

# Relación entre las explotaciones ganaderas y la contaminación por nitratos de los acuíferos en Cataluña.

## RESUMEN.

El estudio tiene como objetivo determinar si existe una relación entre la concentración de explotaciones ganaderas intensivas y la contaminación de acuíferos por nitratos. Para ello, se han cruzado datos del registro de explotaciones ganaderas de la Generalitat de Catalunya, análisis de aguas de acuíferos en riesgo de contaminación por nitratos realizados por la ACA, y la superficie de las comarcas.

La metodología incluye la depuración de datos utilizando SQL en MySQL, y un análisis estadístico con Python para examinar la distribución de las variables de estudio. La información se integra en Power BI para obtener una representación gráfica de los resultados. Estas fases se desarrollan de manera simultánea.

Las variables analizadas son la concentración de URM, la concentración de nitratos de las deyecciones ganaderas, y los niveles de nitratos en aguas subterráneas. Se parte de la hipótesis de que una mayor concentración de deyecciones ganaderas afecta negativamente la calidad de las aguas subterráneas.

El análisis muestra que las variables no siguen una distribución normal, y que existe una correlación positiva fuerte entre la concentración de URM y los niveles de nitrógeno en las deyecciones. Sin embargo, la correlación entre estas variables y la contaminación de los acuíferos es débil, aunque positiva.

En conclusión, no se puede establecer una relación clara entre la concentración de deyecciones ganaderas y la contaminación de los acuíferos por nitratos. Esto podría deberse a la influencia de otros factores, como la alta densidad de cultivos o la presencia de residuos industriales, que no han sido considerados en este estudio.

Es fundamental evaluar si la variable "comarca" desempeña un papel clave en los resultados, lo que requeriría un análisis localizado. Además, es importante determinar si el tamaño de la muestra de datos analizados es el adecuado para obtener conclusiones más sólidas.

## INTRODUCCIÓN.

La actividad ganadera en Cataluña es una parte fundamental de la economía rural, y se caracteriza por su diversidad y modernización. Las principales características de la ganadería son la diversidad de especies (porcino, bovino, avícola, equino, caprino y ovino). Además la región es la principal productora de carne de cerdo en España, representando aproximadamente el 55% de la producción nacional.

Una de las ventajas es su alta modernización por la implementación de nuevas tecnologías en el manejo de las granjas, la alimentación animal y el control sanitario, que ha favorecido el aumento de la productividad, y la mejora de la calidad de los productos.

Un inconveniente, es que genera problemas medioambientales, como la contaminación del agua y del suelo por nitratos. Los nitratos son comúnmente encontrados en la naturaleza, especialmente en suelos, agua. Son componentes clave de muchos fertilizantes, proporcionando nitrógeno disponible para las plantas, ya que es un nutriente fundamental para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Aparte de los fertilizantes, los nitratos se producen por los residuos de las granjas, principalmente las deyecciones ganaderas, como son estiércol y purines. Estos restos se extienden en los campos de cultivo, como fertilizantes.

Estos nitratos pueden pasar de los terrenos por escorrentía o lixiviación a ríos, lagos y acuíferos, provocando su contaminación, si hay un exceso. Tanto los ríos, como acuíferos son las fuentes principales de agua dulce en nuestro planeta, necesarios para la vida. Su disponibilidad se ve amenazada por la contaminación y el cambio climático.

Por otro lado, debido al cambio climático también están sucediendo episodios importantes de sequía que también provocan un aumento de la concentración de nitratos en las aguas subterráneas. Por otro lado, se alternan con períodos de épocas de lluvias que pasan a ser torrenciales que como hemos dicho provocan escorrentía.

Los nitratos son comúnmente encontrados en la naturaleza, especialmente en suelos, agua y como parte de varios procesos biogeoquímicos. Son componentes clave de muchos fertilizantes, proporcionando nitrógeno disponible para las plantas, ya que es un nutriente fundamental para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Otro origen de los nitratos son los residuos de las granjas, principalmente las deyecciones ganaderas, como son estiércol y purines, principalmente. Estos restos se aplican en los campos de cultivo, como fertilizantes.

Estos nitratos pueden pasar de los terrenos por escorrentía o lixiviación a ríos, lagos y acuíferos, provocando su contaminación, si hay un exceso. Tanto los ríos, como acuíferos son las principales fuentes de agua dulce en nuestro planeta, necesarios para la vida. Su disponibilidad se ve amenazada por la contaminación y el cambio climático.

Por otro lado, debido al cambio climático también están sucediendo episodios importantes de sequía que también provocan un aumento de la concentración de nitratos en las aguas subterráneas. Por otro lado, se alternan con periodos de épocas de lluvias que pasan a ser torrenciales que como hemos dicho provocan escorrentía.

En Catalunya, donde la agricultura y la ganadería son pilares fundamentales de la economía rural, es crucial encontrar un equilibrio entre el desarrollo productivo y la conservación de los recursos hídricos. La gestión sostenible del agua debe ser una prioridad para garantizar el acceso a agua de calidad para las generaciones presentes y futuras. Para abordar estas preocupaciones, se han implementado normativas medioambientales, y se promueven prácticas de producción sostenible y ecológica para minimizar el impacto.

El objetivo de este proyecto es evaluar la influencia de la concentración de granjas ganaderas en la contaminación de las aguas subterráneas por nitratos en Catalunya. A través de un análisis de datos, se pretende identificar patrones y tendencias en la contaminación.

## METODOLOGIA.

Los datos necesarios para la realización del estudio se obtienen de diferentes fuentes. En primer lugar, se obtienen los datos del registro de explotaciones ganaderas que se pueden consultar y descargar de la web de Dades Obertes de Catalunya. (DACC, 2024)

Por otro lado, se descargan los datos de registro de analíticas de aguas subterráneas de zonas vulnerables de ser contaminadas por nitratos, realizado por el ACA (Agència Catalana de l'Aigua, 2019).

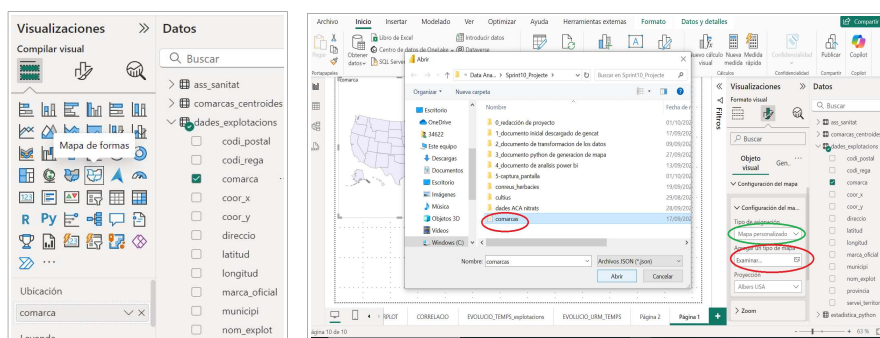
Además, se buscan las superficies en km2 de las diferentes comarcas de Cataluña. (Idescat, 2022)

Inicialmente, se empezó trabajando con los datos del registro de explotaciones ganaderas. Esta información se obtiene en una única tabla con 26.395 registros y 53 campos diferentes. Estos datos se depuran, se transforman y se analizan en SQL desde MySQL, hasta obtener el modelo en estrella. (Se adjunta fichero con todo el código)

Una vez finalizado el proceso anterior, se cargan los datos en Power BI, y se realizan los gráficos necesarios para hacer una prospección de los datos que nos ayudará a conocer como es el sistema ganadero de Catalunya. Para este análisis descriptivo, se representan los datos geográficamente.

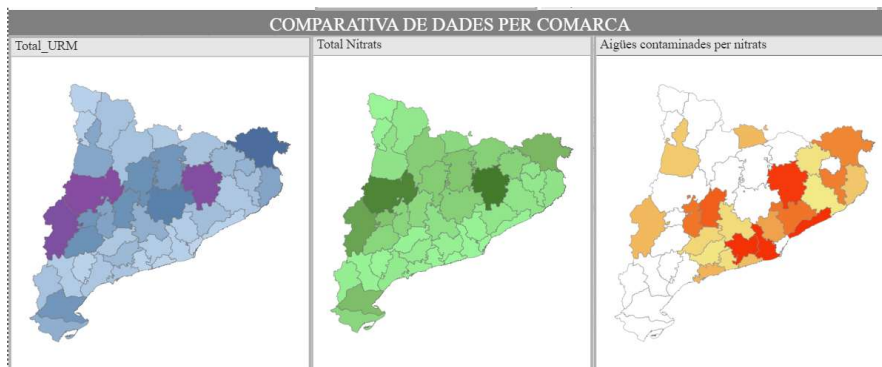
El proceso de representar el número de explotaciones geográficamente en Power BI, es un proceso complicado, así que primero se realizó con Python en Visual Studio Code. Para ello, se utilizó la librería de python: geopandas, donde se carga un archivo GeoJSON con los diferentes polígonos de las comarcas de Cataluña.

Para poder hacer el mismo gráfico en Power BI, se debe activar la opción de mapa de formas desde configuración. Después para cargar los polígonos de comarcas, primero se debe transformar el archivo GeoJSON a TopoJSON, ya que es el único formato que acepta Power BI. Esto se realiza desde la web *Mapshaper*.



**Imagen2. Izquierda:** Icono de mapa de formas y selección de campos. **Derecha:** se muestra la carga del archivo TopoJSON

En Power BI, se debe activar el gráfico de mapa de formas desde la configuración inicial. En la creación del gráfico, primero hay que seleccionar la ubicación. En este caso, se selecciona “Comarca”. El siguiente paso, desde formato visual se selecciona “mapa personalizado” en el tipo de asignación, y cargamos el TopoJSON en “Agregar el tipo de mapa”. Por último, se selecciona el campo que se quiere representar en el mapa.



**Imagen 3.** Distribuciones en el territorio de los datos de carga ganadera, residuos producidos en las granjas como nitratos y los niveles de nitratos en aguas subterráneas.

En este punto del trabajo, se buscan y cargan los datos de nitratos de las analíticas de los acuíferos, y la superficie de las comarcas. Se realiza el procesado de estos datos para unir los datos. El resultado que se obtiene de la unión final es una tabla con los siguientes campos agrupados por comarca:

- el promedio de URM (unidades ganaderas mayores)
- el promedio de Nitratos producidos en cada granja
- el promedio del valor de nitratos en agua
- concentración de URM
- concentración de nitratos

Una vez que hemos obtenido los datos a comparar, se calcula *Prueba de Shapiro-Wilk*, un test de normalidad para comprobar si una variable tiene una distribución gaussiana (Machine Learning Mastery, s.f.). Esto definirá los métodos estadísticos a utilizar posteriormente.

Para este cálculo, se utiliza *scipy.stats* que es un módulo dentro de la biblioteca *SciPy* de Python que proporciona herramientas para la estadística.

Seguidamente se pasa a hacer las representaciones gráficas de los datos, siguiendo las indicaciones del artículo: de Appinio (2024).

*Gráfico de dispersión.* Se representan la variable de Nitratos en agua en dos gráficos, cada uno en función de las variables concentración de URM y concentración de Nitratos de deyecciones.

*Gráfico de Pairplot:* donde se visualiza la relación existente entre las diferentes variables entre ellas y con ellas mismas.

*Gráfico de correlación de Spearman:* donde se visualiza si la relación entre variables es positiva o negativa y si están fuerte o débilmente relacionadas.

## RESULTADOS.

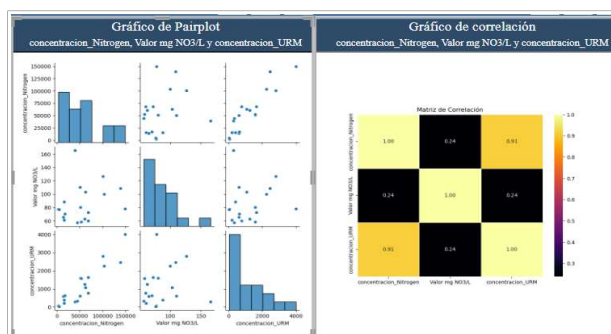
El primer paso realizado en el estudio estadístico corresponde a la comprobación de la distribución de nuestras muestras, aplicando el *Test de Normalidad de Shapiro-Wilk*. Así se pretende comprobar si las variables siguen o no, una distribución normal.

**Tabla1.** Resultados del Test de Normalidad de Shapiro-Wilk.

VARIABLES	Estadístico	p-Valor	Resultado
Concentración URM	0,846	0,003	Probably not Gaussian
Concentración Nitrógeno	0,889	0,018	Probably not Gaussian
Valor mg/l NO3	0,728	0,000	Probably not Gaussian

**Imagen 4. Izquierda.** Gráfico Pairplot. **Derecha.** Gráfico de correlación

En segundo término, se representa gráficamente la relación de las variables entre ellas con un gráfico Pairplot. Además se mide la fuerza y dirección de esa relación con una matriz de correlación, como se observa en los gráficos adjuntos en la **Imagen 5**.



**Imagen 5. Izquierda.** Gráfico Pairplot. **Derecha** Matriz de correlación de todas nuestras variables

## DISCUSIÓN.

El análisis estadístico realizado muestra que las variables estudiadas no siguen una distribución normal, según el test de normalidad de Shapiro-Wilk. Por lo tanto, se aplican métodos no paramétricos. Al graficar la relación entre las variables, se observa una correlación clara entre la concentración de nitrógeno producido en granjas y la carga ganadera, lo cual es lógico, ya que más animales generan más desechos. Sin embargo, no se detecta un patrón claro entre la concentración de URM y el valor de NO<sub>3</sub>, aunque la mayoría de los valores de NO<sub>3</sub> se concentran entre 50 y 100 mg/l con una carga ganadera menor a 2000 animales por km<sup>2</sup>.

De la relación de las variables concentración de Nitrógeno y Valor NO<sub>3</sub>, no se aprecia una relación clara. Aunque se puede observar que la mayor concentración de puntos en valores de NO<sub>3</sub> es menores de 90 mg/l. Después se ven puntos dispersos a muy altos valores. El histograma refuerza lo comentado hasta ahora.

Para acabar, el resultado de la matriz de correlación nos dice que entre las variables concentración de URM y de Nitrógeno hay una fuerte relación en sentido ascendente, con un valor de 0.91. Como ya se ha comentado es totalmente lógico.

Y la relación entre estas dos variables y la variable objeto de estudio, Valor NO<sub>3</sub> están bajamente relacionadas, eso si en sentido positivo.

Esto contradice la premisa inicial de la que se parte, que era a mayor concentración de carga ganadera (o residuos ganaderos) mayor contaminación por nitratos de las aguas residuales.

Llegados a este punto, y revisando el planteamiento, deberíamos por un lado buscar más datos de contaminación de aguas de acuíferos, por si no es suficiente consistente nuestro estudio.

También se podría analizar las comarcas individualmente, ya que la situación geográfica es un factor importante, y para después comparar los resultados de todas ellas, y ver en que comarcas pueden afectar otros factores aparte de la carga ganadera.

## CONCLUSIONES.

La conclusión del estudio realizado nos dice que elevadas producción gander intensiva no influye en la contaminación de las aguas subterráneas, cosa que es falsa apoyada por infinidad de estudios anteriores.

Sin embargo, los resultados indican que no es el único factor que contribuye a la contaminación. Otros factores, como la alta concentración de explotaciones agrícolas (invernaderos de flores o huertas) y la industria, también juegan un papel importante. Además, el estudio se ve limitado por la falta de una base de datos más amplia sobre nitratos en aguas subterráneas.

## BIBLIOGRAFIA.

DACC. (2024, 8 de mayo). *Registre d'explotacions ramaderes*. Generalitat de Catalunya.

<https://agricultura.gencat.cat/ca/serveis/registres-oficials/ramaderia-sanitat-animal/registre-explotacions-ramaderes>

Agència Catalana de l'Aigua. (2019). *Filtre de dades*. Generalitat de Catalunya.

<https://aplicaciones.aca.gencat.cat/sdim21/filtre.do>

Idescat. (2022). *Indicadors*. <https://www.idescat.cat/indicadors/>

Geopandas. (s.f.). *User guide: mapping*. [https://geopandas.org/en/stable/docs/user\\_guide/mapping.html](https://geopandas.org/en/stable/docs/user_guide/mapping.html)

Machine Learning Mastery. (s.f.). *Statistical hypothesis tests in Python cheat sheet*.

<https://machinelearningmastery.com/statistical-hypothesis-tests-in-python-cheat-sheet/>

Appinio. (2024, 6 de mayo). *Análisis de correlación: ¿Qué es? Definición, ejemplos*.

<https://appinio.com/es/blog/investigacion-de-mercados/analisis.correlacion>