Emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs),		0	0	0
b. Afectación a la calidad de aire (otras emisiones diferentes a los GEIs),		0	0	0
c. Afectación a la calidad del agua (subterráneas y superficiales),		0	0	0
d. Paisaje (impacto visual),		0	0	0
II. SOCIAL	2	50	75	25
a. Empleo (en cuanto a cantidad),		25	25	0
b. Empleo (en cuanto a calidad),		25	50	25
III. ECONÓMICA	3	0	200	0
a. Desarrollo local de tecnología (actividades productivas directas o indirectas),		0	100	0
b. Economías regionales (actividades productivas directa o indirectas),		0	100	0
c. Uso de la tierra,		0	0	0
IV. POLÍTICO/INSTITUCIONAL	2	0	0	0
a. Aceptación social,		0	0	0
b. Marco regulatorio (existe o no legislación),		0	0	0
V. TÉCNICA	6	175	375	400
a. Mejora la tecnología (hardware o software) existente,		0	100	50
b. Mejora la capacidad de operación,		25	50	25
c. Mejora la resolución espacial,		25	25	100
d. Mejora la resolución temporal,		25	100	25
e. Disminuye el costo de instalación inicial		100	0	100
f. Disminuye el costo operativo		0	100	100
Total		225	650	425
TOTAL NORMALIZADO	17	13.24	38.24	25.00

OBJETIVO 1: AMPLIAR LA RED DE MEDICIONES DE ALTURA		OPCIONES		
b) Dirección e intensidad de vientos, precipitación		Peso	Perfilador	Radar
I. Ambiental		4	0	0
a. Emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs),			0	0
b. Afectación a la calidad de aire (otras emisiones diferentes a los GEIs),			0	0
c. Afectación a la calidad del agua (subterráneas y superficiales),			0	0
d. Paisaje (impacto visual),			0	0
II. Social		2	50	75
a. Empleo (en cuanto a cantidad),			25	25
b. Empleo (en cuanto a calidad),			25	50
III. Económica		3	0	100
a. Desarrollo local de tecnología (actividades productivas directas o indirectas),			0	50
b. Economías regionales (actividades productivas directa o indirectas),			0	50
c. Uso de la tierra,			0	0
IV. Político/Institucional		2	0	0
a. Aceptación social,			0	0
b. Marco regulatorio (existe o no legislación),			0	0
V. Técnica		6	275	350
a. Mejora la tecnología (hardware o software) existente,			50	100
b. Mejora la capacidad de operación,			25	50
c. Mejora la resolución espacial,			25	50
d. Mejora la resolución temporal,			100	100
e. Disminuye el costo de instalación inicial			50	25
f. Disminuye el costo operativo			25	25
Total			325	525
TOTAL NORMALIZADO		17	19.12	30.88

OBJETIVO 1: AMPLIAR LA RED DE MEDICIONES DE ALTURA		OPCIONES	
c) Aerosoles, concentración, CCN, distribución de tamaños		LIDAR	Aviones
I. Ambiental	4	200	50
a. Emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs), (*)		100	25
b. Afectación a la calidad de aire (otras emisiones diferentes a los GEIs), (*)		100	25
c. Afectación a la calidad del agua (subterráneas y superficiales),		0	0
d. Paisaje (impacto visual),		0	0
II. Social	2	150	75
a. Empleo (en cuanto a cantidad),		100	25
b. Empleo (en cuanto a calidad),		50	50
III. Económica	3	125	50
a. Desarrollo local de tecnología (actividades productivas directas o indirectas),		100	25
b. Economías regionales (actividades productivas directa o indirectas),		25	25
c. Uso de la tierra,		0	0
IV. Político/Institucional	2	0	0
a. Aceptación social,		0	0
b. Marco regulatorio (existe o no legislación),		0	0
V. Técnica	6	350	375
a. Mejora la tecnología (hardware o software) existente,		100	100
b. Mejora la capacidad de operación,		25	50
c. Mejora la resolución espacial,		25	100
d. Mejora la resolución temporal,		100	25
e. Disminuye el costo de instalación inicial		100	0
f. Disminuye el costo operativo		0	100
Total		825	550
TOTAL NORMALIZADO	17	48.53	32.35
(*) En comparación, el uso de aviones afecta las emisiones de gases GEI y otros			

Tabla 5.8: MATRIZ MULTICRITERIO OBJETIVO 2

OBJETIVO 2: CREACIÓN DE UNA AGENCIA CLIMÁTICA				
	Peso	OPCIÓN 2A Independiente	OPCIÓN 2B SMN/INTA	OPCIÓN 3B SNMC
I. Ambiental	4	0	0	0
a. Emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs).		0	0	0
b. Afectación a la calidad de aire (otras emisiones diferentes a los GEIs).		0	0	0
c. Afectación a la calidad del agua (subterránea y superficial).		0	0	0
d. Paisaje (impacto visual).		0	0	0
II. Social	2	50	150	75
a. Empleo (en cuanto a cantidad).		25	100	25
b. Empleo (en cuanto a calidad).		25	50	50
III. Económica	3	50	25	25
a. Desarrollo local de tecnología (actividades productivas directas o indirectas).		50	25	25
b. Economías regionales (actividades productivas directa o indirectas).		0	0	0
c. Uso de la tierra.		0	0	0
IV. Político/Institucional	2	0	50	25
a. Aceptación social.		0	50	25
b. Marco regulatorio (existe o no legislación).		0	0	0
V. Técnica	6	225	225	200
a. Mejora la tecnología (hardware o software) existente.		50	25	25
b. Mejora la capacidad de operación.		100	50	50
c. Mejora la resolución espacial.		25	25	25
d. Mejora la resolución temporal.		25	25	25
e. Disminuye el costo de instalación inicial		0	50	25
f. Disminuye el costo operativo		25	50	50
Total		325	450	325
TOTAL NORMALIZADO	17	19.12	26.47	19.12

2.3.1.3. Resultados del análisis multicriterio

- **Objetivo 1**

Sobre el total de propuestas tecnológicas, la mejor valorada ha sido la que considera radiómetros (*Tabla 5.7*).

Específicamente para el ítem a) mejorar la calidad de datos y ampliar la frecuencia, la opción radiosondeo, que incluye su construcción, presenta una ventaja comparada con la instalación de radiómetros de microondas (22/30 y 50/60 GHz), fundamentalmente en su aspecto técnico ya que tiene mayor resolución temporal, disminuye los insumos de la compra de radiosondas. Sin embargo, tiene en desventaja el tiempo de construcción y puesta en funcionamiento, aunque mejora la capacidad de la tecnología local, entre otros aspectos.

Comparado con el uso de la plataforma satelital MODIS, esta es complementaria a ambas, pues si bien MODIS ofrece perfiles de vapor de agua y temperatura, tiene pobre resolución en altura, en especial a bajas alturas, pero ofrece una buena cobertura geográfica. Tiene dos pasadas diarias (satélites AQUA y TERRA) con dos o tres horas de diferencias cada una. La información más confiable es la de imágenes de contenido total de vapor de agua. Estas imágenes se ven afectadas por cobertura de nubes.

Respecto de las opciones perfilador de vientos y radar, este último ofrece algunas ventajas respecto del perfilador ya que posibilita otras mediciones adicionales. En cuanto a la comparación sólo de las variables comunes, el perfilador de viento es más sencillo de operar y de menor costo. Nuevamente ambas mediciones son complementarias.

En la opción LIDAR vs Aviones, se evalúa la posibilidad de determinar composición y distribución de aerosoles. Ambas variantes se complementan, sin embargo podemos decir que el LIDAR permite una determinación temporal continua pero en un solo punto, mientras que el uso de aviones permite determinar numerosas variables y parámetros físicos de nubes que el LIDAR no tiene capacidad. En contrapartida las operaciones con aviones son esporádicas y costosas.

De acuerdo a los resultados del análisis multicriterio en el caso del objetivo 1, se puede apreciar que existen diversos mecanismos complementarios que ayudan a lograr una mejora en la distribución espacial y temporal de las variables climáticas en altura. Ninguna de estas alternativas es realmente excluyente entre sí, ya que no entregan idéntica información, pero todas contribuyen al objetivo. Una solución óptima debería incluir todas estas variantes a fin de cubrir adecuadamente las necesidades de tener mejor distribución espacial, temporal, capacidad operativa y extensión de las series de datos.

En este sentido las tecnologías para ampliar la red abarcaría radiómetros multi-frecuencia, radiosondeo, radares, Lidars y perfiladores de viento. Concretamente "Ampliar la red de mediciones de altura" podría incluir:

- 5 estaciones de radiosondeo nuevos (con dos vuelos diarios) sumados a los 8 ya presentes que incluyan ozono-sondeo;
- radares meteorológicos doppler doble polarización;

- 9 radiómetros 20/30 -50/60 GHz;
- 9 Perfiladores de viento y ceilómetros;
- 7 LIDARS;

Dado que la priorización finaliza con una idea de proyecto se considera para su selección, además del análisis multicriterio, aspectos complementarios tales como proyectos existentes que abordan el desarrollo de tecnologías propuestas. En este sentido, considerando el Plan de radarización en el marco del Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME), que prevé el desarrollo de 10 radares meteorológicos a través de una empresa tecnológica argentina, incluyendo la instalación de pluviómetros en la zona de influencia de los radares y el Plan para la construcción de 5 lidars, por parte del Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF) estas tecnologías se recomiendan para la mejora de la red de monitoreo pero no se priorizan estas opciones porque ya están en marcha.

El amento del radiosondeo consiste en elevar en un globo un grupo de sensores una o dos veces por día. Esta propuesta es posible, ya que el SMN tiene 8 estaciones de radiosondeo, pudiéndose ampliar esta actividad a otras estaciones adicionales. Se propone aumentar en 5 las estaciones y se propone una localización posible (en el punto 4.3.4. pag. 104) mejorando la distribución espacial, sin embargo como se desarrolla en el punto 6.3.4 Analisis de Factibilidad, esta alternativa es costosa y no genera un adicional tecnológico al país por tanto no se considera como una priorización para idea de proyecto. Por otra parte el SMN podría ampliar su red de radiosondeo de acuerdo a sus propias decisiones y limitaciones presupuestarias o institucionales.

La construcción de radiómetros resulta una idea interesante y por ello se plantea como tecnología priorizada para idea de proyecto. Esta tecnología permite el monitoreo en forma continua (es decir un perfil en altura cada 2-3 minutos) de varios parámetros en altura, como ser temperatura, vapor de agua y agua líquida. Es un complemento para los radares y tienen una cobertura espacial que permite cubrir las áreas entre radares a un costo que es 10 veces menor que el de un radar. En el punto 6.3.4 Analisis de Factibilidad, se muestran los costos asociados. Se propone la construcción de un grupo de radiómetros multifrecuencia, ya que este proyecto potenciaría el desarrollo tecnológico, complementando las capacidades institucionales científicos-tecnológicas actuales de construcción de radares y lidars.

Otras alternativas complementarias consideradas que colaborarían en llenar la matriz de monitoreo de las Variables Climáticas Esenciales en el país, serían equipos (descritos en el punto 6.2.1, pág. 70) de sensado de aerosoles y radiación tanto en superficie como en nubes, para ello se requerirían algunas aeronaves equipadas con estos equipos lo cual tiene un costo asociado elevado.

- **Objetivo 2**

De acuerdo a la valoración obtenida, resulta como más favorable que el SMN fortalezca su estructura para funcionar como Agencia Climática, mientras que las variantes de organizar una institución independiente (del SMN) o asociada al MinCTIP, parecería ser indistinto (*Tabla 5.8*). Esto se justifica por el hecho que el SMN ya tiene numerosas funciones en sí mismas y requiere sólo de un aspecto adicional y complementario, comparado con organizar una estructura nueva.

2.3.2. Validación de resultados

Las tecnologías seleccionadas sobre la base de las diferentes fases de consulta y valoradas de acuerdo al análisis multicriterio se ven respaldadas por resultados de las encuestas y entrevistas realizadas a actores relevantes en la materia, que pueden sintetizarse en los siguientes puntos:

- Hay una muy alta coincidencia (90%) en que es necesario incrementar el monitoreo de las variables climáticas esenciales.
- La principal barrera para mejorar u optimizar las capacidades de medir, pronosticar y planificar medidas de mitigación y adaptación frente a un posible cambio climático es la presupuestaria (100%). En segundo lugar se identifica la falta de equipos (94%) y en tercer lugar (88%) se identifican la ausencia de redes organizadas y las organizacionales.
- Las respuestas muestran como carencia principal el monitoreo de las variables climáticas referidas a meteorología y calidad del aire (69%).
- En consecuencia con la respuesta anterior, la principal variable a medir serían los datos de altura y en segundo lugar se mencionan los datos de aerosoles.
- En particular se menciona la necesidad de mejorar la red de radiosondeos y radares y en segundo lugar otras mediciones como radiómetros, perfiladores de viento y uso de datos satelitales.
- Con respecto al monitoreo de agua, debe aumentarse lo datos de subterráneo y en segundo lugar aparecen los datos de superficie.
- Respecto al tema institucional y/o organizacional, los encuestados consideraron que las instituciones actuales son adecuadas, sin embargo las opiniones destacan la necesidad de reforzar la coordinación y fortalecer las instituciones actuales.
- Finalmente respecto de la creación (o no) de una Agencia Climática, el 75% opina que sería necesaria o conveniente una agencia climática. Sin embargo algunos opinaron que el SMN debería cumplir esa función, y otros advierten que si no hay un verdadero fortalecimiento de las instituciones una agencia climática no resolvería el problema per se.

2.3.3. Contribución de las propuestas a la reducción de vulnerabilidad y posibles usuarios

Uno de los criterios considerados para la priorización de tecnologías y propuestas fue tener en cuenta aquellos aspectos a los que estas tecnologías dan respuesta en terminos de amenazas al cambio climático o reducción de la vulnerabilidad. Al respecto cabe señalar que si bien ninguna de las propuestas contribuye directamente a reducir la vulnerabilidad de un sector determinado, estas presentan el beneficio de generar información para ayudar a una mejor interpretación del cambio climático, permitiendo detectar las amenazas y apoyando el proceso de toma de decisiones en la materia.

La implementación de las medidas propuestas, constituyen herramientas necesarias para mejorar la capacidad de predicción del cambio climático. Dependerá del uso que se haga de esa información para que realmente sea efectiva para reducir amenazas del cambio climático.

En cuanto a la primera propuesta, relacionada con la medición de los parámetros meteorológicos de altura, esta es necesaria científica y técnicamente, en el marco del cambio global por las siguientes razones:

- La medición de vapor de agua y temperatura en la atmósfera es una de las variables climáticas esenciales definidas por las agencias internacionales (i.e. OMM, IPCC, otras) para detectar posibles cambios climáticos de largo plazo y realimentaciones entre los sistemas hidro-meteorológicos. Dada la alta incertidumbre que existe en la variación del vapor de agua en las nubes, la operación continua de estos instrumentos permitiría mejorar la información de los perfiles en altura de temperatura y humedad. Estos datos son claves para estimar los balances de radiación térmica y el contenido total de vapor en las nubes que luego se usan en los modelos de cambio climático.
- Las tendencias de las variaciones de largo plazo de la temperatura y humedad no son iguales para las diversas alturas de la atmósfera. Esto implica complejos mecanismos de realimentación entre la superficie y la estratosfera, que incluye composición, tipo y distribución de nubes. Mecanismos de realimentación troposfera y estratosfera (así mientras que la superficie presenta tendencias positivas de temperatura, la estratoósfera muestra tendencias negativas).
- Se necesitan estas mediciones para calibrar los datos satelitales y modelos globales/regionales. Por ejemplo el satélite MODIS ha sido calibrado ampliamente con radiosondeo y mediciones de altura para el hemisferio norte. Sin embargo la carencia de mediciones de altura en el hemisferio sur, implica un empobrecimiento de la resolución de los productos de MODIS con lo cual se empobrece la capacidad de detectar los posibles cambios climáticos.
- Por otra parte todos los modelos globales y regionales necesitan mediciones de altura calificados (buena resolución temporal y espacial) para poder producir productos importantes como pronósticos y evaluaciones de largo plazo. Un ejemplo sería determinar si las lluvias van a incrementarse o por el contrario hay una tendencia a la desertificación.
- El impacto del conocimiento de estas variables y de su incertidumbre implica, por ejemplo, mejorar el pronóstico de largo plazo sobre las precipitaciones níveas en cordillera. Un aumento o disminución de los glaciares cordilleranos afectaría la sustentabilidad de millones de personas que viven del agua potable del recurso hídrico.

Respecto de la propuesta de creación de la Agencia climática, se considera que en la medida que esta agencia cumpla con los roles específicos: asegurar mediciones confiables, responsabilizarse por la organización de datos y elaborar productos climáticos, contribuirá a detectar tendencias, posibles cambios en las variables medidas y a identificar vulnerabilidades frente al cambio climático.

En este sentido, para ambas propuestas, dependiendo el uso que se haga de estas herramientas, toda la sociedad puede resultar beneficiada. Específicamente, se identifican los siguientes usuarios y utilidades que brinda la propuesta tecnológica definida en la ENT:

- Sector agrícola productivo. Los cambios en los patrones de precipitaciones tiene un impacto directo a largo plazo de la frontera agrícola, cantidad de hectáreas disponibles, tipos de productos, etc.

- Sector energético. Para predecir a futuro mayores o menores precipitaciones en los ríos de montaña (i.e. cuenca del Limay-Comahue) hacen falta buenas mediciones y mejores modelos. Una mejor predicción ayudará a planificar mejor la matriz energética nacional.
- Defensa civil y prevención de catástrofes. Por ejemplo, un aumento de precipitaciones puede provocar inundaciones súbitas, deslizamientos (i.e. Ciudad de Santa Fe 2003/2007; Tartagal 2009, etc).
- Agua Potable. La disponibilidad de agua potable en zonas áridas depende de las precipitaciones nivas en cordillera. Una posible desertificación por reducción de las nevadas a largo plazo implicará la migración de importantes cantidades de habitantes a otros centros urbanos. Estos “refugiados ambientales” conlleva numerosos conflictos sociales, pobreza, marginación. Una adecuada prevención permitirá generar políticas de adaptación adecuadas.

2.3.4. Factibilidad de propuestas priorizadas

Se analiza a continuación la factibilidad de implementar las medidas propuestas en tres aspectos:

1. Ampliar en calidad y cantidad la red de datos hidrometeorológicos.
2. Construcción de tecnología local.
3. Establecer un Centro de Datos o Agencia Climática.

1. Ampliar en calidad y cantidad la red de datos hidrometeorológicos

En base a la definición de las variables climáticas esenciales (VCE) se aprecia que Argentina mide estas variables, pero no con la densidad geográfica y temporal deseable.

El Sistema Integrado de Datos de Redes Hidrometeorológicas (SINDAREH) está organizando un inventario de las estaciones de monitoreo existentes y las variables de cada estación, frecuencia de monitoreo, etc. De este inventario podrá surgir una evaluación objetiva del estado de las mediciones de las VCE. En la *Tabla 5.9* se muestra sólo una aproximación resumida de este inventario.

Del análisis de esta tabla se aprecia una buena cobertura de datos superficiales de temperatura, humedad, precipitaciones, velocidad y dirección de vientos. También hay una cobertura aceptable de datos hidrológicos de caudal y escorrentía en los principales ríos de Argentina.

Pero existe una pobre evaluación de datos de altura, pocos radiosondeos para la extensión territorial del país. Al menos debería agregarse en Bariloche y Chivilcoy al Oeste, Bahía Blanca (Espora) y Río Gallegos o Ushuaia e incluir en todos los datos de ozono en altura en todos los radiosondeos. Esta red también podría densificarse usando radiómetros de superficie en 20/30 y 60 GHz, con el adicional que da información sobre vapor de agua precipitable. Respecto a radiación UV y ozono total se podría agregar en Espora (Bahía Blanca) o Bariloche.

Respecto a gases de efecto invernadero (GEI), actualmente sólo existe la estación Global Atmospheric Watch (GAW) en Ushuaia. Si bien otras estaciones no tendrían la validez de estaciones de fondo, podría agregarse otras estaciones remotas, en la cordillera al oeste y/o noroeste argentino, a fin de evaluar su evolución respecto de la GAW y tener una evaluación latitudinal.

Tabla 5.9: ESTADO DE LA MEDICIÓN DE VARIABLES CLIMÁTICAS ESCENCIALES

Dominio		Variables Climáticas Esenciales (VCE)	Frecuencia	Cobertura geográfica
Atmosférico (sobre tierra mar e hielo)	Superficie	Temperatura del aire, precipitación, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento, Vapor de agua balance de radiación en superficie;	Horario	Muy Buena
			Horario	Muy Buena
			Horario	Muy Buena
			Horario	Muy Buena
			Horario	Muy Buena
	Horario	Aceptable		
Altura (aire)	Balance de radiación solar, incluyendo irradiancia solar; temperatura en altura; velocidad y dirección del viento; vapor de agua; propiedades de las nubes	Diario	Sólo en 8 estaciones	
		Diario		
		Diario		
		Diario		
Composición	Dióxido de carbono; metano, ozono; otros gases de efecto invernadero propiedad de los aerosoles	Horario	Ushuaia Ushuaia Ushuaia Puntual Puntual	
		Horario		
		Horario		
		Eventual		
Eventual	Puntual			
Oceánico	Superficie	Temperatura del mar salinidad superficial de los mares; nivel del mar, estado del mar; hielo marino, corrientes, color del océano (para actividad biológica), presión parcial del dióxido de carbono.	Periódico	Costa Atlántica
	Sub-superficie	Temperatura, salinidad, corrientes, nutrientes, carbón, trazadores oceánicos, fitoplancton		
Terrestre	Agua	descarga en ríos	Diario	Muchos ríos poseen mediciones de caudales diarios
		subterránea;		Estudio de

		niveles de lagos,	Eventual	pozos
			Eventual	Por investigaciones puntuales
	Hielo	cobertura de nieve, glaciares y capas de hielo; suelos permafrost o estacionalmente congelado	Eventual	Algunas mediciones realizadas en el marco de investigaciones científicas. Alguna cobertura por satélites
	Suelo y vegetación	Tipo y cobertura fracción de radiación activa absorbida fotosintética-mente; índice de área foliar (LAI), biomasa; áreas afectadas por fuego.	Diario (2 pasadas)	Todo el ámbito nacional, disponible por satélites

Fuente: Elaboración propia

Estaciones de monitoreo de GEI en ciudades ya no se comportan como climáticas, sino que se ven afectadas por los contaminantes urbanos. Este tema es muy importante, para la calidad del aire y para inventarios de GEI, pero escapa al tema en cuestión.

Otro tema importante es la isla de calor urbano que influencia las series temporales de las mediciones de temperatura y humedad de las estaciones inmersas en el creciente ejido urbano. A fin de calibrar estas variaciones deben mantenerse las estaciones actuales y poner en paralelo algunas estaciones rurales cercanas que permitan con el tiempo establecer estas diferencias.

Otro tema pendiente es el de evaluación de aerosoles. Estos son de origen antrópico (ciudades) o natural (erosión, volcanes). En las estaciones de radiosondeo propuestas deben incluirse además evaluación de aerosoles. Mediante el uso de LIDAR puede realizarse una evaluación en altura de la atenuación producida por aerosoles

La evaluación del tipo, tamaño y contenido sólo puede realizarse mediante tomas in situ de superficie o través de captura mediante aviones. El contenido de aerosoles no sólo afecta el balance radiativo terrestre, sino que afecta la formación de precipitaciones en las nubes.

Probablemente el SMN tenga entre sus planes operativos una discusión sobre la mejor forma de ampliar la red de monitoreo climático. En caso de llevarse adelante esta ampliación, serán ellos los responsables de fijar los lugares e instrumentos en forma óptima acorde a su capacidad operativa.

2. Propuesta de ampliación de la red de monitoreo

Tal como se detalló en el análisis multicriterio, se propone ampliar la red de monitoreo siguiendo los siguientes lineamientos:

a. Ampliación de la red de mediciones de altura

Uno de los inconvenientes principales detectados durante este estudio es la reducida capacidad del sistema nacional de mediciones de variables climáticas en altura. Por ello se propone aumentar el número de estaciones y su capacidad operativa según se muestra en la *Figura 5.17*. Luego se analizan los costos de estas propuestas.

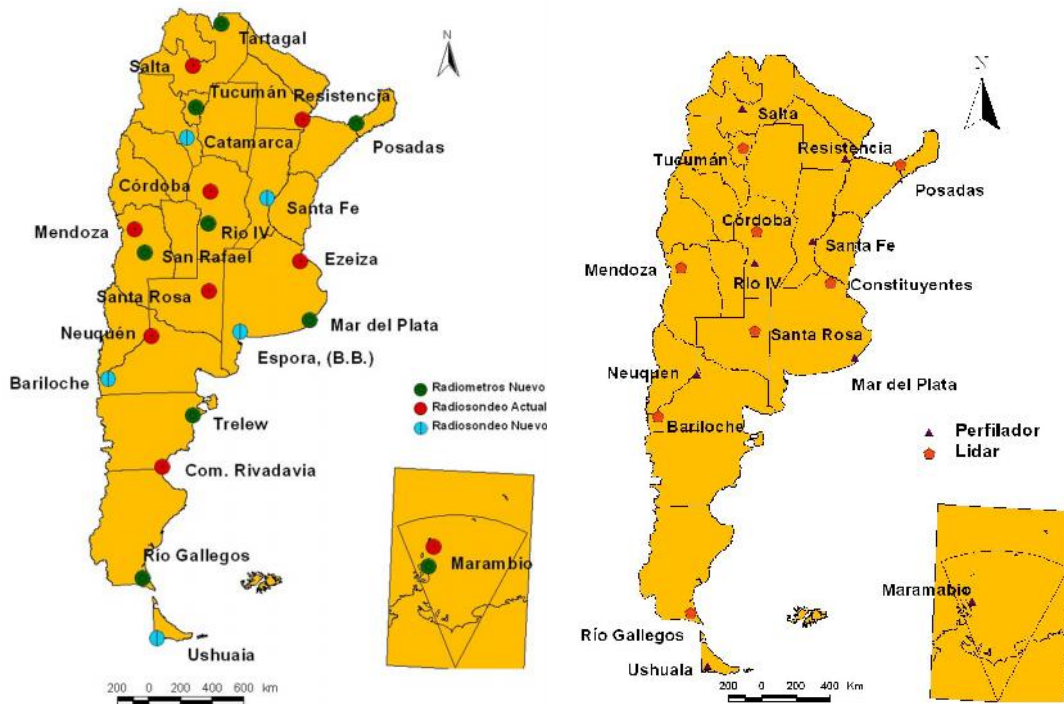
- 5 estaciones de radiosondeo nuevos (con dos vuelos diarios) sumados a los 8 ya presentes que incluyan ozonosondeo;
- 10 radares meteorológicos Doppler doble polarización (ya previstos en la SINARAME);
- 9 radiómetros 20/30 -50/60 GHz;
- 9 Perfiladores de viento y
- 7 LIDARS;

La ubicación propuesta de las estaciones se ha realizado a fin de obtener una buena cobertura latitudinal (sur-norte) de todo el territorio nacional, aprovechando la infraestructura existente del SMN. Esta dirección sur-norte es la de mayor variabilidad. Se intensifica la zona central (provincia de Córdoba) y se refuerzan los datos patagónicos. Los datos de altura de radiosondeos y lidars son representativos de varios cientos de kilómetros. Los radares tienen cobertura visual con un rango de 20-100 km. Los perfiladores de viento y radiómetros tienen menor cobertura horizontal de 2-20 km pero los perfiles de altura obtenidos son similares a los del radiosondeos, con la ventaja de obtener un perfil cada 15 minutos (en vez de una vez por día de los radiosondeos). A la ubicación (ya prevista de los radares) se sugiere intercalar los radiómetros como una alternativa complementarias a los radares y radiosondeos.

En cuanto a los resultados de los modelos y pronósticos, esto se extienden a todo el territorio nacional (terrestre, aéreo y marítimo), siguiendo los pronósticos y otros productos climáticos actualmente ofrecidos por el SMN y otros institutos de investigación.

La justificación de la ubicación específica de cada instrumento tiene que ver no sólo con la necesidad específica de mejorar la cobertura geográfica y temporal de las variables climáticas, sino también de la capacidad técnica del personal del SMN en cada estación y del apoyo de instituciones científicas universitarias locales. Algunos instrumentos, a pesar de ser operativos, pueden requerir de una apoyatura científica adecuada. La investigación mediante el uso de aviones para medición de nubes, puede realizarse mediante campañas periódicas partiendo de algunos de los aeropuertos locales, aunque tenga una base de instalación fija.

Figura 5.17: PROPUESTA DE UBICACIÓN DE INSTRUMENTOS NUEVOS



(a) Izq. Radiómetros y radiosondeos, (b) Der. LIDARS y perfiladores de viento.

b. Costos de ampliación de la red en altura

Los costos aproximados (en miles de pesos) de las opciones desarrolladas anteriormente se muestran en la *Tabla 5.10*. Ésta detalla los costos por estación de varias opciones, de acuerdo a lo propuesto para una operación de 15 años. Los gastos generales previstos incluyen gastos operativos, de personal, de mantenimiento y capacitación del personal que usarán los equipos.

En la *Tabla (a)* y *(b)* se comparan dos opciones para el desarrollo de radiómetros o compra directa de los mismos. La compra del radiómetro incluye uno del tipo Radiometrics Profiler con un costo de 280 mil U\$S por unidad. En el caso de desarrollo se incluye el costo de los ingenieros y científicos que participarían en el desarrollo y el costo de los materiales y etapa experimental considerado entre tres y seis años (2x6 o 4x3 años hombre).

Tabla 5.10: COSTOS APROXIMADOS EN MILES DE PESOS ARG.PARA VARIAS OPCIONES TECNOLÓGICAS

a) Radiómetros V1	Unidad	Anual	15 Años	Promedio anual
Compra (1 unidad)	1,400	-	1,400	93
Costo inicial de instalación	500	-	500	33
Operativos	-	60	900	60
Personal	-	80	1,200	80
Capacitación c/5 años	100	-	300	20
Total		140	4,300	287
b) Radiómetros V2	Unidad	Anual	15 Años	promedio anual
Desarrollo (1 unidad)	2,500	-	2,500	167
Personal desarrollo (3 años)	12	80	960	64
Costo inicial de instalación	500	-	500	33
Operativos	-	60	900	60
Personal	-	80	1,200	80
Capacitación c/5 años	100	-	300	20
Total radiómetro V2		220	6,360	424
c) Radiosondeo	Unidad	Anual	15 Años	promedio anual
Compra (700 unid x año)	1.1	770	11,550	770
Costo inicial de instalación	350	-	350	23
Operativos	-	100	1,500	100
Personal	-	80	1,200	80
Capacitación c/5 años	40	-	120	8
Total radiosondeo		950	14,720	981
d) Radiosondeo + ozonosondeo	Unidad	Anual	15 Años	promedio anual
Compra (700 unid x año)	1	770	11,550	770
Compra O3 (700 unid x año)	1	525	7,875	525
Costo inicial de instalación	350	-	350	23
Operativos	-	100	1,500	100
Personal	-	80	1,200	80
Capacitación c/5 años	40	-	120	8
Total radiosondeo + o3	-	1,475	22,595	1,506
e) Radar	Unidad	Anual	15 Años	promedio anual
Compra (1 unidad)	9,000	-	9,000	600
Costo inicial de instalación	3,000	-	3,000	200
Operativos	-	120	1,800	120
Personal	-	80	1,200	80
Capacitación c/ 5 años	100	-	300	20
Total radar	0	200	15300	1020
f) Perfilador	Unidad	Anual	15 Años	promedio anual
Compra (1 unidad)	2,750	-	2,750	183
Costo inicial de instalación	1,000	-	1,000	67
Operativos	-	60	900	60
Personal	-	80	1,200	80
Capacitación c/ 5 años	120	-	360	24
Total perfilador	-	140	6,210	414
g) Lidar	Unidad	Anual	15 Años	promedio anual
Compra (1 unidad)	1,900	-	1,900	127
Costo inicial de instalación	1,000	-	1,000	67

Operativos	-	120	1,800	120
Personal	-	80	1,200	80
Capacitación	120	-	360	24
Total Lidar	-	200	6,260	417
h) Ceilómetro	Unidad	Anual	15 Años	promedio anual
Compra (1 unidad)	9,000	-	9,000	600
Costo inicial de instalación	150	-	150	10
Operativos	-	60	900	60
Personal	-	80	1,200	80
Capacitación c/ 5 años	40	-	120	8
Total ceilómetro	-	140	11,370	758
i) Aeronave v1	Unidad	Anual	15 Años	promedio anual
Alquiler avión equipado	7,500	7,500	112,500	7,500
Personal no aeronáutico	1	80	1,200	80
Capacitación c/5 años	100	-	1,500	100
Total aeronave v2	-	7,580	115,200	7,680
j) Aeronave v2	Unidad	Anual	15 Años	promedio anual
Avión (propio)	27,500	-	27,500	1,833
Mantenimiento	-	4,400	66,000	4,400
Personal	3	240	3,600	240
Adaptación avión	900	-	900	60
Instrumentos	1,250	-	1,250	83
Operativos (300 horas anuales)	4	1,200	18,000	1,200
Capacitación c/5 años	100	-	300	20
Total aeronave v2	-	5,840	117,550	7,837
k) Aeronave v3	Unidad	Anual	15 Años	promedio anual
Avión (Leasing)	3	9,000	27,000	1,800
Mantenimiento	-	4,400	66,000	4,400
Personal	3	240	3,600	240
Adaptación avión	900	-	900	60
Instrumentos	1,250	-	1,250	83
Operativos (300 horas anuales)	4	1,200	18,000	1,200
Capacitación c/5 años	100	-	300	20
Total Pesos Arg.		14,840	117,050	7,803

(En miles de pesos de 2011. El promedio anual incluye la amortización a 15 años de los equipos)

Fuente: Elaboración propia

Para el caso del LIDAR ya existe actualmente desarrollo local de los mismos. Por ello se incluye los costos de una nueva fabricación. Una variante al radiosondeo es incluir ozonosondas para incrementar la información de altura de perfiles de ozono. Actualmente esto se realiza en 1 sola estación. La propuesta sería ampliar el ozonosondeo a al menos 5-6 estaciones a fin de tener una mejor cobertura latitudinal.

En cuanto a los perfiladores existen tres tipos dependiendo de la resolución y rango espacial en altura. El primer tipo de 50 MHz tiene un rango de 1 a 24 km de altura y una resolución entre 200 y 1500 m. El segundo tipo 400 MHz tiene un rango de 500 m a 16 km de altura y una resolución entre 150 y 1200 m. Finalmente el de 1 GHz tiene un rango de 500 a 3000 m de altura y una resolución entre 30 y 150 m. Aquí se cotiza el Wind-profiler Raptor VAD-BL de 1.26

GHz con un costo FOB de 550 mil U\$S + 260 mil U\$S que incluyen instalación en Argentina, repuestos y capacitación.

Debido a la frecuencia de uso, las antenas ocupan un espacio importante para el primer caso y muy reducido en el último. Para los costos se supuso el de 1 GHz. El costo del primero y segundo tipo puede ser dos o tres veces superior al de 1 GHz.

Una combinación técnica interesante sería ubicar un perfilador y un radiómetro en la misma estación, lo cual daría una cobertura en altura muy completa, (el Servicio Meteorológico Japonés tiene una red similar instalada).

En el caso de los aviones se presentan tres alternativas: alquiler, compra y leasing de tres años. En todos los casos se incluyen los siguientes equipos de muestreo de nubes:

- a. Particle Analysis and Display System (PADS)
- b. Power and Signal Distribution System (PDS)
- c. Cloud Condensation Nuclei Counter
- d. Back scatter cloud probe (BCP)
- e. Incluye la instalación y entrenamiento

El costo de adquisición de estos equipos es de 250 mil U\$S. En el caso del alquiler del avión se considera un costo de una campaña anual avión bi-turbo-hélice PIPER PA 31T, equipado con CCN, CIP, CDP, PADS, PCAS, AIMMS, GPS, para 300 horas de vuelo por año, piloto con experiencia en misiones de medición de atmósfera, técnico de recolección de datos y mantenimiento de aeronave. La misión típica es de 4 horas, pudiendo obtenerse unos 65.000 perfiles o unidades de medición física por misión (Uno dato por segundo, por 6 instrumentos, por tres horas efectivas de medición). Las horas ofrecidas son 300, con las cuales se asume se volarían 75 misiones, lo que significa la obtención de 4.860.000 perfiles por año. El costo anual es de 1,5 millones de U\$S anuales.

En la opción de leasing para la misma configuración de 1,8 millones de U\$S por año por tres años. A partir del cuarto año el avión pasa a los contratantes.

Para el caso de compra del avión se consideran varias opciones:

1. Avión Biturbohélice BEEHCRAFT 350i con un valor de adquisición aproximado de 5,5 millones de U\$S. El costo de operación por hora vuelos para 300 horas anuales (no incluye personal de piloto, mecánico, técnico de colección de datos), si incluye combustible, lubricantes, seguros, hangaraje, reserva de mantenimiento de hélice y motor 240 mil U\$S anuales.
2. Avión Biturbohélice BEEHCRAFT c90gtx con un valor de adquisición aproximado de 4,2 millones de U\$S. El costo de operación por hora vuelos para 300 horas anuales (no incluye personal de piloto, mecánico, técnico de colección de datos), si incluye combustible, lubricantes, seguros, hangaraje, reserva de mantenimiento de hélice y motor 210 mil U\$S anuales.

En ambos casos se debe modificar el avión para instalar los instrumentos a bordo y certificar estas modificaciones por autoridad aeronáutica. El costo de adaptar el avión por los fabricantes de los instrumentos y certificado por la Federal Aviation Administration de EE.UU (FAA) cuesta 180 mil U\$S.

El uso de aviones permite el estudio de la física de nubes con gran densidad de información. Surge de este análisis, que mantener dos o tres aviones destinados a investigación aérea debe asociarse a un programa más amplio de investigación atmosférica. Una variante intermedia, podría ser, por ejemplo, usar los aviones de la lucha antigranizo en Mendoza durante las etapas no destinadas a la campaña antigranizo. El estudio de nubes a las que se les inyecta yoduro de plata como método de reducir el granizo, no se ha estudiado con gran intensidad, y sería una alternativa importante para validar y optimizar el proyecto de lucha antigranizo.

La *Tabla 5.11* muestra el costo total de las variantes para la cantidad de estaciones previstas en la propuesta, también para 15 años de funcionamiento y el costo anual promedio por estación incluyendo la amortización del costo inicial del quipo. En la última columna se muestra el costo total de implementar una cantidad de estaciones distribuidas en el país. El total incluye una variante de avión (v1), una de radiómetro (v2) y una de radiosondeo (+o3). Se necesitarían aproximadamente 48 millones de pesos anuales para aumentar 48 estaciones de monitoreo nuevas, casi 1 millón promedio por estación.

Tabla 5.11: RESUMEN DE COSTOS PARA N ESTACIONES			
Descripción	anual promedio (*)	N. Estaciones	TOTAL
a) Radiómetros v1	287	9	2,580
b) Radiómetros v2	424	9	3,816
c) Radiosondeo	981	5	4,907
d) Radiosondeo + ozonosondeo	1,506	5	7,532
e) Radar	1,020	10	10,200
f) Perfilador	414	9	3,726
g) Lidar	417	7	2,921
h) Ceilómetro	758	6	4,548
i) Aeronave v1	7,680	2	15,360
j) Aeronave v2	7,837	2	15,673
k) Aeronave v3	7,803	2	15,607
Total (**)	12,220	48	48,103

En miles de pesos argentinos 2011. () Incluye la amortización a 15 años de los equipos. (**) El total sólo incluye una variante de avión v1, una de radiómetro v2 y una de radiosondeo (+o3).*

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, a fin de comparar los costos relativos por tipo de información obtenida, se muestra en la *Tabla 5.12* los costos por perfil. Para los equipos automáticos se ha considerado que se obtienen dos perfiles por hora, lo cual es bastante conservador, ya que esta resolución temporal puede bajarse incluso a 4 perfiles por hora. Sin embargo, a fin de considerar horas de calibración y mantenimiento se reduce al 50%. Respecto de las campañas en avión se estimó precedentemente que se pueden obtener hasta 65000 perfiles por campaña de 4 horas. Pero a fin de ser más conservador en esta alternativa se supone que se obtiene 1 perfil por minuto para 6 variables, lo que da 360 perfiles por hora. Debe considerarse que por hora de vuelo un

avión puede recorrer 400 km, es decir se logra una cobertura espacial interesante. Aún con estas consideraciones se obtiene valores equivalentes por perfil al resto del equipamiento automático. En contraste los radiosondeos son excesivamente caros (Aún dividiendo por cuatro según el número de variables daría un valor de 350 a 550 pesos por perfil).

Los valores indican además claramente que los equipos automáticos tienen mayor cobertura temporal, lo que permite reducir los costos por perfil.

Tabla 5.12: RESUMEN DE COSTOS POR PERFIL				
Descripción	Costo	Cantidad de perfiles		Costo
	anual promedio	Diario	Anual	individual por perfil
	miles de pesos	perfiles/día	perfiles / año	pesos / perfil
a) Radiómetros v1	287	48	16800	17
b) Radiómetros v2	424	48	16800	25
c) Radiosondeo	981	2	700	1,402
d) Radiosondeo + ozonosondeo	1,506	2	700	2,152
e) Radar	1,020	48	16800	61
f) Perfilador	414	48	16800	25
g) Lidar	417	48	16800	25
h) Ceilómetro	758	48	16800	45
i) Aeronave v1	7,680	360	108000	71
j) Aeronave v2	7,837	360	108000	73
k) Aeronave v3	7,803	360	108000	72

(*) Incluye la amortización a 15 años de los equipos. (**) A los efectos de comparación, se considera que por hora de vuelo se obtiene un equivalente a 60 perfiles de 6 variables.

Fuente: Elaboración propia

Un documento de la OMM que compara la eficiencia de los perfiladores de viento estima un costo por perfil para Europa entre 2,8 a 6,2 Euros, lo que equivale a 15 y 40 pesos por perfil aproximadamente (Dibbern et al, 2003). En estas tablas de la OMM también se incluyen los costos de adquisición, mantenimiento, personal para 15 años de operación.

c. Mediciones superficiales adicionales

Otras variables climáticas muy necesarias que no tienen suficiente cantidad de mediciones se refieren a mediciones superficiales de radiación global, UV y mediciones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero. Algunas de estas variables pueden operarse a través de estaciones automáticas o asociadas a las meteorológicas automáticas ya existentes.

Excluyendo las mediciones realizadas por el SMN (VAG Ushuaia), existen algunas mediciones de radiación a cargo de universidades (UNSL / UNLP como parte de la red internacional de radiación global Baseline Surface Radiation Network-BSRN) e institutos de investigación (CEILAP/CITEDEF), midiendo radiación en Río Gallegos rango solar (onda corta) y terrestre (onda larga) con radiómetros de UV, UV-A, UV-B, espectrofotómetros y piranómetros. También mide aerosoles (con Lidar y fotómetros, como parte de la red AERONET). Existe una red solarimétrica de piranómetros Eppely (UTN, UN Lujan, SMN), que fue coordinada por el Dr.

Grossi Gallegos, llegando a operar unos 40 equipos. En la actualidad se está reorganizando la red a través de las Universidades UTN y Luján.

Mucha de la cobertura de flujo de CO₂ puede realizarse a través del satélite MODIS, aunque a una resolución espacial más grande que una torre de la red FLUXNET. Existen algunas mediciones realizadas por el método de la Eddy-covariance por el INTA Santa Fe y la U Católica de Santa Fe (Posse et al, 2010).

También son escasas las mediciones de calidad del aire (en entornos urbanos) que pudieran contribuir a determinar otros gases de efecto invernadero.

3. Construcción de tecnología local

Otro de los elementos claves es asegurar el funcionamiento de los instrumentos instalados y mejorar la capacidad de adquisición de datos crudos, optimizando la red de instrumentos, agregar nuevas estaciones o incluir nuevo equipamiento.

En Argentina existe tecnología suficiente como para construir prácticamente todos los sensores básicos, desde estaciones meteorológicas de superficies, radiosondeos, radares, LIDARS, radiómetros de diversas frecuencias. Sin embargo, la puesta en órbita de varios instrumentos satelitales en forma conjunta con otros países (el último el SAC-D), la construcción de radares meteorológicos o de instrumentos LIDARS son una muestra de la existencia de conocimientos y recursos tecnológicos.

Probablemente, por una razón de escala de mercado, no existen empresas comerciales que compitan con las ofertas internacionales de equipos de monitoreo. Debe notarse que tanto para los radares, LIDARS, perfiladores o radiómetros de diversas frecuencias, existen algunos elementos críticos de semiconductores de microondas, mezcladores, fuentes láser, u otras tecnologías, que no se construyen en el país, ya que su requerimiento de mercado es muy limitado. Por lo que en caso de encarar la construcción de equipos de este tipo seguramente habrá que importar estas piezas críticas. De cualquier forma la organización de empresas mixtas o asociaciones de institutos para la provisión de equipamiento tecnológico podría ser una estrategia más que interesante para fortalecer el crecimiento del capital humano del país. Finalmente, el aumento en la instalación de este tipo de instrumentos, también va a requerir de un centro de calibración de fuentes reguladas, por ejemplo para lámparas UV.

4. Establecer un centro de datos o agencia climática

Esta propuesta si bien no representa una tecnología en si es relevante, tal como se ha expuesto en secciones precedentes. Para la existencia de mediciones confiables en cantidad y calidad (largas series de datos ininterrumpidas) se necesita un control, calibración y dedicación exclusiva al mantenimiento de todas las redes hidrometeorológicas existentes (o nuevas que surgieran) en el país. Por ello, se considera que este aspecto se logrará con la conformación de una Agencia o Centro de datos con objetivos específicos en el mantenimiento de todas las variables climáticas esenciales.

Eventualmente podrán existir dos o más Centros divididos por tipo de VCE, por ejemplo Atmósfera en un centro, Hidrológicas en otro y Oceánicas en uno adicional. Pero ya sea uno o

varios, deberá existir un fuerte compromiso a la función específica, coordinada pero independiente de la función de su institución albergante.

El SMN (o el SHN) parecería ser el ámbito adecuado para tal Centro, debido a su fuerte vocación operativa, pero el SMN tiene otras funciones, por ejemplo los pronósticos diarios, el mantenimiento de sus estaciones propias, etc.

Lo mismo el INA mantiene ciertos modelos hidrológicos para ríos y algunas cuencas importantes, como la del Paraná-Río de la Plata, o la del Río San Antonio (Córdoba), pero su objetivo (central) no está en estudiar el cambio climático, aunque puede colaborar a este objetivo.

Actualmente tanto el SMN, el INA, el SHN o la SSRH vienen cumpliendo parcialmente las funciones de centro de datos, pero ninguno tiene la capacidad operativa para realizar todas las funciones de un centro climático, ni lo contemplan totalmente sus cartas orgánicas. Por ello es que se insiste en formar centros específicos a tal fin, ya sea nuevos o reorganizando los objetivos operativos de alguna de estas organizaciones y dotarlas de medios y personal conforme.

Esta discusión es clave y probablemente sea la barrera más difícil de superar. Sin embargo, si el estamento político interpreta adecuadamente estas recomendaciones, los demás aspectos organizativos, presupuestarios y de personal se pueden superar gradualmente.

Con respecto al mantenimiento de bases de datos y centros de coordinación de redes, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva está organizando el Sistema Nacional de Meteorología y Clima, en el marco del Programa de Grandes Instrumentos y Bases de Datos. Aún no está definida su estructura final, pero seguramente va a contribuir a la disponibilidad de los datos y recursos informáticos para que confluyan en un punto, a través de un sistema de adhesiones toda la información referida al clima y la meteorología. Sin embargo no está claro aún si este Sistema incluirá otra de las funciones claves aquí mencionadas sobre la operación de un centro climático.

En conclusión, una Agencia Climática no tiene implicancias operativas en las actividades cotidianas del monitoreo, sino que deberá interactuar con todos los generadores de datos a fin de recolectar los datos y mantener la base de datos seguras por largo tiempo, controlando la calidad de cada dato que ingresa a su base, manteniendo los metadatos, generando productos para los usuarios, asesorando a las redes naturales en términos de calidad de equipos, lugar de instalación, etc.

Asimismo, otra función importante de esta agencia es la de mantener operativos los modelos regionales tanto de atmósfera, hidrológicos u oceánicos a fin de evaluar el estado de las variables, generando los productos climáticos claves como mapas, alertas e informes para los usuarios y tomadores de decisión.

ANEXO I. LISTA DE ACTORES RELEVANTES INVOLUCRADOS

Lista de actores claves consultados en forma personal y a través de las encuestas sobre **Evaluación de las necesidades tecnológicas (ENT) para la observación y medición de variables climáticas e hidrológicas.**

Subsecretaría de Recursos Hídricos

- 1 Andrés Rodríguez
- 2 María Josefa Fioriti, mfiori@minplan.gov.ar
- 3 Gustavo Villa Uría, gustavovillauria@yahoo.com.ar
- 4 Jorge Featherston, jfeath@minplan.gov.ar
- 5 Silvia Mengo, smengo@minplan.gov.ar
- 6 Miguel Moreno, mmoreno@minplan.gov.ar
- 7 Gustavo Villa Uría, gustavovillauria@yahoo.com.ar
- 8 Marcos Ferreiro mferreiro@hotmail.com

Servicio Meteorológico Nacional

- 1 Liliana N. Núñez (SMN) lnunez@smn.gov.ar

Instituto Nacional del Agua

- 1 Héctor Picatto, hectorpicatto@yahoo.com.ar
- 2 Alberto Hillton, ahillton@ina.gov.ar
- 3 Luis Lenzi, lm.lenzi@gmail.com
- 4 Dora Goniadzky, dgonia@ina.gov.ar
- 5 Patricia López, pmlopez@ina.gov.ar

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

- 1 Roberto Ruyver, rderuyver@cni.inta.gov.ar
- 2 Martín Nazareno, nmartin@cni.inta.com.ar

Comités de cuencas y organismos del agua provinciales

- 1 Andrea Rolón (APA) andrearolon@hotmail.com
- 2 Oscar Duarte (DHER) oduarte312@gmail.com
- 3 Nilda García (DHER) mgarcia@hidraulica.gov.ar
- 4 Marcelo Borsellino (COREBE) marcelo.julian@yahoo.com.ar
- 5 Roberto Bignone (COREBE) rbignone@hotmail.com
- 6 Javier Schlegel (SRH La Pampa) schlegel_javier@hotmail.com
- 7 Mario Salomón (DGI Mza), primeradqi@sinectis.com.ar
- 8 Santiago Ruiz (DGI Mza) sanjuiz@yahoo.com.ar
- 9 Rafel Silva (UPCA) rafasilva@arnet.com.ar
- 10 Patricia Parini (APA) patricia.mattei@chaco.gov.ar
- 11 Raúl Hernández (DIH-LP) cdeih@cpenet.com.ar
- 12 Gustavo Ferreira (SA-SFe) cgf@fich1.unl.edu.ar
- 13 Mariana Sosa (ICAA) sosamariana79@gmail.com
- 14 Miguel A. Valiente (UPCA - Formosa) mvaliente@formosa.gov.ar

Otros organismos nacionales

- 1 Juan José Morelli (DNVN) jjmore@mecon.gov.ar
- 2 M. Irigoyen (Salto Grande) irigoyenm@saltogrande.org
- 3 Norberto Dalmás Di Giovanni (Citedef) ndigiovanni@citedef.gob.ar

- 4 Sebastian Marinsek (Int. Antártico) sebastian_marinsek@yahoo.com.ar

Universidades e Institutos de Investigación

- 1 María G. Andreazzini (UN RC) mandreazzini@exa.unrc.edu.ar
- 2 Georgina Cazenave (IHLLa) cazenave@faa.unicen.edu.ar
- 3 Luis Vives (IHLLa) lvives@faa.unicen.edu.ar
- 4 Adolfo Villanueva (IHLLA-UNCPBA) aonvilla@gmail.com
- 5 Jorge Baron (UN Cuyo) jbaron@fing.uncu.edu.ar
- 6 Cecilia Panigatti, (UTN FRRRA) cecipanigatti@hotmail.com
- 7 Laura Massolo (UNLP) lmassollo@quimica.unlp.edu.ar
- 8 Pablo Canziani (CONICET/UCA) pocanziani@gmail.com
- 9 Raúl Perez (UTN.FRM) rcperez@gmail.com



A. **RADIÓMETRO DE MICROONDAS MULTIESPECTRAL**

a. **Introducción**

Los radiómetros de microondas (RMO) son instrumentos pasivos que proveen mediciones continuas de temperatura, vapor de agua y agua líquida en la atmósfera. La señal de la atmósfera recibida en el rango de las microondas se convierte en perfiles en altura de temperatura, humedad y agua líquida.

b. **Características técnicas**

El RMO mide vapor de agua en las frecuencias de 22 a 30 GHz, oxígeno entre 51 y 59 GHz y contenido líquido de agua entre 22 y 59 GHz. La tecnología del radiómetro permite medir perfiles de agua líquida relacionados con procesos de convección local, corrientes descendentes, precipitación, neblina visibilidad y turbulencia. Este instrumento que puede medir de día y de noche, con sol o nublado, aún bajo condiciones de lluvia moderada. Muchos de los cambios de vapor de agua o temperatura en la atmósfera son invisibles para el ojo o los radares y también para la radiosonda debido a su intervalo de muestreo. El radiómetro puede detectar incrementos en la densidad de vapor de agua una hora antes que el agua líquida (y otros hidrometeoros) se formen y sean detectados por el radar. El radiómetro mide continuamente desde la superficie hasta los 10km de altura. Los perfiles de temperatura, humedad y agua líquida tienen una resolución temporal del orden de pocos minutos, con resoluciones verticales de 50m desde la superficie hasta los 500m, de 100m desde los 500m de altura hasta los 2km de altura y de 250m por encima de los 2km de altura. Otras variantes del uso de microondas en 30, 60 o 90 GHz se usa como radares de nubosidad, vientos, lluvia y contenido total de vapor de agua o agua líquida.

c. **Potencial y aplicabilidad en Argentina**

En Argentina existe una importante deficiencia en cuanto al monitoreo periódico de variables meteorológicas en altura. Estas se realizan normalmente en 8 estaciones cada 24 horas. El radiómetro permitiría complementar estas estaciones proveyendo mediciones continuas y/o cubriendo otras zonas no monitoreadas del espacio aéreo del país. También puede ser un complemento a la información medida por los radares, mejorando los pronósticos de precipitaciones. Al ser instrumentos automáticos, portables y de poco tamaño no requieren de una instalación especial costosa.

d. **Estado de la tecnología en Argentina**

En Argentina existen algunos radiómetros en forma experimental o para investigación, en algunas universidades y/o centros de investigación. No se usan en forma operacional para meteorología. Sin embargo la tecnología de microondas entre 20 y 60 GHz se usa ampliamente en Argentina en los radares meteorológicos. Incluso la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CONAE) y la empresa INVAP ha desarrollado un sensor en las mismas frecuencias en el satélite de investigación SAC-D. Por otra parte hay conocimientos suficientes en institutos y centros de investigación (p. ej., CEILAP/CITEDEF; UTN) como para desarrollar un radiómetro

de aplicaciones meteorológicas en Argentina y proveer capacitación y formación de recursos humanos.

e. Beneficios económicos, sociales y ambientales

Todo incremento en el monitoreo meteorológico y climático, ya sea temporal o espacial, trae un beneficio directo a la sociedad que se traduce en mejores pronósticos que ayudan tanto para la prevención de emergencias o catástrofes climáticas como para brindar información más precisa para la producción agrícola, entre otras muchas aplicaciones.

El desarrollo local de la tecnología de microondas entre 20 y 60 GHz impactaría positivamente sobre el sector científico e industrial de alta tecnología por el desarrollo de conocimientos aplicables a muchos sectores de alto rendimiento económico, entre ellos el de las comunicaciones y TICs.

f. Mitigación de cambio climático

La medición de vapor de agua y temperatura en la atmósfera es una de las variables climáticas esenciales definidas por las agencias internacionales (i.e. OMM, IPCC, otras) para detectar posibles cambios climáticos de largo plazo y realimentaciones entre los sistemas hidrometeorológicos. Dada la alta incertidumbre que existe en la variación del vapor de agua en las nubes, la operación continua de estos instrumentos permitiría mejorar la información de los perfiles en altura de temperatura y humedad. Estos datos son claves para estimar los balances de radiación térmica y el contenido total de vapor en las nubes que luego se usan en los modelos de cambio climático.

g. Requerimientos financieros y costos

El costo del equipo en el mercado internacional (Año 2011-2012) es de 280 mil U\$S por unidad, aproximadamente 1,4 millones de pesos (V1). En el caso de desarrollo del mismo debe incluirse el costo de los ingenieros y científicos que participarían en el desarrollo y el costo de los materiales y etapa experimental considerado entre tres y seis años (2x6 o 4x3 años hombre) (V2). En las siguientes tablas se suponen los costos de instalación, capacitación y personal para ambas alternativas con una amortización de 15 años. El costo por perfil o unidad de medición física se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, siendo de 17 pesos (V1) y 25 pesos (v2)

Tabla A.1 Estimación de costos totales y anuales.

a) Radiómetro V1	Unidad	Anual	15 Años	Promedio anual
Compra (1 unidad)	1.400	-	1.400	93
Costo inicial de instalación	500	-	500	33
Operativos + personal	-	140	2.100	140
Capacitación c/5 años	100	-	300	20
Total V1 (en miles de pesos)		140	4.300	287
b) Radiómetro V2	Unidad	Anual	15 Años	promedio anual
Desarrollo (1 unidad)	2.500	-	2.500	167
Personal desarrollo (3 años)	12	80	960	64
Costo inicial de instalación	500	-	500	33
Operativos + personal	-	140	2.100	140
Capacitación c/5 años	100	-	300	20
Total V2 (en miles de pesos)		220	6.360	424

Tabla A.2. Estimación de costos por unidad de medición o perfil.

Descripción	Costo	Cantidad de perfiles		Costo
	anual promedio	Diario	Anual	individual por perfil
	miles de pesos	perfiles/día	perfiles / año	pesos / perfil
a) Radiómetro V1	287	48	16.800	17
b) Radiómetro V2	424	48	16.800	25

B. CREACIÓN DE UN CENTRO O AGENCIA CLIMÁTICA

a. Introducción

Una de las actividades claves en la coordinación de las redes internacionales para la detección del cambio climático es el mantenimiento de la calidad de los datos, la disponibilidad de los datos operacionales y científicos y la preparación de productos e informes especiales de asesoramiento a las autoridades nacionales e internacionales y asesoramiento a los usuarios en general.

- 1) Para mantener la calidad de los datos se deben fortalecer los aspectos metodológicos instrumentales: mejorar y calibrar los equipos, aumentar la frecuencia de muestreo, agregar variables no medidas, comprobar y validar las series históricas; entre muchas otras recomendaciones. Esto incluye informar y conocer las incertidumbres asociadas y la preparación de una buena meta-data asociada a cada variable.
- 2) El segundo objetivo es asegurar el acceso y disponibilidad pública de estos datos. Esto requiere compilar y organizar los datos existentes en bases de datos públicas con acceso público sin restricciones y permisos previos.
- 3) El tercer objetivo es la generación de productos climáticos que integran y analizan espacial y temporalmente los datos recolectados proporcionando información útil para la toma de decisiones. Esta tarea demanda muchos recursos humanos especializados y computacionales.

b. Características técnicas

Las funciones básicas de un centro son.

- 1) Diseño de redes, selección y adquisición de instrumentos
- 2) Toma y transmisión de datos
- 3) Almacenamiento y procesamiento de datos
- 4) Análisis de información para toma de decisiones
- 5) Preparación de productos para los usuarios

El monitoreo de las variables climáticas esenciales para la detección del cambio climático, requiere la creación de redes nacionales y regionales a partir de programas nacionales propios a fin de preservar los estándares de homogeneidad y longitud de las series. Otra herramienta asociada al análisis e interpretación de datos es la implementación de modelos globales y regionales. Los modelos que estudian los intercambios atmósfera – hidrósfera son los llamados GCM acoplados (General Circulation Models). Estos modelos climáticos permiten realizar predicciones de tiempo y clima a nivel global, en una resolución geográfica de 2°x2° (o 200 km x 200 km aproximadamente). A fin de resolver problemas de menor escala se incluyen modelos regionales tanto hidrológicos como atmosféricos

c. Potencial y aplicabilidad en Argentina

Dada la amplitud de las variables climáticas esenciales, debe fortalecerse la creación y mantenimiento de centros de datos climáticos propios. En Argentina el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) actúa como organismo nacional o punto focal de contacto ante el Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC), aportando su red de observaciones a esta red global. Al formar parte de la OMM envía continuamente los datos registrados, según lo normado y establecido por ella a los correspondientes centros regionales y mundiales de datos. Algunas barreras importantes a superar mediante esta agencia son

- 1) Coordinación con múltiples generadores de datos y productos (nacionales e internacionales). Existe una alta reticencia por parte organismos públicos, privados y de investigación a ceder sus datos a bases públicas.
- 2) Desconocimiento de los datos disponibles públicamente por parte de los usuarios.
- 3) Altos costos de mantenimiento de una red de monitoreo y duplicidad de funciones.
- 4) Falta de un proceso sistemático de comprobación y control de calidad de los datos.
- 5) Problemas operativos técnicos del mantenimiento de los equipos de monitoreo por falta de presupuesto y de formación y capacitación del personal.

d. Estado de la tecnología en Argentina

Existen en Argentina numerosos operadores de toma de datos en todo el país. Organizaciones estatales nacionales, provinciales, municipales, intergubernamentales y otras de carácter privado. La función de centro o agencia climática exige el control de calidad, seguimiento de las estaciones de mediciones, calibraciones, ejecución de modelos regionales periódicos, evaluación de los resultados y finalmente la elaboración de productos y recomendaciones ante alertas y contingencias climáticas. Se destacan en esta función principalmente el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y la Subsecretaría de Recursos Hídricos (SSRH). En este sentido el SMN cumple una función operativa muy importante, no sólo en vista al cambio climático, sino al tiempo y pronóstico cotidiano. Igualmente la SSRH mantiene una importante base de

datos de la red hidro-meteorológica, y de ella dependen muchos organismos claves de la red climática. Además del SMN y de la SSRH existen otros grupos y centros de investigación en Argentina que están capacitados para proveer esta tarea.

e. Beneficios económicos, sociales y ambientales

La implementación de una agencia climática o el fortalecimiento de los organismos actuales permitirán el acceso a una base de datos segura y confiable, permitiendo la disponibilidad de productos y asesoramiento para la mitigación y adaptación al cambio climático. Esto trae un beneficio directo a la sociedad que se traduce en mejores pronósticos que ayudan tanto para la prevención de emergencias o catástrofes climáticas como para brindar información más precisa para la producción agrícola, entre otras muchas aplicaciones.

f. Mitigación de cambio climático

La disponibilidad de datos confiables de las variables climáticas esenciales definidas por las agencias internacionales (i.e. OMM, IPCC, otras) permitirá detectar posibles cambios climáticos de largo plazo y realimentaciones entre los sistemas hidro-meteorológicos. La mejora en la calidad de los datos son claves para mejorar los modelos climáticos y los pronósticos que de ellos se deriven.

g. Requerimientos financieros y costos

El costo está asociado a la organización administrativa seleccionada, la reorganización de personal y/o el aumento de personal del SMN o SSRH para que cumpla mejor la función de Agencia Climática. Probablemente se requiera de al menos 3 a 4 profesionales expertos y mayor soporte de equipamiento informático para mantener base de datos y correr modelos específicos de cambio global. Puede suponer un aumento en el presupuesto operativo del SMN para mantener y mejorar las estaciones de monitoreo.

SECCIÓN II. ANÁLISIS DE BARRERAS Y RECOMENDACIONES PARA UN MARCO FACILITADOR

1. ANALISIS DE BARRERAS

Se evalúan en esta sección las barreras e inconvenientes para la mejora del monitoreo de las Variables Climáticas Esenciales (VCE) enfocado en los tres componentes: variables, redes y productos considerados como enfoques para la adopción de nuevas tecnologías. Además se detallan las barreras de las propuestas priorizadas “Construcción de un radiómetro de microondas multiespectral” y “Establecer un centro de datos o agencia climática”.

Se clasifican las limitaciones detectadas según las siguientes categorías: gestión, financiera, personal, normativa o política, operativa y relacionadas con el generador o usuario de datos. Adicionalmente, se identifican propuestas y recomendaciones para establecer un marco facilitador que permita la resolución de las barreras descritas.

Las barreras y recomendaciones para un marco facilitador se enfocan en los impulsos a la innovación, la cooperación y la competitividad por tanto apuntan a evaluar las opciones de licitación, desarrollo de tecnología local asociada a equipos de monitoreo o alguna combinación de ambas soluciones.

1.1. Identificación de barreras tecnológicas

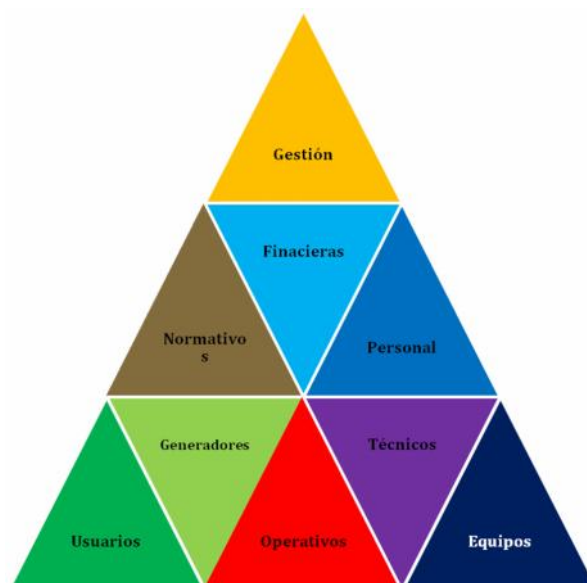
1.1.1. Barreras para la mejora del monitoreo de las Variables Climáticas Esenciales (VCE)

A pesar de una buena voluntad generalizada para conformar e integrar una red de mediciones climáticas esenciales (VCE) existen muchas barreras para lograr su aceptación y conformación definitiva. Por otra parte, los rápidos avances y desarrollos en tecnología ambiental e innovación en materia de comunicaciones (TA&TIC) obligan a una aceleración del proceso de adaptación a fin de reducir la posible brecha tecnológica.

Las principales barreras o factores adaptativos pueden diferenciarse según las siguientes categorías (*Figura 6.1*): de gestión, financiera, personal, reguladora y política, relacionada con el generador de datos, el usuario de datos, operativos y tecnológicos.

La disponibilidad de tecnologías específicas afecta la disponibilidad e incertidumbre de las mediciones de las variables climáticas esenciales. Si bien el uso de información espacial basado en sensores satelitales tiende a reducir esta brecha, existen muchas variables que deben ser medidas en el sitio, tanto para confirmar series de datos históricas como para calibración de las plataformas satelitales. El uso de estas plataformas y la complejidad de las preguntas científicas a responder, exigen de personal capacitado para elaborar síntesis de datos mediante el uso de software específico y cierto nivel de capacidad de cálculo, existentes solamente en institutos y centros de investigación científica.

Figura 6.1: ESQUEMA GENERAL DE LAS BARRERAS



En contrapartida, el Sistema de ciencia y tecnología es altamente capacitado con muchos grupos dedicados a diversos aspectos que involucran la detección e interpretación de las variables climáticas esenciales. Otro elemento altamente positivo es la existencia de instituciones que operan desde hace décadas redes de monitoreo, como el SMN, SSRH y el INTA. Por otra parte, las universidades y centros de investigación (CONICET, INTI; INA; CONEA; CONAE; CITEDEF, entre otros) contienen a un amplio grupo de investigadores de alto nivel científico, capaz de operar, interpretar, capacitar y asesorar en temas de variabilidad y contingencias climáticas.

A continuación se proporcionará una valoración de la importancia de estos factores o barreras.

↑↑: Aspectos positivos para incentivar

↓↓: Aspectos negativos a mejorar

Cabe destacar que la mayoría de estos factores pueden ser interpretados como barreras pero también como una fuerza motriz para impulsar claramente la innovación, la cooperación y la competitividad de muchos factores.

a. Factores de organización y gestión

- ↓↓ Falta de compromiso de gestión a un alto nivel, especialmente por considerar la operación y mantenimiento de las redes de monitoreo como secundarias, superfluas o sólo para países del primer mundo. Falta de cooperación y reticencia, p. ej. en el ámbito de C. y T. nacional y provincial, entre instituciones con finalidades similares o complementarias, por suponer que ésta se hará en desmedro de la valoración personal o institucional y temores a perder el puesto de trabajo. Desinterés y falta de

conocimientos y valoración del importante aporte que significará la conformación de una red.

- ↓ La falta de cooperación entre las organizaciones con objetivos similares podría superarse por medio del establecimiento de organizaciones interfaz. Los problemas de coordinación para asegurar la realización de las estrategias transitorias y colectivas a largo plazo, plantean nuevos retos para gobernar y hacer política, sobre todo para la coordinación política vertical y horizontal o provincial y nacional.
- ↑ Existen numerosas redes de monitoreo, como por ejemplo el Sistema Integrado de Datos de Redes Hidrometeorológicas (SINDAREH) y el Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME) (ver más arriba).

b. Factores financieros

- ↓ Los costos de operación y mantenimiento de una red de monitoreo son significativos y altos, especialmente en términos de personal técnico involucrado. Asimismo, los costos de la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en materia de comunicaciones aplicables al monitoreo ambiental y climático (TA&TIC) son significativos y demasiado altos, sobre todo para la construcción y desarrollo nacional de nuevo equipamiento. Estos compiten con dificultades frente a igual equipo desarrollado en otros países con escalas comerciales mayores. Medidas económicas que no facilitan la adquisición de instrumental que envejece muy rápido debido al avance tecnológico, a la vez tampoco están disponibles programas de promoción para los fabricantes y operadores privados (Pymes).
- ↑ Sin embargo, desde hace más de 15 años, se está implementado un sistema de financiamiento para el desarrollo del sector tecnológico, por medio de la Agencia de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT)³⁹ a través de convocatorias gestionadas principalmente por FONCYT o FONTAR, además del financiamiento de las instituciones típicas del Sistema de C. y T. La Agencia prevé convocatorias periódicas donde se podría plantear, en un marco competitivo, algún tipo de operatoria para la construcción de nuevos instrumentos de mediciones o campañas de investigaciones científicas para la mejora de la obtención de datos. Esto podría plantearse, por ejemplo, dentro de las convocatorias PICT o PICTO para costos por debajo de los 300 mil pesos. Para desarrollos más costosos debería buscarse alguna operatoria especial.
- ↓ A pesar de estos elementos favorables el financiamiento de redes operativas de mediciones sigue siendo deficiente y deben formularse a través del sistema actual, por ejemplo, a través del SSRH, SMN, INTA, SHN, INA, u otros organismos nacionales y provinciales. El presupuesto operativo sigue siendo una barrera importante. Muchas estaciones que tenían largas series de datos fueron desactivadas en la década del 90.

c. Factores reguladores y políticos

- ↓ La incertidumbre acerca del mantenimiento de ciertos objetivos (a largo plazo) contribuye a retrasar el esfuerzo en implementar nuevas tecnologías o integración de redes por desconfianza o desilusión que provoca los continuos cambios de rumbo: a los

³⁹ <http://www.agencia.gov.ar/>

cambios de autoridades le siguen generalmente cambios en las políticas u objetivos. De la coexistencia de competencias (leyes, normas, presupuestos mínimos, organismos) nacionales y provinciales no siempre resulta claro a quien le cabe la responsabilidad de la operación y mantenimiento de una red de monitoreo.

↑ Se están organizando y valorizando los organismos interjurisdiccionales (COHIFE, COIRCO, Comités de Cuencas, otros) que intentan responder a los desafíos de trabajar en redes en el marco de jurisdicciones diversas (municipales, provinciales, nacionales, internacionales).

d. Factores relacionados con el personal

↓ Insuficiente personal encargado de la gestión, el control y la aplicación del monitoreo ambiental y de las VCE (y de otros factores relacionados). Falta de conocimientos y competencias, p. ej. para el mantenimiento de una red de monitoreo, en especial en zonas alejadas a los centros urbanos. Falta de formación especializada y educación secundaria y superior para prepararse en el ámbito del desarrollo y operación de la tecnología ambiental. Reticencia a emplear ingenieros con formación capaces de desarrollar y diseñar tecnologías acordes con los principios de diseños tecnológicos por el alto costo del personal. También hay una carencia notable, por ejemplo de meteorólogos, hidrólogos y licenciados en ciencias naturales a los que se agregan bajas remuneraciones y falta de jerarquización.

↑ El sistema universitario nacional tiene la capacidad de formar personal especializado. Existen becas de posgrado, tanto de la Agencia como de CONICET y propias de las universidades para la formación superior. Podría prepararse una línea de becas universitarias para promover la formación de RRHH en esta área, asimismo para proyectos de investigación que promuevan las mediciones de las VCE.

e. Factores relacionados con el generador de datos

↓ Reticencia o falta de voluntad para compartir los datos en una base de datos común. Todavía existen muchos organismos nacionales y provinciales, que si bien acceden a proveer los datos, expiden permisos especiales a partir de notas explicando el uso del dato, tipo de usuario que lo requiere, entre otros argumentos. Otras veces estas instituciones exigen la firma de algún tipo de convenio entre las partes. En el fondo son trabas para desalentar el uso del dato. La fundamentación para esta actitud es la defensa de los puestos de trabajo, o una presión indirecta para lograr mayor presupuesto. Hay algunos organismos nacionales que cobran o han cobrado una tasa por ceder los datos. Otras veces se hace discriminación entre organismos públicos o privados (p. ej., universidades de gestión nacional o de gestión privada). Este argumento es una barrera muy importante.

Los datos generados por presupuesto público, municipal, provincial o nacional deben tener acceso público irrestricto a través de una página web, sin importar el uso o usuario que accede al mismo. Un buen ejemplo de acceso público irrestricto es la base datos de la Subsecretaría de Recursos Hídricos. Falta todavía un recorrido largo para que todos los generadores de datos comprendan el gran valor sinérgico que tiene el compartir ampliamente la información generada con su incertidumbre asociada. Las instituciones y

el país en general crecerán a mayor velocidad en la medida que exista mayor transparencia y accesibilidad.

- ⇓ Falta de un proceso sistemático de comprobación y control de calidad de los datos generados, como así también informar la incertidumbre de los instrumentos utilizados, y condiciones del muestreo, entre otros (metadato). Por ej., esto es clave a la hora de usar modelos y generar pronósticos.
- ⇑ En las bases de datos internacionales se pueden consultar datos en diversos formatos y niveles de complejidad, desde los datos crudos sin procesamiento previo, hasta la información científica elaborada (dato físico de la variable en cuestión). Incluso están disponibles los programas de interpretación (software) necesarios para procesar los datos crudos. Esta capacidad es la única garantía para asegurar la calidad y permitir la comprobación o falsación de teorías a partir de la información básica. Argentina debe colaborar y adherirse a este criterio.

f. Factores relacionados con el usuario de datos

- ⇓ Multiplicidad de generadores de datos y productos (nacionales e internacionales) con informes meteorológicos y climáticos diversos, desalientan a los usuarios (p. ej. productores agrícolas, pesqueros, otros) dado su desconocimiento en la confiabilidad de estos pronósticos.
- ⇓ Desconocimiento de los datos disponibles públicamente. Falta de buenas conexiones a velocidades aceptables para no desalentar el acceso del dato (velocidad de transferencia para una descarga de datos –download-). Desilusión o desconfianza ante pedidos de notas justificando el uso del dato o por el pago de tasas (ver punto e). Falta de formación en cuanto al manejo de incertidumbre.
- ⇑ Existe cada vez mejores condiciones de conectividad y lentamente van apareciendo bases de datos públicas mejor organizadas. El uso de redes sociales en línea (facebook, twiter, mail, messenger, etc.) ha creado una mayor confianza en los nuevos usuarios al uso de las herramientas disponible en internet.
- ⇑ El usuario se está convirtiendo en generador de dato, compitiendo con las instituciones formales de productos climáticos. Dado el incremento de las estaciones automáticas de meteorología, numerosos usuarios han instalado sus propias estaciones. Si bien estas pueden tener problemas de calibración, instalación, entre otros, sirve como facilitador y acceso a la tecnología, demandando mejores productos de pronósticos e información meteorológica y climática. Esto ayuda a superar barreras tecnológicas importantes, ya que la demanda de usuarios con mayores conocimientos exige a las instituciones a elevar sus estándares, y actúa proactivamente con ellos.

g. Factores operativos

- ⇓ Existen factores operativos que aún teniendo los equipos, la situación dominal del sitio donde se encuentra emplazada la estación, el presupuesto, el dinero disponible a gastar y el personal idóneo, influyen en la operación cotidiana de una vasta red de monitoreo, que se complejiza a medida que crece la multiplicidad de actores y equipos. Entre ellos

podemos citar: (1) problemas de comunicaciones y mantenimiento de servicios básicos, como electricidad, teléfono en estaciones rurales, internet, inclusive algunos no tan remotas; (2) problemas de vandalismo o robo del equipo, lo que cuesta reponer; (3) otros menores como el despliegue en campo del personal (movilidad y acceso a estaciones remotas, según la estación del año), la calibración periódica, la adaptación a nuevas tecnologías. Algunos de estos aspectos se detallan más abajo.

1.1.1.1. Barreras según los generadores y usuarios

A partir de la información resultante de reuniones y consultas a operadores y gestores climáticos, según su opinión se pueden identificar las principales barreras en las siguientes categorías, similares a las planteadas en el punto anterior, pero con un nivel de detalle mayor.

a. Operación y despliegue de equipos

- Multiplicidad de generadores: numerosas instituciones participan en el monitoreo de los datos, con fines diversos. La coordinación de todos estos operadores puede ser complejo.
- Estaciones y equipos: Muchos equipos son obsoletos o requieren de una actualización de técnicas complementarias. Hay poca tasa de sustitución y también se necesita ampliar la red. Es importante actualizar los equipos adecuándolos a las variables climáticas esenciales.
- Distribución geográfica: Es necesario mejorar la distribución espacial de los equipos de monitoreo. Hay zonas en el país con escasa o nula cobertura en zonas del oeste, noroeste y sur del país.
- Personal: Insuficiente personal para operar estaciones en puntos remotos.
- Desactivación de estaciones: La inoperabilidad o desafectación de muchas estaciones han afectado la longitud de las series de datos, con pérdida importante del valor científico.
- Vandalismo: Robo y destrucción de equipos instalados en zonas alejadas. Este es un tema generalizado en todas las redes de monitoreo.

b. Mantenimiento de equipos

- Técnicos: Falta de mantenimiento, envejecimiento de equipos y escasa calibración periódica. El acceso a repuestos es problemático, tanto por problemas administrativos internos de cada institución, como de factores nacionales (eliminación de importaciones).
- Económicos: Se generan recursos puntuales para la renovación o instalación de equipos, pero resulta difícil obtener partidas estables para obtener presupuesto para el mantenimiento, compra de repuestos e insumos, y gastos de viaje para control y mantenimiento de estaciones alejadas.
- Personal: Probablemente falte personal técnico idóneo para el manejo y mantenimiento de equipos en lugares más remotos. Dado el reemplazo generacional de los operadores, se hace necesario capacitar nuevo personal técnico.

c. Integración de redes

- Organización y Gestión: la operación de una red no se considera una cuestión prioritaria.

- Técnicos: falta de compatibilidad de equipos y software entre las diversas organizaciones. La integración requerirá la actualización de equipos informáticos (hardware y software), protocolos estandarizados y de comunicaciones para establecer un centro de datos.
- Comunicación: Necesidad de una red de comunicación más densa, en especial en zonas más alejadas de grandes centros urbanos, acceso a fibra óptica ("last mille problem"), internet de alta velocidad.
- Generadores de datos: reticencia por parte de muchos sectores tecnológicos de poner a disposición sus datos y/o lentitud en la actualización de los mismos.
- Usuarios de datos: poco acceso o desconocimiento de la existencia en red de los datos.
- Personal: carencia de personal capacitado o con experiencia en el uso y mantenimiento de grandes bases de datos en los organismos actualmente dedicados a este trabajo.

d. Institucionales / administrativos

- Valoración: a) poca voluntad institucional de participar y compartir información en una red pública; b) reticencia de las instituciones públicas y privadas de poner en línea los datos obtenidos; c) poco valor institucional a la operación y mantenimiento de una red de monitoreo.
- Presupuesto: Inconvenientes en la clasificación presupuestaria a) del gasto en mantenimiento y operación de una red de monitoreo; b) para el manejo y almacenamiento de base de datos de las redes de monitoreo.
- Inflexibilidad y estructuras rígidas: Condicionamientos a priori al tipo de actividad: Definición de servicio operativo vs proyecto de investigación. Alcance temporal e institucional de cada definición.
- Adquisición de equipos y repuestos: Inconvenientes en la licitación de equipos pequeños y repuestos e insumos por a) escasez de proveedores; b) limitaciones a la importación.

e. Económico/financieras o fallas de mercado.

Si bien han sido ya mencionados indirectamente bajo otros títulos, es interesante volver a mencionar los más relevantes:

- Presupuesto reducido: Inconvenientes en la clasificación presupuestaria para incluir a) el gasto en mantenimiento y operación de una red de monitoreo; b) para el manejo y almacenamiento de base de datos de las redes de monitoreo.
- Inconvenientes en el mercado: Actualmente es difícil acceder a repuestos o provisión de nuevos equipos en el exterior por dificultades en acceder a divisas extranjeras, especialmente a partir del año 2011. A fin de evitar salida de divisas o alentar la producción nacional se desalienta y se obstruye toda adquisición de equipos o repuestos desde el exterior.
- Escasez de proveedores locales.

1.1.2. Barreras de propuestas tecnológicas priorizadas

1.1.2.1. Barreras para la construcción de un radiómetro de microondas multiespectral

a. Factores de organización y gestión

La inclusión de una tecnología no aplicada masivamente o reconocida en el país genera una reticencia a su incorporación por parte de las organizaciones que tienen que tomar esta decisión. Por ejemplo, esta reticencia es menor para el caso de radares, ya que en el ámbito meteorológico, es una tecnología que goza de "mucho prestigio". Por lo tanto la gestión de la inclusión de una tecnología nueva sólo es posible si se genera un proyecto previo demostrativo que logre convencer sobre la utilidad en el uso de esta práctica.

Por otra parte, la asociación de grupos de investigación para el desarrollo de un equipo nuevo, puede tener algunas dificultades debido a la ocupación o interés del personal científico en otros proyectos. Esto también está asociado a la organización del presupuesto de Ciencia y Técnica por proyectos de investigación de corta duración (2-3 años), que contempla resultados nuevos en corto plazo. El diseño de un instrumento propio puede durar algo más que la vida de un proyecto, por lo que no empalma bien en el sistema de Ciencia y Técnica de alta competitividad.

Probablemente deberá buscarse alguna figura más apropiada para el desarrollo específicamente tecnológico, que no genera conocimientos de última generación, pero brindan una capacidad de ingeniería al país que lo potencian para realizar en una segunda generación nuevos instrumentos y nuevos conocimientos científicos.

b. Factores financieros y de mercado

Esto se asocia también al punto anterior. El desarrollo/construcción de un equipo nuevo es un proceso largo y más caro que simplemente llamar a licitación para la provisión de algunas unidades. Si bien en el sistema de Ciencia y Técnica argentino existe financiación para proyectos tecnológicos, los montos asociados, de alrededor de 300.000 pesos en tres años, no es suficiente para obtener un equipo funcionando. Probablemente se necesitan al menos 2 proyectos sucesivos (3 años + 3 años) para lograr un prototipo funcionando. Es difícil pensar en este momento en un emprendimiento privado que pre-financie el desarrollo para la sola provisión de una decena de unidades, y más aún en el contexto estatizador que vive Argentina hoy.

c. Factores reguladores y políticos

Actualmente la Argentina está viviendo un período de máxima restricción de ingreso de materiales importados. El desarrollo de un equipo de alta tecnología exige importar en la etapa de diseño inicial numerosas piezas críticas, para que luego en una etapa operativa más amplia pudiera abordarse la construcción nacional. Si bien en el contexto estatizador actual hay promoción del desarrollo de tecnología local, ésta tecnología debe ser adoptada por las autoridades de turno, en caso contrario no será posible su desarrollo.

d. Factores relacionados con el personal

Como ya se mencionó en el informe numerosas veces, el personal científico de la Argentina tiene la capacidad para desarrollar tecnología como la propuestas. De hecho se están construyendo radares y lidares, e incluso el satélite SAC-D tiene a bordo un radiómetro en frecuencias similares. Por lo tanto existe personal, pero el problema es que no hay mucho personal adicional que pudiera participar, sin tener que interactuar con algunas de las instituciones involucradas en los proyectos mencionados (CONAE, INVAP, CITEDEF, entre otros). La formación de nuevo personal es posible, pero se debe superar lo dicho en el punto a. factores de organización y gestión.

e. Factores relacionados con la generación de datos

Este punto se refiere al adoptante de la tecnología, en este caso probablemente sea el Servicio Meteorológico Nacional y los Aeropuertos Nacionales y en menor medida alguna universidad o instituto de investigación. Si estas instituciones no lo adoptan, el proyecto simplemente fracasa. Si el equipo es instalado, el uso operativo del mismo es bastante automático, y el personal del SMN o Aeropuertos seguramente no tendrá inconvenientes de operar el equipo correctamente luego de una capacitación adecuada. El mantenimiento del equipo es sencillo y no hay problemas aquí, salvo por la importación de algún repuesto, ya mencionado en los puntos b y c. De hecho si la construcción es nacional, queda garantizado el mantenimiento del mismo. El espacio físico requerido por el equipo es pequeño y trabaja a la intemperie. Puede ser operado remotamente.

f. Factores relacionados con el usuario de datos

Si el instrumento es operado regularmente, las variables físicas que se obtienen pasan a integrar las bases de datos habituales. No hay mayores problemas en su uso, pues coinciden aproximadamente con los datos usuales de un radiosondeo.

1.1.2.2. Barreras para la creación y operación de un Centro o Agencia Climática

Se aplican las barreras de integración de redes e Institucionales/administrativas detalladas en el punto 1.1.1.1. Barreras según los generadores y usuarios y las siguientes barreras específicas.

a. Condiciones específicas

- Factores de organización y gestión: La principal barrera se enmarca en la existencia de organizaciones que cumplen con funciones similares pero no todas las requeridas para esta tarea. Entre ellas podemos mencionar: Servicio Meteorológico Nacional (SMN)⁴⁰; Servicio de Hidrografía Naval (SHN)⁴¹; Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SSRH)⁴²; Instituto Nacional del Agua (INA)⁴³ entre otros sin incluir algunos institutos de investigación atmosférica que pudieran asumir este rol. Resulta difícil justificar la creación de un nuevo ente nacional que pueda involucrar algunas tareas ya impuestas a

⁴⁰ www.smn.gov.ar

⁴¹ www.hidro.gov.ar

⁴² www.hidricosargentina.gov.ar/

⁴³ www.ina.gov.ar/

organizaciones con muchos años de trayectoria. En caso de que algunas de éstas asumieran esta función debería adecuarse su carta orgánica y presupuesto.

- Factores financieros y de mercado: Ya sea la creación de una agencia nueva o la adaptación de alguna otra, éste requiere un incremento del presupuesto nacional. Estas funciones no pueden asumirse desde el sector privado productivo, ya que la “venta” de productos climáticos, no sería suficiente para financiar todas las tareas requeridas. Si bien existen empresas que venden servicios meteorológicos, este aspecto sería sólo una parte de las funciones de la Agencia. Dadas las funciones reguladoras y de decisión que esta agencia tendría, tampoco sería conveniente una organización privada, no al menos en la sociedad argentina actual, donde la actividad privada está siendo sistemáticamente criticada.
- Factores reguladores y políticos: Si bien la agenda sobre cambio climático está muy aceptada en todos los países, los temas cotidianos suelen enmascarar los problemas de largo plazo. Si la instalación de una Agencia Climática requiere la aceptación adicional del Congreso, pueden tener importantes demoras en su aprobación, dependiendo del interés político en el tema.
- Factores relacionados con el personal: Si bien puede haber poco personal capacitado, en general no hay problemas en encontrar personal técnico y científico que pudiera formar parte de esta Agencia luego de una capacitación, por otra parte la demanda no sería masiva. Las universidades y centros como CONICET forman gente continuamente, por lo que una capacitación por ejemplo en uso de modelos meteorológicos o hidrológicos no sería inconveniente.
- Factores relacionados con la generación de datos: aquí se hace referencia al equipamiento en hardware y software requerido para cumplir la función de Agencia Climática. El costo inicial de equipar un centro de datos no es elevado y habiendo decisión política no debería ser un escollo importante. En cuanto a la capacitación del personal tampoco, por lo arriba expresado. Puede haber alguna barrera en la recepción de los datos por parte de los generadores primarios, ya mencionado en el informe, existe todavía cierta reticencia por parte de instituciones públicas a entregar o habilitar el uso de sus datos. Adicionalmente se replican en este punto los problemas generales aludidos en el informe sobre el mantenimiento de una red de monitoreo. Esta se dificulta en especial en zonas alejadas, no sólo por problemas financieros o presupuestarios (falta de repuestos o insumos, poco personal), sino técnicos (falta de conectividad, mantenimiento preventivo periódico escaso, calibración poco frecuente, problemas en el acceso remoto a los instrumentos). Adicionalmente puede agravarse el mantenimiento operativo de una red por problemas de vandalismos o inseguridad. También puede ser una barrera importante el desinterés por parte de los organismos competentes en potenciar esta Agencia, lo que podría manifestarse como una falta de colaboración, por ejemplo en armar una base de datos integrada, por temor a que esta Agencia asuma el rol de la otra organización.
- Factores relacionados con el usuario de datos: Si la Agencia interpreta adecuadamente las necesidades de los usuarios, no debería haber problemas por parte de estos usuarios de aceptar esta Agencia como interlocutora de sus inquietudes respecto del cambio climático.

2. RECOMENDACIONES PARA UN MARCO FACILITADOR

Muchas de las barreras presentadas surgen por la ausencia de un marco que propicie un ambiente favorable a las soluciones que se proponen. En esta sección, se presentan algunas opciones para un marco facilitador que viabilizaría una red de monitoreo acorde con las necesidades para la evaluación del cambio climático.

Las principales medidas que se sugieren para superar las barreras tienen la particularidad de que los principales medios tecnológicos para la detección de un posible cambio climático ya están internacionalmente consensuados por la comunidad científica internacional, de la cual Argentina también participa.

Por otro lado, a diferencia de otros sectores abordados por la ENT, el área medición de variables climáticas esenciales, recae principalmente sobre el sector científico-tecnológico, mayormente operado por el Estado nacional o provincial, aunque existen numerosos actores en diversas jurisdicciones, nacionales, provinciales y municipales. Por lo tanto las principales medidas que se sugieren en este informe no están orientadas a destrabar o alentar los mecanismos del mercado pertinente, como en los otros sectores, sino fundamentalmente apuntan a la coordinación institucional para aumentar la capacidad tecnológica actual.

2.1. Sistema Nacional de Innovación

Una importante fortaleza de Argentina es su compromiso con la educación y la ciencia que se traducen no solo en una amplia oferta educativa universitaria de calidad, sino de numerosos institutos de investigaciones de ciencia y tecnología (*Figura 6.2*). Sin embargo, a pesar de esta diversidad de institutos y organismos promotores, sigue existiendo una falencia en cuanto al nivel de innovación y transferencia de la innovación al sector productivo. Falta aún un mayor nivel de emprendimiento e interrelación del sector científico con el sector empresario nacional.

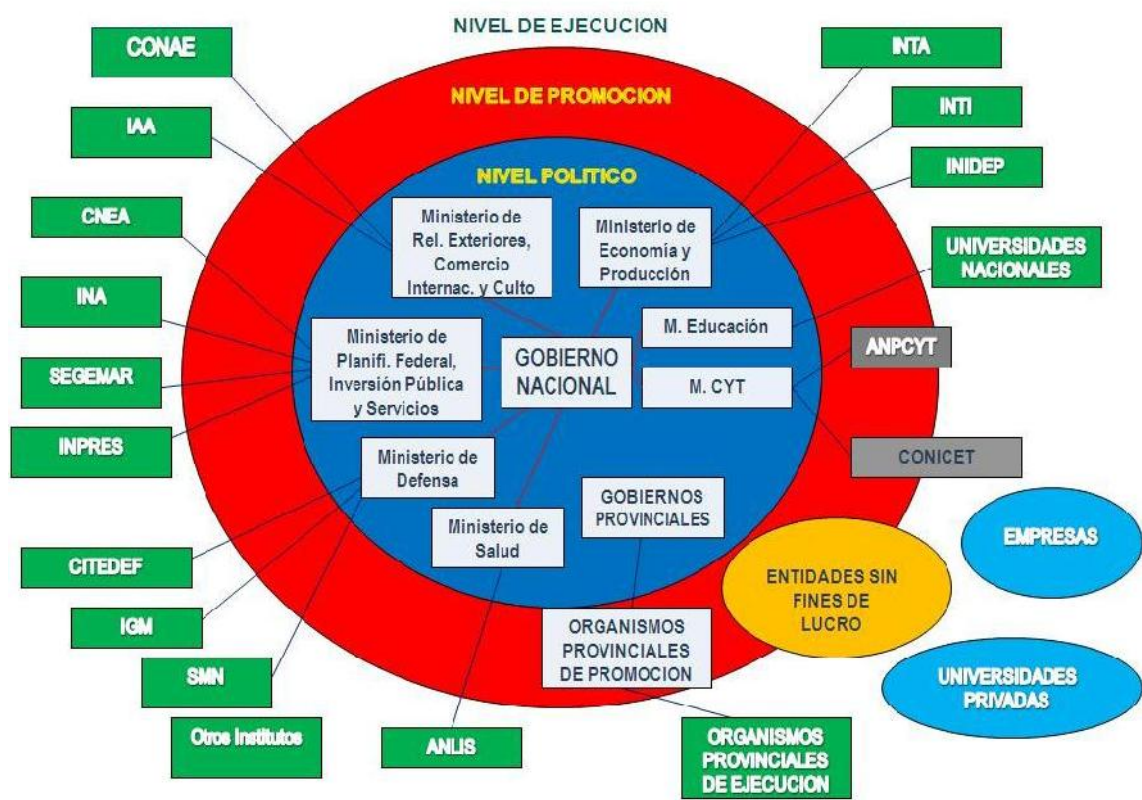
A pesar de lo mucho que se declama este principio, subsisten algunas barreras entre ellas una minusvaloración de las actividades científicas aplicadas frente a las de ciencia básica. Por el lado del sector productivo hay una reticencia a las inversiones de riesgo. A fin de mantener un sistema de innovación dinámico deberá realizarse importantes esfuerzos de ambos sectores a fin de promover la innovación. Desde la perspectiva de las mediciones climáticas esto se traduce en menor oferta de equipamiento de monitoreo de calidad y de precios más accesibles. Por otro lado, como ya se mencionó más arriba una minusvaloración de la actividad del monitoreo propiamente dicho.

2.2. Participación Social y Comunitaria

Existe un ámbito creciente de las comunidades sociales organizadas (ONG) con gran interés en los temas ambientales: la protección de la flora, la fauna, el impacto de las actividades industriales incluyendo temas de cambio global. La participación de estas organizaciones demanda nuevos servicios e información. Estas exigencias son un aliciente para el mantenimiento de redes de monitoreo y la preparación de informes y pronósticos más elaborados. Paralelamente estas ONGs realizan sus propios monitoreos aunque no

sistemáticos, intentando un control de las actividades industriales o mineras donde el estado provincial o nacional esta visiblemente ausente.

Figura 6.2: ACTORES DEL SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN ARGENTINA



2.3. Capacidades Humanas e Institucionales

Como se ha mencionado en puntos anteriores, existe abundante formación de recursos humanos en universidades e institutos científicos, con numerosas becas de grado y postgrado. De hecho muchos estudiantes de países vecinos estudian en Argentina sus estudios universitarios tanto de grado como de postgrado. Por ello, no deberían existir barreras importantes en cuanto a la formación de personal adecuado para el mantenimiento de las redes de monitoreo o la interpretación de los datos o el uso de modelos de pronósticos.

Existe sí, cierta debilidad en las oficinas municipales técnicas por carencia de instrumentos de medición, laboratorios de control y personal capacitado para comprender y planificar una adaptación adecuada a los problemas que puedan devenir por el cambio global aplicado a su municipio o comunidad local. Si bien la capacitación está disponible, las oficinas locales siguen delegando estas funciones a las organizaciones de orden superior (el municipio en la provincia, la provincia en la nación).

2.4. Marco macroeconómico

La Argentina ha tenido políticas macro-económicas cambiantes en los últimos cien años, que van desde el proteccionismo a la liberación y globalización o vuelta al proteccionismo. Estos cambios de paradigmas se han traducido en cambiantes visiones sobre la importancia del sector de Ciencia y Tecnología y particularmente, en lo relevante a este informe, ha impactado en el mantenimiento y renovación de las redes de monitoreo ambiental. Por otra parte, estos cambios repercuten también en el desarrollo de una industria nacional innovadora. Mientras que en algunos momentos se favorece la importación de equipos extranjeros, en otros momentos no se pueden conseguir ni siquiera los repuestos o insumos críticos necesarios para el mantenimiento de una red de monitoreo. En estas circunstancias, entonces, la industria nacional tiene inconvenientes en proveer de estos insumos. Sólo el mantenimiento de un paradigma durante un tiempo largo con los mecanismos de promoción adecuados, ayudará a que el sector de Ciencia y Tecnología genere todas las herramientas y mecanismos necesarios para la innovación, tan necesaria para afrontar los desafíos de la adaptación al cambio climático, entre otras prioridades globales actuales.

2.5. Propuestas específicas para superar las barreras

Las propuestas que se desarrollan a continuación intentan reducir las barreras identificadas en la sección precedente, a fin de mejorar la capacidad tecnológica en términos de mediciones de las variables climáticas. En una breve síntesis, se puede mencionar:

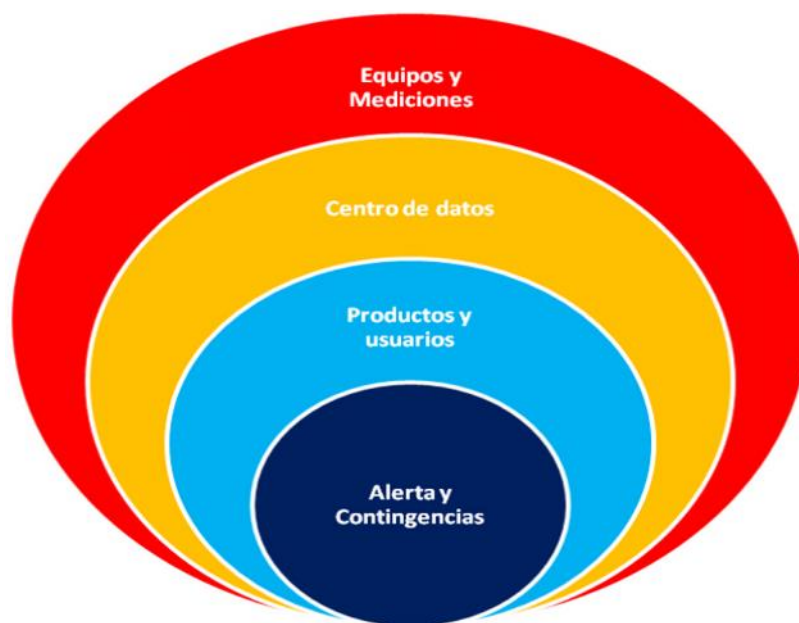
1. Preparación de un inventario. En el año 2011 se está llevando a cabo un inventario detallado de los equipos y variables que se miden en las principales organismos de monitoreo climático.
2. A partir de este inventario es posible identificar los "vacíos" para optimizar la red.

Esta optimización impone:

- Mejorar el mantenimiento de lo existente.
- Ampliar la cobertura espacial de las principales variables climáticas.
- Identificar nueva tecnología principalmente a desarrollar localmente (para su uso y probable exportación), en especial para aquellas variables poco medidas (principalmente aerosoles y radiación UV).
- Generar proyectos en colaboración para la fabricación de tecnología propia.
- Mejorar la interconexión de datos (cableado, acceso y velocidad de internet, adquisición de servidores, unificación de software para acceso a bases de datos).
- Capacitación de personal técnico.
- Mejora institucional/administrativa/legal referida a los gastos e inversiones en equipos de monitoreo, adquisición y mantenimiento de bases de datos ("Brecha digital").
- Integrar un sistema de alerta temprana y de manejo de las contingencias.

Desde un punto de vista sistémico, el plan de mejora descrito debe enmarcarse en la concepción esquemática para análisis del Sector (*Figura 6.3*), presentada en la primer sección punto 1.1. (pag. 45). Esto puede integrarse en 4 niveles: equipos y mediciones; coordinación de redes o centro de datos; productos y usuarios; alerta y contingencias

Figura 6.3: CONCEPCIÓN ESQUEMÁTICA DEL SECTOR



2.5.1. Equipos y Mediciones

Esta es la capa externa más importante. Como ya se ha expresado más arriba, existe un conjunto de variables climáticas esenciales (VCE) que internacionalmente se han definido como básicas para realizar un seguimiento del cambio global y sus consecuencias. Esto implica definir el equipamiento y la cobertura espacial y geográfica de las mediciones seleccionadas.

Por lo tanto se requiere ampliar la red de mediciones, tanto en cantidad como en calidad a fin de adecuarla a las VCE. En cantidad, debe densificarse la red de datos meteorológicos, integrando todas las estaciones existentes, probablemente reactivando algunas muy antiguas. Recuperando el monitoreo de superficie (terrestre y marino a lo largo de la costa atlántica argentina) como el de altura (radiosondeo) y profundidad (glaciares, ríos navegables, mar continental). Un antecedente en la materia son los trabajos realizados por la SSRH titulados "La Información Hídrica en la República Argentina. Estado de Situación" (1998) que prosiguiera en "Red Básica Nacional de Información Hídrica- Prediseño Hidrológico" (1998).

Una de las opciones identificadas se enmarca en la red de radares (SINARAME). Se propone complementar esta red con radiómetros de ondas milimétricas. Estos radiómetros permiten medir perfiles de vapor de agua y temperatura y contenido de vapor de agua. Estos equipos tienen un costo muy inferior al de un radar y puede reemplazar un radiosondeo, ya que

permite monitorear la atmósfera en tiempo real (cada 2-3 minutos). El costo relativo comparado al radiosondeo es de 500-600 radiosondas aproximadamente. Este tipo de equipos se usa actualmente en forma operativa en numerosos aeropuertos del mundo. Salvo por alguna pieza crítica, como los mezcladores de alta frecuencia, el resto de la tecnología y conocimientos está disponible en Argentina, el CITEDEF, la UTN y la Universidad de Mendoza trabajan con instrumentos de este tipo. No es ilógico pensar una cooperación entre estas y otras instituciones para desarrollar un radiómetro multifrecuencia (22 a 30 GHz, Oxígeno en 51 y 59 GHz y LWC de 22 a 59 GHz). La ventaja del desarrollo de esta tecnología es que el manejo y diseño de estos instrumentos permite poseer un conocimiento sensible en el área de las comunicaciones y del sensado remoto (activo y pasivo) por satélites.

Otras opciones incluyen la construcción de estaciones meteorológicas e hidrometeorológicas (de menor tecnología que los radiómetros). Por ejemplo la UTN-FR Avellaneda ha desarrollado una estación meteorológica para el INTA. Otras opciones de instrumentos interesantes serían los perfiladores de viento y los disdrómetros.

Con la finalidad de estudiar el efecto de aerosoles y radiación dos variables claves en el cambio global, deberían ampliarse la red de mediciones de radiación global y UV, y el contenido de aerosoles. El CITEDEF construye u opera equipos LIDAR que se usan para detección de aerosoles en altura.

Concretamente para el caso del radiómetro, tecnología priorizada para idea de proyecto, las medidas que apuntan a superar las barreras identificadas, se orientan en una perspectiva que considera las opciones de:

- a. Desarrollo nacional del equipo.
- b. Reemplazo de esta tecnología por otra ya existente que cumpla con la cobertura espacial y temporal adecuada.
- c. Licitación del equipo seleccionado.

Para el desarrollo del equipo se podría enmarcar el proyecto en el sistema de Ciencia y Tecnología, siempre que encuentre actores entusiasmados y financiamiento adecuado (al menos para 6 años). En cuanto a la importación de insumos, en la actual coyuntura, podría ser una barrera insuperable a menos que por vía de excepción ingrese al país los insumos críticos. Esto obviamente requiere de gestión política y convencimiento que es una decisión adecuada. Existe personal de Ciencia y Tecnología en universidades y centros de investigación con capacidad técnica de diseño y puesta a punto de este tipo de instrumento, ya que las frecuencias que utiliza son similares a otros instrumentos construidos en Argentina; por ejemplo los radares, lidars y partes del satélite SAC-D.

Otras medidas como superar las limitaciones del mercado, o las barreras a la importación exceden el ámbito de este informe, pues la construcción de 6 ó 7 radiómetros no hará cambiar las reglas del mercado ni atraerá inversiones extranjeras, simplemente porque es un mercado inexistente. Lo mismo puede decirse de las limitaciones a la importación.

Lo interesante de la propuesta es la formación de recursos humanos en alta frecuencia que sumados a los ya mencionadas en otras tecnologías similares (radar, Lidar) van potenciándola capacidad de producción de otros productos industriales, por ejemplo en el marco de las TICs.

En caso que la alternativa anterior no funcione, siempre se puede a) licitar (en vez de desarrollar) para la adquisición de unidades, o bien reemplazarlos por instrumentos equivalentes, por ejemplo radares o ampliar la red de radiosondeos. Actualmente los radiosondeos se envían desde 7 estaciones en todo el país. En el informe se sugiere ampliar a 5 estaciones adicionales. En el caso de radares ya se están construyendo 2 y se espera construir otros 8 más. Si se amplía la construcción de 8 a 11 podría cumplirse el objetivo pero a mucho mayor costo.

2.5.2. Centro de Datos

La creación de un Centro de Datos tiene por objeto la coordinación de todos los múltiples actores nacionales generadores de datos, por otra parte también tiene el rol de comunicación con los centros de datos internacionales. Dado que estos centros climáticos tienen como finalidad mantener largas series de datos climáticos confiables, esta función es una contribución nacional al conocimiento global importante. Por lo tanto es relevante que estos centros cumplan funciones equivalentes que sus pares internacionales; esto es recopilación y control de calidad de datos y el mantenimiento de una base de datos actualizada. Este centro de datos debe además identificar las nuevas tecnologías y coordinar con los diversos organismos el despliegue de nuevos equipos, mantenimiento y calibración de equipos y la capacitación permanente de personal. También debe servir de interface entre el usuario general o institucional para poner a disposición los productos climáticos correspondientes.

El SMN ya cumple actualmente en gran parte este rol de centro de datos y vínculo con las agencias internacionales. Por lo que debería potenciarse o reforzarse la estructura de personal y medios técnicos para cumplir con esta función más completa.

Una solución planteada en la reunión del SINDAREH es la creación de un portal de interfaz a fin de que cada institución mantenga la posesión de sus datos. Este portal tendría un vínculo a la base de datos original. Esta es una solución intermedia que sigue manifestando la reticencia actual a ceder o compartir los datos. La ventaja de este centro virtual, es que no requiere de grandes inversiones iniciales y cada organización mantiene su independencia. La desventaja de esta postura es que la actualización de las bases de datos y su control de calidad dependen de muchos operarios. Este punto no es menor, ya que muchas instituciones tienen funciones de generación de datos en forma temporaria, es decir mientras dure un proyecto, con lo cual acabado el proyecto o el interés, puede perderse el dato generado o el mantenimiento de la base de dato. En cambio el SMN tiene una función y organización orientada a las tareas operativas.

Asimismo las otras funciones del Centro como la coordinación de las mediciones, instalación de nuevos equipos, y sobre todo la generación de productos al servicio de la contingencia climática, pronósticos y alertas, deben ser asignados a otra institución, como el SMN, SSRH, INA, Universidad, institutos de investigación, etc.

Las estrategias para la conformación del centro de datos, tiene cuatro aspectos:

- a. *Difusión* general del tema climático entre funcionarios, legisladores y potenciales usuarios.

El primer paso es *difundir* por medio de talleres y conferencias las necesidades de contar con una organización que cumpla esta función, independiente de su organización definitiva o su

locación final. Por ejemplo: Invitar a funcionarios de las áreas de competencia (CyT, Educación, Interior) y legisladores y usuarios específicos, a charlas informativas sobre las necesidades de monitoreo para el cambio climático y tipo de información que se pudiera contar con la ayuda de pronósticos y modelos adecuados. De estas reuniones podrían surgir:

- Nuevos proyectos de investigación en temas vinculados al estudio sobre la adaptación al cambio climático e identificación de zonas vulnerables. Esto no sólo contribuye directamente a conocer el problema sino a difundir la necesidad de mayores estudios. También contribuye a formar investigadores expertos en el tema. Indirectamente facilita la creación de una agencia.
 - Nuevas demandas por parte de usuarios específicos, p. ej. agricultores, defensas civiles provinciales para la evaluación de situaciones críticas, por ejemplo las mencionadas inundaciones de Santa Fe y Tartagal (Salta). Aquí también se pueden promover o proponer estudios de vulnerabilidades co-financiados por los usuarios y el Estado. Existe en el ámbito del Ministerio de CyT líneas de investigación orientadas (tipo PICT-O, PFIP, etc).
 - Invitación a científicos de agencias nacionales climáticas de países vecinos, p.ej. Brasil; para que cuenten experiencias de su conformación y funcionamiento.
- b. *Fortalecimiento* de las instituciones actuales mediante convenios específicos orientados
- Invitar al SMN y a otros institutos de investigación (p.ej. CIMA/UBA, CONICET, UTN, INA) a conformar convenios específicos para la cooperación en la elaboración de ciertos productos climáticos específicos (de hecho algunos de estos contactos ya se están oficiando). Esto incluye la formación y capacitación de nuevo personal experto en modelos y productos climáticos.
- c. *Fortalecimiento* de las redes actuales de monitoreo
- Avanzar en la *conformación de redes de usuarios* y formación de bases de datos integradas y realizar de un *inventario de redes de monitoreo* existentes, entre los múltiples actores del sistema. Reforzar la necesidad de mantener la calidad de los datos y la continuidad de los monitoreos. En esta red de usuarios se podría invitar a privados a participar con sus propias estaciones y conformar una red voluntaria de monitoreo a través de una red por internet. La ventaja de esta red es que se puede aprovechar esta iniciativa para evaluar la coherencia y validez de muchas estaciones privadas y hogareñas e instruir las sobre un mejor uso e instalación de sus estaciones.
- d. Proponer un proyecto de ley para su conformación.
- Sobre la base de estas reuniones, actores y actividades se podrá consensuar el modo definitivo de la formación de una agencia climática en el ámbito que la sociedad quiera otorgarle.
 - Estas discusiones y talleres de difusión deben ser usados también para vencer otras barreras importantes que tienen que ver con los aspectos presupuestarios, de mantenimiento de equipos, técnicos, etc., más arriba mencionados; en las instituciones que actualmente llevan a cabo la tarea del monitoreo de datos climáticos.

2.5.3. Productos y usuarios

Desde el punto de vista de los potenciales usuarios, existen muchos estudios que muestran los variados obstáculos y limitaciones, por ejemplo, para incorporar pronósticos meteorológicos en las tareas productivas. Celis y Forni, (2008) muestran los actores y problemas detectados en el uso de datos climáticos en la producción agrícola de la Pampa Húmeda de Argentina. En este artículo se mencionan: "...la naturaleza de los pronósticos, su inevitable incertidumbre, la comprensión científica del sistema físico y su dinámica. Otras, se deben a la falta de conocimiento de los tomadores de decisión acerca de los impactos del clima sobre la producción o a la inexistencia de opciones de decisión viables y sensibles al incremento de información provista por los pronósticos. Un último conjunto de limitaciones se vincula con las características de los potenciales usuarios."(p 20). De acuerdo a estos autores, los productores usan sistemáticamente los pronósticos meteorológicos, de corto plazo, y consultan los pronósticos climáticos estacionales usando diversas fuentes nacionales o internacionales. Sin embargo, les tienen escasa confianza y pocos los utilizan para cambiar decisiones.

Los factores que influyen en esta concepción negativa son a) los pronósticos divergentes o contrapuestos que genera confusión, b) falta de guía para identificar las fuentes más confiables y c) el completo desconocimiento sobre la certidumbre de los mismos. Desde la percepción de los usuarios pareciera que la oferta de información climática es caótica, hecho que se corrobora tanto en la diversidad de instituciones que la diseminan, como en la disponibilidad de múltiples pronósticos, basados en diferentes modelos, que tienen distintas resoluciones espaciales y temporales y se presentan en variados formatos. (Celis y Forni, 2008, p 21).

Otro aspecto interesante del usuario es que se ha convertido en muchos casos en generador de datos. Debido a los precios relativamente bajos "...numerosos usuarios y organizaciones de diversos sectores –escuelas, bancos, industrias, bomberos, radios, canales de televisión, empresas petroleras, constructoras, empresas de electricidad y telefonía, bodegas, municipios, cooperativas, empresarios agropecuarios, etcétera– adquirieron su propia estación y se calcula que existen, aproximadamente, unas 3 mil operando en el país. Por lo general, estas estaciones no cumplen con las exigencias de calidad de la OMM y, desde la visión de los meteorólogos, muchas presentan deficiencias en su calibración, ubicación, verificación o reposición de sensores. Algunas no cuentan con un sistema de transmisión mientras que otras sí, sin embargo, salvo excepciones, los datos no se comparten y son de uso exclusivo de las empresas u organizaciones que las poseen". (Celis y Forni, 2008, p 30).

Los problemas mencionados se podrían disminuir por medio de la difusión de los resultados de las mediciones climáticas, a través de la generación de productos especiales derivados del análisis y aplicación de modelos regionales, preparación de alertas y estudios de contingencias. Estos productos pueden ser generados por el mismo Centro de Datos o por otras instituciones con capacidad para ello. Aquí nuevamente es válido el punto anterior. Una universidad o grupo de investigación puede generar productos de análisis, aplicación de modelos regionales y realización de pronósticos de largo plazo, sin embargo esta función, de no ser acordada, se brindará mientras dure el proyecto o interés científico del grupo en cuestión.

Es recomendable que estos productos, mapas, pronósticos, modelos regionales, generados por las universidades se transfiera a un grupo operativo, por ejemplo el SMN u otro, pero cuyo objetivo y compromiso sea la generación permanente de información analizada y disponible on-line, a través de mapas, atlas, informes, recomendaciones; orientadas a diversos usuarios, por ejemplo los productores agrícolas, la industria pesquera, entre otros. Las universidades

podrán mantener un vínculo de asesoramiento periódico. Este Centro de Datos puede alternativamente depender administrativamente de una universidad o centro de investigación, pero su objetivo principal deberá ser el operativo.

2.5.4. Alerta y contingencias

Queda definir una función adicional, que tiene que ver con la interpretación de los mapas e informes generados, a fin de difundir sus resultados y asesorar a la sociedad a generar políticas de adaptación (y eventualmente mitigación si fuera posible). Por ejemplo, informar al municipio, vialidad provincial o empresa de construcciones sobre la nueva cota del río a raíz de un crecimiento en las precipitaciones o escorrentía, debido a cambios del uso del suelo o cambios climáticos. O informar sobre una eventual evacuación ante peligro de aluviones, entre muchas contingencias climáticas posibles.

Un ejemplo interesante de cooperación de usuarios y generadores de datos es el de la provincia de Mendoza. Los productores agrícolas (vid y frutas) reciben información vía internet o SMS (mensajes de texto por celular) de la Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas (DACC) y el Instituto de Desarrollo Rural (IDR) sobre alertas de granizos o heladas. Esto forma parte del programa de Conectividad Rural de la provincia de Mendoza. Esa información también está disponible vía internet en las páginas de la DACC o el IDR o el Instituto Hidrología de Llanuras.

Igualmente se puede pensar en temas de escasez o contaminación de agua potable debido a cambios en el urbanismo, usos del suelo, disminución de precipitaciones nivas, entre otras posibles causas. Aquí debe diferenciarse el informe científico elaborado en la universidad con la aplicación de tales principios al impacto de esta información a una comunidad en particular. Nuevamente esta situación de alerta o contingencia podría generarse en la universidad, pero se considera que en forma operativa no es una función propia de ésta sino de una Agencia particularmente dedicada a monitorear y generar estos informes en forma periódica o por requerimiento. Quizás la forma de una agencia climática al estilo EPA de EE.UU. o CONAMA de Chile, podría servir para cumplir esta función. En tal caso también podría asumir el rol de Centro de Datos.

SECCIÓN III. PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO

1. INTRODUCCIÓN PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO

En función del análisis realizado en la ENT para el monitoreo y observación de variables climáticas e hidrológicas, se presenta a continuación un Plan de Acción Tecnológico (PAT) conteniendo un objetivo central, barreras y necesidades, como así también líneas de acción necesarias para superarlas.

Los elementos del PAT se clasifican, a los fines organizativos, en aspectos regulatorios, económicos, de articulación institucional y tecnológicos, sin que ello represente un orden cronológico de implementación o de priorización.

En relación a cada línea de acción se sugieren actividades, orientadas a generar los instrumentos o productos necesarios que viabilizarían la implementación de las mismas. Para ello, se proponen posibles actores del ámbito gubernamental para coordinarlas (cuyas funciones se describen en el punto actores estratégicos y posibles sinergias) y presupuestos estimados, en moneda local y su equivalente en dólares.

El presupuesto, en la mayoría de los casos, incluye la conformación y funcionamiento de mesas interinstitucionales de trabajo, durante un determinado período de tiempo, para definir lineamientos técnicos-políticos y posteriormente, la contratación de consultorías para preparar los instrumentos o productos necesarios, que luego el o los actores con competencia directa en la materia deberían implementar. De acuerdo al presupuesto estimado, el conjunto de actividades propuestas requerirían de \$ 980.000 (pesos argentinos) equivalentes a US\$ 196.000 (dólares) para desarrollarse.

Cada actividad a su vez, propone un tiempo de ejecución e indicadores de cumplimiento. Si bien el conjunto de actividades podría realizarse en el corto y mediano plazo, se considera que la línea de acción, relacionada con la articulación interinstitucional, relativa a la creación de un Centro o Agencia Climática, debería ser la primera en desarrollar, ya que ello impulsaría el resto de las líneas de acción, debido a que crea el marco institucional y de coordinación necesario para ponerlas en marcha.

Se detallan en el cuadro del PAT otras líneas de acción que incluyen iniciativas actualmente en curso o planificadas por distintos organismos gubernamentales, destacadas por su relevancia o potencial sinergia con futuras acciones y proyectos derivados de la ENT. La idea de proyecto (ver sección IV) también se incluye como medida de acción.

Los actores estratégicos que se describen en el PAT, son aquellos con representación en la cadena de valor y gestión del área bajo estudio, que deberían involucrarse en las acciones sugeridas.

Tabla 6.1: PLAN DE ACCIÓN. OBSERVACIÓN Y MEDICIÓN DE VARIABLES CLIMÁTICAS E HIDROLÓGICAS

OBJETIVO		Fortalecer y ampliar la captura de datos climáticos esenciales, mejorar su calidad y extensión geográfica y generar productos que sirvan a la toma de decisiones ante los posibles cambios climáticos globales.				
	BARRERAS Y NECESIDADES IDENTIFICADAS	LINEAS DE ACCIÓN	ACTIVIDADES PROPUESTA	POSIBLES ACTORES GUBERNAMENTALES	TIEMPO ESTIMADO	PRESUPUESTO ESTIMADO
REGULATORIAS	<ul style="list-style-type: none"> Necesidad de establecer en los lineamientos políticos el factor de largo plazo para favorecer el mantenimiento y operación en el tiempo de redes de monitoreo. 	<ul style="list-style-type: none"> Revisar y fortalecer políticas actuales para la mejora y mantenimiento en el tiempo de redes de monitoreo, dotándolas de claridad respecto de las competencias. 	<ul style="list-style-type: none"> Conformar mesas interinstitucionales de trabajo para identificar necesidades y vacíos regulatorios para el funcionamiento y mantenimiento de redes. <p>Indicador de cumplimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> Número de instituciones participantes Necesidades identificadas. <ul style="list-style-type: none"> Asistencia técnica para la elaboración de instrumentos que den respuesta a las necesidades identificadas. <p>Indicador de cumplimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> Instrumentos elaborados. 	<ul style="list-style-type: none"> SMN INA SSRH MINCyT SHN CONAE INTA 	6 meses	\$ 80.000 US\$ 16.000
ECONÓMICAS	<ul style="list-style-type: none"> Necesidad de financiamiento sostenido en el tiempo. 	<ul style="list-style-type: none"> Establecer partidas permanentes en el presupuesto nacional, destinadas a la instalación, operación y mantenimiento en el tiempo de estaciones de monitoreo y sistemas de información. 	<ul style="list-style-type: none"> Asistencia técnica para la preparación de una ingeniería de financiamiento y presupuestos detallados para el funcionamiento de una red de datos climáticos y sistemas de información. <p>Indicador de cumplimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> Plan de financiamiento finalizado y presupuesto detallado elaborado. 	<ul style="list-style-type: none"> SMN INA SSRH MINCyT SHN CONAE INTA 	6 meses	\$ 50.000 US\$ 10.000

ARTICULACIÓN INSTITUCIONAL	<ul style="list-style-type: none"> Necesidad de fortalecer la coordinación de los múltiples generadores nacionales de datos y la comunicación con los centros de datos internacionales 	<ul style="list-style-type: none"> Establecer un Centro de Datos o Agencia Climática (nuevo o reorganizar los objetivos operativos de alguna de las organizaciones existentes), dotándolo de medios y personal acorde a sus funciones. 	<ul style="list-style-type: none"> Establecer mesas interinstitucionales de trabajo para acordar objetivos y funciones del Centro de Datos o Agencia Climática y formas de articulación. <p>Indicador de cumplimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> Número de instituciones participantes Objetivos y funciones institucionales definidos. Asistencia técnica para el desarrollo de la estructura institucional y de funcionamiento y elaboración del instrumento legal para su constitución. <p>Indicador de cumplimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> Instrumento de constitución de la Agencia Climática definido, incluyendo estructura institucional. 	<ul style="list-style-type: none"> SMN INA SSRH MINCyT SHN CONAE INTA 	9 meses	\$ 200.000 US\$ 40.000
		<ul style="list-style-type: none"> Integrar un sistema de alerta temprana y de manejo de contingencias. 	<ul style="list-style-type: none"> Establecer mesas interinstitucionales de trabajo para definir lineamientos para la estructura y funcionamiento del sistema. <p>Indicador de cumplimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> Número de instituciones participantes Esquema de estructura y funcionamiento del sistema de alerta temprana y manejo de contingencias definidos. 	<ul style="list-style-type: none"> SMN INA SSRH MINCyT SHN CONAE INTA Programa Nacional de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres 	1,5 años	\$ 360.000 US\$ 72.000

TECNOLÓGICAS	<ul style="list-style-type: none"> Necesidad de mejorar la capacidad del sistema nacional para medir variables y elaborar productos climáticos e hidrológicos 	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar el número de estaciones y su capacidad operativa y ampliar en calidad y cantidad la redes de datos hidrometeorológicos, mejorando la interconexión de datos (cableado, acceso y velocidad de internet, adquisición de servidores, unificación de software para acceso a bases de datos). 	<ul style="list-style-type: none"> Establecer mesas interinstitucionales de trabajo para identificar necesidades y definir lineamientos del sistema de redes de monitoreo. <p>Indicador de cumplimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> Número de instituciones participantes Lineamientos del sistema de redes definidos. Asistencia técnica la elaboración de un Programa de fortalecimiento del sistema de redes de monitoreo. Indicador de cumplimiento: <ul style="list-style-type: none"> Programa de fortalecimiento desarrollado. 	<ul style="list-style-type: none"> SMN INA SSRH MINCyT SHN CONAE INTA 	1 año	\$ 100.000 US\$ 20.000
		<ul style="list-style-type: none"> Promover la organización de empresas mixtas o asociaciones de institutos para la provisión de equipamiento tecnológico. 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar convocatorias a consorcios para el desarrollo de tecnologías vinculadas al monitoreo de VC. <p>Indicador de cumplimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> Convocatoria realizada Número de consorcios que responden a la convocatoria. 	<ul style="list-style-type: none"> SMN INA SSRH MINCyT SHN CONAE 	3 meses	\$ 10.000 US\$ 2.000
		<ul style="list-style-type: none"> Mejorar los productos climáticos e hidrológicos, adaptando los modelos globales a los modelos regionales y locales, a fin de optimizar las herramientas de decisión. 	<ul style="list-style-type: none"> Asistencia técnica para la identificación de necesidades y propuestas de mejoras de productos climáticos. <p>Indicador de cumplimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> Necesidades identificadas Propuestas de mejoras de productos climáticos definidas. 	<ul style="list-style-type: none"> SMN INA SSRH MINCyT SHN CONAE INTA 	6 meses	\$ 80.000 US\$ 16.000

		<ul style="list-style-type: none"> • Generar estándares de calidad de los datos climáticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer Establecer mesas interinstitucionales de trabajo para definir lineamientos de los estándares <p>Indicador de cumplimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Número de instituciones participantes - Lineamientos para el desarrollo de estándares definidos. • Asistencia técnica para la elaboración de los estándares. <p>Indicador de cumplimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Estándares definidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • SMN • INA • SSRH • MINCyT • SHN • CONAE • INTA 	9 meses	\$ 100.000 US\$ 20.000
TOTALES						\$ 980.000 US\$ 196.000

OTRAS LINEAS DE ACCIÓN

PLANES, PROGRAMAS, PROYECTOS Y MEDIDAS PREVISTOS Y/O EN IMPLEMENTACIÓN

- **Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME).** El Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME) tiene por objeto coordinar los radares existentes: 3 controlados por el INTA (Paraná, Pergamino y Anguil), 1 por el SMN (Ezeiza), 2 por la Dirección de Contingencias Climáticas (Mendoza), y 1 por la Asociación de Tabacaleros de Jujuy. Adicionalmente se están construyendo 2 nuevos radares Doppler Polarimétricos que se instalarán en Bariloche y Córdoba. A estos radares le seguirán eventualmente otros radares que se irán instalando en otras zonas del país. A esta red de nuevos radares se les adicionará una red de pluviómetros, a fin de calibrar las precipitaciones medidas por los mismos. El INTA ya ha dispuesto de 12 estaciones automáticas con información pluviométrica en el área de cobertura de sus radares. El desarrollo y construcción de radares meteorológicos argentinos y la implementación de un Centro de Operaciones que procese y analice información nacional son algunos de los principales ejes del Sistema Nacional de Radares Meteorológicos.

- **Sistema Nacional de Datos Climáticos (SNDC). Programa de Grandes Instrumentos y Bases de Datos:** es una iniciativa del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva conjuntamente con el Consejo Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (CICyT). Creado por Resolución Ministerial N°028/12 del 18 de enero de 2012, tiene como propósito conformar una base de datos unificada de información y datos de las ciencias atmosféricas y afines, de calidad, con el fin de garantizar a los investigadores argentinos la disponibilidad y accesibilidad a estos bancos de datos.

IDEA DE PROYECTO DE LA ENT

El proyecto propuesto consiste en el desarrollo, construcción e implementación de una red de radiómetros de microondas multifrecuencia (rmo-mf) para su uso como perfilador de temperatura y vapor de agua entre 0 y 10 km de altura. Provisión al SMN de 10 estaciones de monitoreo usando RMO como complemento a la red de altura de radiosondeo y radares.

Todo incremento en el monitoreo meteorológico y climático, ya sea temporal o espacial, trae un beneficio directo a la sociedad que se traduce en mejores pronósticos que ayudan tanto para la prevención de emergencias o catástrofes climáticas como para brindar información más precisa para la producción agrícola, entre otras muchas aplicaciones.

El desarrollo local de la tecnología de microondas entre 20 y 60 GHz impactaría positivamente sobre el sector científico e industrial de alta tecnología por el desarrollo de conocimientos aplicables a muchos sectores de alto rendimiento económico, entre ellos el de las comunicaciones y TICs. (Ver Sección VI: Idea de Proyecto).

ACTORES ESTRATÉGICOS Y POSIBLES SINERGIAS

En el país existen diversas redes que tienen injerencia en la detección de las variables climáticas esenciales (VCE) y producción de tecnología, a cargo de las diversas instituciones que son la base de posibles sinergias para la implementación de medidas planteadas.

1. ORGANISMOS NACIONALES

- Servicio Meteorológico Nacional (SMN)
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
- Servicio de Hidrografía Naval (SHN)
- Subsecretaría de Recursos Hídricos (SSRH).
- Dirección Nacional de Vías Navegables (DNVN)
- Instituto Nacional del Agua (INA)
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCyT)
- Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)
- Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF)
- Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública. Dirección Nacional de Planificación Estratégica Territorial. Programa Nacional de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- Institutos de Investigación: IANIGLA (dependencia de CONICET), Centro de Investigación del Mar y la Atmósfera (CIMA)

2. ORGANISMOS PROVINCIALES

- Departamento General de Irrigación (DGI) y Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas (DAC) (ambas de la Prov. de Mendoza)
- Dirección de Hidráulica de Entre Ríos
- Administración del Agua de Chaco
- Secretaría de Agua de Santa Fe
- Secretaría de Recursos Hídricos de la Pampa

3. ORGANISMOS DE CUENCA

- Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO)
- Comisión Regional de Río Bermejo (COREBE)
- Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC)
- Comité Internacional del Río Pilcomayo
- Otros

4. OPERADORES HIDROELECTRICOS

- Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico CAMMESA
- AIC
- Hidroeléctrica Los Nihules S.A.(HINISA)
- Hidroeléctrica Diamante S.A. (HIDISA)
- Operadores de Embalses

5. OTROS

- Universidades: Universidad de Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional
- Operadores privados: empresas petroleras, mineras, aeroclubes

SECCIÓN IV. IDEA DE PROYECTO

1. DESARROLLO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE RADÍOMETROS DE MICROONDAS MULTIFRECUENCIA (RMO-MF)

1.1. Fundamentación

En el informe del IPCC del año 2008 sobre Cambio Climático y el Agua (Bates et al., 2008) se muestra y compila una serie de evidencias observacionales y de experiencia mundial, sobre la fuerte vinculación entre cambios en la temperatura y la afectación del recurso hídrico. Allí se observa que:

“...Los registros de observaciones y las proyecciones climáticas aportan abundante evidencia de que los recursos de agua dulce son vulnerables y pueden resultar gravemente afectados por el cambio climático, con muy diversas consecuencias para las sociedades humanas y los ecosistemas...”, (Bates et al, 2008).

Más aún allí se afirma que

“...el calentamiento observado durante varias décadas ha sido vinculado a cambios experimentados por el ciclo hidrológico en gran escala. En particular: el aumento del contenido de vapor de agua en la atmósfera; variación de las características, intensidad y valores extremos de la precipitación; disminución de la capa de nieve y fusión generalizada del hielo; y cambios en la humedad del suelo y en la escorrentía...”.(Bates et al, 2008).

Sin embargo este informe concuerda que a pesar de contar con mejores modelos existe aún una gran incertidumbre en cuanto a las proyecciones. Entre las recomendaciones del informe se expresa que...

“Es necesario mejorar los datos observacionales y su accesibilidad para conocer más a fondo los cambios que están sucediendo, y para acotar mejor las proyecciones de los modelos; tales datos son imprescindibles para una gestión adaptativa frente a la eventualidad de un cambio climático. Para avanzar en esa dirección es necesario disponer de más datos. Algunas redes observacionales están disminuyendo de tamaño. Unos registros relativamente cortos en el tiempo podrían no reflejar en toda su extensión la variabilidad natural y desencaminarían posiblemente los estudios de detección, mientras que su reconstrucción a lo largo de períodos prolongados podría situar las tendencias y valores extremos recientes en un contexto más amplio. Las principales carencias identificadas respecto a las observaciones del cambio climático se relacionan con el agua dulce y con los ciclos hidrológicos...”.(Bates et al, 2008, pág 145).

Coincidentemente con lo expresado en el informe ENT, Bates y colaboradores indican que

“...Los modelos climáticos siguen estando limitados por la resolución espacial y por el número de modelos agregables que permiten los actuales recursos informáticos, por la necesidad de incluir ciertos procesos adicionales, y por unos grandes márgenes de

incertidumbre en la modelización de ciertas retroalimentaciones (por ejemplo, de las nubes, o del ciclo del carbono). ...".(Bates et al, 2008, pág 146).

" Debido a la magnitud de las incertidumbres existentes, se necesitan metodologías probabilísticas que permitan a los gestores hídricos analizar los riesgos vinculados a un eventual cambio climático. Se están desarrollando técnicas para la construcción de distribuciones de probabilidad de determinadas eventualidades.

- *Es necesario seguir avanzando en esas investigaciones, y en el desarrollo de técnicas para la comunicación de los resultados y para su aplicación a la comunidad de usuarios.*

- *Es necesario seguir avanzando en la detección y atribución de los cambios hidrológicos actuales; en particular, de los cambios respecto a los recursos hídricos y respecto al acaecimiento de fenómenos extremos. En el marco de esas actividades, es necesario desarrollar indicadores de los impactos del cambio climático sobre el agua dulce, además de unos sistemas operacionales que permitan monitorizarlos. Sigue habiendo un desajuste entre los resultados de los modelos climáticos de gran escala y los resultados a escala de cuenca de captación, que es la más importante para la gestión hídrica. Se necesitan, por consiguiente, modelos climáticos de resolución superior que incorporen una mayor riqueza de propiedades y de interacciones en la superficie de la tierra, a fin de obtener información de mayor utilidad para la gestión hídrica. La reducción de escala en términos estadísticos y físicos puede contribuir a ello.*

- *En su mayoría, los estudios de impacto del cambio climático en relación con el estrés hídrico de los países evalúan la demanda y la oferta en términos anuales. Sería deseable disponer de análisis a escala de resolución temporal mensual o superior, ya que los cambios de las pautas estacionales y de la probabilidad de episodios extremos podrían contrarrestar los efectos positivos de una mayor disponibilidad de recursos hídricos.*

- *El impacto del cambio climático sobre la nieve, el hielo y el terreno congelado como variables de almacenamiento sensibles del ciclo hídrico es marcadamente no lineal, y se necesitan unas modelizaciones más orientadas a los aspectos físicos y a los procesos, así como una reducción de escala específica para la atmósfera. No se tiene un conocimiento detallado de los cambios de escorrentía causados por la evolución de los glaciares, de la cubierta de nieve, de la transición lluvia-nieve ni del terreno congelado en diferentes regiones climáticas.*

- *Es necesario mejorar los métodos utilizados para evaluar el impacto que la variabilidad climática alterada ejerce sobre los recursos de agua dulce. En particular, es necesario desarrollar conjuntos de datos a escala local y modelos informáticos simples de cuencas de drenaje vinculados al clima que permitan a los gestores hídricos evaluar los impactos y el funcionamiento y resiliencia de sus sistemas, habida cuenta del margen de incertidumbre asociado a las proyecciones climáticas futuras."(Bates et al, 2008; pág 146).*

Este y otros informes y publicaciones científicas coinciden en que la mejora en la gestión de la adaptación se producirá con mejores datos observacionales, modelos y una serie de productos climáticos que me permitan manejar la emergencia y proponer medidas de adaptación

coherentes. En el caso del manejo de agua dulce se sugieren diversos mecanismos de adaptación frente a la sequía/inundación que impactan sobre la población. Pero este proyecto no se refiere a la adaptación frente a cambios hídricos, sino a la *creación de sistemas operacionales que gestionen la adaptación*, como se menciona en el informe del IPCC.

En este marco se propone la incorporación de radiómetros de microondas para la detección de variables críticas atmosféricas, como son los perfiles en altura temperatura y vapor de agua en la atmósfera.

1.2. Descripción técnica

Los radiómetros de microondas (RMO) son instrumentos pasivos que proveen mediciones continuas de temperatura, vapor de agua y agua líquida en la atmósfera. La señal de la atmósfera recibida en el rango de las microondas se convierte en perfiles en altura de temperatura, humedad y agua líquida.

El RMO-MF mide vapor de agua en las frecuencias de 22 a 30 GHz, oxígeno entre 51 y 59 GHz y contenido líquido de agua entre 22 y 59 GHz. La tecnología del radiómetro permite medir perfiles de agua líquida relacionados con procesos de convección local, precipitación, neblina, visibilidad y turbulencia. Este instrumento puede medir de día y de noche, con sol o nublado, aún bajo condiciones de lluvia moderada. Muchos de los cambios de vapor de agua o temperatura en la atmósfera son invisibles para el ojo de los radares y también para la radiosonda debido a su intervalo de muestreo de 12 o 24 horas.

El radiómetro puede detectar incrementos en la densidad de vapor de agua una hora antes que el agua líquida (y otros hidrometeoros) se formen y sean detectados por el radar. El radiómetro mide continuamente desde la superficie hasta los 10km de altura. Los perfiles de temperatura, humedad y agua líquida tienen una resolución temporal del orden de pocos minutos, con resoluciones verticales de 50m desde la superficie hasta los 500m, de 100m desde los 500m de altura hasta los 2km de altura y de 250m por encima de los 2km de altura. Otras variantes del uso de microondas en 30, 60 o 90 GHz se usa como radares de nubosidad, vientos, lluvia y contenido total de vapor de agua o agua líquida (Para mayor descripción del instrumento ver referencias).

En Argentina existe una importante deficiencia en cuanto al monitoreo periódico de variables meteorológicas en altura. Estas se realizan normalmente en 8 estaciones cada 24 horas a través de radiosondas. El radiómetro permitiría complementar estas estaciones proveyendo mediciones continuas y/o cubriendo otras zonas no monitoreadas del espacio aéreo del país. También el RMO-MF es complemento a la información medida por los radares, mejorando los pronósticos de precipitaciones, o como validación de la información proveniente de satélites como el MODIS.

Existen en Argentina algunos radiómetros en forma experimental o para investigación científica, en algunas universidades y/o centros de investigación (Universidad de Mendoza, UTN, CEILAP/CITEDEF), pero no se usan en forma operacional para meteorología. La Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CONAE) y la empresa INVAP ha desarrollado un sensor en las mismas frecuencias en el satélite de investigación SAC-D. Por lo tanto se propone en este proyecto el desarrollo y construcción nacional de un RMO-MF en cooperación con diversas instituciones nacionales.

1.3. Objetivos

- 1) Desarrollo y construcción de un radiómetro de micro-ondas multi-frecuencia (RMO-MF) para su uso como perfilador de temperatura y vapor de agua entre 0 y 10 km de altura.
- 2) Provisión al SMN de 10 estaciones de monitoreo usando RMO como complemento a la red de altura de radiosondeo y radares.
- 3) Asegurar la provisión de equipos de monitoreo en Argentina.

1.4. Metodología

La construcción y desarrollo nacional de un RMO-MF puede realizarse a través de la cooperación entre diversas organizaciones de CyT de Argentina, entre ellas p.ej., la UTN el CEILAP y el INVAP. Existen en estas instituciones suficientes conocimientos y capacidad científica instalada para su construcción y desarrollo.

1.5. Factibilidad Técnica

En Argentina existe tecnología suficiente como para construir prácticamente todos los sensores básicos, desde estaciones meteorológicas de superficies, radiosondeos, radares, lidars, radiómetros de diversas frecuencias. La puesta en órbita de varios instrumentos satelitales en forma conjunta con otros países (el último el SAC-D), la construcción de radares meteorológicos o de instrumentos LIDARs son una muestra de la existencia de conocimientos y recursos tecnológicos.

Probablemente, por una razón de escala de mercado, no existen empresas comerciales que compitan con las ofertas internacionales de equipos de monitoreo. Debe notarse que tanto para los radares, LIDARS, perfiladores o radiómetros de diversas frecuencias, existen algunos elementos críticos de semiconductores de microondas, mezcladores, fuentes láser, u otras tecnologías, que no se construyen en el país, ya que su requerimiento de mercado es muy limitado. Por lo que en caso de encarar la construcción de equipos de este tipo seguramente habrá que importar algunas de estas piezas críticas. De cualquier forma la organización de empresas mixtas o asociaciones de institutos para la provisión de equipamiento tecnológico podría ser una estrategia más que interesante para fortalecer el crecimiento del capital humano del país.

1.6. Factibilidad Económica

Existen diversos mecanismos de financiamiento de C. y T., por ejemplo a través de la Agencia de Promoción Científica y Técnica que podrían financiar parcialmente el mencionado proyecto. Por otra parte el personal capacitado forma parte de organismos nacionales como CONICET, Universidades, CITEDEF, etc; por lo que su participación requería de una cooperación estratégica entre estos actores.

Requerimientos financieros y costos

El costo del equipo en el mercado internacional (Año 2011-2012) es de 280 mil U\$S por unidad, aproximadamente 1,4 millones de pesos (V1).

El costo de desarrollo inicial para 4 años de desarrollo es de 2,7 millones de pesos, de los cuales, 1,6 millones de pesos corresponde a salarios de personal. Considerando que todos los

posibles participantes ya tienen sus salarios de la universidad o centro de investigación, el subsidio para el desarrollo es de 1,1 millones en cuatro años (o 300.000 \$ por año).

Tabla 7.1: PRESUPUESTO PROYECTO					
Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Total
Personal	414.600	414.600	414.600	414.600	1.658.400
Insumos	120.000	130.000	200.000	146.500	596.500
Bibliografía	3.000	3.000	3.000	3.000	12.000
Publicaciones	9.500	10.000	10.000	10.000	39.500
Servicios Técnicos	10.000	10.000	10.000	10.000	40.000
Viajes	20.000	37.000	0	38.000	95.000
Equipamiento	80.000	116.000	0	0	196.000
Total (en pesos)	657.100	720.600	637.600	622.100	2.637.400
Equipamiento	Año 1	Año 2		Año 3	Total
2 Computadoras		26.000			26.000
Analizador de espectro RF	80.000				80.000
Medidor de potencia RF		90.000			90.000
Generador RF	70.000				
Osciloscopio RF			80.000		
Bomba de vacío				50.000	
Total equipamiento	80.000	116.000		0	196.000
Insumos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Total
Electrónica baja potencia	30.000	30.000	30.000	10.000	100.000
Electrónica alta frecuencia	50.000	50.000	50.000	5.000	155.000
Antenas y Mezcladores MW		30.000		30.000	60.000
Oscilador local RF	20.000		20.000	1.500	41.500
Espectrómetro MW			80.000	80.000	160.000
Elementos de control	20.000	20.000	20.000	20.000	80.000
Total Insumos	120.000	130.000	200.000	146.500	596.500
Viajes	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Total
congreso nacional	3.000	3.000	3.000	3.000	12.000
congreso internacional	13.000	14.000	14.000	15.000	56.000
Reuniones	4.000	4.000	4.000	4.000	16.000
Colegas inter		16.000		16.000	32.000
Total Viajes	20.000	37.000		38.000	95.000
Publicaciones	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Total
congreso nacional	1.500	2.000	2.000	2.000	7.500
congreso internacional	3.000	3.000	3.000	3.000	12.000

papers	5.000	5.000	5.000	5.000	20.000
Total Publicaciones	9.500	10.000	10.000	10.000	39.500
Servicio a terceros	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Total
Importación de Equipos	10.000	10.000	10.000	10.000	40.000
Total serv. terceros	10.000	10.000	10.000	10.000	40.000
Contraparte Salarios	Año1	Año 2	Año3	Año4	Total
Investigador	80.600	80.600	80.600	80.600	322.400
Investigador	80.600	80.600	80.600	80.600	322.400
Investigador	80.600	80.600	80.600	80.600	322.400
Personal Técnico	57.600	57.600	57.600	57.600	230.400
Personal Técnico	38.400	38.400	38.400	57.600	172.800
Beca Doctoral /Post Doctoral	38.400	38.400	38.400	38.400	153.600
Beca Doctoral /Post Doctoral	38.400	38.400	38.400	38.400	153.600
Total	414.600	414.600	414.600	414.600	1.658.400

1.7. Cronograma de Actividades del Proyecto

Actividades previas (2 años)

Tabla: 7.2: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PREVIAS				
Actividad / Semestre	1	2	3	4
Acuerdos previos institucionales (6 meses)	x			
Desarrollo de la propuesta de proyecto definitivo (3 meses)		x		
Búsqueda de Financiamento y presentación a concursos públicos (12 meses)			x	X
Obtención de los recursos (final del segundo año)				X

Una vez financiado la etapa previa sigue el siguiente cronograma (4 años)

Tabla: 7.3: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES								
Actividad / Semestre	5	6	7	8	9	10	11	12
Diseño preliminar del instrumento (3 meses)	x							
Adquisición/importación y/ o desarrollo de los componentes críticos (8-10 meses)	x	x						
Desarrollo de la electrónica del front-end del radiómetro (Selección de los canales de detección) (6-8 meses)		x	x					
Desarrollo de la electrónica del back-end (espectrómetro y electrónica de control) (6-8 meses)			x	x				

Diseño y prueba de la estructura mecánica exterior (cobertura, soporte y motores de rotación, selección de materiales resistentes a la intemperie) (2 x 4 meses)			X		X			
Prueba de funcionamiento parciales (4 x 2 meses)			X		X		X	X

1.8. Coordinación del proyecto

Este proyecto prevé la participación de varios grupos de investigación, entre ellos la UTN-FR Buenos Aires, el CEILAP/CITEDEF, el SMN. De acuerdo a los convenios entre estas instituciones, se propone por ejemplo a la UTN.FRBA como unidad coordinadora ejecutora del proyecto. Esto es así ya que varios investigadores del CEILAP son docentes de la F. Regional Buenos Aires, lo cual facilita la interrelación entre estas instituciones. El proyecto estaría coordinado por Dr. S. Enrique Puliafito (UTN/CONICET) con experiencia en radiómetros (ver referencias) y los docentes e investigadores de UTN/CITEDEF dirigidos por el Dr. Elian Wolfram (con experiencia en la construcción de instrumentos Lidar y operando un radiómetro en Río Gallegos).

1.9. Barreras o desafíos en la ejecución del proyecto

Existen dos barreras a vencer: a) por un lado el presupuestario y temporal: construir y poner a punto un equipo propio es un proceso largo y más caro que simplemente llamar a licitación para la provisión de n unidades; b) por otra parte, la asociación de grupos de investigación para tal fin, puede tener algunas dificultades debido a la ocupación o interés del personal científico en otros proyectos. Esto también está asociado a la organización por proyectos de investigación de corta duración (2-3 años), que contempla resultados nuevos en corto plazo. El diseño de un instrumento propio que puede durar algo más que la vida de un proyecto, no empalma bien en el sistema de Ciencia y Técnica de alta competitividad.

Probablemente deberá buscarse alguna figura más apropiada para el desarrollo específicamente tecnológico, que no genera conocimientos de última generación, pero brindan una capacidad de ingeniería al país que lo potencian para realizar en una segunda generación nuevos instrumentos y nuevos conocimientos científicos.

1.10. Indicadores de avance y éxito del proyecto.

Dado de que se trata de la producción de un producto de alta tecnología (hardware y software), el principal indicadores de éxito es el funcionamiento mismo de un prototipo terminado. Este equipo debe proveer con incertidumbres equivalentes a sus competidores de mercado, en término de potencia de señal a ruido del receptor e incertidumbres acotadas de los perfiles en altura de las variables físicas, como la temperatura, vapor de agua, contenido de agua líquida y contenido total de vapor de agua. Para ello el instrumento deberá contar un software de control para uso remoto, que incluye posición, elevación, azimut y barrido en altura a propuesta del usuario.

Los resultados de la medición propiamente dicha (en unidades de potencia) deberán convertirse, a través de los algoritmos físicos adecuados en perfiles en altura, al menos un perfil cada 5 minutos. Otra variable clave de éxito es la estabilidad térmica del instrumento en corto y largo plazo, a fin de que sea capaz de detectar pequeños cambios de las señales en tiempos pequeños. Esto condiciona el tiempo de integración y es clave para su uso en cambio

climático. Finalmente el equipo desarrollado deberá someterse a pruebas de calibración interna y externa con radiosondeos y radares. La estabilidad y variabilidad puede contrastarse con otros equipos similares de mercado en campañas conjuntas.

1.11. Beneficios económicos, sociales y ambientales

Todo incremento en el monitoreo meteorológico y climático, ya sea temporal o espacial, trae un beneficio directo a la sociedad que se traduce en mejores pronósticos que ayudan tanto para la prevención de emergencias o catástrofes climáticas como para brindar información más precisa para la producción agrícola, entre otras muchas aplicaciones.

El desarrollo local de la tecnología de microondas entre 20 y 60 GHz impactaría positivamente sobre el sector científico e industrial de alta tecnología por el desarrollo de conocimientos aplicables a muchos sectores de alto rendimiento económico, entre ellos el de las comunicaciones y TICs.

1.12. Adaptación al cambio climático

La medición de vapor de agua y temperatura en la atmósfera es una de las variables climáticas esenciales definidas por las agencias internacionales (i.e. OMM, IPCC, otras) para detectar posibles cambios climáticos de largo plazo y realimentaciones entre los sistemas hidrometeorológicos.

Dada la alta incertidumbre que existe en la variación del vapor de agua en las nubes, la operación continua de estos instrumentos permitiría mejorar la información de los perfiles en altura de temperatura y humedad. Estos datos son claves para estimar los balances de radiación térmica y el contenido total de vapor en las nubes que luego se usan en los modelos de cambio climático. Una red de estos instrumentos colaborará a la *creación de sistemas operacionales que gestionen la adaptación*, como se menciona en el informe del IPCC arriba mencionado.

1.13. Conveniencias en la ejecución del proyecto

Una discusión importante subyacente de lo anterior se refiere a la construcción de tecnología local o comprar directamente el equipamiento necesario para dotar las estaciones con los equipos propuestos. Asumiendo que se resuelve aumentar y dotar a las estaciones de monitoreo seleccionadas anteriormente, existen dos opciones opuestas, en cuanto a provisión de equipamiento y algunas posiciones intermedias.

- 1) Se puede licitar todo el equipamiento a proveer. Esta alternativa tiene la *ventaja* que en el menor tiempo posible los equipos pueden estar operando y tomando datos, lo cual acelera el inicio de las series temporales. La otra ventaja es que son equipos probados y calibrados con su servicio de capacitación incluido. La *desventaja* principal es la dependencia de pocos proveedores externos, lo cual no generan trabajo calificado dentro del país, manteniendo o ampliando las barreras tecnológicas.
- 2) Se puede desarrollar tecnología en casi la mayoría de los instrumentos propuestos. La *ventaja* es que una parte importante del presupuesto se destina a salarios de personal del sector científico y técnico del país, superando barreras tecnológicas importantes. La *desventaja* principal es el tiempo de desarrollo, calibración y puesta a punto. El

costo también puede ser bastante superior al de compra directa. Sin embargo para una operación de 15 años, los costos son apenas superiores, lo cual se reduce a medida que se van construyendo más equipos.

- 3) Una alternativa intermedia, sería la de provisión de algunos instrumentos en forma inmediata y el desarrollo de tecnología en cooperación. Esto aceleraría los procesos de transferencia e instalación de los equipos.

1.14. Alcance y proyección de la propuesta

En una primera etapa se prevé la construcción de dos unidades de prueba, para extender a la provisión de 10 unidades al SMN en un plazo de 5 años posteriores a la finalización del proyecto inicial. Este instrumento también puede tener otros potenciales clientes nacionales como los Aeropuertos e institutos de investigación atmosférica. De obtenerse valores de mercados adecuados podría competir con la provisión de este equipamiento a otros Servicios Meteorológicos de América Latina.

1.15. Vinculación con otros proyectos

La construcción de estos equipos no se vinculan directamente con otros proyectos existentes actualmente, sin embargo, como se menciona más arriba, en forma indirecta, a través de las instituciones proponentes, están vinculados a la construcción de equipamiento científico como es la UTN, el CITEDEF y la participación en instrumentos satelitales.

CAMMESA: Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima.
<http://portalweb.cammesa.com>

CDIAC: Carbon Dioxide Information Analysis Center. <http://cdiac.ornl.gov/>

CEOS: Committee on Earth Observation Satellites. <http://www.ceos.org>.

CMDE: Centro Mundial de Datos de Escorrentía de la OMM (GRDC en inglés)
<http://grdc.bafg.de>

COHIFE: Consejo Hídrico Federal. www.cohife.org.ar

CONICET: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. www.conicet.gov.ar/

DAC: Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas de la provincia de Mendoza, Argentina. www.contingencias.mendoza.gov.ar/pronost.php

DGI: Departamento General de Irrigación, provincia de Mendoza, Argentina.
www.irrigacion.gov.ar

DNVN: Dirección Nacional de Vías Navegables. http://www.sspvvn.gov.ar/acciones_dnv.html

EOS: Earth Observation System. <http://eosps.gsfc.nasa.gov/>

ESA: European Space Agency. www.esa.int/

EUMESAT: European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites.
www.eumetsat.int/

GAW: Global Atmosphere Watch (o VAG en castellano). www.wmo.int/gaw/

GCM: General/Global Circulation Models

GCOS: Global Climate Observing System (o SMOC en castellano). www.wmo.int/gcos/

GEAA: Grupo de Estudios de la Atmósfera y el Ambiente. www.frm.utn.edu.ar/geaa

GEI: Gases de efecto invernadero (O GHG: Greenhouse gases en inglés)

GEWEX: Global Energy and Water Cycle Experiment. <http://www.gewex.org/>

GOOS: Global Ocean Observing System www.ioc-goos.org/

GOS: Global Observing System. www.wmo.int/web/www/OSY/GOS.html

GTOS: Global Terrestrial Observing System. www.gosic.org/ios/about-GTOS-observing-system.htm

HOMS: Sistema de Hidrología Operativa para Fines Múltiples de la OMM. www.wmo.int > Programmes > HWRP > HOMS

IGBP: International Geosphere-Biosphere Programme. www.igbp.kva.se/

INA: Instituto Nacional del Agua. www.ina.gov.ar/

INFOHYDRO: Servicio de información hidrológica de la OMM.
www.wmo.int/pages/summary/progs_struct_es.html

INTA: Instituto de Tecnología Agropecuaria. <http://www.inta.gov.ar>

IPCC: International Panel for Climate Change. www.ipcc.org

JAXA: Japan Aerospace Exploration Agency (Japón). www.jaxa.jp/index_e.html

NASA: National Aeronautics and Space Administration (EE.UU.). www.nasa.gov/

NCAR: National Center for Atmospheric Research (EE.UU.) [www.ncar.ucar.edu /](http://www.ncar.ucar.edu/)

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration (EE.UU.). www.noaa.gov/

OMM: Organización Meteorológica Mundial (o WMO en inglés)
www.wmo.int/pages/index_es.html

PHRH: Programa de Hidrología y Recursos Hídricos de la OMM. www.wmo.int > Programmes > HWRP

SHN: Servicio de Hidrografía Naval. www.hidro.gov.ar/

SINARAME: Sistema Nacional de Radares Meteorológicos

SINDAREH: Sistema Integrado de Datos de Redes Hidrometeorológicas

SMN: Servicio Meteorológico Nacional. www.smn.gov.ar/

SMOC: Sistema Mundial de Observación del Clima (o GCOS en inglés) www.wmo.int/gcos/
SSRH: Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. www.hidricosargentina.gov.ar/
UBA: Universidad de Buenos Aires. www.uba.ar/
UTN: Universidad Tecnológica Nacional. www.utn.edu.ar
VAG: Vigilancia Atmosférica Global (O GAW en inglés). www.wmo.int/gaw/
VCE: Variables Climáticas Esenciales
WCRP: World Climate Research Programme. www.wcrp-climate.org/
WDCGG: World Data Centre for Greenhouse Gases <http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/>;
WRF: Weather Research and Forecasting Model. www.wrf-model.org/

Modelos Globales:

- Abe-Ouchi.A. *et al.*. 1996 *Outline of coupled atmosphere and ocean model and experiment*. Internal report. Centre for Climate System Research. University of Tokyo. Japan.
- Bacher.A., Oberhuber.J.M. and Roeckner.E. 1998 ENSO dynamics and seasonal cycle in the tropical Pacific as simulated by the ECHAM4/OPYC3 coupled general circulation model *Climate Dynamics*. 14. 431-450.
- d'Almeida.G.A. *et al.* eds.. 1991 *Atmospheric Aerosols: Global Climatology and Radiative Characteristics*. A.Deepak Publishing. 561pp.
- Emori. S., Nozawa T., Abe-Ouchi A., Numaguti A., Kimoto M., and Nakajima T. 1999 Coupled ocean-atmosphere model experiments of future climate change with an explicit representation of sulfate aerosol scattering. *J.Meteor. Soc. Japan*. (submitted).
- Langner.J. and Rodhe.H. 1991 A global three dimensional model of the tropospheric sulfur cycle. *J.Atmos. Chem.*. 13. 225-263.
- Madec. G., and M. Imbard (1996). A global ocean mesh to overcome the north pole singularity. *Climate Dynamics*. vol 12. p381-388.
- Mitchell.J.F.B. and Johns.T.C. 1997 On modification of global warming by sulphate aerosols. *J.Climate*. 10. 245-267.
- Nakajima.T. and Tanaka.M. 1986 Matrix formulation for the transfer of solar radiation in a plane-parallel scattering atmosphere. *J.Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*. 35. 13-21.
- Oberhuber.J.M. 1993 Simulation of the Atlantic circulation with a coupled sea-ice mixed layer-isopycnal general circulation model. Part I: model description *J. Phys. Oceanogr.*. 13. 808-829.
- Oberhuber.J.M., Roeckner.E., Christoph.M., Esch.M. and Latif.M. 1998 Predicting the '97 El Niño event with a global climate model *Geophys. Res. Letts.*. 25. 2273-2276.
- Roeckner.E., Arpe.K., Bengtsson.L., Brinkop.S., Dümenil.L., Esch.M., Kirk.E., Lunkeit.F., Ponater.M., Rockel.B., Suasen.R., Schlese.U., Schubert.S. and Windelband.M. 1992 *Simulation of the present-day climate with the ECHAM4 model: impact of model physics and resolution* Max-Planck Institute for Meteorology. Report No.93. Hamburg. Germany. 171pp.
- Roeckner.E., Arpe.K., Bengtsson.L., Christoph.M., Claussen.M., Dümenil.L., Esch.M., Giorgetta.M., Schlese.U. and Schulzweida.U. 1996 *The atmospheric general circulation model ECHAM-4: model description and simulation of present-day climate* Max-Planck Institute for Meteorology. Report No.218. Hamburg. Germany. 90pp.
- Zhang.X-H. Oberhuber.J.M., Bacher.A. and Roeckner.E. 1998 Interpretation of interbasin exchange in an isopycnal ocean *Climate Dynamics*. 14. 725-740.

Redes

- Celis. A. y Forni. P. (2008): De las estaciones meteorológicas. los satélites y las boyas oceánicas a la actividad agropecuaria: la red de generación y diseminación de información climática para la región pampeana (Argentina). *Redes*. vol. 14. (28); 19-46. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=90717083001>
- SSRH. 1998: La Información Hídrica en la República Argentina. Estado de Situación.
- SSRH. 1998: Red Básica Nacional de Información Hídrica- Prediseño Hidrológico.

Atmósfera y siembra de nubes

- ASCE 39-03. 2003: Standard Practice for the Design and Operation of Hail Suppression Projects. American Society of Civil Engineers. VA.
- Arnett. D. S.. 1980: Weather Modification by Cloud Seeding. Academic Press Inc.. NY.
- Bates. D. L.. and A. Ruiz. 2002: Weather Modification Scientific Management in Texas: The extensive and intensive uses of TITAN. *Journal of Weather Modification*: Vol. 34. pp. 104-110.
- Borys. R. D.. D. H. Lowenthal. S. A. Cohn. and W. O. J. Brown. 2003: Mountain and radar measurements of anthropogenic aerosol effects on snow growth and snowfall rate. *Geophys. Res. Lett.*. 30. 1538. doi:10.1029/2002GL016855.
- Brintjes. T. R..1999: A review of cloud seeding experiments to enhance precipitation and some new prospects. *Bulletin of the American Meteorological Society*: Vol. 80. No. 5. pp. 805-820.
- Cooper. A. C.. R. T. Brintjes. and G. K. Mather. 1997: Calculation Pertaining to Hygroscopic Seeding with Flares. *Journal of Applied Meteorology*: Vol. 36. No. 3. pp. 1449-1469.
- Cotton. W. R.. and R. A. Pielke. 1995: *Human Impacts on Weather and Climate*. Cambridge University Press. 288 pp.
- Givati. A.. and D. Rosenfeld. 2004: Quantifying Precipitation Suppression Due to Air Pollution. *Journal of Applied Meteorology*: Vol. 43. No. 7. pp.1038-1056.
- Hobbs. P. V.. 2001: Comments and Replies on "A Critical Assessment of Glaciogenic Seeding of Convective Clouds for Rainfall Enhancement". *Bulletin of the American Meteorological Society*: Vol. 82. No. 12. pp. 2845-2846.
- Khain A. P.. D. Rosenfeld and A. Pokrovsky. 2001: Simulation of deep convective clouds with sustained supercooled liquid water down to -37.5 C using a spectral microphysics model. *Geophysical Research Letters*. 3887-3890.
- List. R.. 2004: *Weather Modification: A Scenario for the Future*. *Bulletin of the American Meteorological Society*: Vol. 85. No. 1. pp. 51-63.
- Mather. G. K.. D. E. Terblanche. F. E. Steffens. and L. Fletcher. 1997: Results of the South African cloud-seeding experiments using hygroscopic flares. *Journal of Applied Meteorology*: Vol. 36. No. 11. pp. 1433-1447.
- National Academy of Science (NAS). 2003: *Critical Issues in Weather Modification Research*. Internet link: www.nap.edu
- Okabe. I.T.. 1995: *The North American monsoon*. Ph.D. dissertation. University of British Columbia. 146 pp.
- Rosenfeld. D. and W.L. Woodley. 1993: Effects of cloud seeding in west Texas: Additional results and new insights. *J. Appl. Meteor.*. 32. 1848-1866.
- Rosenfeld. D. and W.L. Woodley. 1997: Cloud microphysical observations of relevance to the Texas cold-cloud conceptual seeding model. *J. Wea. Mod.*. 29. 56-69.
- Rosenfeld D. and I. M. Lensky. 1998: Spaceborne sensed insights into precipitation formation processes in continental and maritime clouds. *The Bulletin of American Meteorological Society*. 79. 2457-2476.
- Rosenfeld. D.. 1999: TRMM observed first direct evidence of smoke from forest fires inhibiting rainfall. *Geophys. Res. Lett.*. 26. 3105-3108.
- Rosenfeld. D.. 2000: Suppression of rain and snow by urban air pollution. *Science*. 287. 1793-1796.
- Rosenfeld. D.. 2001: Satellite observations of the detrimental impact of smoke dust and air pollution on precipitation. Institute of Earth Sciences. The Hebrew University of Jerusalem.
- Rosenfeld. D.. R. Lahav. A. Khain. and M. Pinsky. 2001: The role of sea-spray in cleansing air pollution over ocean via cloud processes. Institute of Earth Sciences. The Hebrew University of Jerusalem.
- Ruiz. A.. M. Mettermaier and D. Bates. 2002: Modeling TITAN control clouds. *J. Wea. Mod.*. 34. 100-103.

- Silverman. B. A.. 2001: A Critical Assessment of Glaciogenic Seeding of Convective Clouds for Rainfall Enhancement. Bulletin of the American Meteorological Society: Vol. 82. No. 5. pp. 903-923.
- Silverman. B. A.. 2001: Reply (to Comments and Replies on "A Critical Assessment of Glaciogenic Seeding of Convective Clouds for Rainfall Enhancement"). Bulletin of the American Meteorological Society: Vol. 82. No. 12. pp. 2847-2848.
- Silverman. B. A.. 2003: A Critical Assessment of Hygroscopic Seeding of Convective Clouds for Rainfall Enhancement. Bulletin of the American Meteorological Society: Vol. 84. No. 9. pp. 1219-1230.
- Strautins. A., T. Flanagan, and W. L. Woodley. 1999: Coalescence Activity in Texas Clouds: The Index of Coalescence Activity and First-echo Tops. Journal of Weather Modification: Vol. 31. pp. 42-50.
- Texas Water Development Board (TWDB). 2002: Water for Texas – 2002: Llano Estacado Regional Water Plan. HDR Engineering, Inc.: pp. ES-20
- Woodley. W. L.. 2003: Assessment of the Effect of Cloud Seeding in the Operational Seeding Projects of Texas During the Summer of 2002. Final Report on TDA Contract WM-02-014.
- Woodley. W.L.. 2005: 2005 Final Report. The Southern Plains Experiment in cloud seeding of thunderstorms for rainfall augmentation. Phase II. Evaluation of hygroscopic salt-powder seeding in Texas. Submitted by Woodley Weather Consultants to the Texas Department of Licensing and Regulation. December 28. 157 pp.
- Woodley. W.L., R. Driori, D. Rosenfeld, S. Orr, and G. Bomar. 2001: Results of monthly and seasonal gauge vs. radar rainfall comparisons in the Texas Panhandle. J. Wea. Rev. 33. 46-60.
- Woodley. W.L., D. Rosenfeld, and B.A. Silverman. 2003a: Results of on-top glaciogenic cloud seeding in Thailand: Part I. The demonstration experiment. J. Appl. Meteor., 41. 920-938.
- Woodley. W.L., D. Rosenfeld, and B.A. Silverman. 2003b: Results of on-top glaciogenic cloud seeding in Thailand: Part II. Exploratory analyses. J. Appl. Meteor., 41. 939-951.
- Woodley. W.L. and D. Rosenfeld. 2004: The development and testing of a new method to evaluate the operational cloud seeding programs in Texas. J. of Applied Meteor., 42. 249-263.
- World Meteorological Organization (WMO). 2007: WMO Statement on the status of weather modification.
- Yin. Y., Z. Levin, T. Reisin, and S. Tzivion. 2000a: The effects of giant cloud condensational nuclei on the development of precipitation in convective clouds: A numerical study. Atmos. Res., 53. 91-116.
- Yin. Y., Z. Levin, T. G. Reisin, and S. Tzivion. 2000b: Seeding convective clouds with hygroscopic flares. Numerical simulations using a cloud model with detailed microphysics. J. Appl. Meteor. 39. 1460-1472
- WMO Guide To Meteorological Instruments And Methods Of Observation. WMO-No. 8 (Draft Seventh edition. 2006)

Radars Meteorológicos Doppler Doble Polarización

- Brandes. E. A., G. Zhang, and J. Vivekanandan 2003: An evaluation of drop distribution-based polarimetric radar rainfall estimator. J. Appl. Meteor., 42 (5): 652-660.
- Doviak. R.J. and D.S. Zrnic. 1993: Doppler Radar and Weather Observations. Academic Press. 562 pp.
- Rinehart. Ronald E.: Radar for Meteorologist. Fourth Edition. Rinehart Publishing
- Straka. J. M., D. S. Zrnic, and A. V. Ryzhkov. 2000: Bulk Hydrometeor Classification and Quantification Using Polarimetric Radar Data: Synthesis of Relations. J. of Appl. Meteor., Vol. 39. No. 8. pp. 1341-1372.

- Vivekanandan. J., D. S. Zrníc. S. M. Ellis. R. Oye. A. V. Ryzhkov and J. Straka. 1999: Cloud microphysics retrieval using S-band dual-polarization radar measurements. Bull. Amer. Meteor. Soc., 80. 381-388.
- Skolnik. M. (ed.). 1970: Radar Handbook. McGraw-Hill. New York.
- Vivekanandan. J., G. Zhang and E. Brandes. 2004: Polarimetric radar estimators based on a constrained gamma drop size distribution model. J. Appl. Meteorol., 43(2). 217-230.
- Zhang. G., J. Vivekanandan. and E. Brandes. 2001: A method for estimating rain rate and drop size distribution from polarimetric radar measurements. IEEE Trans. on Geoscience and remote Sensing. 39. 830-841.

Radiómetro de Microondas – MW Radiometer

- Barrere. C., M. Eilts. J. Johnson. R. Fritchie. P. Spencer. B. Shaw. Y. Li. W. Ladwig. R. Schudalia and D. Mitchell. 2008: An Aviation Weather Decision Support System (AWDSS) for the Dubai International Airport. 13th Conf. Aviation. Range. and Aerospace Met., AMS.
- Bevilacqua. Richard.; Kriebel D.L.; Pauls T.A.; Aellig C.P.; Siskind D.E.; Daehler M.; Olivero J.J.; Puliafito S.E.; Hartmann G.K.; Kämpfer N. and Berg A.: MAS Measurements of the Latitudinal Distribution of Water Vapor and Ozone in the Mesosphere and Lower Thermosphere. Geophys. Res. Lett. 23. no 17. Paper 96GL011119. 2317-2320. 1996.
- Bürki. Beat. G. Kahle; Puliafito E.; Geiger A.; Cocard M.; Eckert V.: "Entwicklung von Mikrowellen- Wasserdampf - Radioemetern. Für geodätische Satellitenmessungen mit GPS.". Institut für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP). Swiss Federal Institute of Technology. Zurich. Suiza. ETH-Forschungsprojekt Reg. Nr. 08132/41 - 0820.5. 1991.
- Chan. P.W., and C.M. Tam. Performance and Application of a Multi-wavelength. ground-based Microwave Radiometer in Rain Nowcasting. 9th IOAS-AOLS. AMS. 2005
- Chan. P.W., Monitoring and Observation of Föhn Wind in Hong Kong Using a Multi-Channel. Ground-Based Microwave Radiometer. 28th Int. Conf. Alpine Meteor. (ICAM) & Ann. Sci. Meet. Mesoscale Alpine Prog. (MAP). 2005.
- Croskey C.L.; Martone J.P.; Olivero J.J.; Puliafito E.: "A Latitudinal survey of Mesospheric and Upper Stratospheric Water Vapor". in Advance in Space Research (COSPAR). 14 (9) 181- (9) 194. 1994.
- Croskey. Charles.; Kämpfer N.; Bevilacqua R.M.; Hartmann G.K.; Künzi K.F.; Schwartz P.R.; Olivero J.J.; Puliafito S.E.; Aellig C.P.; Umlauf G.; Waltmann W.B. and Degenhard W.:" The Millimeter-Wave Atmospheric Sounder (MAS): A Shuttle based remote sensing experiment. IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques. Vol 40. pp. 1090-1100. 1992.
- Gueldner. J., and D. Spaenkuch. 2001: Remote sensing of the thermodynamic state of the atmospheric boundary layer by ground-based microwave radiometry. JAOT.
- Hartmann. Gerd.; Bevilacqua R.M.; Schwartz P.R.; Kämpfer N.; Künzi K.F.; Aellig C.P.; Berg A.; Boogaerts W.; Connor B.J.; Croskey C.L.; Daehler M.; Degenhardt W.; Dicken H.D.; Goldizen D.; Kriebel D.; Langen J.; Loidl A.; Olivero J.J.; Pauls T.A.; Puliafito S.E.; Richards M.L.; Rudin C.; Tsou J.J.; Waltmann W.B.; Umlauf G. and Zwick R.: Measurements of O3 H2O and ClO in the Middle Atmosphere using the Millimeter-Wave Atmospheric Sounder (MAS). Geophys. Res. Lett. 23. no 17. Paper 96GL01475. 2313-2316. 1996.
- Hewison. T., 2006: 1D-VAR Retrieval of Temperature and Humidity Profiles from Ground-based Microwave Radiometers. IEEE TGARS.
- Knupp. K., Ware. R., D. Cimini. F. Vandenberghe. J. Vivekanandan. and E. Westwater. 2008: Ground-Based Radiometric Profiling during Dynamic Weather Conditions. JAOT (in preparation).

- Loidl. Alfred.; Puliafito. E.; Puliafito. C.; Gantuz. M.: "Ground-based radiometric observations of short period atmospheric waves". MPAE-W-70-91-22. Rep. Federal de Alemania. 1991.
- Puliafito C; Puliafito. S.E: "Intercomparison of ground-based microwave remote sensing measurements of stratospheric ozone over the Mendoza region. Argentina with Haloe data". Remote sensing of the environment. (94) 61-82; 2005.
- Puliafito Carlos; Puliafito. S.E.; Hartmann. G.K.: "Observations of Large Ozone Variations over Mendoza. Argentina". Atmospheric Physics and Chemistry Discussions. 2. 507-523. Mayo 2002.
- Puliafito. Carlos. Puliafito. Enrique: "Tendencia del ozono estratosférico sobre la región de Mendoza. 1978-2002". Proambiente Año 4. N°4. 2004. PRODEA – Universidad de San Juan. ISSN 1515-5943. pag 31-38.
- Puliafito. Carlos; E. Puliafito. G. Hartmann. J. Quero: "Determination of Stratospheric Ozone Profiles and Water Vapor Content by means of Microwave Radiometry Spectroscopy". Anales del VIII Simposio Brasileiro de Microondas e Óptica. pp 274-278. SBMO 98. Joinville. Brasil. Julio de 1998
- Puliafito. Enrique. Bevilacqua R.; Olivero J.; Degenhardt W.: "Retrieval Error Comparison for several inversion Techniques used in Limb-scanning mm-wave spectroscopy. Journal of Geophysical Research. Vol. 100. D7. p. 14.257 -1.267. July 20. 1995.
- Puliafito. Enrique. Hartmann G.: "Mesospheric water vapor measurements using microwave spectroscopy at 183 GHz and 23.8/31.5 GHz". Max-Planck-Institut für Aeronomie (R.F.A). MPAE-W-66-91-02. 1991.
- Puliafito. Enrique. Loidl. A.; Puliafito. C.; Gantuz. M.: "Tropospheric water vapor measurements using microwave radiometry. Comparison between radiometers at 23.8/31 and 92 GHz". MPAEW- 66-91-08. Rep. Federal de Alemania. 1991.
- Puliafito. Enrique: "Instrument report of two dual-frequency transportable microwave radiometers." Institut für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP). Swiss Federal Institute of Technology. Zurich. Suiza. 1990.
- Shaw. B.. P. Spencer. R. Carpenter. and C. Barrere. 2008: Implementation of the WRF Model for the Dubai International Airport Aviation Weather Decision Support System. 13th Conf. Aviation. Range. and Aerospace Met.. AMS.

Perfilador de Viento por Radar - Radar Wind Profiler

- Adachi. A.. T. Kobayashi. K.S. Gage. D.A. Carter. L.M. Hartten. W.L. Clark. and M. Fukuda. 2005: Evaluation of threebeam and four-beam profiler wind measurement techniques using a five-beam wind profiler and collocated meteorological tower. J. Atmos. Oceanic Tech.. 22. 1167-1180.
- Chen. F.. Dudhia. J.. 2001. Coupling an advanced land surface-hydrology model with the Penn state-NCAR MM5 modelling system. Part 1: model implementation and sensitivity. Monthly Weather Review. 129. 569–585.
- Derr. V. E. 1972: Remote Sensing of the Troposphere. National Oceanic and Atmospheric Administration. WPL Boulder. Colorado.
- Dibbern, J., Engelbart, D., Goersdorf, U., Latham, N, Lehmann, V., Nash, J., Oakley, T., Richner, H., Steinhagen, H., 2003. Operational aspects of wind profiler radars. Instruments and observing methods, Report No. 79, WMO/TD No. 1196.
- Gaffard. G. and T. Hewison. 2003: Radiometrics MP3000 microwave radiometer trial report. Technical Report –TR26. MetOffice. Workingham. Berkshire. UK. pp. 27.

- Gaynor, J. E., et al., 1990: The International Sodar Intercomparison Experiment. Acoustic Remote Sensing. Mc Graw Hill. New York.
- Gossard, E. E. and Strauch, R. G., 1983: Radar Observations of Clear Air and Clouds. Elsevier. Amsterdam.
- Güldner, J., and D. Spänkuch, 2001: Remote sensing of the thermodynamic state of the atmospheric boundary layer by ground-based microwave radiometry. *J. Atmos. Ocean. Tech.* 18. 925-933.
- Hogg, D. C., et al., 1983: An automatic profiler of temperature, wind and humidity in the troposphere. *Journal of Climate and Applied Meteorology*. Volume 22. pp. 807–831.
- Kadygrov, E. N., and Pick, D. R., 1998: The potential for temperature retrieval from an angular-scanning single-channel microwave radiometer and some comparison with in situ observations. *Meteorological Applications*. Volume 5. pp. 393-404.
- Kadygrov, E. N., et al., 2003: Investigation of atmospheric boundary layer temperature, turbulence, and wind parameters on the basis of passive microwave remote sensing. *Radio Science*. Volume 38. No. 3. pp. 13.1-13.12.
- Lataitis, R. J., 1993: Theory and Application of a Radio-acoustic Sounding System (RASS). NOAA Technical Memorandum ERL WPL-230.
- Liljegren, J., S. Boukabara, K. Cady-Pereira, and S. Clough, The Effect of the Half-Width of the 22-GHz Water Vapor Line on Retrievals of Temperature and Water Vapor Profiles with a Twelve-Channel Microwave Radiometer. *IEEE Trans. Geosci. Rem. Sens.*, 2004.
- Martner, B. E., et al., 1993: An evaluation of wind profiler, RASS and microwave radiometer performance. *Bulletin of the American Meteorological Society*. Volume 74. Number 4. pp. 599-613.
- May, P. T., et al., 1990: Temperature sounding by RASS with wind profiler radars: A preliminary study. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. Volume 28. pp. 19–28.
- Neff, W. D. and Coulter, R. L., 1986: Acoustic remote sounding. In: Lenschow, D. H. (ed.). *Probing the Atmospheric Boundary Layer*. American Meteorological Society. pp. 201–236.
- Panofsky, H. A., 1973: Tower micrometeorology. In: Haugen, D. A. (ed.). *Workshop on Micrometeorology*. Chapter 4. American Meteorological Society.
- Second International Symposium on Tropospheric Profiling, 1994: *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. February 1994. Volume 11. Number 1.
- Singal, S. P., 1990: Current status of air quality related boundary layer meteorological studies using sodar. *Acoustic Remote Sensing*. Mc Graw Hill. New York. pp. 453–476.
- Solheim, F., J. Godwin, E. Westwater, Y. Han, S. Keihm, K. Marsh, R. Ware, 1998: Radiometric Profiling of Temperature, Water Vapor, and Liquid Water using Various Inversion Methods. *Rad. Sci.* 33. 393-404.
- Strauch, R. G., et al., 1990: Preliminary evaluation of the first NOAA demonstration network wind profiler. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. Volume 7. pp. 909–918.
- Syed Ismael, et al., 1994: Recent Lidar technology developments and their influence on measurements of tropospheric water vapor. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. Volume 11. Number 1. pp. 76–84.
- Thomas, L., 1991: Lidar probing of the atmosphere. *Indian Journal of Radio and Space Physics*. Volume 20. pp. 368–380.
- Thompson, N., 1980: Tethered balloons. In: *Air-sea Interaction Instruments and Methods*. Chapter 31. Plenum Press. New York.
- Ware, R., R. Carpenter, J. Güldner, J. Liljegren, T. Nehrkorn, F. Solheim, and F. Vandenberghe, 2003: A multichannel radiometric profiler of temperature, humidity and cloud liquid. *Rad. Sci.* 38. 8079-8032.

- Weber. B. L. and Wuertz. D. B.. 1990: Comparison of rawinsonde and wind profiler radar measurements. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. Volume 7. pp. 157–174.
- Westwater. E. R., et al.. 1990: Ground-based radiometric observations of atmospheric emission and attenuation at 20.6, 31.65, and 90.0 GHz: A comparison of measurements and theory. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. Volume 38. pp. 1 569–1 580.
- Westwater. E., S. Crewell. C. Mätzler. and D. Cimini. 2005: Principles of Surface-based Microwave and Millimeter wave Radiometric Remote Sensing of the Troposphere. *Quaderni Dell Societa Italiana di Elettromagnetismo*. Vol. 1. No. 3.
- World Meteorological Organization. 1980: Lower Tropospheric Data Compatibility: Low-level Intercomparison Experiment (Boulder 1979). *Instruments and Observing Methods Report No. 3*. Geneva.
- World Meteorological Organization. 1982: Indirect Sensing: Meteorological Observations by Laser Indirect Sensing Techniques (A. O. Van Gysegem). *Instruments and Observing Methods Report No. 12*. Geneva.
- World Meteorological Organization. 1994: Comparison of windprofiler and rawinsonde measurements (J. Neisser. et al.).
- Papers Presented at the WMO Technical Conference on Instruments and Methods of Observation (TECO-94). *Instruments and Observing Methods Report No. 57*. WMO/TD-No. 588. Geneva.
- World Meteorological Organization. 2006: Operational Aspects of Different Ground-Based Remote Sensing Observing Techniques for Vertical Profiling of Temperature, Wind, Humidity and Cloud Structure. (E.N. Kadygrov) *IOM Report No. 89*. WMO/TD No. 1309.

Modelos meteorológicos

- Arakawa. A., and V. R. Lamb. 1977: Computational design of the basic dynamical processes of the UCLA general circulation model. *Methods Comput. Phys.*, 17, 173-265.
- Betts. A. K., and M. J. Miller. 1986: A new convective adjustment scheme. Part II: Single column test using GATE wave, BOMEX, an arctic air-masses data sets. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 112, 1306-1335.
- Fels. S., and M. D. Schwarzkopf. 1975: The simplified exchange approximation: A new method for radiative transfer calculations. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 32, 1475-1488.
- Janjic . Zavisla I.. 1984: Nonlinear advection schemes and energy cascade on semi-staggered grids. *Monthly Weather Review*, 6, 1234-1245
- _____. 1990: The step-mountain coordinate: Physical package. *Monthly Weather Review*, 7, 1429-1443.
- _____. 1994: The step-mountain Eta coordinate model: Further developments of the convection, viscous sublayer, and turbulence closure schemes. *Monthly Weather Review*, 5, 927-945.
- Lacis. A., and James Hansen. 1974: A parameterization for the absorption of solar radiation in the earth's atmosphere. *Journal of the Atmospheric Sciences*: Vol. 31. No. 1, 118-133.
- Mellor. G. L., and Tetsuji Yamada. 1974: A hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 7, 1791-1806.
- _____. and Tetsuji Yamada. 1982: Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems. *Rev. Geophys. Space Phys.*, 20, 851-875.
- Mesinger. Fedor. 1984: A blocking technique for representations of mountains in atmospheric models. *RI. Meteor. Aeronaut.*, 44, 195-202.
- _____. and Z. I. Janji . 1990: Numerical methods for the primitive equations. *Ten years of Medium-Range Weather Forecasting*. Reading, United Kingdom. ECMWF, 205-251.
- Rogers E., Black T., Ferrier B., Lin Y., Parrish D. y Geoffrey DiMego: Changes to the NCEP Meso

Eta Analysis and Forecast System: Increase in resolution. new cloud microphysics. modified precipitation assimilation. modified 3DVAR analysis.
<http://www.emc.ncep.noaa.gov/mmb/mmbpll/eta12tpb/>

- Smagorinsky, J., 1993: Some historical remarks on the use of nonlinear viscosities. Large Eddy Simulations of Complex Engineering and Geophysical Flows. B. Galperin and S. Orszag. Eds. Cambridge University Press. 1-34.

- Allende, D. G. (2011) Sistema de Modelado Ambiental Multimodo y Multiescala. Tesis Doctoral. p.131. U. N. de Cuyo. Marzo. 2011.
- Allende, D. G., 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. 13. pp.87-94.
- Allende, D. G., Castro, F. H., Puliafito, E. (2010) Air Pollution Characterization and Modeling of an Industrial Intermediate City. International Journal of Applied Environmental Sciences. 5(2). pp.275-296.
- Allende, D.G., Cremades, P., Puliafito, E., Fernandez, R.P., Perez Gunella, F. (2010) 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. pp.127-134.
- Alvarez, O.G., Carranza, H., Casanova, J., Casares, C. (2004) Diseño de Gasoductos para Abastecimiento de Centrales Eléctricas in 4° LACGEC Latin American and Caribbean Gas & Electricity Congress. Río de Janeiro. Brasil.
- CAMMESA (2010) Informe anual 2010.
- CTE (2003) Inventario de gases contaminantes y CO2 generado por fuentes móviles para la ciudad de Bahía Blanca. Bahía Blanca.
- Castro, F., Allende, D.G., Puliafito, E. (2009) Influencia de la resolución de grilla en el modelado de emisiones vehiculares. Mecánica Computacional- Asociación Argentina de Mecánica Computacional. XXVIII. pp.2393-2411.
- Civit, B.M., Arena, A.P., Allende, D.G., Puliafito, Salvador E. (2008) Determinación de la deposición ácida en Bahía Blanca. provincia de Buenos Aires. Cálculo de los factores de acidificación para su aplicación en estudios de Análisis de Ciclo de Vida in Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería 2008 - EnIDI 2008. Mendoza. Argentina.
- Cruzate, G., Gomez, L., Pizarro, M.J., Mercury, P. & Banchemo, S. (2007) Mapas de suelos de la República Argentina.
- D.O.A.D.U. (2009) Dirección de Ordenamiento Ambiental y Desarrollo Urbano. En: <http://www.ambiente.mendoza.gov.ar/direcciones/doadu.php>
- D'angiola, A., Dawidowski, L.E., Gomez, D.R., Osses, M. (2010) On-road traffic emissions in a megacity. Atmospheric Environment. 44(4). pp.483-493.
- EMEP/EEA (2009) EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook — 2009. Technical guidance to prepare national emission inventories. Copenhagen.
- Emmons, L. K., Walters, S., Hess, P. G., Lamarque, J., Pfister, G. G., Fillmore, D., Granier, C. (2010) Model Development Description and evaluation of the Model for Ozone and Related chemical Tracers. version 4 (MOZART-4). System. 43-67.
- Fernandez, R.P., Cremades, P., Allende, D.G., Puliafito, E. (2010) Sensitivity analysis of the spatial and altitude distributions of pollutants using the Weather Research and Forecasting Model with Chemistry (WRF/Chem). Mecánica Computacional. XXIX. pp.8087-8108.
- Fowler, D. et al. (2009). Atmospheric composition change: Ecosystems-Atmosphere interactions. Atmospheric Environment. 43(33). pp.5193-5267.
- Grell, G.A., Peckham, S. E., Schmitz, R., Mckeen, S. A. Frost, G., Skamarock, W. C., & Eder, B. (2005) Fully coupled "online" chemistry within the WRF model. Atmospheric Environment. 39(37). 6957-6975.

- IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Hayama. Kanagawa JAPAN. En: <http://ipcc-nggip.iges.or.jp>.
- IPCC (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge. United Kingdom and New York. NY. USA.
- JICA (2002) Estudio o Línea de Base de Concentración de Gases Contaminantes en Atmósfera en el área de Dock Sud en Argentina. Buenos Aires.
- Michalakes. J., Dudhia. J., Gill. D., Henderson. T., Klemp. J., Skamarock. W., Wang. W. (2004) The Weather Research and Forecast Model: Software Architecture and Performance.
- Muller. N.Z. & Mendelsohn. R. (2007) Measuring the damages of air pollution in the United States. *Journal of Environmental Economics and Management*. 54(1). pp.1-14.
- Ntziachristos. L., Samaras. Z., Kouridis. C. (2000) COPERT III Computer programme to calculate emissions from road transport. Copenhagen.
- OAQPS 1977. Guideline for development of control strategies in areas with fugitive dust problems. EPA-405/2-77-029.
- OCCOVI (2007) Informe anual Autopistas del Sur. En: <http://www.occovi.gov.ar/prensa/estadistica.html>.
- Osses De Eicker. M., Zah. R., Trivino. R. & Hurni. H. (2008) Spatial accuracy of a simplified disaggregation method for traffic emissions applied in seven mid-sized Chilean cities. *Atmospheric Environment*. 42(7). pp.1491-1502.
- Perez Gunella. F., Puliafito. Salvador Enrique, Pirani. K. (2009) Calculo de las emisiones del transporte para la Ciudad de Buenos Aires usando un Sistema de Información Geográfico. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. 13. pp.57-64.
- Puliafito. E., Allende. D.G. (2007a) Calidad de aire en ciudades intermedias. *Revista Proyecciones- UTN-FRBA*. 2. pp.33-52.
- Puliafito. E., Allende. D.G. (2007b) Emission patterns of urban air pollution. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*. 42. pp.38-56.
- Puliafito. E., Castro. F., Allende. D.G. (2011a). Air quality impact of PM10 emission in urban centers. *International Journal of Environment and Pollution*. (en prensa).
- Puliafito. E., Allende. D., Fernandez. R., Castro. F. and Cremades. P., (2011b). New Approaches for Urban and Regional Air Pollution Modelling and Management. *Advanced Air Pollution*. Farhad Nejadkoorki (Ed.). ISBN: 978-953-307-511-2. InTech. Available from: <http://www.intechopen.com/articles/show/title/new-approaches-for-urban-and-regional-air-pollution-modelling-and-management>.
- Rodriguez. E., Morris. C. S., Belz. J. E., Chapin. E. C., Martin. J. M., Daffer. W., Hensley. S. (2005) An assessment of the SRTM topographic products. Technical Report JPL D-31639 (p. 143). Pasadena. California.
- Scire. J.S., Strimaitis. D.G., Yamartino. R.J. (2000) A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model.
- Tarela. P.A., Perone. E.A. (2002) Air Quality Modeling of the Buenos Aires Metropolitan Area. USA.
- Tuia. D., De Eicker. M. O., Zah. R., Osses. M., Zarate. E., Clappier. A. (2007) Evaluation of a simplified top-down model for the spatial assessment of hot traffic emissions in mid-sized cities. *Atmospheric Environment*. 41(17). 3658-3671.
- U.S. EPA (2005) National Emissions Inventory Data & Documentation. En: <http://www.epa.gov/ttn/chief/net/2005inventory.html>
- U.S. EPA (2010) AP 42. Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors. En: <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/>
- U.S. Geological Survey (USGS) (2010) The Global Land Cover Characterization (GLCC) Database.

Modelo Olas

- Etala P.. 2009: "*On the accuracy of atmospheric forcing for extra-tropical storm surge prediction*". Natural Hazards. DOI: 10.1007/s11069-009-9377-0.
- Etala P. 2009: "*Dynamic issues in the SE South America storm surge modeling*". Natural Hazards. DOI: 10.1007/s11069-009-9390-3.
- Framiñan M. B., M. P. Etala. E. M. Acha. R. A. Guerrero. C. A. Lasta y O. B. Brown. 1999. "Physical Characteristics and Processes of the Rio de la Plata Estuary". En *Estuaries of South America. their Geomorphology and Dynamics (Springer Ed.)*. Capítulo 8. 161 - 194.
- "Una investigación del papel de la tensión inducida por las olas en el acoplamiento de modelos atmosféricos y oceánicos". 2001. *Preprints IX Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología CLIMET IX y VIII Congreso Argentino de Meteorología CONGREMET VIII*. N° 165. 7 pgs.
- Etala P.; Modelo de Mareas y Onda de tormenta para el Mar Epicontinental Argentino
- Departamento Meteorología. Servicio de Meteorología de la Armada. Servicio de Hidrología Naval. <http://www.hidro.gob.ar/Smara/plataforma6.pdf>

Modelo WEAP

- CCG. (2009): Centro de Cambio Global-Universidad Católica de Chile. Stockholm Environment Institute. 2009. Guía Metodológica – Modelación Hidrológica y de Recursos Hídricos con el Modelo WEAP.
- Desarrollada con contribuciones del PACC (Proyecto de Adaptación al Cambio Climático a través de una efectiva gobernabilidad del agua en Ecuador). Ministerio del Ambiente de Ecuador. y PROMAS (Programa para el Manejo del Agua y del Suelo) de la Universidad de Cuenca. Ecuador.

Idea de proyecto

- Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu y J.P. Palutikof, Eds., 2008: El Cambio Climático y el Agua. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra, 224 págs., 2008, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático ISBN: 978-92-9169-323-8.
- Barrere. C., M. Eilts. J. Johnson. R. Fritchie. P. Spencer. B. Shaw. Y. Li. W. Ladwig. R. Schudalia and D. Mitchell. 2008: An Aviation Weather Decision Support System (AWDSS) for the Dubai International Airport. 13th Conf. Aviation. Range. and Aerospace Met., AMS.
- Bevilacqua. Richard.; Kriebel D.L.; Pauls T.A.; Aellig C.P.; Siskind D.E.; Daehler M.; Olivero J.J.; Puliafito S.E.; Hartmann G.K.; Kämpfer N. and Berg A.: MAS Measurements of the Latitudinal Distribution of Water Vapor and Ozone in the Mesosphere and Lower Thermosphere. Geophys. Res. Lett 23. no 17. Paper 96GL011119. 2317-2320. 1996.
- Bürki. Beat. G. Kahle; Puliafito E.; Geiger A.; Cocard M.; Eckert V.: "Entwicklung von Mikrowellen- Wasserdampf - Radioemetern. Für geodätische Satellitenmessungen mit GPS.". Institut für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP). Swiss Federal Institute of Technology. Zurich. Suiza. ETH-Forschungsprojekt Reg. Nr. 08132/41 - 0820.5. 1991.
- Chan. P.W.. and C.M. Tam. Performance and Application of a Multi-wavelength. ground-based Microwave Radiometer in Rain Nowcasting. 9th IOAS-AOLS. AMS. 2005

- Chan. P.W.. Monitoring and Observation of Föhn Wind in Hong Kong Using a Multi-Channel Ground-Based Microwave Radiometer. 28th Int. Conf. Alpine Meteor. (ICAM) & Ann. Sci. Meet. Mesoscale Alpine Prog. (MAP). 2005.
- Croskey C.L.; Martone J.P.; Olivero J.J.; Puliafito E.:"A Latitudinal survey of Mesospheric and Upper Stratospheric Water Vapor". in Advance in Space Research (COSPAR). 14 (9) 181- (9) 194. 1994.
- Croskey. Charles.; Kämpfer N.; Bevilacqua R.M.; Hartmann G.K.; Künzi K.F.; Schwartz P.R.; Olivero J.J.; Puliafito S.E.; Aellig C.P.; Umlauf G.; Waltmann W.B. and Degenhardt W.:" The Millimeter-Wave Atmospheric Sounder (MAS): A Shuttle based remote sensing experiment. IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques. Vol 40. pp. 1090-1100. 1992.
- Gueldner. J.. and D. Spaenkuch. 2001: Remote sensing of the thermodynamic state of the atmospheric boundary layer by ground-based microwave radiometry. JAOT.
- Hartmann. Gerd.; Bevilacqua R.M.; Schwartz P.R.; Kämpfer N.; Künzi K.F.; Aellig C.P.; Berg A.; Boogaerts W.; Connor B.J.; Croskey C.L.; Daehler M.; Degenhardt W.; Dicken H.D.; Goldizen D.; Kriebel D.; Langen J.; Loidl A.; Olivero J.J.; Pauls T.A.; Puliafito S.E.; Richards M.L.; Rudin C.; Tsou J.J.; Waltman W.B.; Umlauf G. and Zwick R.: Measurements of O₃ H₂O and ClO in the Middle Atmosphere using the Millimeter-Wave Atmospheric Sounder (MAS). Geophys. Res. Lett. 23. no 17. Paper 96GL01475. 2313-2316. 1996.
- Hewison. T.. 2006: 1D-VAR Retrieval of Temperature and Humidity Profiles from Ground-based Microwave Radiometers. IEEE TGARS.
- Knupp. K.. Ware. R.. D. Cimini. F. Vandenberghe. J. Vivekanandan. and E. Westwater. 2008: Ground-Based Radiometric Profiling during Dynamic Weather Conditions. JAOT (in preparation).
- Loidl. Alfred.; Puliafito. E.; Puliafito. C.; Gantuz. M.: "Ground-based radiometric observations of short period atmospheric waves". MPAE-W-70-91-22. Rep. Federal de Alemania. 1991.
- Puliafito C; Puliafito. S.E: "Intercomparison of ground-based microwave remote sensing measurements of stratospheric ozone over the Mendoza region. Argentina with Haloe data". Remote sensing of the environment. (94) 61-82; 2005.
- Puliafito Carlos; Puliafito. S.E.; Hartmann. G.K.: "Observations of Large Ozone Variations over Mendoza. Argentina". Atmospheric Physics and Chemistry Discussions. 2. 507-523. Mayo 2002.
- Puliafito. Carlos. Puliafito. Enrique: "Tendencia del ozono estratosférico sobre la región de Mendoza. 1978-2002". Proambiente Año 4. N°4. 2004. PRODEA – Universidad de San Juan. ISSN 1515-5943. pag 31-38.
- Puliafito. Carlos; E. Puliafito. G. Hartmann. J. Quero:"Determination of Stratospheric Ozone Profiles and Water Vapor Content by means of Microwave Radiometry Spectroscopy". Anales del VIII Simposio Brasileiro de Microondas e Óptica. pp 274-278. SBMO 98. Joinville. Brasil. Julio de 1998
- Puliafito. Enrique. Bevilacqua R.; Olivero J.; Degenhardt W.:"Retrieval Error Comparison for several inversion Techniques used in Limb-scanning mm-wave spectroscopy. Journal of Geophysical Research. Vol. 100. D7. p. 14.257 -1.267. July 20. 1995.
- Puliafito. Enrique. Hartmann G.: "Mesospheric water vapor measurements using microwave spectroscopy at 183 GHz and 23.8/31.5 GHz". Max-Planck-Institut für Aeronomie (R.F.A). MPAE-W-66-91-02. 1991.
- Puliafito. Enrique. Loidl. A.; Puliafito. C.; Gantuz. M.: "Tropospheric water vapor measurements using microwave radiometry. Comparison between radiometers at 23.8/31 and 92 GHz". MPAEW- 66-91-08. Rep. Federal de Alemania. 1991.

- Puliafito, Enrique: "Instrument report of two dual-frequency transportable microwave radiometers." Institut für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP). Swiss Federal Institute of Technology. Zurich. Suiza. 1990.

Varios

- Posse, G., Richter, K., Corin, J., Lewczuk, N., Achkar, A. Rebella, C.: Carbon Dioxide Fluxes on a Soybean Field in Argentina: Influence of Crop Growth Stages. The Open Agriculture Journal, 2010, 4, 58-63