

## 5. Datos para el análisis

En este estudio se ha analizado un conjunto de episodios, como se verá mas adelante, con diferentes cantidades de lluvia. Para cada uno de los casos se utilizado el máximo de información disponible, esto es, se ha trabajado con imágenes de satélite, mapas sinópticos de los principales parámetros meteorológicos y datos de lluvia de intensidad horaria.

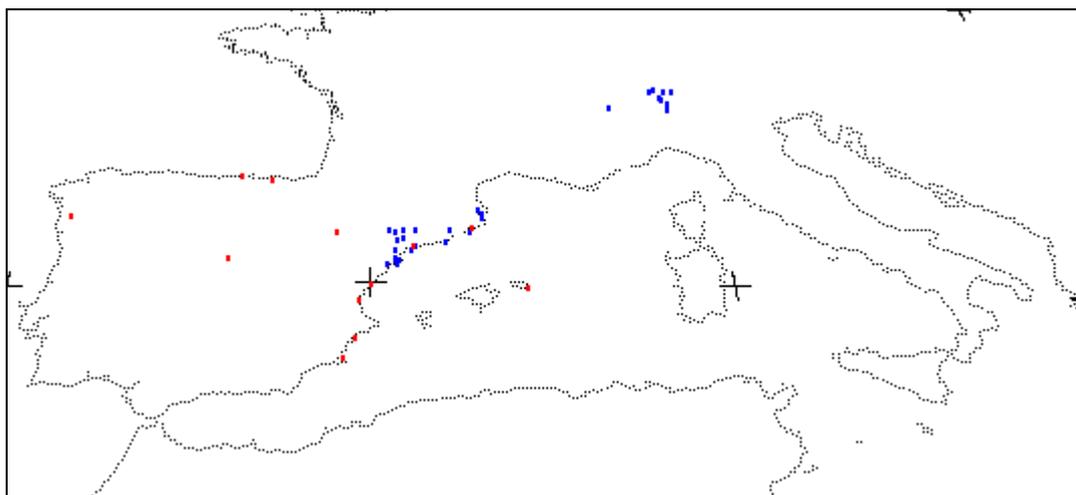
La cantidad de datos con la que se ha trabajado ha estado altamente condicionada por la dificultad de conseguir episodios en los que se dispusiera de toda aquella información simultáneamente.

### 5.1 Area de estudio y elección de episodios

Como área de estudio se ha tomado la Península Ibérica, las islas Baleares y Canarias, además de los Alpes suizos para unos episodios particulares (figura 5.1).

Se eligieron episodios dentro del periodo 1991-1995, del cual se disponía de información tanto de imágenes de satélite como de información sinóptica. Con el fin de que la muestra fuera lo más representativa posible, se eligieron episodios con valores cualesquiera de lluvia, entre ellos, algunos episodios con abundante nubosidad pero que no dieron lluvia apreciable, a modo de contraejemplos.

Los días que han sido utilizados se indican en la tabla 5.1. Los días señalados con un recuadro corresponden a situaciones de las que se dispone de imágenes de ambos canales IR y WV del Meteosat y en rojo los días de los que se ha dispuesto de información sinóptica, además de las imágenes,. Así, pues, han sido **77 días con imágenes de satélite (de ellos, 39 días con imágenes IR y WV, y 13 con información sinóptica)**.



**Figura 5.1.-** Distribución geográfica de los observatorios utilizados. En azul se representan las estaciones del DARP y de Suiza; en rojo, los observatorios del INM.

**Tabla 5.1.-** Días con situaciones nubosas analizadas.

Año	Mes											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
91		18-19	5	19	-	-	-	-	2-3 25	-	25	4-5
92	-	-	-	-	-	-	-	-	21	-	-	-
93	-	2	-	-	-	-	-	-	23-24	-	-	-
94	-	-	-	-	-	-	29 30	13	13 20-23 27-29	2-5 9-10 14-17 20,22 27-28	1 3-6 8-9 11	4,9 13,18 21 29-31
95	1 5,6 11 17-20 23,29	10-11 13-15 17 25-26	12	21,24	9	30	-	-	-	-	-	-

## 5.2 Datos de lluvia y parámetros sinópticos

### 5.2.1 Datos de lluvia

Para Cataluña se accedió vía módem a los datos de intensidad de lluvia de la red de estaciones meteorológicas automáticas del Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (DARP) de la Generalitat de Catalunya (figura 5.2).

Para el resto de España, se analizaron los Boletines Meteorológicos Diarios del Instituto Nacional de Meteorología con el objeto de determinar cuales eran las áreas geográficas más interesantes. Tras solicitar los pluviogramas correspondientes a los días objeto de estudio y a las estaciones disponibles se ha tenido que trabajar con los datos horarios de lluvia al no poder disponer de datos con mayor resolución temporal.

El conjunto de observatorios utilizados se detalla en la tabla 5.2.



Figura 5.2.- Red de estaciones agrometeorológicas de Catalunya (DARP).

**Tabla 5.2.-** Observatorios meteorológicos cuyos registros han sido utilizados.

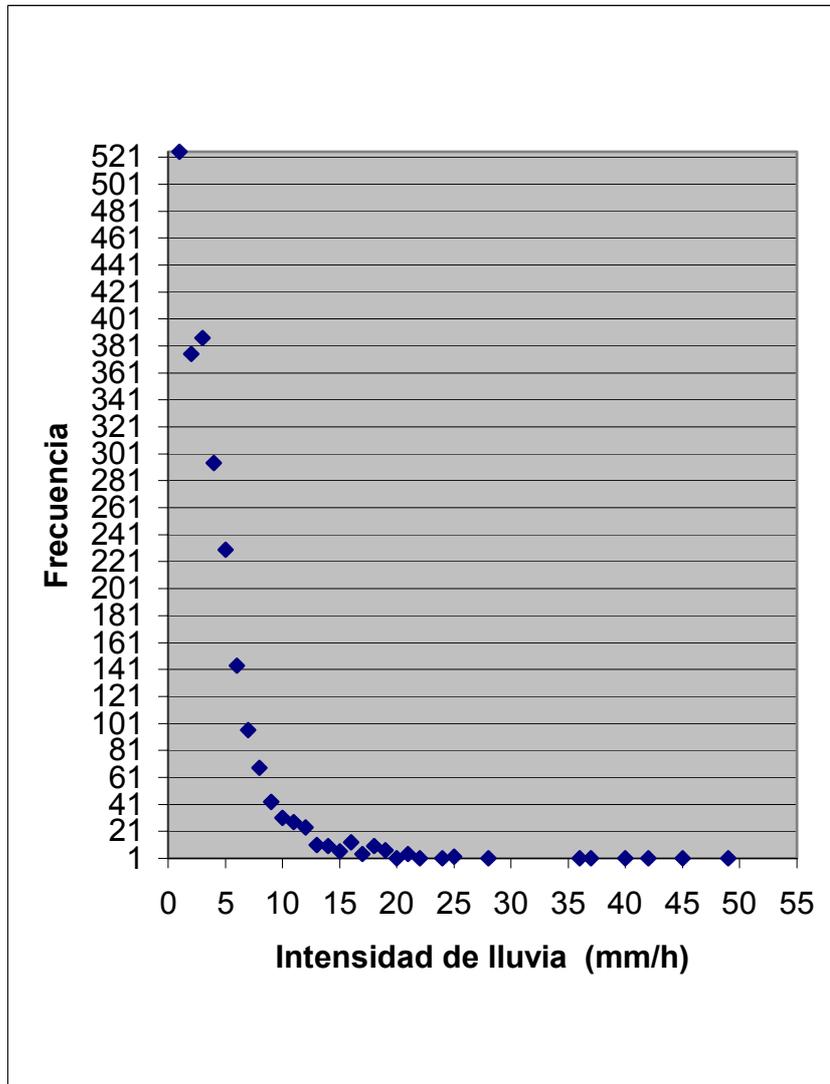
Estación	Latitud	Longitud	Organismo	Distancia al mar *
AMPOSTA	40°43' N	00°35' E	DARP	2
BALAGUER	41°27' N	00°50' E	DARP	7
BENISSANET	41°03' N	00°38' E	DARP	4
CABANES	42°18' N	02°58' E	DARP	3
CALDES DE MONTBUI	41°39' N	02°07' E	DARP	5
CAMBRILS	41°04' N	01°03' E	DARP	0
EL CANOS	41°41' N	01°12' E	DARP	9
EL FANGAR-DELTEBRE	40°43' N	00°43' E	DARP	2
EL POAL	41°40' N	00°51' E	DARP	10
ELS ALFACS	40°38' N	00°40' E	DARP	1
ELS VALENTINS	40°38' N	00°22' E	DARP	3
L'ALDEA	40°46' N	00°37' E	DARP	3
LA GRANADELLA	41°21' N	00°39' E	DARP	8
LLEIDA	41°37' N	00°37' E	DARP	12
MALGRAT DE MAR	41°38' N	02°44' E	DARP	0
MAS BADIA-LA TALLADA	42°04' N	03°03' E	DARP	2
MAS BOVE-CONSTANTI	41°09' N	01°12' E	DARP	1
RAIMAT	41°41' N	00°27' E	DARP	14
SANT PERE PESCADOR	42°11' N	03°04' E	DARP	1
VILADECANS	41°18' N	02°02' E	DARP	1
ALICANTE	38°21' N	00°29' W	INM	1
BILBAO AERO	43°18' N	02°54' W	INM	2
CASTELLÓN	39°59' N	00°02' W	INM	2
FUERTEVENTURA	28°25' N	13°52' W	INM	0
GERONA AERO	41°45' N	02°45' E	INM	1
NAVACERRADA	40°47' N	04°01' W	INM	41
OMA MENORCA	39°52' N	04°13' E	INM	1
REUS	41°09' N	01°07' E	INM	2
SAN JAVIER	37°46' N	00°48' W	INM	0
SANTANDER	43°28' N	03°48' W	INM	1
VALENCIA-VIVEROS	39°29' N	00°23' W	INM	3
VIGO AERO	42°14' N	08°37' W	INM	5
ZARAGOZA AERO	41°38' N	01°00' W	INM	30
CIMETTA	46°12' N	08°48' E	Météo-Suisse	26
COMPROVASCO	46°27' N	08°56' E	Météo-Suisse	29
GRAND SANT BERNAT	45°52' N	07°10' E	Météo-Suisse	31
LOCARNO	46°10' N	08°48' E	Météo-Suisse	25
LUGANO	46°01' N	08°58' E	Météo-Suisse	23
PIOTTA	46°31' N	08°40' E	Météo-Suisse	30
ROBIEI	46°26' N	08°31' E	Météo-Suisse	30
SAN BERNARDINO	46°28' N	09°11' E	Météo-Suisse	29
STABIO	45°50' N	08°56' E	Météo-Suisse	20

**DARP** Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (Generalitat de Catalunya)

**INM** Instituto Nacional de Meteorología

\* Distancia mínima al mar en pixeles (horizontal: 5.1 km/pixel; vertical: 7.8 km/pixel)

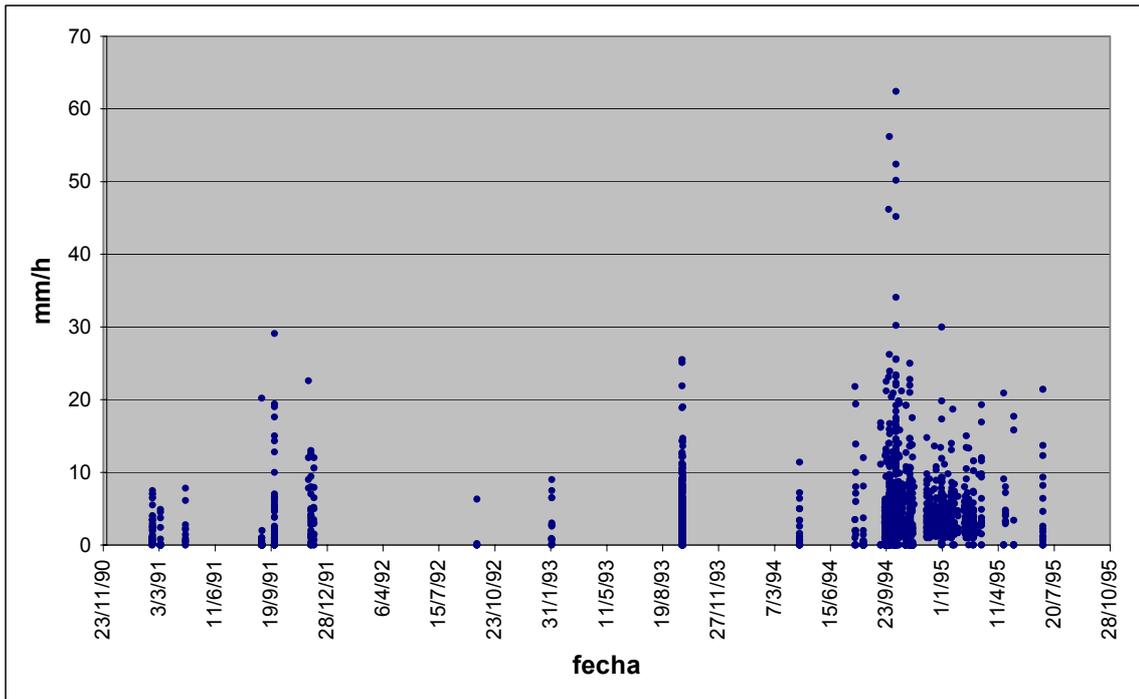
El histograma de los datos horarios de lluvia utilizados se muestra en la figura 5.3



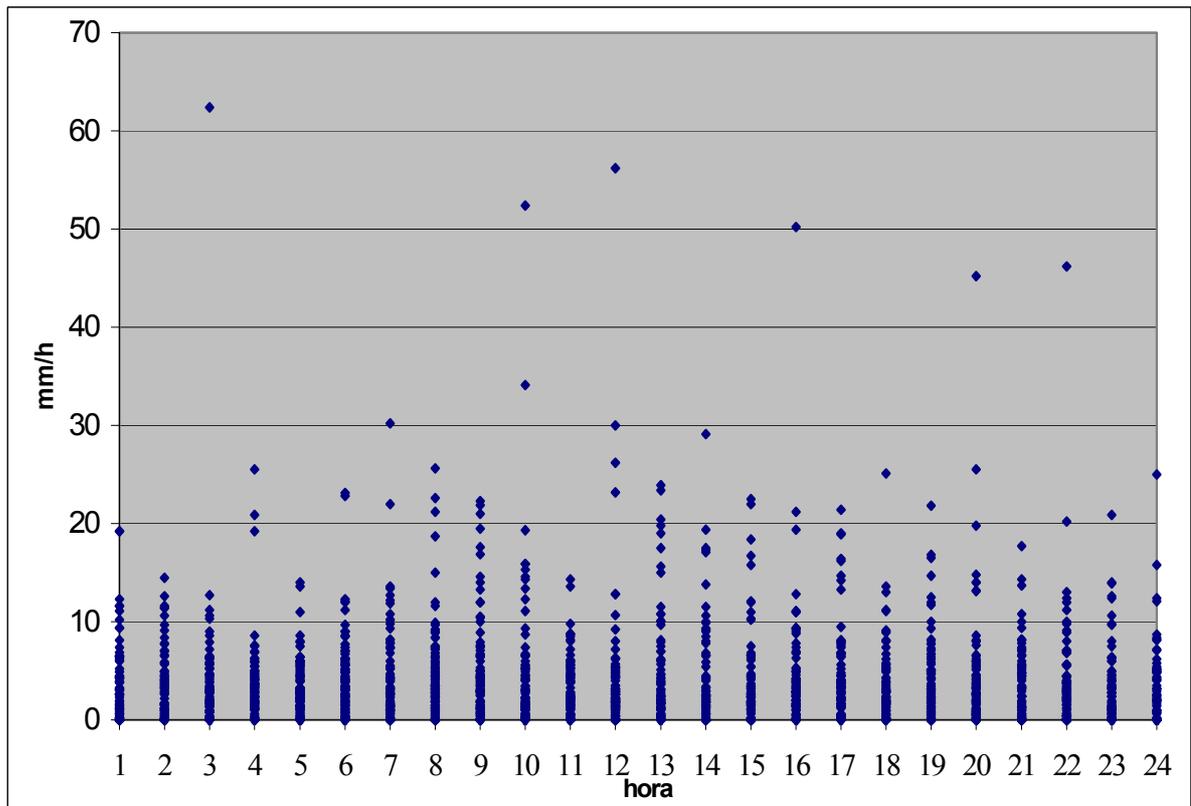
**Figura 5.3.-** Histograma de la lluvia horaria.

La distribución de lluvia por fecha y por hora del día de los datos utilizados aparece en las figuras 5.4 y 5.5, en las que cada punto corresponde a un dato horario de lluvia (en total 2476 datos).

Datos para el análisis



**Figura 5.4.-** Distribución de la lluvia por fechas.



**Figura 5.5.-** Distribución horaria de la lluvia.

## **5.2.2 Parámetros sinópticos**

Para el análisis de los parámetros sinópticos asociados a los diferentes episodios, se han utilizado la información que aparece en los boletines meteorológicos publicados por el INM (INM, 1992-95), y los mapas de los parámetros sinópticos que figuran en la tabla 4.2, facilitados por el grupo de Meteorología del Departament de Física de la Universitat de les Illes Balears.

## **5.3 Imágenes de satélite**

Se han utilizado los canales IR y WV de los satélites Meteosat 3, Meteosat 4 y Meteosat 5. Las imágenes correspondientes a los años 91, 92 y 93 fueron facilitadas por el Laboratorio de Teledetección de la Universidad de Valladolid (LATUV, <http://www.latuv.uva.es>) y las correspondientes a los años 1994 y 1995 por la ESA (1996).

### **5.3.1 Preparación, calibración y georeferenciación**

Debido a la gran cantidad de imágenes que se han utilizado (unas 1500 del canal IR y unas 1000 del canal WV), todas las operaciones que se han realizado con ellas se han hecho mediante procedimientos propios de programación en Visual Basic, esto ha permitido realizar operaciones en lotes grandes de imágenes y efectuar numerosas pruebas hasta hallar los algoritmos adecuados.

En primer lugar, se preparó una rutina de programa para leer las imágenes procedentes del LATUV. Las imágenes proporcionadas por la ESA, se descompactaron y se preparó una rutina para su recorte a la ventana escogida.

Seguidamente se eliminaron los errores en las imágenes proporcionadas por LATUV, como líneas en blanco, puntos defectuosos (blancos o negros), imágenes repetidas por defectos en la transmisión,... Se tuvo en cuenta también el volteo, o giro, adecuado en cada una ya que algunas estaban orientadas de una manera y otras de otra.

Luego se asignaron nombres secuenciales a los ficheros de imagen para poder realizar el análisis de la evolución temporal de una manera sistemática.

A continuación se incorporaron al programa las tablas de calibración obtenidas a través de Internet en la página Web de EUMETSAT (<http://www.eumetsat.de>) correspondientes a los periodos con los que se ha trabajado y se realizó la conversión del

### Datos para el análisis

valor de la intensidad del pixel, Digital Count ( $DC$ ), a radiancia ( $Rad$ ) y a temperatura aparente ( $T$ ), según las expresiones:

$$Rad = Coef(255 - DC - C_0) \quad (5.1)$$

donde  $Coef$  y  $C_0$  son el Factor de Calibración y el SpaceCount, respectivamente, para cada uno de los canales.

Asimismo, se tiene para la temperatura aparente del pixel (en Kelvin)

$$T = \frac{B}{\ln Rad - A} \quad (5.2)$$

con  $A$  y  $B$  constantes diferentes según el satélite y canal utilizado, proporcionados también por EUMETSAT en su página web .

Seguidamente se estableció la georeferenciación (latitud-longitud a coordenadas de la imagen y viceversa) mediante las ecuaciones de trigonometría esférica siguientes:

$$XR = \frac{1}{\Delta x} \left[ \arctg\left(\frac{A}{B}\right) \right] \frac{180}{\pi} + 1250.5 \quad (5.3)$$

$$YR = \frac{1}{\Delta y} \left[ \arctg\left( R_p \sin \arctg\left(\frac{R_p}{R_e} \operatorname{tg} \theta\right) \left(\frac{-1}{B}\right) \cos \arctg\left(\frac{A}{B}\right) \right) \right] \frac{180}{\pi} + 1250.5 \quad (5.4)$$

donde

$$A = -R_e \cos\left(\arctg\left(\frac{R_p}{R_e} \operatorname{tg} \theta\right)\right) \sin \varphi$$

$$B = R_e \cos \arctg\left(\frac{R_p}{R_e} \operatorname{tg} \theta\right) \cos \varphi - (R_e + H)$$

$\varphi$ : longitud (positiva hacia el Este y negativa hacia el Oeste)

$\theta$ : latitud

$R_e$  : radio ecuatorial

$R_p$ : radio polar;  $R_p = R_e / (1 + A)$  ( $A$ : achatamiento de la Tierra )

$\Delta x$ : paso del barrido horizontal del radiómetro (Este-Oeste), en grados

$\Delta y$ : paso del barrido vertical del radiómetro (Este-Oeste), en grados

$H$ : altura del satélite

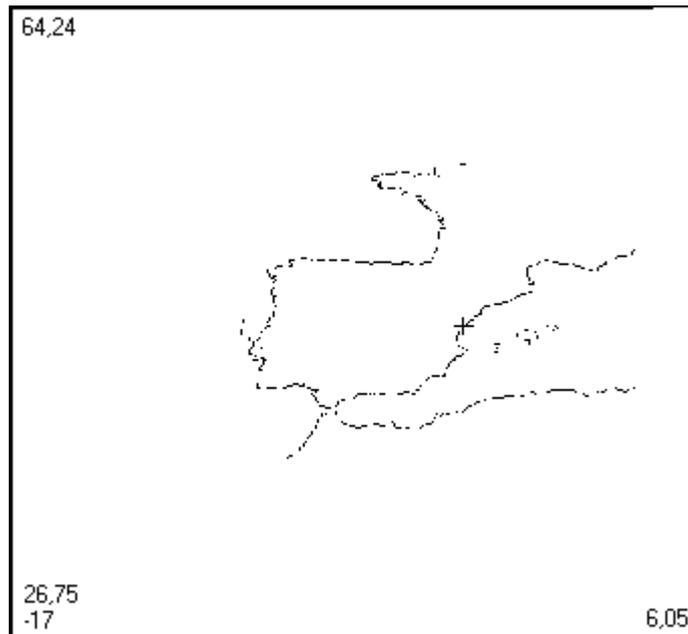
$XR$ : número de pixel. Coordenadas absolutas respecto del globo terrestre (origen en el extremo izquierdo) (figura 3.3).

$YR$ : número de línea. Coordenadas absolutas respecto del globo terrestre (origen en el extremo inferior) (figura 3.3).

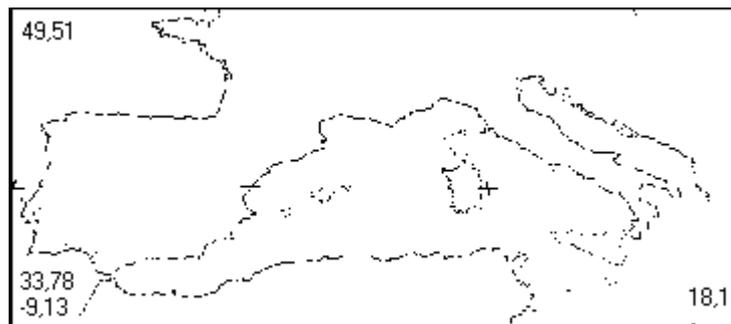
## Datos para el análisis

Cada una de las imágenes proporcionadas por LATUV contiene una cabecera con la fecha, las coordenadas geográficas y las coordenadas pixel/línea del centro y de los extremos de la imagen. En las imágenes ESA esta información viene en ficheros aparte.

Las ventanas de las imágenes que se han procesado, según la procedencia de las mismas, se muestran en las figuras 5.6 y 5.7.



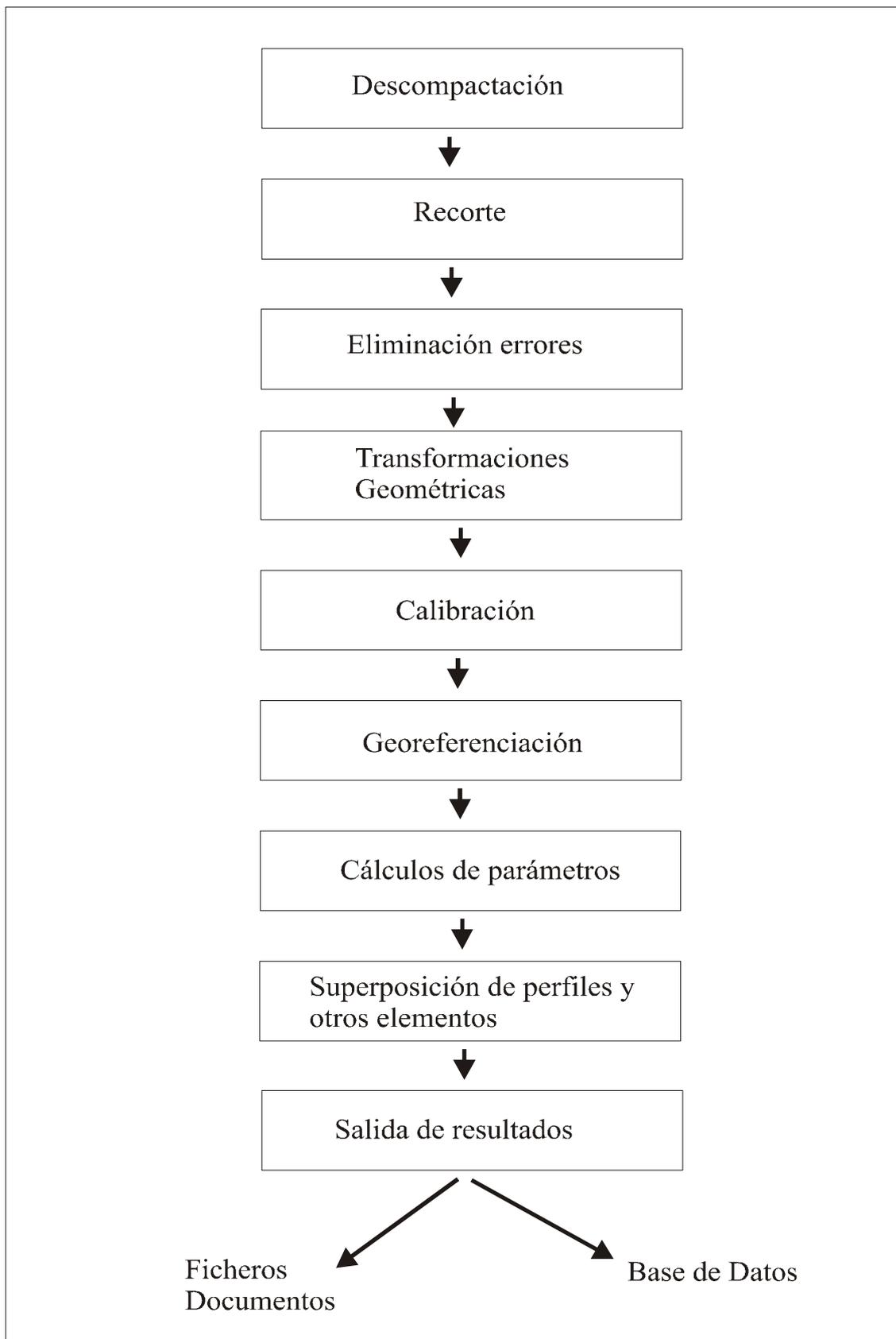
**Figura 5.6.-** Ventana imágenes Latuv (latitud, longitud en grados).



**Figura 5.7.-** Ventana imágenes ESA (latitud, longitud en grados).

Para las ventanas utilizadas, la resolución espacial en los canales IR y WV es de aproximadamente de 5.1 x 7.8 km.

La figura 5.8 muestra, a modo de resumen, los pasos que se han seguido en el tratamiento de las imágenes.



**Figura 5.8.-** Tratamiento de las imágenes.

Datos para el análisis

Datos para el análisis