



Basado en el Estudio del CSIC sobre el origen de la carga de nutrientes en el río Limia

## **Análisis estadístico, geo-hidrográfico, demográfico y de carga ganadera realizado por SGHN**

El análisis de SGHN se basa estrictamente en la información contenida en el “Anexo I. Datos obtenidos” del Informe del CSIC (tabla págs. 19-20). Los datos se exportaron a un archivo del paquete estadístico SPSS 15.0, con el que se realizó en primer lugar un análisis exploratorio para detectar posibles casos atípicos o extremos que pudieran afectar a la interpretación de los resultados. A continuación se realizaron análisis de varianza para cada variable estudiada con el fin de establecer si existen o no diferencias significativas entre localidades (o zonas) de muestreo y se elaboraron unas gráficas con un formato diferente al de las incluidas en el Informe del CSIC pero, insistimos, obtenidas directamente a partir de los datos originales.

### **Puntos de muestreo**

En las tablas y gráficas elaboradas por SGHN a partir de los datos del Informe del CSIC se ha conservado la numeración original de los puntos de muestreo, pero estos no aparecen en orden numérico correlativo sino que se han reordenado, agrupándolos en base a criterios geográficos-hidrográficos. En aras a facilitar su visualización e interpretación, en las gráficas se ha establecido un código de colores para cada una de las zonas identificadas por SGHN: cabeceras fluviales, sub-cuenca de Antela, charca arenera, sub-cuenca del Limia, Limia-Antela y embalse de As Conchas.

SGHN	Informe CSIC			
	Nº	Denominación	UTM-x	UTM-y
Cabecera-1	1	Río Limia aguas arriba de Couso	618305	4662778
Cabecera-2	2	Río Carreiro aguas arriba de Vilar de Rei	615979	4651796
Cabecera-3	9	Río Vidueiro aguas arriba del molino Abeseiro	597728	4666555
Cabecera-4	10	Río Faramontaos aguas arriba de Baltar (cruce ctera S. Martiño)	604664	4640834
Cabecera-5	14	Río Fírbeda cabecera (Puente carretera)	594472	4648894
Antela-1	6	Canal da Lagoa aguas arriba de Río Grande y Regato Ferradal	608613	4664103
Antela-2	7	Canal da Lagoa antes de incorporación al Río Limia	598251	4657263
Arenera	13	Laguna Observatorio	602581	4659223
Limia-1	3	Río Limia aguas arriba de la incorporación del Río Faramontaos	609275	4657331
Limia-2	4	Río Limia aguas abajo del Núcleo de Xinzo de Limia	603463	4656998
Limia-3	5	Río Limia aguas arriba de la incorporación del Canal da Lagoa	598271	4657000
Limia-Antela	8	Río Limia en la estación SAICA de Puente Linares	592429	4652730
Conchas-1	11	Río Limia cola embalse As Conchas (puente ctera Bande-Muiños)	586816	4647905
Conchas-2	12	Río Limia presa embalse de As Conchas (rampa embarcadero)	580034	4644158

*Observación :* Para los puntos 9, 10 y 14 el informe del CSIC no analizó todas las variables, por eso no aparecen en algunas de las gráficas elaboradas por SGHN.

En base a los análisis isotópicos, el Informe del CSIC descarta acertadamente que los nitratos procedan de fertilizantes inorgánicos sintéticos empleados en la agricultura y destaca que su origen son residuos orgánicos ganaderos y/o humanos.

Por tanto, una vía obvia para intentar avanzar en la identificación del origen del problema sería comprobar si las variables analizadas presentan o no alguna relación con la población humana y la carga ganadera existente aguas arriba de cada punto de muestreo. Al respecto, la llanura de A Limia brinda una interesante oportunidad pues se pueden diferenciar dos sub-cuencas hidrográficas en las que la población es muy diferente (relación 2,6 a 1) pero la carga ganadera es casi idéntica: la sub-cuenca del Antela y la sub-cuenca del Limia aguas arriba de la confluencia de ambos ríos. Gracias a esta situación puede plantearse como hipótesis a verificar que si el origen mayoritario de los nitratos fuesen aguas residuales urbanas mal depuradas debería haber diferencias importantes para las variables estudiadas entre ambas sub-cuencas, mientras que si el origen mayoritario fuesen residuos ganaderos las analíticas deberían ser muy similares en ambas sub-cuencas.

CSIC	SGHN	Población (habitantes)	Carga ganadera (UGM)
6	Antela-1	1933	12877
7	Antela-2	2782	18748
	Sub-cuenca Antela	4715	31625
3	Limia-1	2824	17564
4	Limia-2	8518	9400
5	Limia-3	978	4898
	Sub-cuenca Limia	12320	31862

## Concentración de nitratos disueltos

- Por localidades individuales de muestreo, los máximos valores se registran en el punto CSIC-6 (Antela-1) y CSIC-13 (charca arenera). Descartando los valores atípicos y extremos (que afectan sobre todo al punto CSIC-6 con tres valores elevadísimos, unas 2-3 veces mayores que los siguientes más altos), los promedios más elevados se obtienen en los puntos CSIC-13 (charca arenera) y CSIC-7 (Antela-2).
- En la sub-cuenca del Limia, la evolución de los niveles de nitratos en los puntos de muestreo sucesivos no encaja en absoluto con las enormes diferencias de población que vierte sus aguas residuales en cada tramo.
- Por zonas, la sub-cuenca del Antela presenta valores medios similares a los de la charca arenera y ambos son un 50% mayores que los de la sub-cuenca del Limia.

Los resultados por sub-cuencas apuntan a que el origen mayoritario de los nitratos no son los vertidos de aguas residuales de los núcleos de población, y encajarían mejor con un origen ganadero, pero no son concluyentes pues la concentración depende también del factor de dilución de los nitratos en el caudal del río en el punto de muestreo.

Los valores registrados en la charca arenera no encajan con la ausencia de vertidos de aguas residuales urbanas (núcleo de población más próximo a 2 km y no conectado por curso de agua), y con su distancia a los cauces del Antela (700 m) y el Limia (1,7 km) que recogen los vertidos de los núcleos de población aguas arriba. Tampoco encajan con el hecho de que en un radio de 1 km la actividad ganadera es relativamente reducida (3 granjas pequeñas) y la agrícola también pues la mitad de la superficie no está dedicada a la agricultura sino a la minería (extracción de áridos).

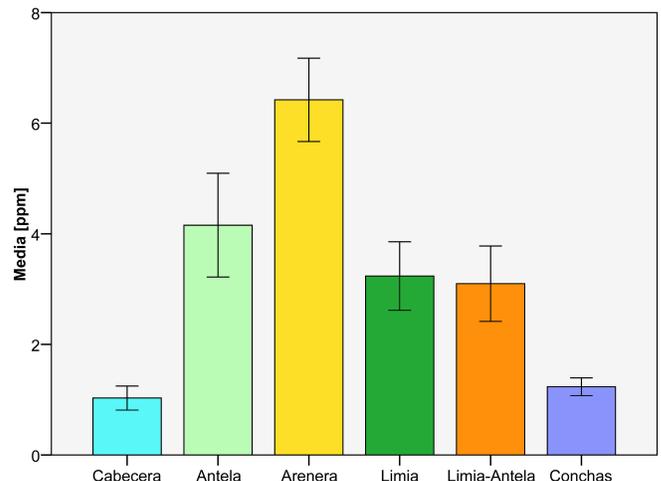
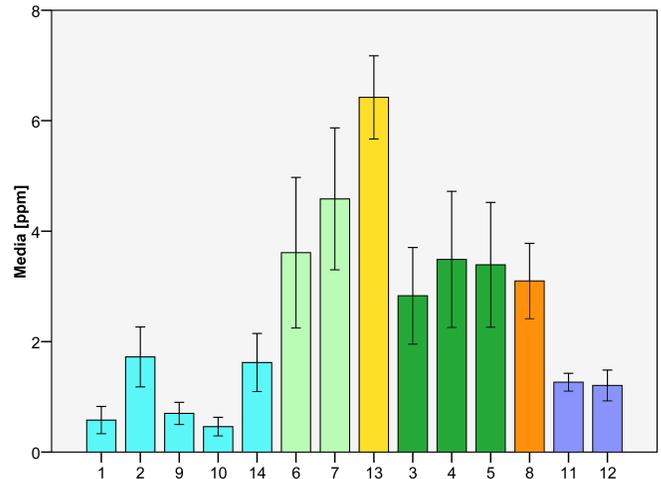
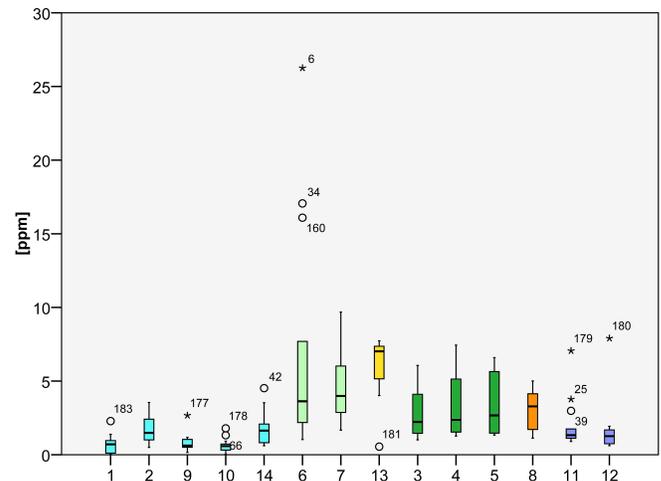
En resumen, las gráficas indican que a la llanura llegan aguas limpias de las cabeceras, que se cargan de nitratos rápidamente en la sub-cuenca del Limia y, sobre todo, del Antela, para luego disminuir aguas abajo de la confluencia de ambos ríos, seguramente por procesos de auto-depuración gracias a la vegetación acuática del cauce y también al aporte de aguas más limpias antes (ríos Vidueiro y Fírveda) y después de abandonar la llanura (río Cadós, aguas turbinadas a As Conchas desde el embalse del Salas).

Gráficos (de arriba a abajo)

Arriba: Diagrama de “caja y bigotes” de todas las medidas de nitratos disueltos en los 14 puntos de muestreo. Los círculos y los asteriscos indican, respectivamente, valores atípicos y extremos en base a criterios estadísticos.

Centro: Valores medios (barras) e intervalo de confianza (líneas verticales) de las concentraciones de nitratos disueltos en cada punto de muestreo una vez excluidos los valores atípicos y extremos.

Abajo. Valores medios (barras) e intervalo de confianza (líneas verticales) de las concentraciones de nitratos disueltos en cada zona identificada por SGHN una vez excluidos los valores atípicos y extremos.



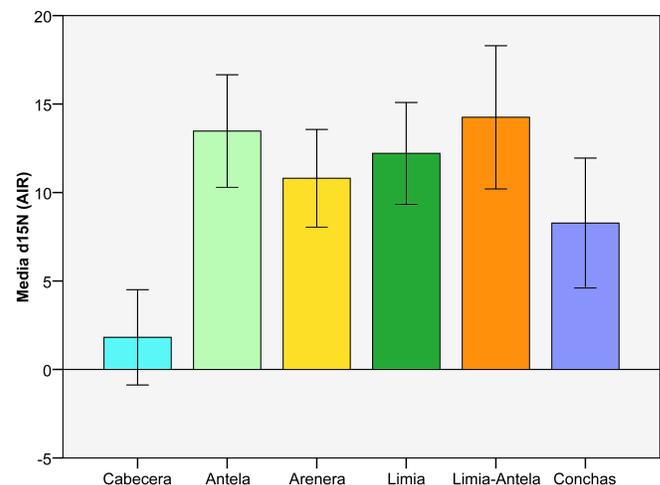
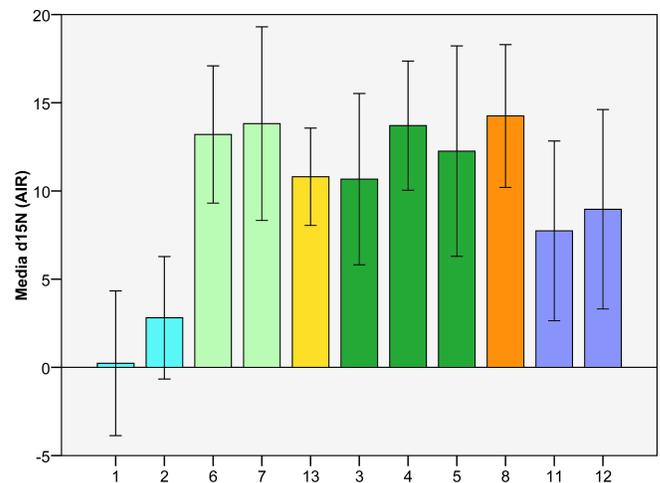
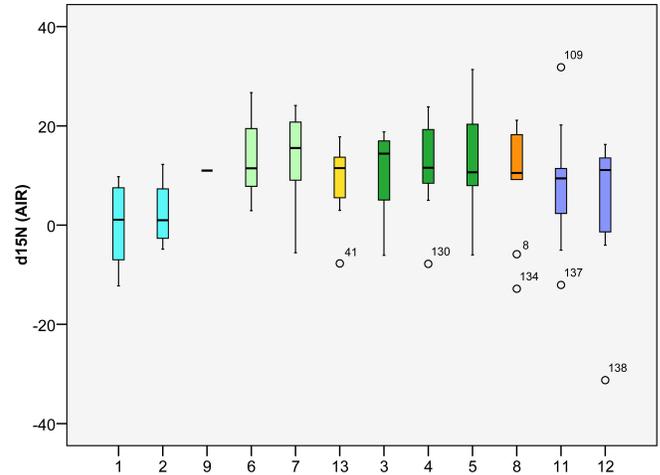
## $\delta^{15}\text{N}$ de los nitratos disueltos

- Los valores en todas las localidades individuales de muestreo en la llanura son muy diferentes de los registrados en las cabeceras de los ríos, pero semejantes entre si.
- Comparados con los valores de las aguas de la cabecera, el enriquecimiento en  $^{15}\text{N}$  de los nitratos en la sub-cuenca del Antela es mayor o igual que el registrado en la sub-cuenca del Limia.

Teniendo en cuenta los datos demográficos y de carga ganadera de cada zona, estos resultados, nuevamente, no encajan con una procedencia mayoritaria de aguas residuales urbanas mal depuradas pero sí con un origen ganadero. Además, el  $\delta^{15}\text{N}$  es una variable a la que no afecta el factor de dilución según el caudal del río en cada punto de muestreo, por lo que proporciona una evidencia más sólida del origen de los nitratos que la simple medida de su concentración.

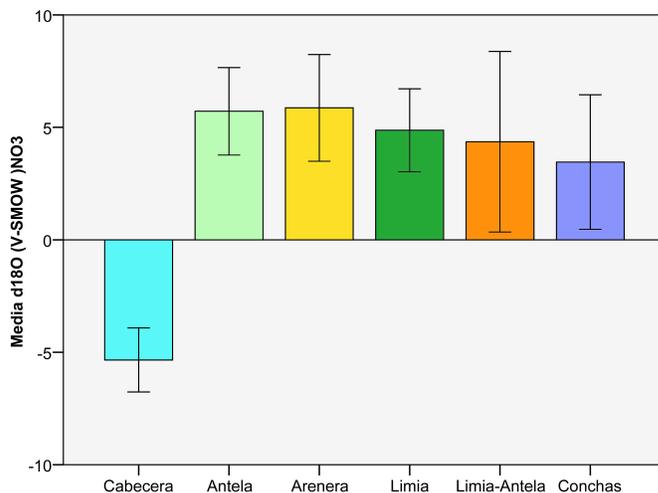
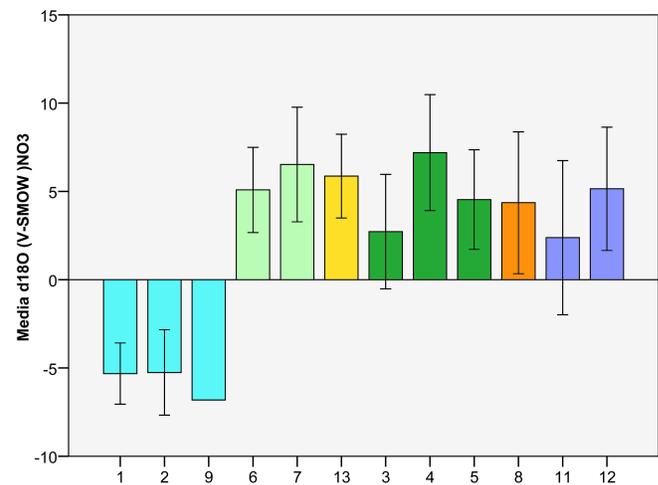
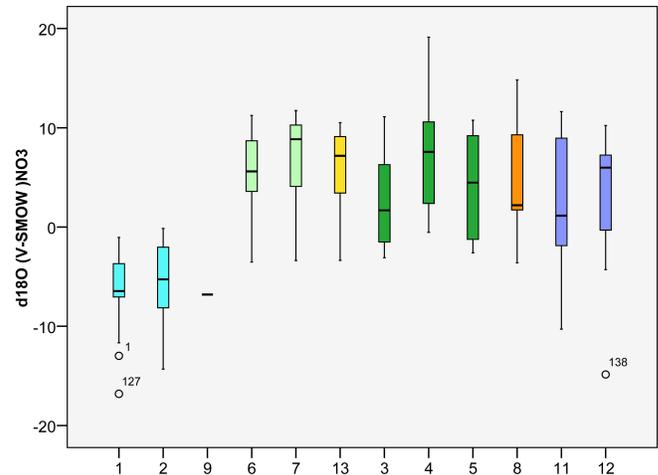
Pese a la ausencia de núcleos de población y la relativamente baja actividad agrícola y ganadera en sus alrededores, los elevados valores de  $\delta^{15}\text{N}$  medidos en la charca arenera indican, sin lugar a duda alguna, que sus aguas están notoriamente afectadas por vertidos de residuos orgánicos.

Gráficos: Diagrama de “caja y bigotes” (arriba) y diagramas de valores medios (barras) e intervalo de confianza (líneas verticales) del  $\delta^{15}\text{N}$  de los nitratos disueltos en cada punto de muestreo (centro) y en cada zona identificada por SGHN (abajo) una vez excluidos los valores atípicos (círculos en el gráfico superior).



## $\delta^{18}\text{O}$ de los nitratos disueltos

- Comparados con los valores de las aguas de la cabecera, el enriquecimiento en  $^{18}\text{O}$  de los nitratos en la sub-cuenca del Antela es mayor o igual que el registrado en la sub-cuenca del Limia. De nuevo, interpretados conjuntamente con los datos demográficos y de carga ganadera de cada zona, los resultados no apoyan la hipótesis de un origen mayoritariamente humano de la contaminación por nitratos y sí apoyan la hipótesis de una procedencia ganadera.
- Los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  registrados en la charca arenera son similares a los observados en las sub-cuencas del Antela y el Limia, apoyando lo ya indicado por el  $\delta^{15}\text{N}$  de que, en contra de lo esperable en base a la información demográfica y ganadera de su entorno, la charca arenera está sin duda afectada por vertidos de residuos orgánicos.



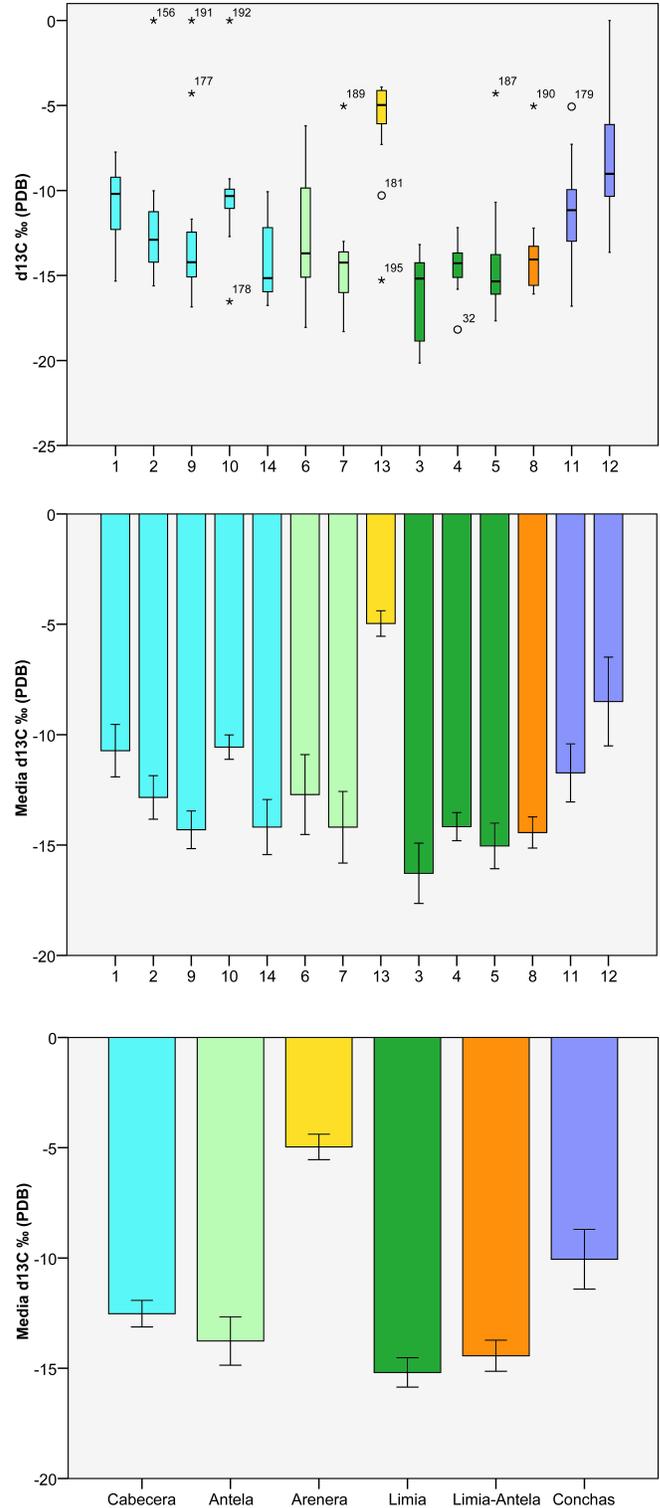
Gráficos: Diagrama de “caja y bigotes” (arriba) y diagramas de valores medios (barras) e intervalo de confianza (líneas verticales) del  $\delta^{18}\text{O}$  de los nitratos disueltos en cada punto de muestreo (centro) y en cada zona identificada por SGHN (abajo) una vez excluidos los valores atípicos (círculos en el gráfico superior).

## $\delta^{13}\text{C}$ del carbono inorgánico disuelto

Frente a unos valores relativamente homogéneos en los restantes puntos de muestreo en la llanura de A Limia, la señal isotópica de  $^{13}\text{C}$  en el carbono inorgánico disuelto en las aguas de la charca arenera es:

- Muy DIFERENTE de la registrada en cualquiera de los restantes 13 puntos de análisis de A Limia (cabecera, llanura y embalse), lo cual sugiere una peculiaridad en su origen.
- Muy DIFERENTE de la esperable por disolución del  $\text{CO}_2$  originado por la descomposición aeróbica de materia orgánica.
- COHERENTE con un aporte de lixiviados procedentes de depósitos de residuos orgánicos que hayan sufrido un moderado o intenso proceso de metanización, que origina un fuerte fraccionamiento isotópico cuyo resultado es la producción de metano empobrecido en  $^{13}\text{C}$  (que se volatiliza a la atmósfera) y un enriquecimiento en  $^{13}\text{C}$  de la restante materia orgánica y los lixiviados que genera (Baedeker y Bac, 1979; Games y Hayes, 1977; Hackley et al., 1996; Haarstad y Mæhlum, 2013; Harwood, 2014; North et al., 2004; Rank et al. 1996; Walsh et al. 1993).

Gráficos: Diagrama de “caja y bigotes” (arriba) y diagramas de valores medios (barras) e intervalo de confianza (líneas verticales) del  $\delta^{13}\text{C}$  del carbono inorgánico disuelto en cada punto de muestreo (centro) y en cada zona identificada por SGHN (abajo) una vez excluidos los valores atípicos y extremos (círculos y asteriscos en el gráfico superior).



## Origen de la contaminación por nitratos en el punto CSIC-6

El punto de muestreo CSIC-6 en el canal de Antela se sitúa apenas 1 km aguas abajo del macro-complejo ganadero de COREN en A Pedra Alta constituido por 28 granjas con una capacidad total de 300.000 pollos y 5.000 cerdos (producción anual de 1.650.000 pollos y 15.000 cerdos). Con una carga ganadera de 2.250 UGM, esta macro-instalación de ganadería industrial equivale por si sola, en cuanto a producción de excrementos, a una población de más de 46.000 personas, es decir, una cifra 23 veces mayor que los habitantes de todos los pueblos existentes aguas arriba del punto CSIC-6 y que duplica ampliamente la población de toda la llanura de A Limia.

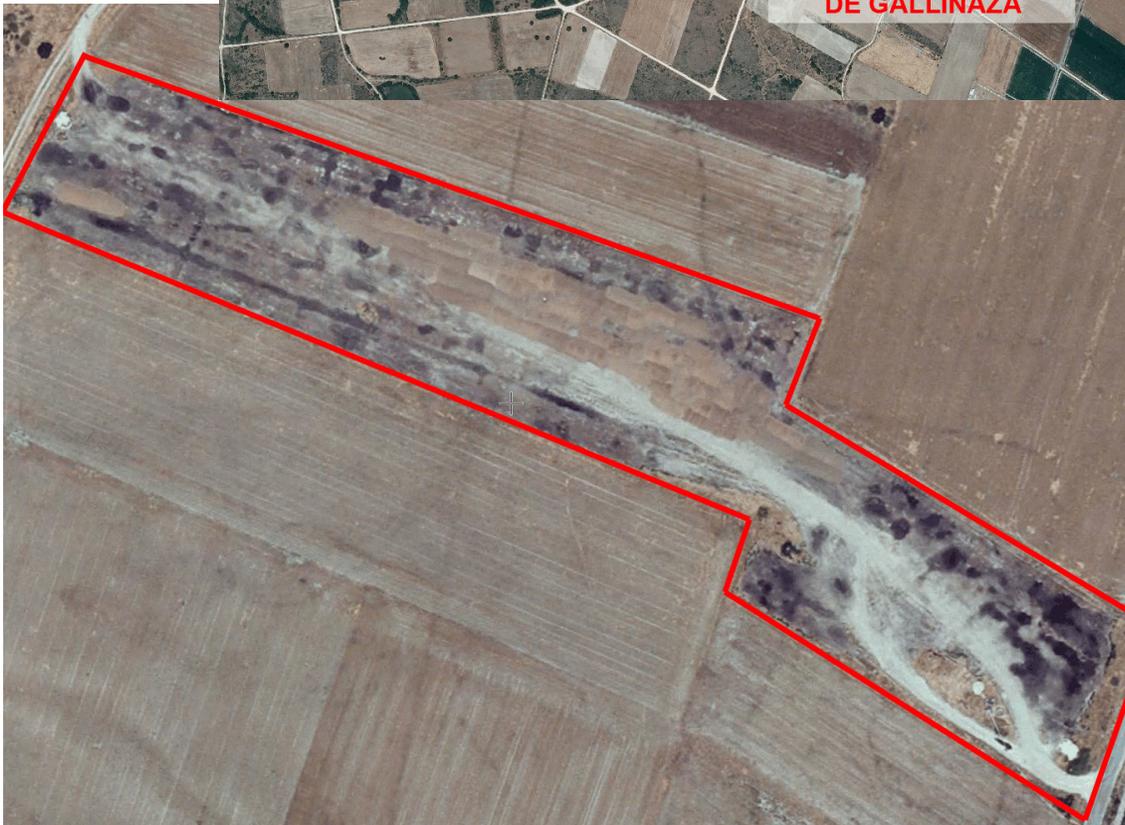
En la misma parcela se sitúa una planta de tratamiento de purines denominada “Centro Tecnológico Medioambiental” (CTM) que construyó en 2007 la Sociedad Gallega de Residuos Ganaderos (creada por COREN y Caixa Galicia) con una inversión de 22 millones de euros. Quemando gas natural conducido por un gasoducto construido ex-profeso, el CTM era capaz de secar 100.000 toneladas de purines y reducirlas a 15.000 de abono orgánico para su uso agrícola, produciendo al mismo tiempo electricidad que comercializaba. La viabilidad económica del CTM estaba supeditada al cobro de las primas a la producción eléctrica en este tipo de plantas y cerró en 2014 al desaparecer dichas primas (los análisis del CSIC se realizaron en el periodo 2012-2013).



A la vista de las analíticas realizadas por el CSIC, el que según sus promotores iba a "ser referente europeo en cuanto a desarrollo rural sostenible" se ha convertido, junto con las granjas con las que comparte parcela, en uno de los principales focos de contaminación de las aguas en la cabecera del río Limia (sub-cuenca del Antela).



## Origen de la contaminación por nitratos en el punto CSIC-13



Como en el caso anterior, una imagen (fotos aéreas del SIGPAC, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) vale más que mil palabras para explicar el origen de la contaminación en el punto de muestreo CSIC-13, ubicado en una charca arenera que está a 400 m de un gigantesco depósito de estiércol de gallina (gallinaza) al aire libre y directamente sobre la tierra.

En la “temporada baja” de demanda agrícola de estos abonos orgánicos, en las 2 ha de superficie de las parcelas 639 y 10631 del polígono 504 de Sandiás llegan a amontonarse hasta 600-800 toneladas de gallinaza. El problema ambiental se agrava porque buena parte de la “temporada baja” coincide con los meses más lluviosos y sucede lo esperable: la lluvia se infiltra por los montones de gallinaza que fermentan a la intemperie y se originan negros lixiviados cargados de nutrientes (también de antibióticos y hormonas) que pasan directamente a la red de drenaje y así a las aguas superficiales y subterráneas, comenzando por las charcas areneras más próximas.





# Sociedade Galega de Historia Natural

*Dende 1973 estudiando, divulgando e defendendo o medio natural galego*

## Presidencia

Apartado de Correos nº 330 ; 15780 SANTIAGO DE COMPOSTELA

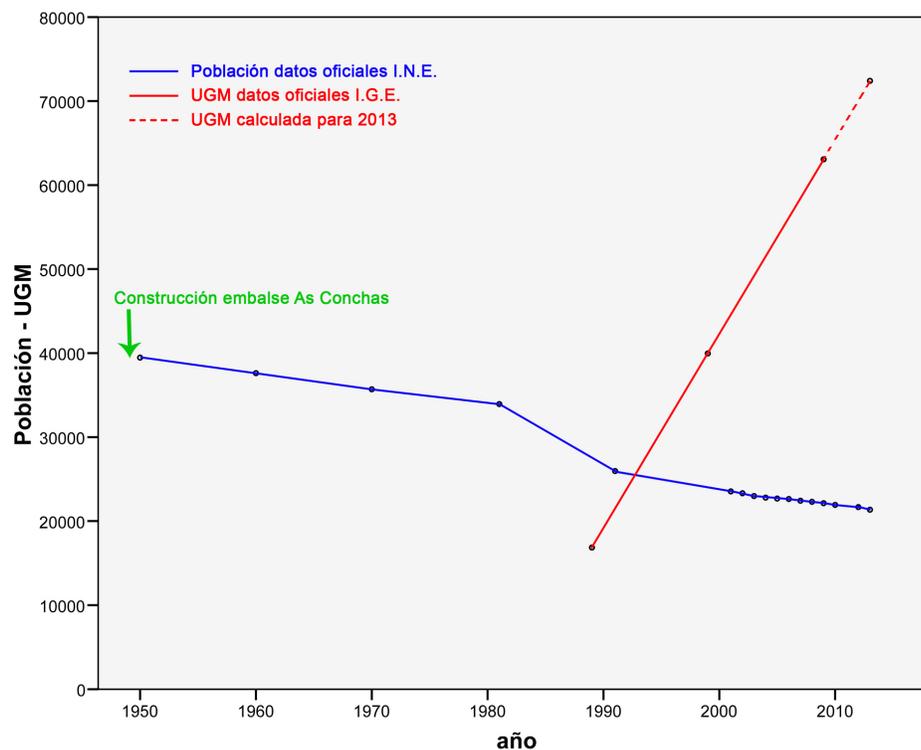
<http://www.sghn.org> e-mail: [sghn@sghn.org](mailto:sghn@sghn.org)



## SÍNTESIS Y CONCLUSIONES

1. Si el origen mayoritario de la contaminación por nitratos en la llanura de A Limia fuesen vertidos de aguas residuales urbanas insuficientemente depuradas cabría esperar que los niveles más altos de contaminación estuviesen asociados a los principales núcleos de población, especialmente el núcleo urbano de Xinzo de Limia que concentra más de un tercio de toda la población de la llanura de A Limia. **Los resultados descartan esta posibilidad.**
2. Si el origen mayoritario de la contaminación por nitratos en la llanura de A Limia fuese la mala gestión de los residuos orgánicos de las granjas industriales cabría esperar que los niveles más altos de contaminación estuviesen asociados a lugares en los que se concentra la producción (macro-granjas) o el almacenamiento (estercoleros, fosas de purines inadecuadas) de estos residuos. **Los resultados confirman sin duda esta posibilidad para los dos puntos estudiados que presentan los niveles más altos de contaminación.**
3. El embalse de As Conchas (8 km aguas abajo de la llanura de A Limia) se construyó en 1949, cuando la población en los municipios de A Limia casi duplicaba a la población actual. Pese a ello, durante más o menos medio siglo sus aguas se mantuvieron limpias.

A partir de 1989 la ganadería industrial comenzó a crecer de manera espectacular y sostenida en la llanura de A Limia haciendo que el ganado estabulado aumentase anualmente unas 2.200-2.300 UGM. Tras el cambio de siglo, con una población reducida un 40% respecto a 1950, pero con una carga ganadera ya superior a 40.000 UGM comenzaron los episodios de proliferación de cianobacterias tóxicas en As Conchas.





Los últimos datos oficiales disponibles indican que en la llanura de A Limia:

- a. La población era de 19.523 habitantes en 2013.
- b. La carga ganadera era de 62.547 UGM en el año 2009, por lo que teniendo en cuenta su ritmo constante de crecimiento (ver gráfico) en la actualidad habría alcanzado ya las 75.000 UGM, que en producción de residuos equivalen a una población de 1.400.000 - 1.600.000 personas. En otras palabras: a la mitad de toda la población de Galicia concentrada en sólo el 1% de su superficie.

La evolución histórica contrapuesta de la población humana y la ganadería industrial en la llanura de A Limia ya sugería con claridad que la grave eutrofización del embalse de As Conchas y los episodios de proliferación de cianobacterias tóxicas recurrentes en los últimos años no podían deberse a vertidos urbanos insuficientemente depurados sino a los residuos mal gestionados de una carga ganadera desorbitada. Los datos del estudio del CSIC lo han corroborado.

4. La elevada contaminación encontrada en el punto CSIC-13 indica que las aguas de las charcas areneras están actualmente tan contaminadas o más que las de los cursos de agua de A Limia. Esta situación es de gran importancia para el proyecto LIFE+ "Regenera Limia" pues plantea dudas adicionales muy serias sobre la eficacia del proyecto para "depurar" las aguas del río de Antela haciéndolas circular a través de las charcas areneras que, por sus propias características (gran profundidad, orillas de pendiente muy pronunciada, escasa vegetación y desconexión funcional con el terreno circundante) ya son de por sí inadecuadas para esa finalidad.

## **Bibliografía citada**

- Baedecker MJ, Back W. 1979. Hydrological processes and chemical reactions at a landfill. *Ground Water* 17: 429-437.
- Games LM, and Hayes JM. 1977. Carbon isotopic study of the fate of landfill leachate in groundwater. *J. Water Pollution Control Federation* 49: 668-677.
- Hackley KC, Liu CL, Coleman DD. 1996. Environmental isotope characteristic of landfill leachates and gases. *Ground Water* 34: 827-836.
- Haarstad, K., Mæhlum, T. 2013. Tracing solid waste leachate in groundwater using d13C from dissolved inorganic carbon. *Isotopes Environ Health Stud.* 49:48-61. doi: 10.1080/10256016.2012.668902.
- Harwood, J.J. 2014 Where Did That Pollution Come From? A Review of Chemical and Microbial Markers of Organic Pollution. *Int J Waste Resources* 4: 159. doi:10.4172/2252-5211.1000159
- Kendall, C. 1998. *Isotope Tracers in Catchment Hydrology* (1998), C. Kendall and J. J. McDonnell (Eds.). Elsevier Science B.V., Amsterdam. pp. 519-576.



- Mook, W.G., Tan, F.C. 1991. Stable Carbon Isotopes in Rivers and Estuaries. In: Degens, E.T., Kempe, S., Richey, J.E. (Eds.), *Biogeochemistry of Major World Rivers*. Wiley, New York, NY,
- North, J.C., Frew, R.D., Peake, B.M. 2004. The use of carbon and nitrogen isotope ratios to identify landfill leachate contamination: Green Island Landfill, Dunedin, New Zealand.. *Environment International* 30, 631-637.
- Rank D, Papessch W, Rajner V. 1996. Environmental isotopes study at a research landfill (Breitenau, Lower Austria). *International Atomic Energy Vienna, IAEA-SM-336/111P*, 379-381.
- Spruill, T.B., Showers, W.J., Howe, S.S., 2002. Application of Classification-Tree Methods to Identify Nitrate Sources in Ground Water. *Journal of Environmental Quality* 31, 1538-1549.
- Walsh DC, LaFleur RG, Bopp RF. 1993. Stable carbon isotopes in dissolved inorganic carbon of landfill leachate. *Ground Water Management* 16: 153-167.

Ourense - Santiago de Compostela a 3 de novembro de 2014