Serie Geográfica, 1994, vol. 4, pp. 33-42

EL IMPACTO CLIMÁTICO DE LOS EMBALSES CANTÁBRICOS*

Juan Carlos García Codrón**

RESUMEN. Se presentan las alteraciones que algunos embalses cantábricos han producido en el microclima de sus valles respectivos. En conjunto suponen un fuerte incremento del número de días de rocío, de las nieblas y del número de días de precipitación inapreciable junto a una sensible disminución de las temperaturas y de la amplitud térmica anual y un retraso de las estaciones.
Palabras Clave: Alteración climática, embalse, microclima, Cordillera Cantábrica.

ABSTRACT. Some alterations produced by Cantabrian reservoirs in the micro-climate of their respective valleys can now be seen. On the whole, there has been a large increase in the number of days with dew, fog, and light rain together with a slight drop in temperatures and in the annual thermal amplitude and a delay in the onset of the seasons.
Key Words: Climatic impact, reservoir, microclimate, Cantabrian Range.

INTRODUCCIÓN

Se comentan en el presente trabajo los resultados de una labor de detección y cuantificación de los impactos climáticos inducidos por la puesta en servicio de grandes embalses en la Cordillera Cantábrica.

La atención se ha centrado en un total de 28 estaciones meteorológicas situadas en torno a los embalses del Ebro (Burgos-Cantabria) y Porma y Barrios de Luna (León), representativos de la región, y cuyos registros climáticos permiten discernir lo que es imputable a la presencia de la masa de agua y lo que no. En general, los datos de Ebro y Vegamián/Porma permiten comparar el "antes" y el "después" mientras que los de Barrios de Luna y Ebro nos proporcionan comparaciones entre el "cerca" y el "lejos" de los respectivos embalses.

De forma complementaria se han utilizado también (y pese a que no siempre son susceptibles de un análisis estadístico riguroso) los datos del embalse de Aguilar, de Santander, de Oña-Iberduero y de Palencia, se han realizado algunas series de observaciones de campo con un equipo portátil y se dispone de registros sueltos o de indicadores relativos a otras presas del norte peninsular como La Cohilla (Cantabria), Riaño (León) o Velle (Orense) que permiten el establecimiento de comparaciones y parecen corroborar algunas de nuestras interpretaciones.

---

*. Los datos que sirven de base al presente trabajo ya han sido publicados en las actas de la I Reunión del Grupo de Climatología de la A.G.E. que dedicada a "Cambios y variaciones climáticas en España" se celebró en La Rábida, Huelva, en septiembre de 1994.

**. Departamento de Geografía, Urbanismo y O.T. de la Universidad de Cantabria

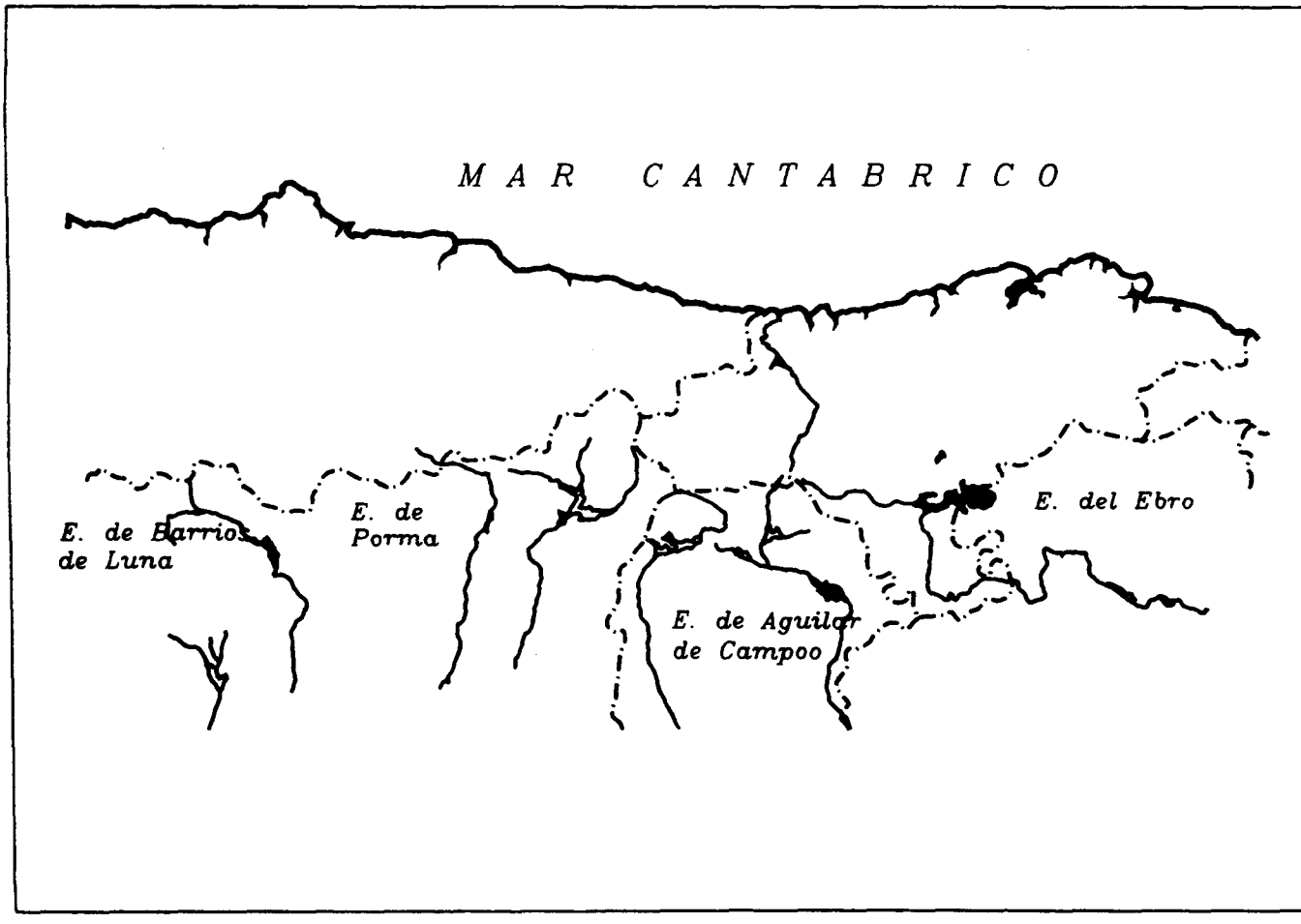

Figura 1. Situación de la zona de estudio.

I.- LOS RESULTADOS

El impacto producido por los embalses, lógicamente, no va más allá de la escala del microclima. Es interesante señalar no obstante que tanto en el Ebro como en el Porma se ha producido tras su puesta en servicio un acusado descenso de las precipitaciones que contradice la tendencia general de la región (representada por Santander y Oña). Sin embargo, la covarianza de estas series con las de otras estaciones cercanas y la existencia de un descenso equivalente en el centro de la Cuenca del Duero dificultan la interpretación del hecho (pese a que se conocen tendencias comparables en otros lugares del mundo (FU-ZHU,1984)).

PRECIPITACION (en mm anuales)

EMBALSE DEL EBRO

	Reinosa	Oña	Santander
1912-45	1033	627	1120
1946-75	890	664	1261

EMBALSE DEL PORMA

	Vegamián-Porma	Boñar
1951-66	1362	1145
1968-90	1187	1011

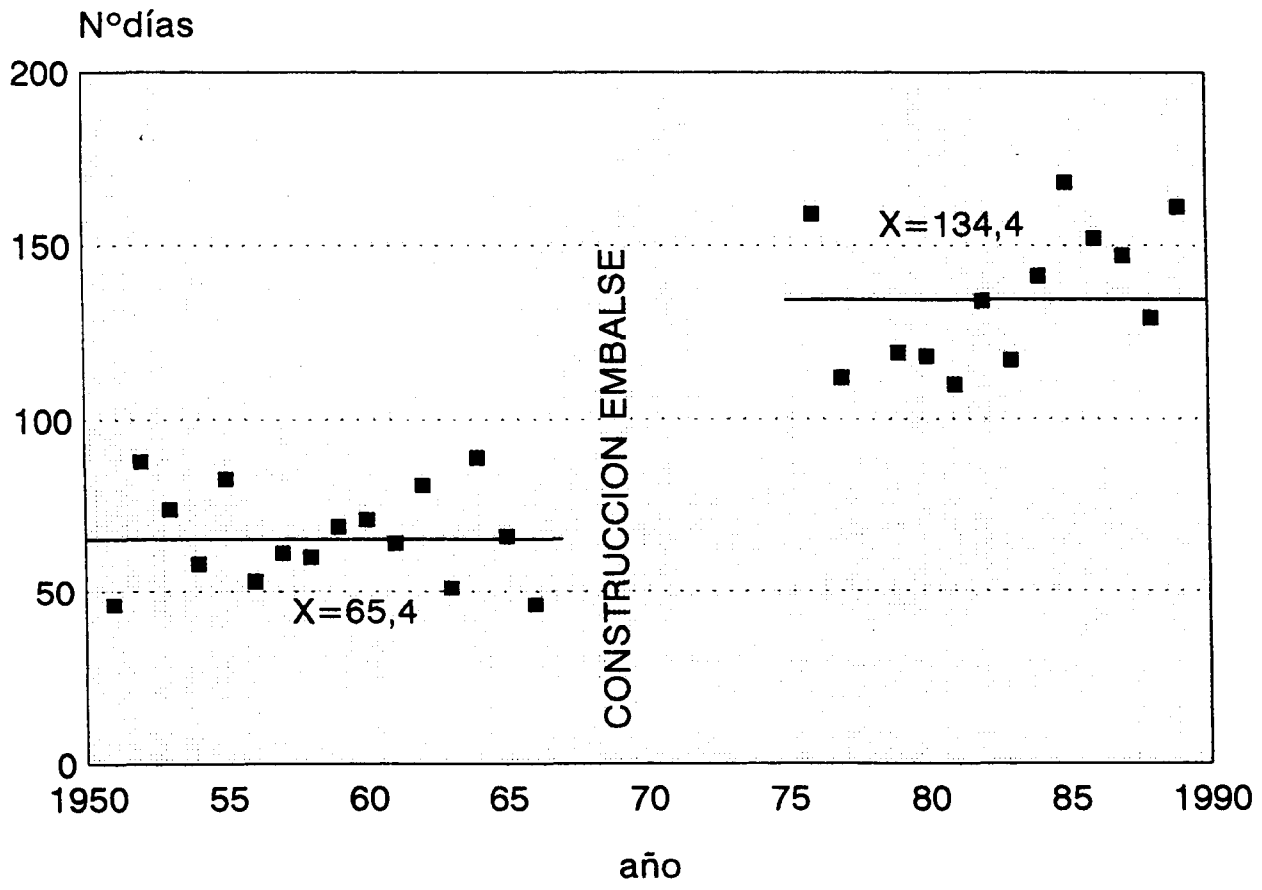

Figura 2. Embalse del Porma. Días de rocío al año (Vegamian, 1951-66; Porma, 1976-89).

Sin embargo, la creación de los lagos artificiales conlleva la aparición de notables alteraciones en los microclimas locales cuyo origen debe relacionarse ante todo con el incremento de la humedad atmosférica en su entorno inmediato (observaciones puntuales realizadas en torno al del Ebro nos han mostrado humedades relativas superiores hasta en un 10-15% a las registradas a no más de un par de kilómetros de la orilla).

Los efectos de este aumento de la humedad, poco perceptibles durante el día, favorecen enormemente la condensación nocturna. Como consecuencia de ello, el "relente" que suele "caer" en la Montaña Cantábrica durante las noches de calma meteorológica va a multiplicar espectacularmente su aparición: la estación de Vegamián registraba rocío menos de la mitad de veces que la de Porma y mientras que la primera no ha superado nunca los 89 días registrados en 1964, la segunda no ha bajado nunca de los 110 de 1981: el máximo de humedad previo al embalse está muy por debajo del mínimo posterior a su puesta en servicio.

Además, mientras que antes de la construcción del embalse la incidencia del meteoro era bastante irregular, la creación del lago va a convertirlo en un fenómeno habitual de forma que aunque la desviación típica sube al tiempo que lo hace la media (pasando de 13,6 a 19,3), el coeficiente de variabilidad se reduce expresivamente tras su puesta en servicio pasando de 20,5 a 14,2.

El número total de días de escarcha no varía con el embalse: Vegamián registró dicho meteoro 85,2 veces al año como promedio mientras que en Porma los datos arrojan una media,

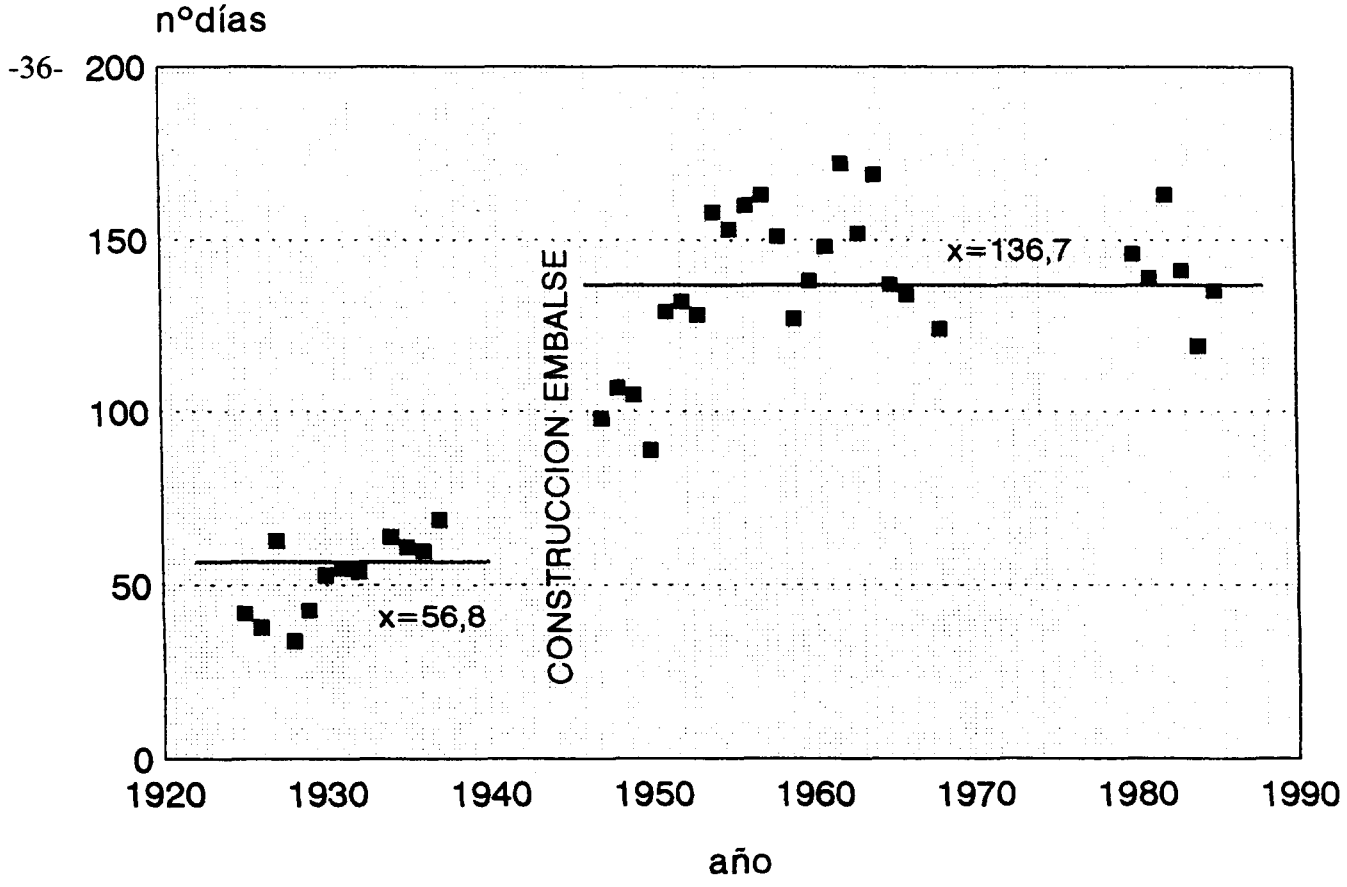

Figura 3. Reinosa (embalse del Ebro). Días de niebla al año.

muy similar, de 84,7. Estos valores, sumados a los días de rocío, demuestran que la atmósfera alcanza el punto de saturación en estas dos estaciones nada menos que 150,6 y 219,1 días al año respectivamente (lo que implica un incremento global superior al 45% tras la creación de la masa de agua).

Los datos no permiten estimar hasta qué distancia se acusa el efecto humectante del embalse. No obstante, la estación de Boñar aún muestra un aumento del número de días de rocío (que pasan de 78,1 en el periodo 1951-64 a 88,5 entre 1981 y 1990). Aunque este incremento deba relativizarse confrontandolo a una simultánea disminución de la escarcha, debemos inferir que los efectos del embalse parecen acusarse, al menos en el fondo del valle, hasta distancias comprendidas entre 5 y 10 km.

La aparición de rocío y escarcha no es homogénea a lo largo del año. Máxima en verano en el valle del Porma, presenta dos mínimos diferenciados al principio del invierno y de la primavera. La creación del embalse ha reforzado esta tendencia: es precisamente en verano cuando se produce el mayor incremento de forma que el mes de junio prácticamente ve duplicarse el número de días con condensación nocturna mientras que en diciembre la situación permanece prácticamente invariable (hay que tener presente no obstante que la condensación se produce en noches despejadas, mucho más frecuentes en verano que en invierno).

En los demás embalses se producen aumentos comparables aunque la distribución estacional puede ser distinta: en el del Ebro los máximos son otoñales y estos pueden incluso producirse en invierno en las estaciones más meridionales desplazandose a dichos periodos los mayores incrementos en la condensación.

CONDENSACION NOCTURNA, NUMERO DE DIAS

Estación	Vegamián		Porma		Diferencia
	rocío	escarcha	rocío	escarcha	rocío + escarcha
Invierno	0.0	37,6	5,6	45,8	13,8
Primavera	18,2	12,3	41,9	11,1	22,5
Verano	44,1	2,6	68,7	0,8	22,8
Otoño	3,1	32,7	18,2	27,2	9,6
AÑO	65,4	85,2	134,4	84,7	68,5

No existen, desgraciadamente, registros que nos permitan cuantificar el volumen de estas "lluvias horizontales". Aunque probablemente no superen el equivalente de algunas decenas de mm al año[1], creemos que pueden desempeñar un importante papel biogeográfico y agrario, e influir sensiblemente en las temperaturas de la capa límite suelo-atmósfera.

Pero el aumento de la humedad atmosférica no sólo se refleja en las estadísticas de rocío y escarcha sino que, sobre todo, se traduce en un dramático incremento del número de días de niebla.

La niebla es bastante frecuente en toda la Cordillera. El complemento de humedad aportado por los embalses sumado a las condiciones favorables preexistentes en algunos valles han disparado sin embargo su incidencia aumentando casi en un 100% en el embalse del Porma, en un 140% en el del Ebro y probablemente aún más en el de Barrios de Luna donde no es posible una cuantificación precisa pero donde la comparación entre estaciones próximas y lejanas a la masa de agua arroja diferencias que superan la relación de uno a diez.

En la estación de Reinosa, la más completa de las disponibles, la nebulosidad pasa de un promedio de 56,8 días al año en el periodo 1924-45 a otro de 136,7 entre 1946 y 1986. El aumento alcanza sus máximos valores relativos al final del invierno a pesar de ser el verano la estación que más días de niebla registra: julio conocía 7,9 días antes de la construcción del embalse situandose el promedio desde entonces en 16,1 días.

Este espectacular incremento del número anual de días de niebla no puede imputarse a un simple accidente estadístico relacionado con la variabilidad interanual: hasta la puesta en funcionamiento del embalse nunca se habían sobrepasado los 69 días de niebla del año 1937. Sin embargo, una vez anegado el valle, el año en que menos veces se ha observado, 1950, registra 89 casos. Una evolución comparable se observa en el embalse del Porma, menos favorable "a priori" para la formación de nieblas: se ha pasado aquí de los 18 días de niebla al año que registró Vegamián entre 1951 y 1967 a los 35,6 de Porma entre 1975 y 1990.

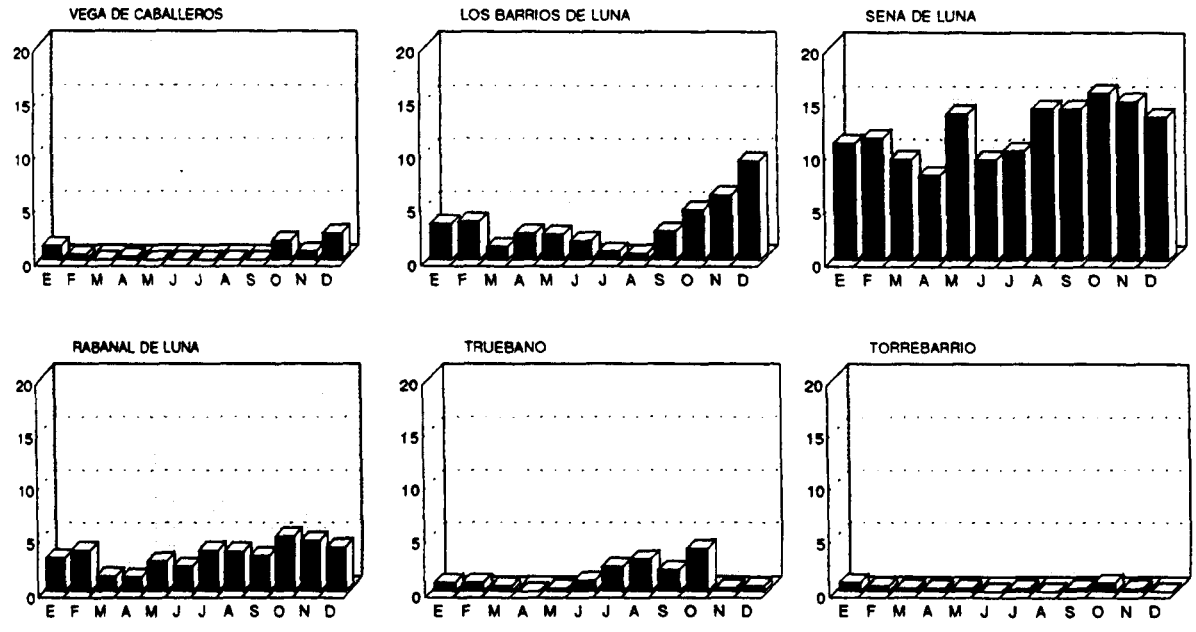

Figura 4. Embalse de Barrios de Luna. Días de niebla en una serie de estaciones.

La niebla no afecta por igual a todo el entorno de los embalses. Máxima en el fondo del valle inmediatamente aguas arriba de la cola, disminuye a la altura de la presa para desaparecer aguas abajo en muy escasa distancia como consecuencia del calentamiento adiabático (bastando en algunos casos el simple desnivel de la presa para que ello ocurra).

A este hecho de carácter general hay que sumar otras locales y, por lo mismo, difíciles de sistematizar, como son la orientación, distancia al agua, exposición al viento y cubierta vegetal que, combinados, explican las grandes diferencias de nebulosidad observadas de unos puntos a otros: las nieblas que se generan sobre los embalses raramente superan algunas decenas de metros de espesor y ello facilita la mezcla del aire húmedo que la contiene con el seco, no saturado, que recubre las laderas circundantes. Cuando esto se produce, la niebla tiende a disiparse o a deshilacharse en bancos irregulares desapareciendo rápidamente de los lugares que le resultan desfavorables pero manteniendose en aquellos otros, a veces muy próximos, que presenten condiciones adecuadas para su persistencia.

Ello explica la diferencia tan notable entre los promedios registrados en Reinosa o Villasuso (137 y 76 días al año respectivamente), los de Arija, Corconte y Cabañas de Virtus (comprendidos entre 40 y 50) y los de Cilleruelo de Bezana que no supera los 20 días al año en el entorno del embalse del Ebro, o, en Barrios de Luna, el contraste entre los 147 días de Sena, los 84 de Caldas y los 39 que se registran sobre la presa[2].

En general, las nieblas se producen en el fondo del valle hasta distancias del orden de 5-6 km aguas arriba de la cola disminuyendo rápidamente después: Villafeliz, a 5 km del vaso del

Luna registra nieblas 71 días al año mientras que Truébano, un par de km más lejos, no pasa de 15 (cifra que comparable a las del resto de la comarca "no afectada" por el embalse. De la misma manera, la Puebla de Lillo, a 4 km del Porma, parece acusar un ligero incremento de la niebla tras la puesta en servicio del embalse (de 16,4 días en el periodo 1961-68 a 18,7 entre 1969 y 90). Por otra parte, cualquier cambio de altitud las hace desaparecer, muy rápidamente si se desciende, más paulatinamente cuando lo que se produce es un ascenso: Vega de Caballeros, a 4 km de la presa de Barrios de Luna pero 150 metros por debajo, no registra más que 7 días de niebla al año mientras que Robledo de Luna, aún más próximo pero un centenar de metros por encima del nivel del agua, no pasa de 11.

No obstante, no es raro que las nieblas queden "pegadas" al embalse con ocasión de inversiones térmicas locales. En estos casos limitan sus efectos al entorno inmediato de la masa de agua impidiendo el paso de la radiación solar y contribuyendo a mantener sobre ella un ambiente frío y húmedo muy persistente.

Creemos que los hechos comentados pueden generalizarse al conjunto del ámbito cantábrico: aunque no siempre existen datos estadísticamente explotables, diversos indicios parecen corroborar un significativo incremento de los días de niebla en embalses no sólo de grandes dimensiones (Riaño) sino también en lagos medios como Requejada, La Cohilla o Sobrón (Palencia, Cantabria, Burgos respectivamente) existiendo incluso citas o testimonios orales referentes a pequeños embalses como el orensano de Velle o el cántabro de Los Corrales de Buelna (DIAZ,1978; G.CODRON-BERMEJO,1988).

El aumento de la niebla está acompañado del de las nubes bajas, algo perfectamente consecuente pero difícil de cuantificar a falta de registros útiles (aunque podemos utilizar como orientativas las cifras de Reinosa donde la nubosidad total, expresada en octavos, pasa de un promedio de 5,1 en el periodo 1913-45 a otro de 5,5 entre 1946 y 1975 con un incremento máximo al final del verano y mínimo al final del otoño (MOLINA,1977).

Es lógico imaginar que el aumento de la nubosidad y de las nieblas conlleven alteraciones en los demás elementos del clima y, en particular, en el régimen de temperaturas a través tanto del descenso de la insolación como de los constantes cambios de estado del agua: la evaporación que se produce sobre el embalse detrae grandes cantidades de calor y toda esta energía es exportada hasta el lugar en que se produzca la condensación. En cuanto el aire húmedo se desplace por el fondo del valle o hacia las laderas circundantes, el balance, por definición, será negativo produciendose una pérdida de calor y una tendencia al enfriamiento de las temperaturas medias que se suma a la generada por la menor insolación.

Estos hechos podrían explicar el descenso térmico que se ha observado tras la puesta en servicio de los embalses (y que contradice la tendencia general de la región): la temperatura media anual de Reinosa ha pasado de 9,3°C en el periodo 1913-45 a 8,9 entre 1946 y 80 lo que implica una pérdida de cuatro décimas mientras que en el embalse del Porma la diferencia se eleva a seis décimas pasando el emplazamiento de Vegamián de 8,3 a 7,7°C. Aunque en general esta variación no afecte a los valores más extremos, un descenso comparable aparece en las máximas, en las medias y en las mínimas lo que parece corroborar el significado de los datos.

El diferente comportamiento del agua y de la tierra va a alterar el régimen térmico estacional

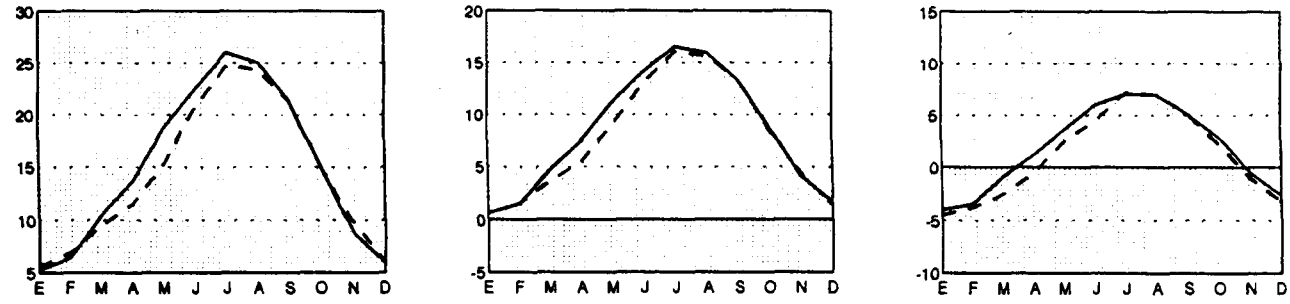

Figura 5. Embalse de Porma. Temperaturas máximas medias, medias y mínimas medias. En línea continua, situación previa al embalse (Vegamian, 1951-67); en discontinua, posterior a su puesta en servicio (Porma, 1968-93).

produciendo un desfase entre las temperaturas de la masa embalsada, de muy lenta evolución, y las de las areas no anegadas, de "reacciones" mucho más rápidas. Ello retrasa las estaciones enfriando las primaveras y caldeando los otoños del entorno de los embalses (aunque el descenso general de las temperaturas que estos producen tiende a compensar el alargamiento de los veranos y a hacer perceptible, sobre todo, el enfriamiento primaveral): las temperaturas medias del mes de noviembre ganan 0,1°C en Reinosa y 0,3°C en Vegamián mientras que las de mayo pierden 0,8 y 2,2°C respectivamente.

De la misma manera, mientras que las temperaturas máximas más altas del año se producían, como media, el 13 de julio en Vegamián, no aparecen hasta el 1 de agosto en Porma lo que implica un retraso de nada menos que 19 días. Con las mínimas ocurre algo parecido aunque el desfase no sea tan espectacular habiendo pasado el "centro de gravedad" del invierno del 16 al 20 de enero. Promediando ambas cifras, podemos estimar el retraso global de las estaciones en este embalse entre 12-13 días.

El retraso de las estaciones aparece tanto en las temperaturas medias como en las máximas y mínimas medias de cada mes. Sólo los valores extremos absolutos parecen presentar bastantes excepciones a esta tendencia. Sin embargo, el comportamiento de unos y otros parámetros no es idéntico lo que da, como consecuencia del distinto juego de las mínimas y de las máximas, una reducción de la amplitud térmica anual, de 0,5° en el Porma y de 0,4° en Reinosa.

Menor amplitud térmica anual, primaveras más frías y otoños más cálidos nos hablan, en síntesis, de un clima que, influido por una gran masa de agua, ha experimentado una especie de "oceanización". Así, el Indice de Oceanidad de Kerner pasa de 19,1 a 23,5 en Reinosa; de 9,4 a 20 en Vegamián-Porma y que de 15,8 antes de la construcción del embalse en Barrios de Luna ha saltado a 19,5 en Rabanal. En todos los casos se observa un incremento que nos aleja de las condiciones meseteñas (Palencia: 9,6, León: 8,9) para acercarnos a las del cantábrico (Santander: 29,7, Gijón: 27,5). Con el Indice de Continentalidad de Gorezynski se llega a resultados similares: mientras que las estaciones cantábricas muestran valores próximos a 5 y las del centro de la cuenca del Duero rondan los 25, Reinosa pasa de 13,6 a 12,6, Vegamián de 19,6 a 18,4 y de los 22,3 de los

Barrios de Luna se desciende en Rabanal de Luna a 17,7.

Estas tendencias van a influir directamente en los demás elementos del clima: tanto las nevadas como los días de helada disminuyen en otoño para incrementarse en proporciones comparables en primavera alargandose sensiblemente el periodo con riesgo de heladas. Como consecuencia de ello mayo ha pasado de sufrir un promedio de 2,5 heladas a registrar más de 4,4 y mientras que julio era en Vegamián el único mes libre de heladas, agosto lo es en Porma. Al mismo tiempo, el inicio de la "temporada de las nieblas" se adelanta en el mismo embalse acusandose aún el efecto en la Puebla de Lillo a 4 km de distancia.

Se observan por fin algunas anomalías menores en el régimen de precipitaciones relacionadas sin duda con el incremento de la humedad y de las nieblas. Aunque los volúmenes totales precipitados dependen en su mayor parte de situaciones mesoescalares que no se ven afectadas por los embalses, las nieblas y nubes bajas a ellas asociadas han dado lugar a un fuerte incremento del número de días con lluvia inapreciable (los "orballos" pasan de 6,2 al año en Reinosa entre 1921 y 1945 a 23,2 entre 1946 y 1974 lo que implica un aumento de un 274%).

Es posible, por último, que el calentamiento diferencial de la masa de agua pueda llegar a afectar a la estructura vertical de la atmósfera favoreciendo la persistencia de situaciones estables al final del invierno (lo que podría contribuír al reforzamiento de las nieblas y a la disminución de las precipitaciones) y generando, al contrario, situaciones de inestabilidad o incluso bajas térmicas relativas al final del verano y otoño.

EFECTOS CLIMATICOS OBSERVADOS (CUADRO DE SINTESIS)[3]

PARAMETRO	EFECTO	INTENSIDAD APROX.
HUMEDAD	Número de días de rocío	+100%
	Número de días de niebla	+100/140%
	Nubosidad total	+0,4 octavos (?)
TEMPERATURA	Temperatura media	-0,4/-0,6°
	"Retraso estaciones"	12/13 días
	Temperaturas en primavera	-0,8/-2,2°
	Temperaturas en otoño	+0,1/+0,3°
	Amplitud térmica anual	-0,4/-0,5°
PRECIPITACION	Total anual	-12/14% (?)
	Número días "precip.inapreciable"	+270%

II.- CONCLUSIÓN

Los datos analizados a lo largo de este trabajo demuestran el impacto que algunos de los grandes embalses cantábricos han producido en el microclima de sus entornos respectivos. Tales impactos son bastante importantes en su periferia inmediata, en particular en torno a la cola, pero sus efectos se diluyen en distancias que, en el peor de los casos, no deben alcanzar la decena de kilómetros. Pensamos que los fenómenos descritos, en esencia, se repiten en los diversos embalses examinados y que los resultados pueden ser ilustrativos de una tendencia general extrapolable, al menos, al resto del contexto cantábrico.

NOTAS AL TEXTO

1. Se han realizado ocho conjuntos de observaciones consistentes en pesar el agua absorbida por un "sandwich" de gasa y celulosa depositado sobre el suelo. Aunque no se pretende más que la obtención de un "orden de magnitud" de la condensación, la relativa regularidad y la proximidad de los resultados obtenidos en distintos puntos de observación en cada episodio nos anima a aceptar, en una primera aproximación y a falta de mayor información, una cifra del orden de los 175 gramos de agua por m^2 de superficie y noche.

2. Los resgistros de algunas de estas estaciones son breves, discontinuos y no siempre sincrónicos por lo que los datos citados no deben considerarse más que a efectos comparativos.

3. Se reseñan exclusivamente hechos observados y bien documentados en el área de estudio. Se ha incluído no obstante un signo (?) en aquellos valores que siendo reales plantean problemas de interpretación.

BIBLIOGRAFÍA

- DIAZ-FIERROS VIQUEIRA,F. (1978). "Perturbaciones mesoclimáticas por la puesta en servicio del Embalse de Velle (Orense)". *Avances sobre la investigación en Bioclimatología*, Salamanca.

- FU,B.P.;ZHU,C.G. (1984). "The Effects of Xinanjiang Reservoir on Precipitation". *Geojournal* 8.3. pp. 229-234.

- GARCIA CODRON,J.C.;BERMEJO ZUBELZU,O. (1988). "Consecuencias climáticas de la creación de un embalse. Estadística y percepción". *ERIA, Revista de Geografía*, 16, pp.125-130.

- GARCIA CODRON,J.C. (1994). "Los embalses y el clima. Observaciones en la Montaña Cantábrica". *Cambios y variaciones climáticas en España, Actas I Reunión del Grupo de Climatología de la AGE, Universidad de Sevilla, Fundación el Monte*, Sevilla, pp. 313-328.

- MOLINA VICO, José Manuel (1977). "Nubosidad en Reinosa (Santander)". *Boletín Centro del Ebro*, 31, Servicio Meteorológico Nacional. Zaragoza.