



# Comunicación

# 272

## **EL “CLIMA”, UNA HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA EN ANDALUCÍA**

### **José Manuel Moreira Madueño**

Jefe del Servicio de Información y Evaluación Ambiental  
Dirección General de Participación e Información Ambiental  
Consejería de Medio Ambiente  
Junta de Andalucía

### **Mariano Corzo Toscano**

Departamento de Análisis Espacial, Climatología y Meteorología  
Servicio de Información y Evaluación Ambiental  
Dirección General de Participación e Información Ambiental  
Consejería de Medio Ambiente  
Junta de Andalucía

### **M<sup>a</sup> Fernanda Pita López**

Departamento de Geografía e Historia  
Universidad de Sevilla

### **Carmen Guerrero de Mier**

Jefe del Servicio de Informática  
Dirección General de Participación e Información Ambiental  
Consejería de Medio Ambiente  
Junta de Andalucía

## **Palabras clave**

*Sistema de Información Geográfica de Climatología Ambiental, Estaciones Meteorológicas Automáticas, Andalucía.*

## **Resumen de su Comunicación**

*El Subsistema de Información de Climatología Ambiental (CLIMA) está formado por un conjunto de redes de observación meteorológica relacionadas mediante una aplicación informática que permite su uso conjunto por diversos organismos. Los datos, procedentes de estaciones manuales y automáticas, son convertidos a un formato único y, tras superar una serie de métodos de validación y de interpolación de lagunas pasan a formar parte de un banco de datos climático totalmente homogéneo. Con este Subsistema, una de las herramientas fundamentales dentro de la Estrategia Autonómica ante el Cambio Climático, se pretende dar respuesta a la creciente necesidad de datos climáticos de calidad, que permitan afrontar estudios sobre la evolución del clima en Andalucía y prever las posibles consecuencias de fenómenos como el cambio climático. Este subsistema de información se integra en la Red de Información Ambiental de Andalucía.*

## **EL “CLIMA”, UNA HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA EN ANDALUCÍA**

### **1. Introducción.**

A pesar de la capacidad de superación del ser humano, la climatología ha sido tradicionalmente, junto con otros factores físicos, un factor limitante o favorecedor de sus actividades, y por tanto condicionador de su desarrollo. En una región como Andalucía, en la que el medio natural juega un importante papel en el conjunto de las actividades económicas, el conocimiento de los recursos naturales de que dispone, entre los que se encuentra su climatología, es básico para su adecuada ordenación y gestión.

Esta necesidad se ve reforzada ante fenómenos climáticos y meteorológicos adversos, entre los que destaca por su actualidad el Cambio Climático. La preocupación surgida en relación con la alteración del clima a nivel global ha trascendido el nivel científico y ha pasado a ser una preocupación que afecta a toda la sociedad. En este sentido, la administración autonómica ha puesto en marcha la Estrategia Andaluza ante el Cambio Climático (2002) que, como complemento a la estrategia nacional, propone un gran número de medidas que involucran a diferentes organismos de la Administración. Una de las medidas propuestas para llevar a cabo por la Consejería de Medio Ambiente ha sido la puesta en funcionamiento de un Subsistema de Información de Climatología Ambiental (CLIMA).

El objetivo fundamental del CLIMA es la recopilación normalizada de los datos de las estaciones meteorológicas correspondientes a diferentes redes de observación en Andalucía y ponerlos al servicio de la comunidad científica y técnica. El CLIMA es un Subsistema que se encuentra integrado en el Sistema de Información Ambiental de Andalucía (SinambA) que pretende dar respuesta a la necesidad de normalizar la información de interés ambiental producida en la región. Igualmente, este Subsistema incluye diversos instrumentos y modelos para evaluar la incidencia territorial de las variables en el medio ambiente y en las actividades humanas.

### **2. El desarrollo del CLIMA.**

Para la puesta en marcha del CLIMA, la Consejería de Medio Ambiente estableció acuerdos de colaboración con diferentes organismos gestores de redes de observación meteorológica, como son la Consejería de Agricultura y Pesca (2002) y el Instituto Nacional de Meteorología (2003) cuyas estaciones, junto con las procedentes de las redes directamente gestionadas por la Consejería de Medio Ambiente, conforman el núcleo original de datos del Subsistema. Asimismo se han establecido contactos con la Dirección General de Tráfico y con la empresa gestora de la estación de esquí de Sierra Nevada (Cetursa Sierra Nevada S.A.) para la integración en el Subsistema de los datos procedentes de sus redes de observación.

El Subsistema comienza a desarrollarse en 1999, con el diseño de un banco de datos climatológico que diera cabida a todos los datos que por entonces se estaban produciendo en Andalucía. Una vez concluido el “diseño temático” del Subsistema se llevó a cabo su implementación informática, contemplándose tres módulos diferenciados: entrada de datos; agregación, validación e interpolación de datos; y explotación y difusión de los mismos a través de Internet. Tras este proceso ha sido necesaria una larga fase de verificación y testeo de datos y procedimientos del Subsistema, que está prácticamente concluida. En la actualidad, a la vez que se realizan las últimas comprobaciones de la multitud de procedimientos realizados por el Subsistema, se está llevando a cabo una carga masiva de los “datos históricos” de las diferentes redes de observación en él integrados (se espera que el número de datos históricos almacenados en la base de datos se acerque a los mil millones). Terminada esta fase, se pondrán en marcha los diferentes

procesos de agregación, validación e interpolación, que darán lugar a la base de datos definitiva. Esta base será consultable por diferentes usuarios, los cuales podrán ejecutar sobre el Subsistema una gran cantidad de modelos de evaluación que facilitarán un mejor conocimiento de la dinámica pasada, presente y futura del clima que nos afecta.

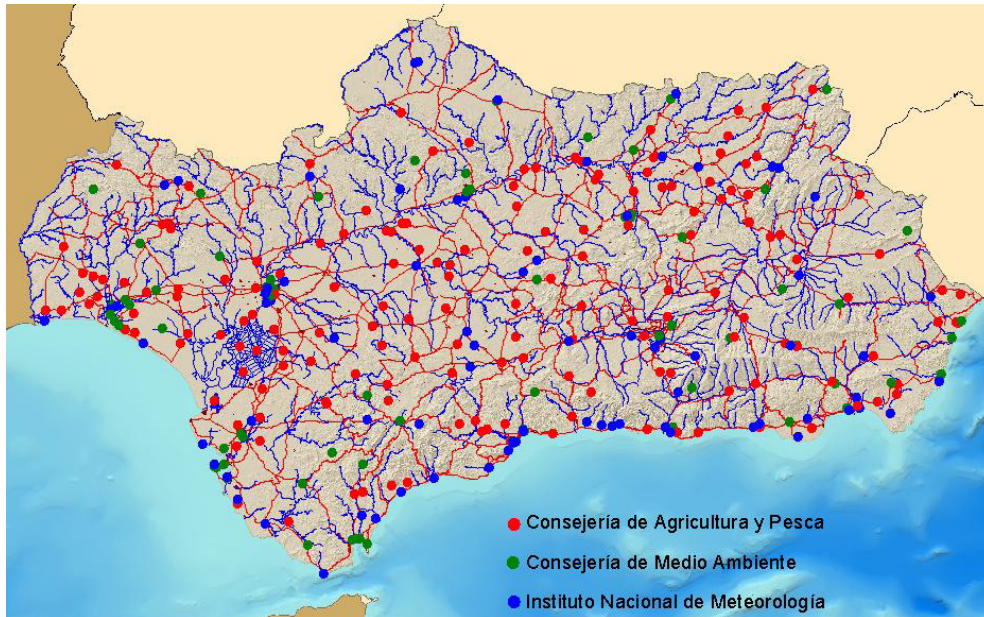
## **2.1. Redes de estaciones meteorológicas integradas en el CLIMA.**

Las redes que se han integrado originalmente en el CLIMA fueron creadas por diferentes organismos e instituciones en función de sus competencias. El CLIMA, al servir de repositorio común para todas las redes permitirá a los gestores y usuarios conocer la localización de todas las estaciones, sean o no de su red, facilitando el acceso de forma puntual o masiva a datos de otras redes o incluso mejorar la coordinación en la ubicación de nuevas estaciones meteorológicas.

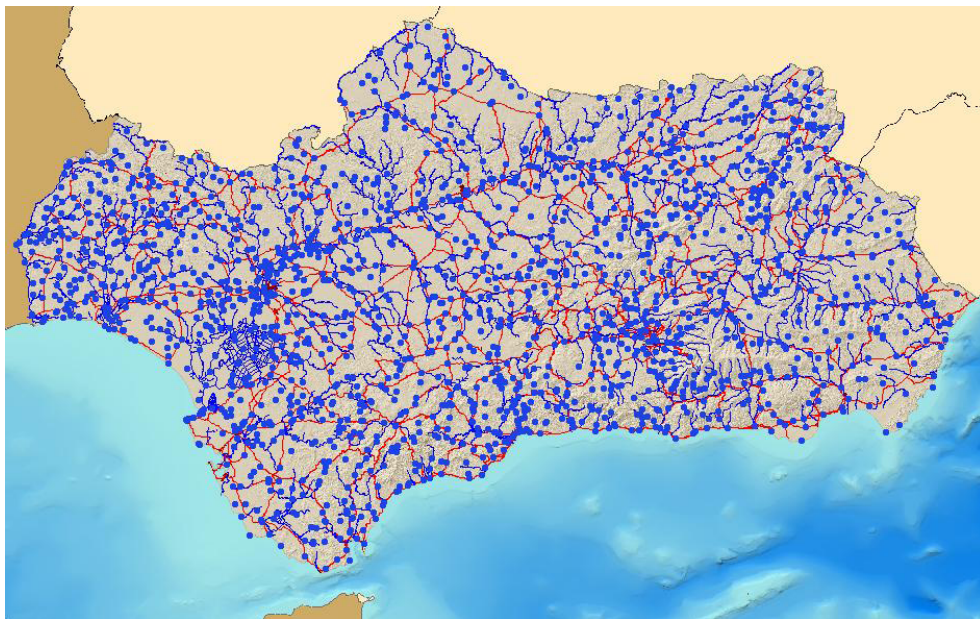
De esta forma el sistema en la actualidad cuenta con un total de 2300 estaciones y cuya información queda disponible para todos estos organismos a través de un acceso avanzado del que pueden obtener tanto la información bruta como la de nuevas variables elaboradas a partir de ellas. Con esto, cada organismo se ve enriquecida con la información proveniente de los otros, permitiendo acceder a ellos o descargarlos en diferentes formatos (gráficas, tablas, ficheros planos, XML).

Las redes que se integran dentro de CLIMA son las siguientes:

ORGA-NISMO	RED	TIPO	NÚMERO DE ESTACIONES
I.N.M.	Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas	Automáticas	47
	Red de Estaciones Completas	Semiautomáticas	99
	Red de estaciones diarias	Manuales	1929
C.M.A.	Red de lucha contra los incendios forestales	Automáticas	32
	Red de vigilancia de la calidad del aire	Automáticas	48
C.A.P.	Red de Alerta e Información Fitosanitaria	Automáticas	80
	Red de Información Agroclimática	Automáticas	94
TOTAL	Automaticas - Semiautomáticas		400
	Manuales		1929
	Total en el Subsistema		2329



**Ilustración 1:** Distribución territorial de las estaciones automáticas integradas en el CLIMA. Series históricas desde 1988.



**Ilustración 2:** Distribución territorial de las estaciones manuales integradas en el CLIMA Series históricas desde 1870.

Se prevé que en el futuro se puedan integrar las redes meteorológicas de la Dirección General de Tráfico, y de las redes de las Confederaciones Hidrográficas.

### **3. El funcionamiento del Subsistema.**

Desde el punto de vista metodológico y funcional, el Subsistema puede dividirse en tres bloques básicos: la carga y validación de datos, el procesamiento de los mismos (agregación, validación, interpolación de lagunas, generación de estadísticos y espacialización de variables) y la explotación y difusión de la información.

#### **3.1. Carga de datos.**

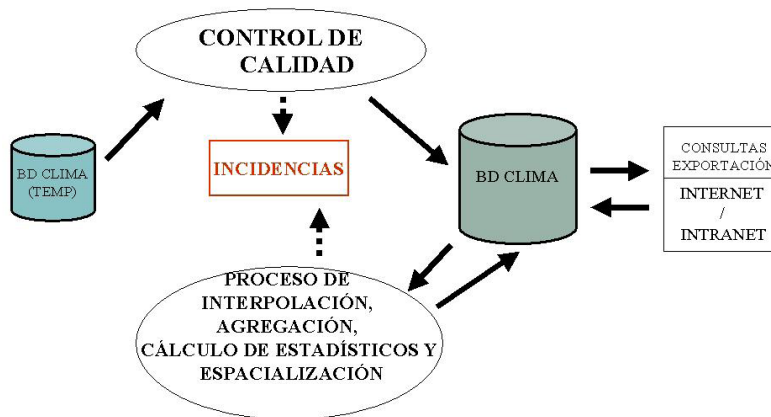
La carga de datos se realiza a través de un programa desarrollado específicamente para este Subsistema, que extrae la información de interés de ficheros producidos por los centros gestores de las redes y los inserta en una base de datos común. Además, si los instrumentos de medición de las redes utilizan diferentes unidades de medida, el Subsistema realiza la conversión de los datos a un sistema de unidades homogéneo para todos los datos del CLIMA.

Se pueden diferenciar dos grandes grupos de datos: los que entran de forma automática y los que lo hacen de forma manual. Los primeros son los procedentes de las redes de observación que cuentan con estaciones automáticas, que son introducidos sistemáticamente de acuerdo con los periodos de adquisición establecidos por los gestores de cada red (la tendencia es que se realice por periodos de 10 minutos). En ellas, que ya superan las 400, se podrá disponer de datos prácticamente en tiempo real. El segundo grupo lo conforman las redes de estaciones completa y manual del INM que suponen, por una parte, la mayor diversidad de variables integradas en una red de estaciones y, por otra, la red con mayor cobertura espacial en el territorio andaluz. En ellas el proceso de carga de datos es manual y ésta se realizará con una periodicidad anual.

#### **3.2. Procesamiento de datos: agregación, validación e interpolación de lagunas.**

Una vez que los datos han sido procesados por el programa de carga, independientemente de su procedencia, todos van a estar sujetos a procesos de validación y agregación comunes. Los procesos de validación se basan en los rangos de valores aceptables para cada una de las variables meteorológicas. Además, para un número importante de estas variables existen métodos de validación específicos basados en la comparación, bien entre valores sucesivos de una misma variable o bien entre diferentes variables para un mismo periodo temporal.

La utilización de métodos de agregación y validación comunes a todas las variables, con independencia de la fuente permite, por un lado, la intercomparación de todos los datos del Subsistema, además de garantizar la coherencia y homogeneidad del conjunto del banco de datos. De esta forma el valor y la utilidad de la base de datos como conjunto es mucho mayor y responde a las directrices fijadas por las propuestas de la Directiva europea denominada INSPIRE, que busca la intercomparabilidad entre diferentes sistemas de información.



**Ilustración 3:** Flujos de datos básicos dentro del Subsistema.

Los métodos para la interpolación de lagunas varían en función de la escala temporal de las variables y del comportamiento espacial y temporal de las mismas. La obtención de estos valores sólo se realiza cuando las garantías de fiabilidad son muy elevadas. En el caso de las variables mensuales y anuales se recurre a interpolar de acuerdo con los valores de estaciones cercanas, en el caso de los intradiarios se recurre al empleo de funciones polinómicas ajustadas al ciclo diario de las variables y, en el caso de las diarias (y también algunas intradiarias) se realizan medias aritméticas usando valores anteriores y posteriores al interpolado.

Los métodos empleados se recogen en la siguiente tabla.

ESCALA TEMPORAL	MÉTODO DE INTERPOLACIÓN
INTERDIARIA	Media aritmética de los valores que se tengan para los dos días anteriores y los dos posteriores a la misma hora
	Función polinómica de orden 4
DIARIA	Media aritmética de los valores que se tengan para los dos días anteriores y los dos siguientes
MENSUAL	Correlación de datos de estaciones del entorno
ANUAL	Correlación de datos de estaciones del entorno

Dentro del Subsistema han sido consideradas un total de 11 magnitudes que agrupan un conjunto de 739 variables. Asimismo, estas variables están distribuidas en cuatro escalas temporales: anual, mensual, diaria e intradiaria (ésta a su vez se divide en función del periodo de adquisición de los datos: 10, 15, 30, 60 y 360 minutos).

Magnitudes y variables básicas contempladas en el Subsistema:

MAGNITUDES		VARIABLES
T	TEMPERATURA	Temperatura del termómetro seco
P	PRECIPITACIÓN	Total de precipitación
		Existencia de lluvia
		Existencia de nieve
		Existencia de granizo
		Existencia de tormenta
		Existencia de niebla
		Existencia de rocío
		Existencia de escarcha
		Existencia de nieve cubriendo el suelo
H		HUMEDAD
	Presión de vapor	
	Temperatura del termómetro húmedo	
	Temperatura del punto de rocío	
N	NUBOSIDAD	Clase 1 <sup>a</sup> de nubes bajas
		Clase 2 <sup>a</sup> de nubes bajas
		Cantidad de nubes bajas
		Clase de nubes medias
		Clase de nubes altas
		Nubosidad total
I	INSOLACIÓN	Total de insolación
V	VIENTO	Dirección del viento
		Velocidad del viento
		Recorrido del viento
R	RADIACIÓN	Radiación global en plano horizontal
		Radiación global en plano de 45° y orientación Sur
		Radiación solar directa
		Radiación solar difusa
		Radiación ultravioleta
		Radiación neta
E	EVAPORACIÓN	Evaporación en evaporímetro Piche
		Evaporación en tanque
A	EVAPOTRANSPIRACIÓN	Evapotranspiración potencial en lisímetro



S	TEMPERATURA DEL SUELO	Temperatura a 0,05 metros bajo el suelo
		Temperatura a 0,10 metros bajo el suelo
		Temperatura a 0,15 metros bajo el suelo
		Temperatura a 0,20 metros bajo el suelo
		Temperatura a 0,15 metros sobre el suelo
P	PRESIÓN ATMOSFÉRICA	Presión atmosférica al nivel del mar

También es posible el cálculo automatizado de estadísticos para aquellas variables que se consideren, así como la espacialización de variables a cualquier escala temporal utilizando las herramientas de sistemas de información geográfica del Sinamba.

### 3.3. Explotación y difusión de datos.

En el caso concreto de la Consejería de Medio Ambiente la implantación del sistema CLIMA abre unas posibilidades muy grandes de estudio y de herramientas en tomas de decisión sirva como ejemplo:

- Ayuda en el trabajo del INFOCA, ya que al disponer de mayor número de estaciones pueden realizar predicciones más certera (mapas de vientos), en las zonas de los incendios, permitiendo determinar la evolución de los frentes.
- Para el caso de la calidad del aire, permite evaluar mejor los episodios de contaminación permitiendo determinar la dirección de la contaminación y velocidad, así como la predicción de otros fenómenos como episodios de ozono al incrementarse la temperatura entre otros.
- Estudios de inestabilidad ambiental para realizar simulaciones de difusión de emisiones.
- Como información entrante para modelos de dispersión en determinadas zonas.
- Estudios de espacialización de variables, y obtención de otros conjunto de variables o características ambientales como la evapotranspiración, la erosividad del suelo, bioclimodiagramas, integrales térmicas, que son utilizadas en diferentes servicios de la CMA.

Al mismo tiempo la Consejería de Medio Ambiente presta un nuevo servicio al ciudadano permitiendo acceder a parte de esta información (datos agregados) mediante un acceso en su Web.

La difusión de los datos se realiza a través de Internet. Los usuarios, una vez que sean registrados (será necesario el uso de la firma electrónica), podrán acceder al Subsistema y visualizar y representar los datos que deseen en un formato fácilmente accesible.

Nueva selección

TEMA

Criterios seleccionados

Provincia	CADIZ
Municipio	GRAZALEMA
Red	TODAS LAS REDES

Escala de las variables

Intradiaria  Diaria  Mensual  Anual

Enlaces según la provincia

[CADIZ](#)

CADIZ (GRAZALEMA) inicio ▲

Selección	Código	Denominación de la Estación	Red	Datos
<input type="checkbox"/>	E198	Grazalema	Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas del I. N. M.	●
<input type="checkbox"/>	5911	GRAZALEMA	Red de Estaciones Secundarias del I. N. M.	●
<input type="checkbox"/>	5911B	GRAZALEMA 'AMA'	Red de Estaciones Secundarias del I. N. M.	●
<input type="checkbox"/>	5939	GRAZALEMA 'BENAMAHOMA'	Red de Estaciones Secundarias del I. N. M.	●

Ilustración 4: Ejemplo de extracción de datos del CLIMA a través de Internet.

También se han incorporado algunos modelos de evaluación para realizar explotaciones de los datos a medida para algunos usuarios. Este es el caso del cálculo de integrales térmicas, útiles en el estudio de las plagas, y de la elaboración de bioclimodiagramas, que se utilizan para evaluar la dinámica biológica de la vegetación. Además es posible realizar exportaciones de datos en diferentes formatos

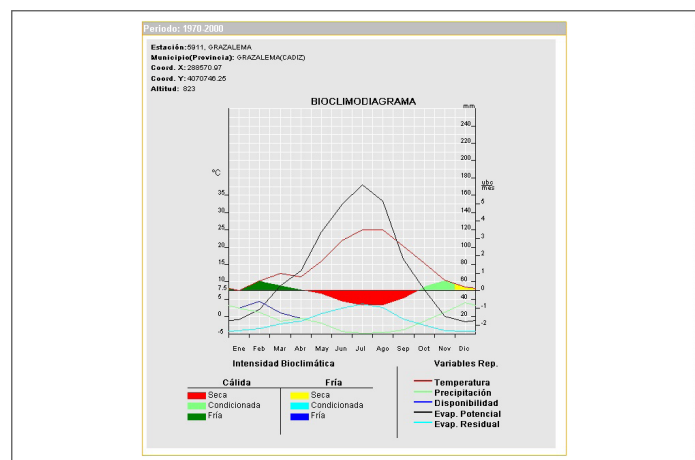
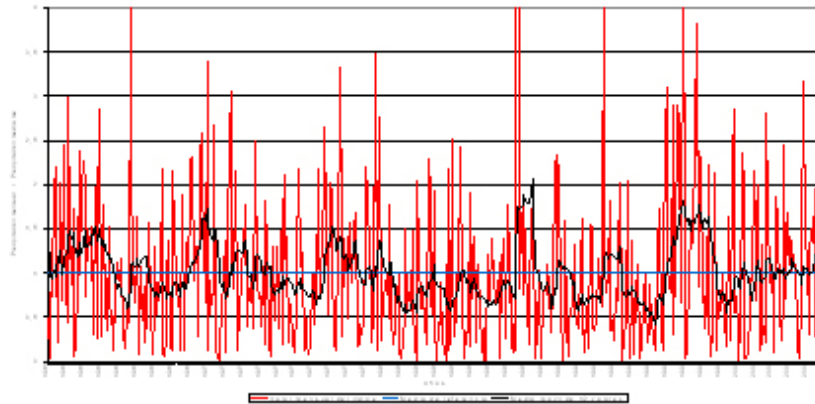


Ilustración 5: Salidas gráficas obtenidas por el Subsistema CLIMA a través de Internet: Bioclimodiagramas.

Actualmente, numerosas explotaciones de información se están llevando a cabo mejorando la comprensión del comportamiento a escala regional y local del clima en Andalucía. De esta forma, se realiza un seguimiento territorializado y continuado de fenómenos como la sequía, la desertificación, los riesgos de avenida, los riesgos de incendios, etc. Igualmente, las series históricas contribuyen a mejorar las hipótesis de los diferentes modelos de cambio climático que se plantean. El CLIMA es así un instrumento al servicio de la estrategia andaluza para el análisis del cambio climático.



Evolución mensual del Índice de disponibilidad hídrica en la región (1961-2004).

#### 4. Tecnología e innovaciones de diseño empleadas

El diseño del sistema tiene en cuenta tres aspectos fundamentales o grandes grupos de funciones:

- Un primer grupo encargado del almacenamiento de gran capacidad, y al mismo tiempo de la elaboración de un gran número de nuevos parámetros en base a los datos previamente existentes.
- Por otro lado, la administración del sistema, que recae en un único responsable que supervisa el correcto funcionamiento de los procesos automáticos, y toma decisiones en el caso de que el sistema no pudiera abordarlas.
- Y por último, el sistema de difusión de la información, que permite las consultas, informes, elaboración de funciones basadas en datos climáticos, y por último la exportación de los mismos.

Para dar solución a estos puntos se adoptaron las siguientes estrategias, en el caso del almacenamiento se optó por la base de datos relacional corporativa (Oracle) donde se aprovechan las capacidades de particionamiento (muy importante para las tablas de gran dimensión). Esta técnica se combinó con una operación de empaquetamiento matemático que permite optimizar el almacenamiento y el rendimiento de consulta de los datos intradiarios (los de mayor volumen).

Hay que destacar el diseño de un sistema de generación de nuevas variables a partir de otras, ya que si bien hay procedimientos específicos para algunas de ellas, se diseñó un conjunto de pequeños módulos genéricos, con diversas tipologías de cálculos que, con pequeñas parametrizaciones, permite crear nuevas variables en función de los datos de otra u otras.

La realización del subsistema de administración se llevó a cabo bajo una arquitectura cliente-servidor ya que iba a ser empleado exclusivamente por el administrador del sistema, permitiendo crear nuevas estaciones y variables calculadas, así como monitorizar el sistema tanto desde el punto de vista de los datos como de los trabajos que se están ejecutando.

Para la difusión se diseñó una parte de la aplicación basándose en arquitectura a tres capas, desarrollo en java (J2EE) con páginas JSP, orientado a dar servicio mediante aplicaciones Web soportadas en clientes ligeros (navegadores). Facilitando, de esta forma, la información tanto al ciudadano como a los diferentes

organismos que demanden información mediante el usuario avanzado.

Como elemento complementario en la parte de difusión se empleó el servidor de firma electrónica @firma, como elemento de autenticación de la persona autorizada a acceder a la parte avanzada del CLIMA.

## **5. Conclusiones.**

El CLIMA es una potente herramienta para la gestión, control y explotación de los datos meteorológicos producidos en Andalucía. El Subsistema integra y normaliza los datos de más de dos mil estaciones meteorológicas correspondientes a siete redes de observación gestionadas por tres organismos distintos. Permite la realización de análisis históricos y el establecimiento de comparaciones en el espacio y en el tiempo para el conjunto de la comunidad autónoma. Asimismo, el elevado volumen de datos que integra, permite un notable enriquecimiento de aquellos modelos que precisen el uso de variables climatológicas, contribuyendo a un mejor conocimiento del estado de los recursos naturales de la región y de las posibles consecuencias de un cambio climático en la misma.

También, hay que destacar que el CLIMA está diseñado de forma que es posible su reconfiguración en cualquier momento, añadiendo nuevas variables meteorológicas, nuevos procesos o cálculos, con lo que queda abierto a las posibles demandas que puedan presentarse en el futuro. Su integración en la Red de Información Ambiental de Andalucía facilita la interoperabilidad y compatibilidad de los datos integrados con multitud de informaciones ambientales (suelos, vegetación, contaminación,...).