

# **ESCORRENTÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS GENERADAS EN CUENCAS AGRARIAS: PRIMEROS RESULTADOS DE LA RED DE CUENCAS EXPERIMENTALES DEL GOBIERNO DE NAVARRA**

Casalí Sarasibar, J. (P), López Rodríguez, J. J., Agirre Bereziartua, U., Gastesi Barasoain, R., Goñi Garatea, M., Moreira Baigorri, I.\*

## **RESUMEN**

Se describen y analizan brevemente los primeros resultados provenientes de dos de las tres cuencas de la Red de Cuencas Agrarias Experimentales que el Gobierno de Navarra ha instalado en zonas representativas con el objeto de obtener una valoración del efecto de la actividad agraria sobre el entorno. Las dos cuencas están situadas en la Zona Media de Navarra y cultivadas con cereal de invierno. La casi totalidad de la escorrentía, sedimento, nitrato, fosfato y potasio que ha marchado de las cuencas lo ha hecho en los meses de invierno, mientras que la precipitación se ha distribuido de manera mucho más homogénea. Las dos cuencas se han comportado de manera muy diferente, aunque la meteorología y el manejo del suelo han sido similares. En una de ellas, las pérdidas de suelo y de nitratos han sido muy importantes, y repetidas en los dos años estudiados, evacuándose hasta 6000 kg/ha/año de sedimentos, 160 kg/ha/año de nitratos, y perdiéndose rápidamente más el 24 % del nitrógeno aplicado. En dicha cuenca las concentraciones en la corriente de nitratos y fosfatos superan ampliamente los límites legales durante buena parte del año. En la otra cuenca, estos valores son menores, y la evacuación de sedimentos en concreto casi insignificante. La explicación a este comportamiento parece radicar en las diferencias en los tipos de suelos y en la diferente morfología de ambas cuencas. Las relaciones entre escorrentía y precipitación anual en ambas cuencas han sido del orden de 0.25.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Una adecuada valoración del efecto de la actividad agraria sobre el entorno y la propuesta en consecuencia de mejoras en el manejo del terreno, requiere la recolección y análisis de información a diversos niveles: territorial (características, uso y manejo del suelo), meteorológico, hidrológico, presencia de contaminantes en el agua y en el suelo. En este contexto, y dada la escasez de datos, el Gobierno de Navarra, a través del Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación, decidió proceder a la instrumentación de cuencas agrarias representativas de amplias áreas del territorio navarro, con el fin de recabar el tipo de información citado. La instrumentación consistió en una estación meteorológica automática con almacenamiento de registros cada 10 minutos; varios pluviógrafos totalizadores y una o dos estaciones de aforo (en adelante denominadas estaciones hidrológicas) en las que además de los datos de caudal se registran datos de calidad de las aguas. Los datos en ellas obtenidos son de gran utilidad para una mejor estimación de recursos hídricos

---

\* Universidad Pública de Navarra, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural, Campus de Arrosadía s/n, 31006 Pamplona, Navarra.  
[jcs@unavarra.es](mailto:jcs@unavarra.es) 948 169173

disponibles, para la caracterización hidrológica de las zonas estudiadas, y para la evaluación de diversos modelos de simulación de interés en la gestión y planificación del territorio.

En la actualidad están en funcionamiento tres cuencas experimentales (Del Valle de Lersundi y Donézar, 1995; Donézar y del Valle de Lersundi, 2001). Dos de ellas, denominadas Latxaga y La Tejería, representan las condiciones de cultivo de los buenos secanos cerealistas de la Zona Media de Navarra, mientras que otra, Oskotz, se encuentra en terrenos sometidos a una actividad ganadera intensa. Las dos primeras se construyeron en 1994, y la tercera en 1997. El objeto de este artículo es la descripción y análisis de los primeros datos provenientes de las cuencas de Latxaga y La Tejería, en concreto de los datos de precipitación, escorrentía, y evacuación de sedimentos, nitratos, potasio y fosfatos.

## **2. DESCRIPCIÓN DE LAS CUENCAS. INSTRUMENTACIÓN**

Una descripción detallada puede verse en Donézar y del Valle de Lersundi (2001). En las líneas que siguen se realiza una breve descripción general, destacando los aspectos de mayor interés para el comentario de los resultados presentados en este artículo.

### **2.1. Cuenca de Latxaga**

La cuenca de Latxaga (figura 1a), con una superficie de 205 ha, ocupa terrenos de los términos municipales de Lizoain y Urroz-Villa. Sus altitudes oscilan entre los 504 y los 639 m. En lo que se refiere al relieve, se distinguen unos fondos de valle de pendiente suave (5-7 %) frente a laderas donde ésta se acrecienta (20-30 %). El clima en la zona se puede clasificar como submediterráneo húmedo. La precipitación media anual asciende a 835 mm distribuidos en 95-100 días de lluvia. La temperatura media anual es de unos 12 °C. El material geológico consiste en arcillas margosas, margas grises de Pamplona.

Los suelos más abundantes son los *Paralithic Xerorthents* (Soil Taxonomy), con 169 ha. Se sitúan sobre las laderas de erosión, y su profundidad es de menos de 0.50 m. La clase textural del primer horizonte es arcillo-limosa, con estructura masiva y un contenido de materia orgánica del 1.5 %. Se trata de suelos someros, poco desarrollados o muy erosionados, con más del 40 % de carbonatos, un contenido de arcilla de alrededor del 31 %, y de limo del 37 %. Suelos *Fluventic Xerochrept* ocupan las 31 ha restantes, y ocupan laderas de acumulación y los fondos de vaguada. La clase textural del primer horizonte es franco-arcillo-limosa (35 % de arcilla y 42 % de limo), con estructura masiva y un contenido en materia orgánica del 1.5 %. Son suelos profundos de más de 1.5 m.

La cuenca se encuentra ocupada prácticamente en su totalidad por cultivos de cereal, con producciones medias de 3.500 a 4.000 Kg/ha en las laderas y de 5.500 Kg/ha e incluso superiores en los suelos más profundos. Los cauces presentan en sus orillas, y a veces en el propio lecho, abundante vegetación. En cuanto a la fertilización se siguen las pautas de Instituto Técnico de Gestión Agrícola. No se recomienda el nitrógeno en siembra para cereales de invierno, y el abonado se efectúa en dos aplicaciones en cobertera: la primera hacia el 15 de enero (cuatro hojas) y la segunda hacia el 15 de marzo (final del ahijamiento). El tipo de abono aplicado suele ser DAP (18-46-0) ó Superfosfato 45 %. La fertilización con fósforo y potasio se realiza cada tres años, a razón de 1 UFP/100 kg de cosecha, que equivale a 165 kg DAP/ha/año, inmediatamente antes de la siembra. Estos aspectos sobre fertilización son comunes a las dos cuencas. La cantidad de UFN aplicadas en Latxaga anualmente es de unas 230 UFN/ha.

## 2.2. Cuenca de La Tejería.

La cuenca de La Tejería (figura 1b) se encuentra en el término municipal de Villanueva de Yerri. Posee una superficie de 159 ha distribuida entre altitudes de 496 y 649 m, con una pendiente media del 12 %. El clima es submediterráneo húmedo, con una precipitación media anual de 700 a 750 mm distribuidos en unos 105 días de lluvia. La temperatura media anual es de unos 13 °C. Es de destacar que esta cuenca vierte directamente al embalse de Alloz, de 62.8 Hm<sup>3</sup> de capacidad, utilizado para riego. El material geológico consiste en arcillas y areniscas de facies continentales.

Los suelos más abundantes se clasifican como *Tipic Xerorthents*. Aparecen en las laderas de erosión ocupando 128 ha. Son suelos relativamente poco profundos, de menos de 1 m metro de espesor, de texturas arcillosas (40 % arcilla, 48 % de limo), con más del 40 % de contenido en carbonatos y un contenido en materia orgánica del 1.6 %. Los suelos clasificados como *Tipic Xerochrepts* y *Calcixerollic Xerochrepts* ocupan 25 ha en laderas de acumulación y fondos de vaguadas, con texturas arcillosas. Se trata de suelos moderadamente profundos, con espesores que varían entre 1 y 1.5 metros. Los *Calcixerollic Xerochrepts* presentan un horizonte cálcico de acumulación de carbonatos y debido a ello el contenido de carbonatos en suelo es menor del 40 %. Finalmente, los suelos clasificados como *Fluventic Xerochrepts* ocupan las 6 ha restantes. Son suelos profundos, con contenido de arcilla del 35 % y del 42 % de limo y un contenido de materia orgánica del 1.5 %.

La cuenca se encuentra cultivada prácticamente en su totalidad con cereales de invierno, con rendimientos medios de 3.500 a 4.000 Kg/ha en las laderas más pendientes, de 4.500 a 5.000 Kg/ha para las laderas de acumulación y de 5.500 Kg/ha e incluso más en los fondos de vaguada. En cuanto a la fertilización, las pautas generales son las mismas que las expuestas para Latxaga. Se aplican unas 150 UFN/ha/año. Los cauces presentan poca vegetación en orillas y lecho en comparación con la que aparece en Latxaga.

## 2.3. Instrumentación

Las estaciones meteorológicas instaladas en las cuencas (Donézar y Del Valle de Lersundi, 2001), registran los valores de las diferentes variables cada 10 min. En las estaciones hidrológicas, el nivel del agua para la determinación del caudal y turbidez, se registran igualmente cada 10 min. Desde 1999 los datos meteorológicos se someten al mismo tratamiento en cuanto a calibración de los instrumentos y calidad de los datos que el resto de las estaciones meteorológicas automatizadas de la red existente en Navarra, siendo la empresa CETENASA (Centro Tecnológico de Navarra S. A.) la encargada de su realización.

Los sensores de presión colocados en las estaciones en primera instancia se cambiaron por sensores de tipo boya y contrapeso en mayo de 1.999 con el fin de solventar algunos problemas encontrados. Los datos de caudal provenientes de la estación hidrológica se han contrastado con aforos directos mediante molinete hidráulico y vertederos de pared delgada realizados por el Servicio de Estructuras Agrarias del Gobierno de Navarra, existiendo una gran coincidencia. A partir de los datos cada 10 min, se han obtenido los valores de precipitación y escorrentía diarios utilizados en este artículo. Además, en un pocillo excéntrico de 0.66 m de diámetro colocado en la cara aguas abajo del propio vertedero, se realizan de manera automática muestreos de la corriente con frecuencia diaria mediante un tomamuestras programable de 24 botellas de 500 ml. En los periodos con caudal muy bajo o despreciable no se realizan muestreos. Las muestras, recogidas periódicamente, se analizan siguiendo el método estándar de análisis de calidad de aguas del Laboratorio Agrario del Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación del Gobierno de Navarra, determinando el valor de las siguientes variables: concentración de sedimentos (g/l); concentración de nitratos, fosfatos, potasio, carbonatos, bicarbonatos, calcio, magnesio, cloruros, sulfatos y sodio (mg/l).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez analizados los valores de las variables estudiadas se ha buscado un periodo de tiempo suficientemente largo con datos completos, que es el que fundamentalmente se analiza en este artículo. Algunos otros datos parcialmente disponibles también han sido incorporados al análisis de este artículo (figura 2). En alguno de los días se han producido fallos totales en las estaciones no pudiéndose recoger en ellas dato alguno. En el periodo analizado en este artículo, este problema se ha dado en muy pocos días, la mayor parte de ellos sin apenas escorrentía, de manera que la validez de los resultados presentados no queda cuestionada. Además, los datos de precipitación diaria perdidos han sido restituidos mediante regresión lineal con el método de las dobles masas (Llamas, 1.993) utilizando las estaciones meteorológicas más cercanas, Aoiz para el caso de Latxaga y Estella para el caso de La Tejería, con un valor de  $r^2$  del orden de 0.98 en ambos casos.

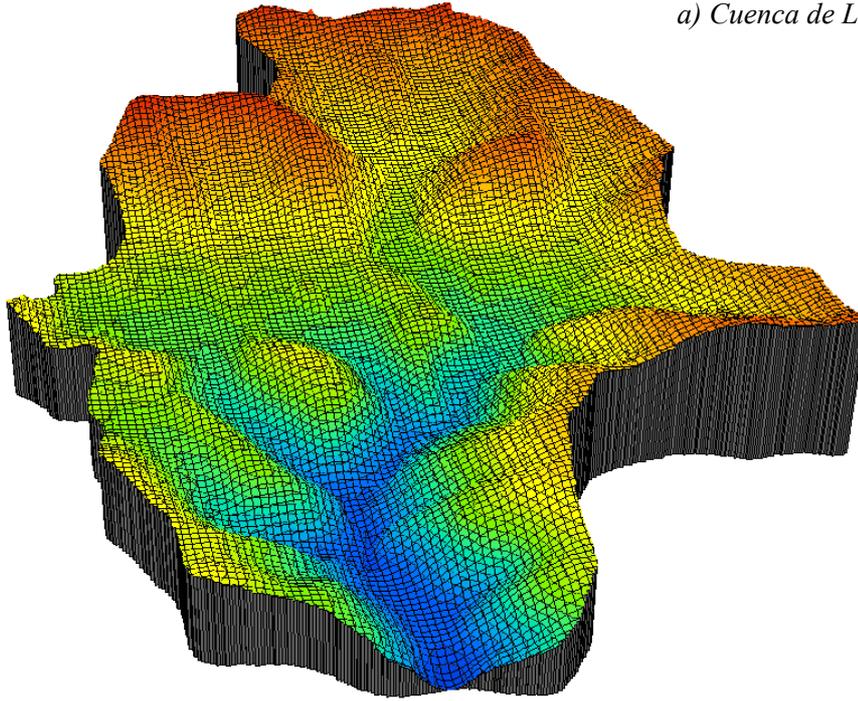
#### 3.1. Precipitación y escorrentía

La precipitación total en los tres años considerados en Latxaga ha sido respectivamente de 1057, 747 y 829 mm, y en La Tejería de 933, 607 y 622 mm (figura 2a, 2b). Por tanto, el primer año ha resultado más húmedo que la media, mientras que los dos siguientes más secos. Los eventos de lluvia diaria más destacados en Latxaga han sido: para el periodo 1996-97 el del 5 de agosto de 1997, con 113 mm y un periodo de retorno de unos 30 años; para 1997-98 el del 1 de septiembre con 43 mm y un periodo de retorno de unos 2 años; para 1998-99 el del 31 de mayo, con 33 mm. En La Tejería, destacan los eventos siguientes: para 1996-97 el del 5 de diciembre, con 50 mm y un periodo de retorno de unos 2 años; para 1997-98 el del 6 de noviembre, con 41 mm. Por tanto, puede decirse que sólo se han registrado una precipitación más o menos excepcional en el periodo de tiempo considerado. Las intensidades de precipitación máxima registradas en diez minutos a partir de los eventos seleccionados en Latxaga han sido: 78.6 mm/h el 2 de junio para el periodo 1996-97; 11.4 mm/h el 2 de diciembre para el 1997-98, y 12 mm/h el 30 de diciembre para 1998-99. Estos mismos valores para La Tejería son: 75 mm/h el 9 de julio para el periodo 1996-97, y 10.8 mm/h el 18 de diciembre para el periodo 1997-98. En la tabla 1 puede verse la distribución de lluvias en estaciones. Parece concluirse que no hay una estacionalidad especialmente marcada en las precipitaciones. Por otro lado, se observa cómo las mayores intensidades de precipitación se han registrado en verano.

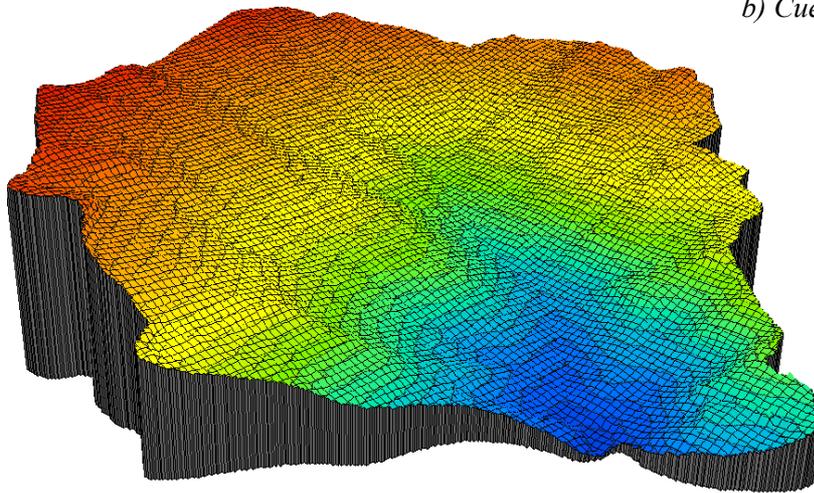
	Cuenca de Latxaga				Cuenca de La Tejería			
	% de la precipitación total en cada estación				% de la precipitación total en cada estación			
	96-97	97-98	98-99	Media	96-97	97-98	98-99	Media
Otoño (septiembre, octubre, noviembre)	23.0	29.4	33.4	28.6	17.0	29.2	28.7	25.0
Invierno (diciembre, enero, febrero)	29.0	32.1	19.4	26.8	35.2	27.0	20.7	27.6
Primavera (marzo, abril, mayo)	14.4	26.0	31.5	24.0	16.6	25.8	29.0	23.8
Verano (junio, julio, agosto)	33.6	12.5	15.7	20.6	31.2	18.8	21.6	23.6

*Tabla 1. Porcentaje de la precipitación total anual recogida en las distintas estaciones del año en las dos cuencas para los años agrícolas estudiados. El número entre paréntesis indica el valor medio*

*a) Cuenca de Latxaga*



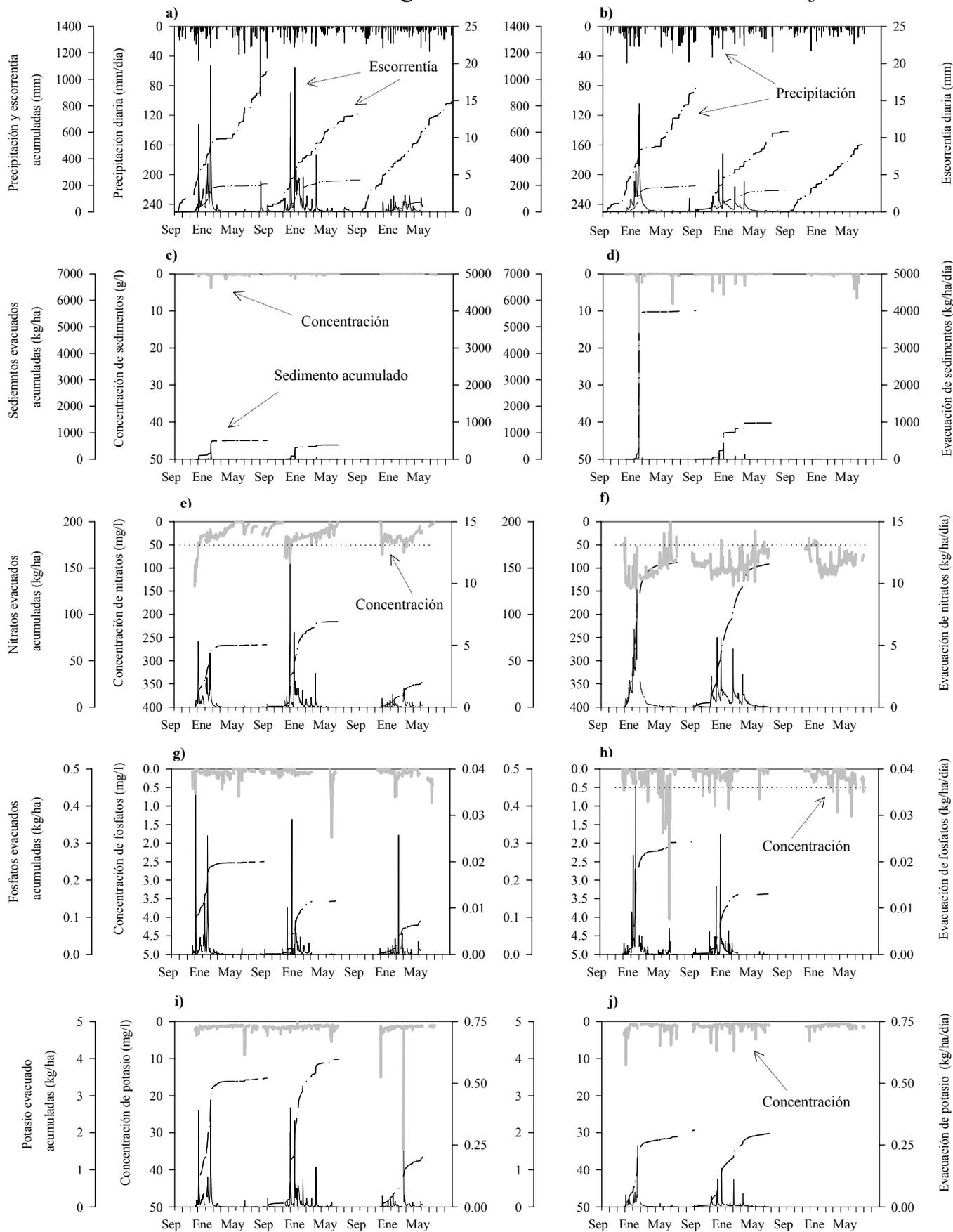
*b) Cuenca de La Tejería*



**Figura 1.** Representación tridimensional de los modelos de elevación digital de Latxaga (a) y La Tejería (b)

## Cuenca de Latxaga

## Cuenca de La Tejería



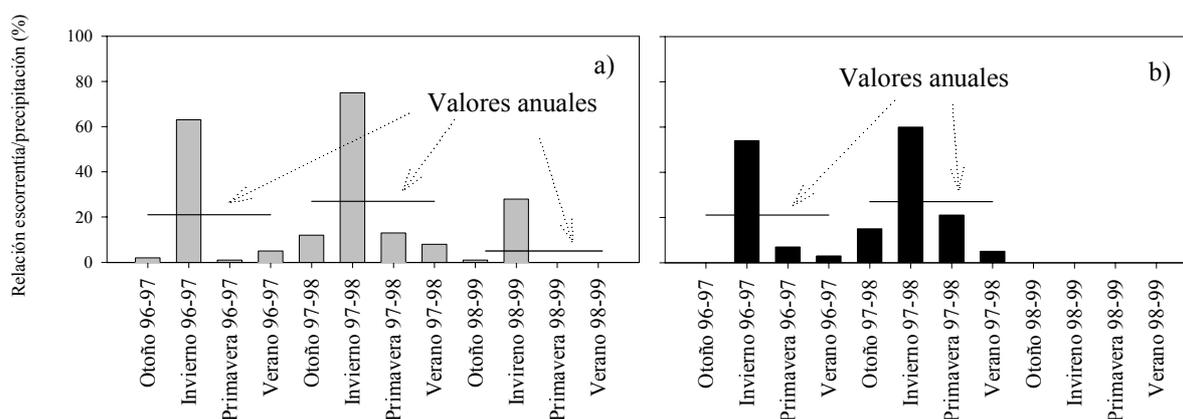
**Figura 2.** Representación de los valores diarios y diarios acumulados de las diferentes variables controladas en las cuencas de Latxaga y La Tejería desde septiembre de 1996 a agosto de 1999: precipitación y escorrentía (a, b); evacuación de sedimentos (c, d), nitratos (e, f), fosfatos (g, h) y potasio (i, j). Las líneas discontinuas en las figuras 2e, 2f y 2h indican las concentraciones máximas legales

Sin embargo, en cuanto a la escorrentía, sí se aprecia un marcado comportamiento estacional en ambas cuencas (figura 2a, 2b, tabla 2), pues la mayor parte de la misma ocurre en invierno. Ni siquiera lluvias copiosas fuera de la estación invernal han sido capaces de generar escorrentía apreciable (figura 2a, 2b). La explicación a este comportamiento hay que buscarla en la evolución del contenido de humedad del suelo y en el desarrollo del cultivo. Por otro lado se observa una menor escorrentía por unidad de superficie en La Tejería (figuras 2a y 2b), posiblemente debido a la mayor capacidad de retención del suelo, causada a su vez probablemente por la mayor profundidad del mismo. Esta mayor capacidad de retención del suelo de La Tejería quizás explique los mayores porcentajes de escorrentía que se generan en épocas no invernales y los menores caudales específicos punta.

	Cuenca de Latxaga				Cuenca de La Tejería			
	% de la escorrentía total en cada estación				% de la escorrentía total en cada estación			
	96-97	97-98	98-99	Media	96-97	97-98	98-99	Media
Otoño (septiembre, octubre, noviembre)	0.0	11.2	-	5.6	0.0	16.4	-	8.2
Invierno (diciembre, enero, febrero)	91.0	75.2	-	83.1	91.0	60.0	-	75.5
Primavera (marzo, abril, mayo)	1.0	10.4	-	5.7	5.0	20.2	-	12.6
Verano (junio, julio, agosto)	8.0	3.2	-	5.6	11.0	3.0	-	7.0

**Tabla 2.** Porcentaje de la escorrentía total anual registrada en las distintas estaciones del año en las dos cuencas para los años agrícolas estudiados. El número entre paréntesis indica el valor medio

Como consecuencia de lo anterior, la relación entre escorrentía y precipitación también se comporta estacionalmente (figura 3). En efecto, en los meses de invierno dicha relación oscila entre el 54 y el 75 %, llegando a ser casi nula en los meses de verano y otoño. Los valores anuales de la relación escorrentía precipitación han sido de 0.20 y 0.32 para Latxaga y de 0.21 y 0.27 para La Tejería.



**Figura 3.** Representación de las relaciones entre escorrentía y precipitación estacionales y anuales de Latxaga (a) y La Tejería (b). Los datos de invierno se refieren a los meses de diciembre, enero y febrero, los de primavera a marzo abril y mayo y los de verano a junio julio y agosto.

Los caudales medios diarios máximos anuales se han localizado en las dos cuencas en los meses de noviembre, diciembre y enero. Así, en Latxaga el caudal medio diario máximo en el periodo 1996-97 se registró el 22 de enero con  $0.468 \text{ m}^3/\text{s}$ , en el periodo 1997-98 el 18 de diciembre, con  $0.461 \text{ m}^3/\text{s}$ , y en 1998-99, el 25 de noviembre, con  $0.055 \text{ m}^3/\text{s}$ . En La Tejería, estos valores son de  $0.285 \text{ m}^3/\text{s}$  el 23 de enero para el periodo 1996-97 y  $0.153 \text{ m}^3/\text{s}$  el 17 de diciembre para 1997-98. Los valores de caudal instantáneo (en 10 minutos) máximo anual, extraídos de la colección de eventos seleccionados, fueron, para Latxaga, de  $0.63 \text{ m}^3/\text{s}$  el 5 de diciembre para el periodo 1996-97, de  $0.98 \text{ m}^3/\text{s}$  el 2 de diciembre para 1997-98 y de  $0.138 \text{ m}^3/\text{s}$  el 30 de diciembre para 1998-99. En La Tejería, el 18 de diciembre de 1998 se alcanzó un caudal de  $0.640 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 3.2. Evacuación de sedimentos

Llama primeramente la atención (figura 2c y 2d) el muy diferente comportamiento en ambas cuencas. Mientras que en La Tejería los dos años estudiados registran pérdidas relevantes, en Latxaga, aun con mayor escorrentía por unidad de superficie, estas pérdidas son insignificantes. Las pérdidas en La Tejería alcanzan en el invierno de 1996 valores elevados, de más de  $0.6 \text{ kg}/\text{m}^2$ , probablemente por encima de las tolerancias máximas permitidas, que como valor máximo se sitúan en  $1.12 \text{ kg}/\text{m}^2$  (Wischmeier y Smith, 1978, citado en Schertz, 1983). Además, considerando que en general la mayor parte de las pérdidas tienen su origen en zonas muy concretas de las cuencas, y que el dato aportado se refiere únicamente a la evacuación por la exutoria de la cuenca, se deduce que en zonas concretas de la misma se ha producido una erosión de mayor intensidad. Además, en repetidas ocasiones se ha constatado la presencia de regueros, cárcavas y movimientos en masa en La Tejería, mientras que en Latxaga la ausencia de estas formas de erosión es casi total. Por tanto se deduce también la necesidad de identificar las fuentes de erosión dentro de las cuencas. Probablemente la explicación a la drástica diferencia en el comportamiento de ambas cuencas hay que buscarla en las diferencias en las propiedades de los suelos, más limosos en la Tejería, y en la topografía de la cuenca. Efectivamente, es posible que la de Latxaga, por su mayor tamaño, más compleja orografía (figura 1a) y por la mayor presencia de vegetación en los cauces, favorezca la acumulación de sedimentos en puntos intermedios, que quizás puedan ser movilizados en acontecimientos de lluvia extraordinarios. Una característica común detectada en ambas cuencas es la concentración de las pérdidas de suelo en un solo evento al año, que además ocurre en los meses de invierno. Tal hecho coincide con lo observado para erosión en cárcavas efímeras en el sur de Navarra (Casalí et al. 1999), donde la mayor parte de las pérdidas ocurren en un único evento al principio del invierno, con lluvias copiosas cayendo sobre suelos próximos a la saturación y casi desprovistos de vegetación protectora.

### 3.3. Nitratos, fosfatos y potasio

Dado que la evacuación de escorrentía y de sedimentos se concentra en los meses de enero y febrero, la evacuación de nitratos, fosfatos y potasio ocurre en los mismos meses (figuras 2e, 2f, 2g, 2h, 2i y 2j). Sin embargo, la concentración de estas sustancias en el agua de escorrentía no sufre fluctuaciones tan marcadas. A veces disminuye al aumentar el caudal por dilución, y en algunas épocas con bajo caudal esta concentración es elevada. La concentración de nitrato tiende a disminuir durante la campaña agrícola tras las aplicaciones en enero y marzo, y en La Tejería se mantienen casi constantemente por encima de la concentración máxima permitida por las directivas de la Unión Europea (figuras 2e y 2f). Lo mismo ocurre, aunque de manera más atenuada, para esta cuenca con la concentración de fosfatos (figura 2h). En La Tejería estos hechos son de mayor importancia ya que las aguas vierten al embalse de Alloz. También las pérdidas de nitrato y fosfato por unidad de superficie son mayores para La Tejería (figuras 2e, 2f, 2g y 2h). Aceptando como reales las UFN/ha/año citadas en los apartados 2.1 y 2.2 de este artículo, y las pérdidas por hectárea en las mismas (figuras 2e y 2f), puede estimarse el porcentaje de pérdidas ocurrido en cada cuenca (tabla 3). En La Tejería, las pérdidas de nitratos por escorrentía son en torno al 24 % del aplicado en abonado, mientras que en Latxaga no llegan al 10%. No ayuda a la explicación de estos resultados el que las aplicaciones de fertilizante sean menores en La Tejería que en Latxaga, ni tampoco que la escorrentía por unidad de

superficie sea menor en esta cuenca. Una explicación puede encontrarse en la movilización de estas sustancias con el sedimento, que es mucho más importante en La Tejería, y en la mucho mayor presencia de vegetación en Latxaga, vegetación que podría comportarse como filtro verde.

	Cuenca de Latxaga				Cuenca de La Tejería			
	96-97	97-98	98-99	Media	96-97	97-98	98-99	Media
UFN/ha aplicadas anualmente	230	230	230	230	150	150	150	150
UFN/evacuadas anualmente	15.5	21.2	6.1	14.3	36.0	35.5	-	35.6
Pérdidas anuales (%)	6.7	9.2	2.6	6.2	24.0	23.7	-	23.9

**Tabla 3.** UFN/ha aplicadas anualmente, UFN/ha evacuadas anualmente y porcentaje de pérdida de nitratos por escorrentía en las dos cuencas para los años agrícolas estudiados. El número entre paréntesis indica el valor medio

#### 4. CONCLUSIONES

En dos cuencas agrarias experimentales representativas de amplias áreas cultivadas de Navarra se ha comprobado un comportamiento marcadamente estacional. La casi totalidad de la escorrentía se ha generado en los meses de diciembre, enero y febrero, mientras que la precipitación se ha distribuido de manera mucho más homogénea. En consecuencia, la casi totalidad de los sedimentos, nitratos, fosfatos y potasio evacuados de las cuencas lo han sido en los mismos meses que la escorrentía. Por otro lado, las dos cuencas se han comportado de manera muy diferente aunque el clima y el manejo del suelo han sido similares. En una de ellas, la de La Tejería, las pérdidas de suelo y de nitratos han sido muy importantes, y repetidas en los dos años estudiados. En concreto, en dicha cuenca se han evacuado hasta 6000 kg/ha/año de sedimentos y 160 kg/ha/año de nitratos, perdiéndose el 24 % del nitrógeno aplicado apenas dos meses después de su aplicación. Además, en La Tejería las concentraciones en la corriente de nitratos y fosfatos superan ampliamente los límites legales durante buena parte del año. En la otra cuenca, la de Latxaga, estos valores son menores, y la evacuación de sedimentos en concreto casi insignificante. La explicación a este comportamiento parece radicar en las diferencias en los tipos de suelos presentes en las cuencas, más limosos y profundos en La Tejería, en la mayor presencia de vegetación en los cauces permanentes de la cuenca de Latxaga, y en la diferente morfología de ambas cuencas. Las relaciones entre escorrentía y precipitación anuales en ambas cuencas han sido del orden de 0.25. Estos datos serán de gran ayuda en la planificación del manejo de estas tierras.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha elaborado en el marco del Convenio de colaboración entre el Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación del Gobierno de Navarra y la Universidad Pública de Navarra para la elaboración de un Estudio sobre la Caracterización Hidrológica de la Red de Cuencas Experimentales Agrarias de Navarra. Los autores agradecen la colaboración prestada al Dr. Miguel Dóñezar y a D. Joaquín del Valle de Lersundi, del Servicio de Estructuras Agrarias del citado Departamento.

#### REFERENCIAS

- Casalí, J., J. López and J. V. Giráldez, 1999b. Ephemeral gully erosion in Southern Navarra (Spain): description and measurement. *Catena* 36:65-84.
- Del Valle de Lersundi, J. y M. Donézar, 1995. Erosión hídrica en las áreas cultivadas de Navarra. *Navarra Agraria*, 91: 25-32.

Donézar, M. y J. del Valle de Lersundi, 2001. Red de cuencas experimentales agrarias de navarra. XIX Congreso Nacional de Riegos. Zaragoza.

Llamas, J., 1993. Hidrología General. Principios y aplicaciones. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco. Bilbao.

Schertz, D. L., 1983. The basis for soil loss tolerances. J. Soil Water Conserv. 10-14.