

Características meteorológicas de las inundaciones en Cataluña^(*)

Por M. C. LLASAT
y M. PUIGCERVER

Departamento de Física de la Atmósfera, Astronomía y Astrofísica
Universidad de Barcelona

El conocimiento de los factores que pueden provocar inundaciones catastróficas es muy importante para un correcto diseño y explotación de las obras públicas. El artículo expone una serie de características comunes a este tipo de situaciones, extraídas de las experiencias registradas en Cataluña.

En Cataluña se producen frecuentemente inundaciones en puntos aislados a consecuencia de lluvias de gran intensidad. Asimismo y aunque no tan cuantiosas como las de Levante, ha habido en los últimos siete años, seis inundaciones que han afectado a gran parte de la región, lo que equivaldría a algo menos de una por año.

En la bibliografía meteorológica es posible encontrar referencias de casi todos los episodios importantes acaecidos en Cataluña en este siglo. Estas pueden ser más o menos extensas o más o menos correctas; incluso pueden estar influenciadas por la moda de la época en cuanto a las causas que se les atribuyen: gotas de aire frío, borrascas, temporales de Levante, etc. Sin embargo, mientras que en Estados Unidos se han elaborado modelos de las situaciones en que se producen inundaciones y en Francia se han determinado las configuraciones sinópticas en que se desarrollan, en España no se ha realizado hasta ahora un estudio metódico sobre ello.

En este artículo, y en base a un estudio exhaustivo de las inundaciones registradas en Cataluña desde 1960 hasta 1987, pretendemos trazar unas pinceladas que muestren de una forma comprensible los rasgos más comunes a este tipo de episodios. Esto nos permitirá detectar las situaciones de alerta en las que pueden darse precipitaciones superiores a 200 mm en 24 horas.

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 30 de junio de 1989.

¿Qué información necesitamos?

Evidentemente cuanto más información se tenga, tanto mejor. Sin embargo, en el modelo que aquí se propondrá, basta con disponer del mapa meteorológico de superficie, del correspondiente a 500 hPa y de los radiosondeos de Mallorca. Desde luego, en el estudio que condujo a estas conclusiones se necesitó mucha más información.

¿Cuándo se producen estos episodios?

Siempre se producen en otoño (las tormentas de verano son más locales). En general las lluvias más copiosas se inician al atardecer, lo que indica una gran relación con el ciclo de calentamiento diurno y apunta a su carácter convectivo. Las máximas cantidades se recogen durante la tarde y noche.

¿Cómo saber cuál será la zona más afectada?

Por el momento, no es posible determinar con absoluta certeza si la zona afectada estará aquí o unos kilómetros más allá. Sin embargo, si que se puede saber con bastante aproximación. Por ejemplo, la zona más afectada por las inundaciones corresponde al Vallés y al Baix Llobregat. Por otro lado, en las inundaciones de noviembre, las lluvias fuertes se localizan a lo largo de todo el episodio en el mismo sitio, en tanto que a medida que retrocedemos en el

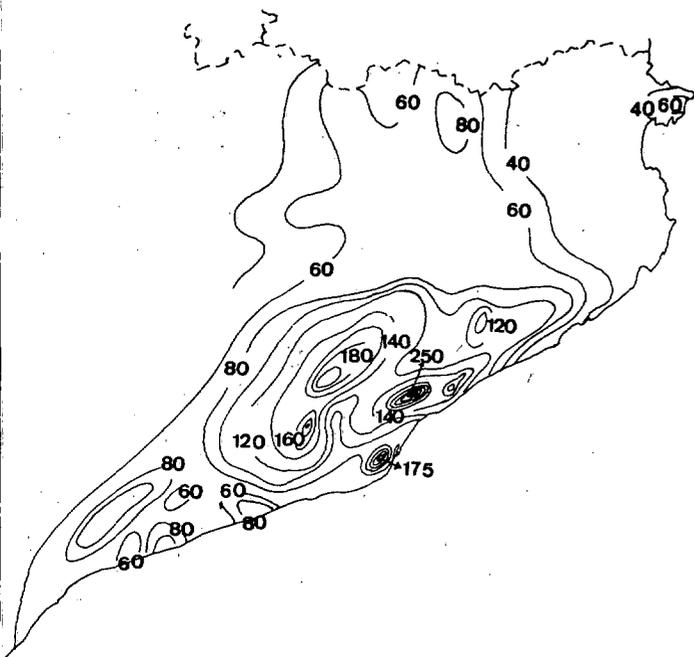


Fig. 1.—Lluvia registrada el día 25 de septiembre de 1962.

otoño, son más dispersas y cambian más de lugar. Asimismo, en noviembre se concentran en el norte de Cataluña y apenas llueve sobre Ta-

rragona, en tanto que en septiembre siempre afectan también a esta provincia.

Aparte de esta información de carácter esencialmente estadístico, a partir de los radiosondeos de Palma es posible inferir si las lluvias tendrán lugar en la costa o en el interior. Para ello es necesario introducir el concepto de «inestabilidad convectiva». Supóngase un estrato de aire que en las condiciones actuales no permite apenas el desarrollo de nubes pero que al ascender en bloque se subvierte, dando lugar inmediatamente a la formación de masas de cúmulos o, incluso, de cumulonimbos (que son los responsables de los grandes chubascos y tormentas). El ascenso necesario para que esto se produzca puede ser más o menos grande, según las condiciones.

Pues bien, todos estos episodios se caracterizan porque la inestabilidad convectiva se extiende a gran parte de la troposfera y sobre todo a la parte baja. Cuando el aire, procedente del Mediterráneo, llega a Cataluña, debe remontar las montañas de la cadena litoral, posteriormente la prelitoral y finalmente los Pirineos, es

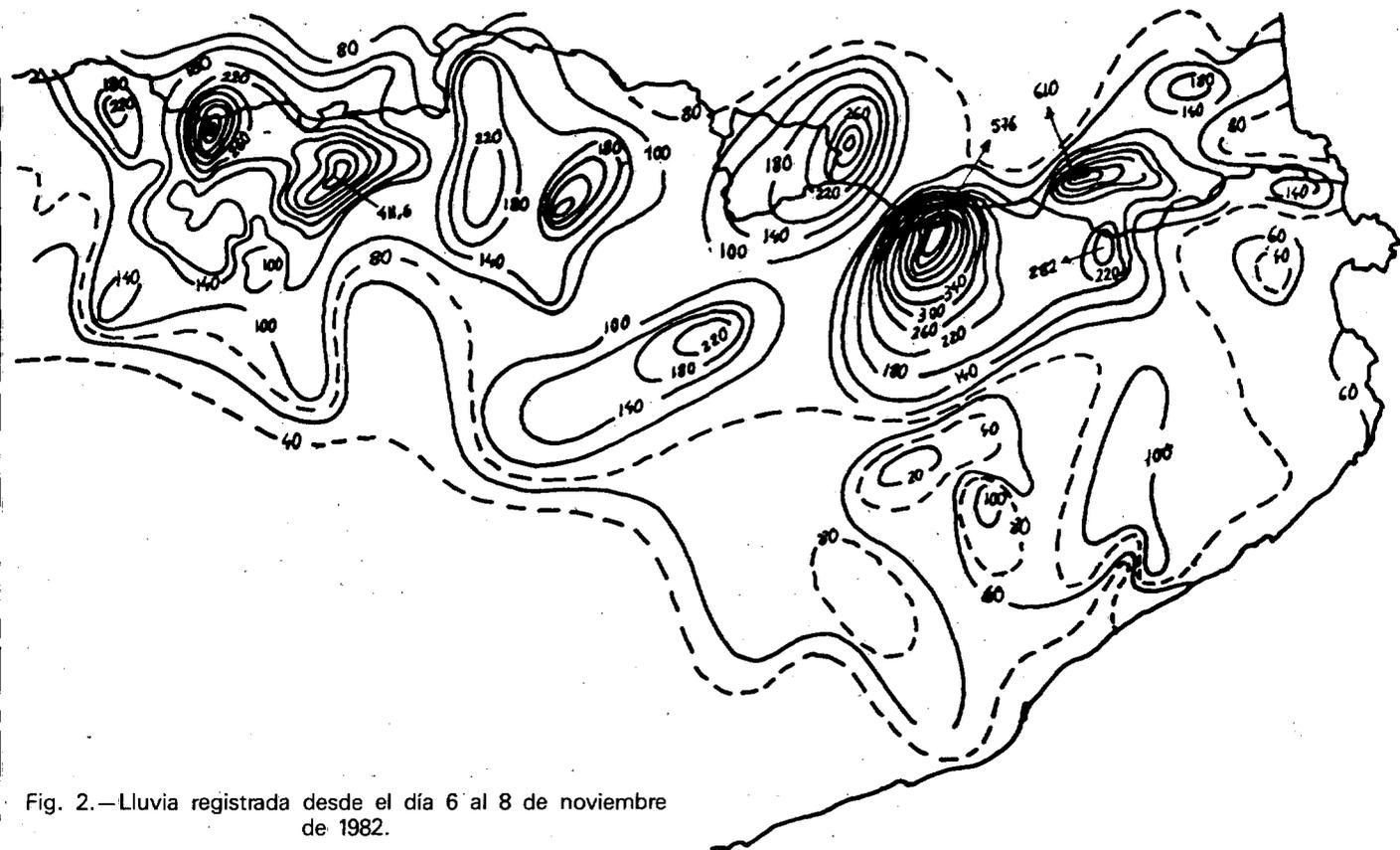


Fig. 2.—Lluvia registrada desde el día 6 al 8 de noviembre de 1982.

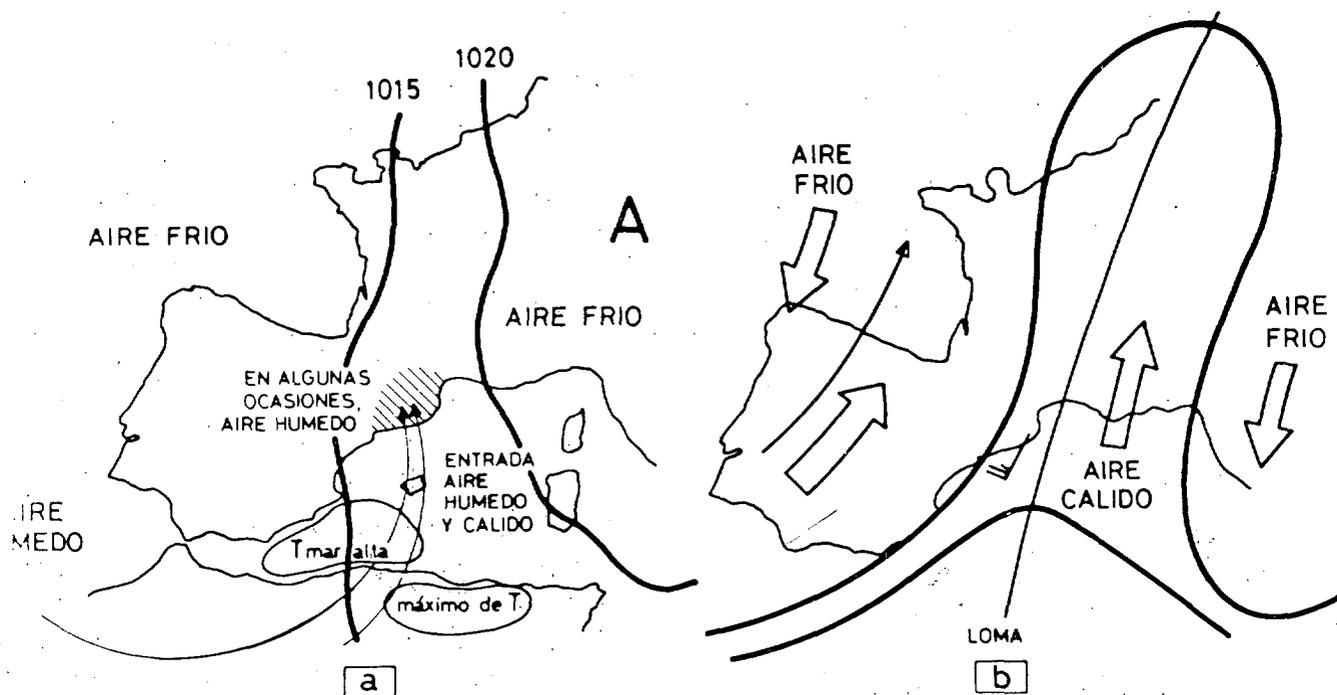


Fig. 3.—Esquema de una situación sinóptica favorable para la producción de inundaciones súbitas en Cataluña. a) Mapa de superficie, b) Mapa de 500 hPa.

decir, debe ascender. Si el ascenso mínimo necesario para que se inestabilice es de unos cientos de metros, las lluvias se producirán en la costa; en cambio si se necesitan más de 1.000 ó 2.000 m, se desencadenarán en la zona pirenaica y prepirenaica. Por ejemplo, en 1982 el

ascenso necesario era del orden de 1.500 m; en tanto que en 1983 era de 500 a 1.000 m; de ahí que en el primer caso, las principales lluvias se produjeran en los Pirineos y en el segundo, en la costa (figs. 1 y 2).

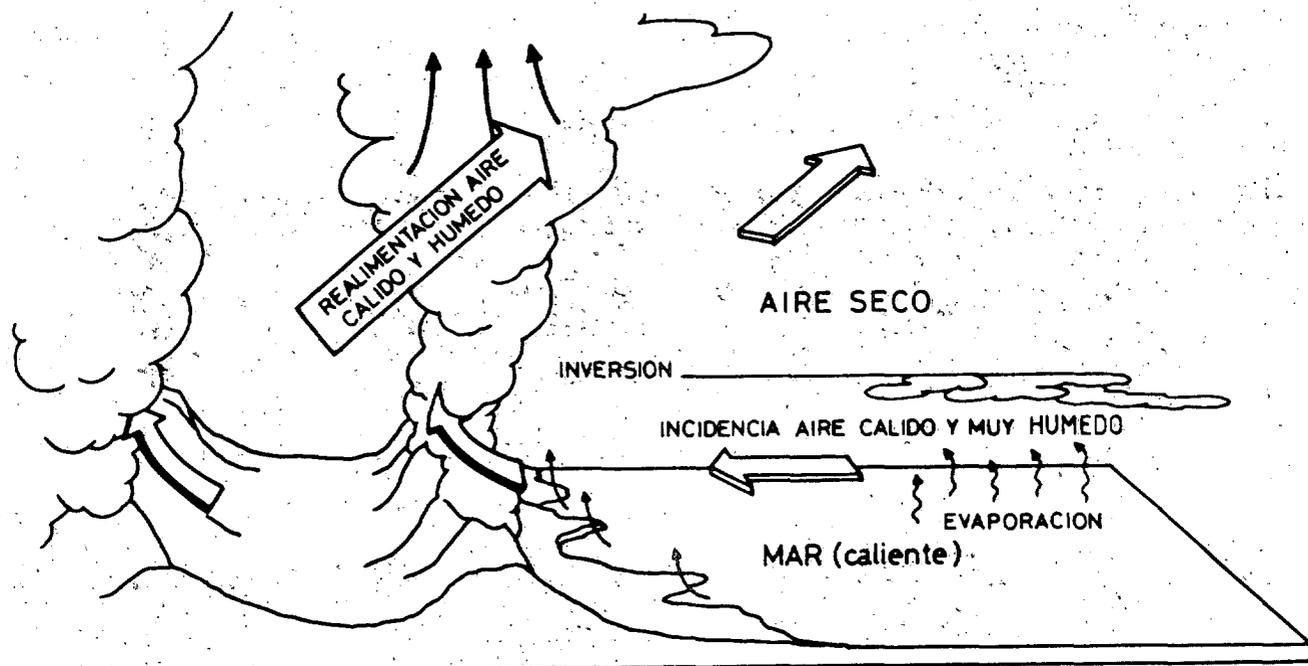
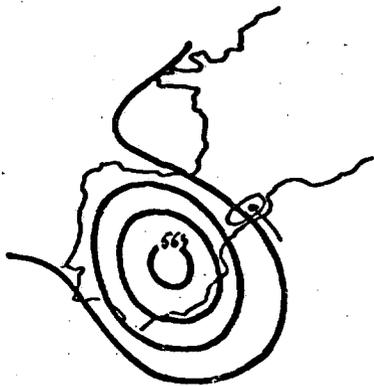


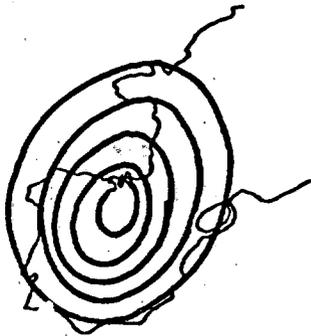
Fig. 4.—Esquema general de los factores que intervienen a menor escala en la situación de la figura 3.



12-X-70 500 hPa



12-X-70 superficie



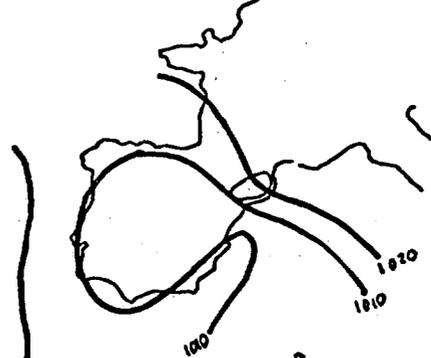
20-X-71 500 hPa



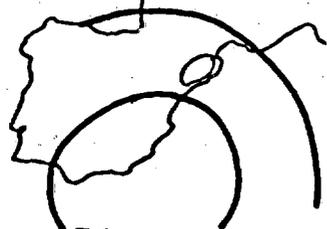
20-X-71 superficie



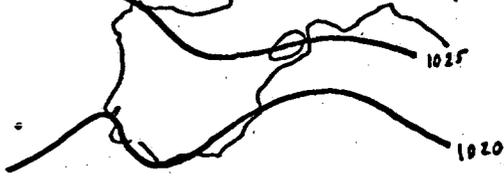
21-X-82 500 hPa



21-X-82 superficie



30-IX-86 500 hPa



30-IX-86 superficie

Fig. 5.—Posición de los centros de las gotas que han estado presentes en algunas inundaciones en Cataluña.

OCHO CARACTERÍSTICAS COMUNES A ESTE TIPO DE EPISODIOS

1. Anticiclón sobre Europa, de forma tal que las altas presiones se extienden hasta el Mediterráneo y Cataluña queda al borde de ellas (fig. 3a). Esto favorece el flujo del SE y da lugar a una inversión de subsidencia (descenso en bloque, fig. 4), característica de los anticiclones, sobre el Mediterráneo Occidental, permitiendo así un mayor calentamiento y la acumulación de vapor de agua en la baja troposfera (es decir, se crea «un almacén» que en general no se descarga hasta su llegada a Cataluña).

2. Viento de componente E en la baja troposfera y S en la alta troposfera (en general, SE y SW, respectivamente), lo que da lugar a una entrada de aire mediterráneo casi perpendicular a la costa y a las cadenas montañosas, mientras que en la altura hay alimentación de aire húmedo del Atlántico (figs. 3a y 4).

3. Ondulación o bifurcación de la corriente en chorro (es decir, del cinturón de vientos de gran velocidad que hay por encima de 5.000 m), el eje de cuya rama meridional suele pasar por Madrid o La Coruña, dando a esta altura vientos muy fuertes del SW sobre el centro y oeste de la Península (fig. 3a). (Esto no significa que en superficie los vientos hayan de ser necesariamente fuertes).

4. Capa seca en la troposfera media o alta y muy húmeda en la baja troposfera, lo que se explica por la entrada de aire africano cálido y seco y por la subsidencia, ya que la inversión impide que el vapor de agua se extienda a toda la troposfera y lo concentra por debajo de ella. Cuando la masa de aire llega a Cataluña, la elevación destruye esta inversión disparando los procesos convectivos (fig. 4).

5. Notable inestabilidad convectiva en gran parte de la troposfera, como ya se ha dicho anteriormente.

6. Situación sinóptica en superficie poco definida sobre Cataluña, es decir, no hay ni anticiclón, ni depresión, ni frentes.

7. Presencia de aire frío en el Golfo de Vizcaya o al W de la Península, así como al NW de Italia, lo que fuerza al aire cálido a pasar por Cataluña y el SE de Francia.

8. Penetración de aire cálido sobre el Mediterráneo Occidental. Además la temperatura superficial del mar es muy elevada (más de lo que ya es propio en la época del año considerada), sobre todo entre Argelia, costa levantina y Baleares. Asimismo se observa un máximo muy pronunciado de temperatura del aire en Argelia y temperaturas superiores a las normales en Cataluña. Todo esto contribuye a una intensa evaporación y al desarrollo de movimientos convectivos importantes.

Además, es importante señalar que la perturbación suele ser de origen atlántico, es decir, la masa de aire rodea la Península, pasa por el N de Africa y penetra en el Mediterráneo. En todos los casos la **orografía** es el factor desencadenante del episodio.

DOS TIPOS DE SITUACIONES

Las características anteriores se pueden presentar simultáneamente bajo dos situaciones:

Tipo I. Es el más común. A 500 hPa se observa lo que en meteorología sinóptica se conoce como configuración en omega, es decir, las líneas equipotenciales se ondulan y adquieren la forma aproximada de la letra (fig. 3b). El eje de la loma se sitúa sobre Cataluña o al E de ella. Así, da vientos de componente S, favorece la entrada de aire cálido sobre el NW de la Península y dificulta el avance de la perturbación (de ahí que las lluvias arremetan una y otra vez sobre Cataluña). Por otro lado, la presencia de un surco al oeste, favorece la formación de tormentas a su derecha.

Esta configuración está forzada por la presencia del anticiclón europeo y en algunas ocasiones por una depresión en Galicia o en las proximidades del Golfo de Cádiz.

Tipo II. Presencia de una gota fría a 500 hPa sobre la Península, que se extiende hasta la baja troposfera (850 hPa, unos 1.500 m) y favorece el contraste de temperatura con el aire que entra por el Mediterráneo, si bien su papel más importante es el de inducir una circulación ciclónica favorable que de vientos del SE sobre Cataluña, en torno a 1.500 m y del S o SW hacia 5.500 m (ver artículo ya mencionado). En la figura 5 se muestran las posiciones de la gota

fría que, con las condiciones requeridas, pueden dar lugar a inundaciones sobre Cataluña.

Las situaciones aquí comentadas corresponden a lo que se conoce como inundaciones súbitas, es decir, episodios de gran intensidad en los que las precipitaciones recogidas en 24 horas son muy elevadas (en nuestro caso se superaron en todos ellos los 200 mm, como ya se ha dicho). No se incluyen fenómenos de lluvia prolongada pero débil o moderada, los cuales, además, no dan inundaciones catastróficas. Por

ejemplo, las lluvias de enero de 1988 fueron debidas a un temporal de Levante.

Aunque en este artículo se ha hablado de las inundaciones en Cataluña, probablemente muchas de las características aquí discutidas serían aplicables a las inundaciones de Levante.

Por último, ha quedado bien claro que las inundaciones en Cataluña (y eso sería válido para toda España) no son necesariamente debidas a las gotas frías. Estas pueden actuar como factor coadyuvante, pero no como única causa responsable.

María del Carmen Llasat



(Barcelona, 1959) se licenció en Física en la Universidad de Barcelona en 1981, doctorándose en 1987. Durante el último curso colaboró con la Cátedra de Física de la Atmósfera de la citada Universidad como auxiliar de investigación y, posteriormente, como ayudante de investigación, puesto del que cesó al serle concedida una beca dentro del Plan de Formación

de Personal Investigador. Posteriormente fue contratada por el Servicio de Agricultura de la Generalitat de Cataluña, responsabilizándose de la parte de agrometeorología, motivo por el cual asistió a un curso de especialización en la Universidad de Davis, California. Ha trabajado también en la Ecole Nationale de Météorologie, en Toulouse; en el Centre Météorologique de Perpignan y en el Laboratoire de Palynologie de Montpellier. Actualmente es profesor titular en el Departamento de Física de la Atmósfera, Astronomía y Astrofísica, de la Universidad de Barcelona y colabora en diversos proyectos científicos de carácter nacional e internacional.

Ha participado en una quincena de congresos tanto nacionales como internacionales y es autor de más de quince artículos publicados en revistas científicas, así como de dos libros que aparecerán publicados en el presente año. En la actualidad su interés se centra en la agrometeorología, redes meteorológicas, cambios climáticos, intensidad de precipitación e inundaciones, dedicándose a estos dos últimos temas con carácter prioritario.

Manuel Puigcever



(Valencia, 1922) se licenció en Ciencias en la Universidad de Valencia en 1945, ingresando inmediatamente en el Servicio Meteorológico. Destinado al Aeropuerto de Barcelona en 1950, simultaneó sus obligaciones en éste con la iniciación de sus actividades docentes y la preparación de su tesis doctoral en la Universidad de Barcelona. En 1957 ganó una beca de la Administración de Cooperación Internacional de los Estados Unidos, obteniendo el Master of Science en Meteorología en la Universidad de Chicago. Se doctoró en la Universidad de Barcelona en 1962. Durante todo el año 1961 estuvo en una base antártica desempeñando las misiones de director científico y meteorólogo. Desde 1967 hasta su jubilación en 1987 fue catedrático de Física de la Atmósfera en la Universidad de Barcelona. Es autor de más de cincuenta artículos publicados en revistas científicas y de diecisiete trabajos didácticos y de divulgación sobre cuestiones meteorológicas. Ha trabajado en electricidad atmosférica, meteorología antártica, radiación solar y mesometeorología. Su interés se centra hoy en los intercambios energéticos y de materia entre superficie y atmósfera, incluyendo la contaminación atmosférica, y en los fenómenos violentos provocados por la interacción mar-tierra-atmósfera, entre los que se cuentan las precipitaciones de intensidad excepcional a que se refiere este artículo.