



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Análisis de la huella hídrica en la Bio-región
Cantábrico-Mediterránea

Analysis of the water footprint in the Cantabrian-
Mediterranean Bioregion

Autor

Pablo Valero Llop

Directores

Javier Uche Marcuello

Antonio Valero Capilla

Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

2023



Universidad de Zaragoza

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

**Análisis de la huella hídrica en la Bio-región
Cantábrico-Mediterránea**

Autor: Pablo Valero Llop
Directores: Javier Uche Marcuello
Antonio Valero Capilla

agosto, 2023



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

*Dedicado al agua,
en especial al río Ebro;
custodio de nuestro
patrimonio hídrico y
fuente de vida*

Agradecimientos

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa a la realización de este trabajo de fin de grado.

En primer lugar, deseo mostrar mi gratitud al director del Instituto CIRCE, Javier Uche y a Antonio Valero, por su orientación, apoyo y valiosas contribuciones durante todo el proceso de investigación. Su experiencia y conocimientos han sido fundamentales para el desarrollo de este estudio y para mi crecimiento académico y profesional.

Además, quiero agradecer al Instituto CIRCE por brindarme la oportunidad de llevar a cabo mis labores de investigación en su institución e instalaciones. El entorno de trabajo, los compañeros que me han acompañado durante estos meses y los recursos proporcionados han sido esenciales para la realización de este proyecto.

No puedo dejar de mencionar a mi familia, cuyo apoyo constante ha sido fundamentales en mi trayectoria académica. Su comprensión y apoyo me han impulsado a superar obstáculos y a seguir persiguiendo mis metas.

A todas las personas que, de una u otra manera, han contribuido a la realización de este trabajo, ¡gracias!

Resumen

Uno de los más grandes retos de Europa, y particularmente de los países de la cuenca mediterránea, consiste en la buena planificación y gestión de los recursos hídricos. La población mundial crece, y a su paso la actividad ganadera, agrícola e industrial, para poder abastecer todas nuestras necesidades básicas.

Este trabajo viene demandado por la Fundación Foros de la Concordia al Instituto Circe en seguimiento de la línea de investigación sobre el análisis y desarrollo de la Bio-región Cantábrico-Mediterránea.

En este proyecto se va a realizar un estudio sobre la huella hídrica; ésta proporciona un marco multidisciplinar y transparente de gran utilidad para conocer y mejorar el uso eficiente del agua.

En primera instancia se va a introducir al lector en los conceptos de huella hídrica, agua virtual y Bio-región, que sentarán las bases de los análisis posteriores. En los capítulos siguientes se mostrará la metodología de cálculo empleada y los objetivos marcados en este proyecto, habiendo centrado el foco en el sector ganadero.

Se van obtener datos sobre la cabaña ganadera y agua empleada para calcular a posteriori el volumen de agua usado en la ganadería y los flujos de hm^3 de agua virtual contenida en productos ganaderos exportados e importados. Finalmente se calculará la huella hídrica para cada región, junto con otros indicadores derivados de interés, con el objetivo de definir la situación en el año 2021 y comparar unas Comunidades Autónomas con otras mostrando las desigualdades y desequilibrios en términos de agua.

Finalmente se propondrán líneas futuras de continuación del proyecto y se describirán las conclusiones finales con las pertinentes medidas de mejora de la situación.

Palabras clave: huella hídrica, agua virtual, bio-región , ganadería

Abstract

One of the greatest challenges facing Europe, and particularly the countries of the Mediterranean basin, is the proper planning and management of water resources. The world's population is growing, and in its wake, livestock, agricultural and industrial activity, in order to supply all our basic needs.

This work has been requested by the Foros de la Concordia Foundation to the Circe Institute as a follow-up to the line of research on the analysis and development of the Cantabrian-Mediterranean Bio-region.

In this project a water footprint study will be carried out; it provides a multidisciplinary and transparent framework for understanding and improving the efficient use of water.

In the beginning, the reader will be introduced to the concepts of water footprint, virtual water and Bio-region, which will lay the foundations for the subsequent analyses. Later chapters will show the calculation methodology used and the objectives of this project, focusing on the livestock sector.

Data will be obtained on the livestock population and water used to calculate a posteriori the volume of water used in livestock farming and the flows of hm^3 of virtual water contained in exported and imported livestock products. Finally, the water footprint will be calculated for each region, together with other derived indicators of interest, with the aim of defining the situation in 2021 and comparing some Autonomous Communities with others, showing the inequalities and imbalances in terms of water.

Finally, future directions for the continuation of the project will be proposed and the final conclusions will be described with the relevant measures to improve the situation.

Keywords: water footprint, virtual water, bio-region, livestock

Índice general

Agradecimientos	III
Índice de figuras	XI
Índice de tablas	XIII
1. Introducción	1
1.1. Concepto: huella hídrica	3
1.2. Concepto: Biorregión	5
1.2.1. Bio-región Cantábrico-Mediterránea	6
1.3. Motivación/Justificación	7
1.4. Fundamentos Teóricos	9
2. Metodología y objetivos	11
2.1. Metodología	11
2.2. Objetivos	14
3. Resultados	17
3.1. Sector ganadero	17
3.1.1. Cabaña ganadera y otros indicadores de interés	18
3.2. Uso de agua en la ganadería	22
3.3. Comercio de agua virtual	27
3.4. Huella Hídrica	31
4. Líneas futuras	37
5. Conclusiones finales	39
A. Encuestas ganaderas	41
A.1. Encuestas ganaderas. Año 2021.	41
A.1.1. Cabaña ganadera en el año 2021	45
A.1.2. Ratio: cabeza de ganado por habitante	45

A.1.3. Ratio: cabeza de ganado por km^2	47
B. Cálculo de Agua Virtual y HH	49
B.1. Cálculo de agua virtual en ganado	49
B.1.1. Porcino	49
B.1.2. Bovino	51
B.1.3. Ovino-caprino	53
B.1.4. Avícola	55
B.2. Uso del agua virtual en la ganadería en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea	58
B.2.1. Uso de agua en la ganadería en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea, año 2021	59
B.3. Comercio de agua virtual en productos ganaderos. Año 2021	61
B.4. Cálculo de la Huella Hídrica en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea	64
C. Otros anexos	69
C.1. Previsiones de lluvia en España	69
C.2. Densidad de población	70
Bibliografía	71

Índice de figuras

1.1. Pluviometría en España (Instituto Geográfico Nacional, 2021)	2
1.2. Representación esquemática de los componentes de la Huella Hídrica. Fuente: The Water Footprint Assessment Manual	4
1.3. Bio-región Cantábrico-Mediterránea representada en el mapa de España	7
3.1. Evolución del censo porcino en España. Fuente MAPA	19
3.2. Evolución del censo bovino en España. Fuente MAPA	20
3.3. Ratio: cabeza de ganado por habitante	21
3.4. Ratio: cabeza de ganado por km^2	22
3.5. Uso del agua virtual en la ganadería por sector ganadero, en la Bio- región Cantábrico-Mediterránea, año 2021.	23
3.6. Flujos comerciales de agua virtual	28
3.7. Exportación e importación de productos ganaderos en términos de agua virtual.	31
A.2. Ratio: cabeza de ganado por habitante	46
A.3. Población en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea	46
A.4. Ratio: cabeza de ganado por km^2	47
A.5. Superficie en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea	48
A.6. Ganado más significativo por kg de ganado vivo en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea	48
B.2. Uso del agua virtual en la ganadería en la Bio-región Cantábrico- Mediterránea, año 2021.	60
B.3. Uso del agua virtual en la ganadería por sector ganadero, en la Bio- región Cantábrico-Mediterránea, año 2021.	60
B.4. Reparto de la cifra de negocios en la industria cárnica, año 2021 . . .	65
B.5. Ratio: HH por cifra de negocios procedente de industria cárnica, año 2021	66
B.6. Ratio: HH per cápita, año 2021	67
B.7. Ratio: HH por m^2 , año 2021	67

C.1. Número de días de lluvia, 2011 - 2040 (AdapteCCa.es)	69
C.2. Número de días de lluvia, 2070 - 2100 (AdapteCCa.es)	70
C.3. Densidad de población en el año 2021	70

Índice de tablas

3.1. Agua gris procedente del ganado porcino	25
3.2. Consumo de carne per cápita en España	26
3.3. Consumo de agua virtual por la población censada y turistas recibidos en el año 2021	27
3.4. Huella Hídrica en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea, año 2021 (hm^3)	30
3.5. Huella Hídrica en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea, año 2021 (hm^3)	31
3.6. Capacidad de los embalses de la Bio-región Cantábrico-Mediterránea	33
3.7. Ratio: HH por cifra de negocios procedente de industria cárnica, año 2021 ($hm^3/M€$)	34
A.1. Encuesta ganadera en porcino. Año 2021.	41
A.2. Encuesta ganadera en bovino. Año 2021.	42
A.3. Encuesta ganadera en ovino-caprino. Año 2021.	43
A.4. Encuesta ganadera en avícola (miles de animales). Año 2021.	44
A.5. Ratio: cabeza de ganado por habitante	45
A.6. Ratio: cabeza de ganado por km^2	47
B.1. Agua virtual relativa a alimentación en porcino	50
B.2. Contenido en agua virtual de productos derivados del porcino	51
B.3. Agua virtual relativa a alimentación en bovino	52
B.4. Contenido en agua virtual de productos derivados del bovino	53
B.5. Agua virtual relativa a alimentación en ovino-caprino	54
B.6. Contenido en agua virtual de productos derivados del ovino-caprino	55
B.7. Agua virtual relativa a alimentación en avícola	56
B.8. Contenido en agua virtual de productos derivados del avícola	57
B.9. Uso del agua por tipo de ganado ($m^3/animal$).	58
B.10. Uso del agua en la ganadería por CC.AA. y especie (hm^3).	58
B.11. Comercio de agua virtual en productos ganaderos. Aragón, año 2021	61
B.12. Comercio de agua virtual en productos ganaderos. Cantabria, año 2021	61

B.13.Comercio de agua virtual en productos ganaderos. Cataluña, año 2021	62
B.14.Comercio de agua virtual en productos ganaderos. La Rioja, año 2021	62
B.15.Comercio de agua virtual en productos ganaderos. Navarra, año 2021	62
B.17.Comercio de agua virtual en productos ganaderos. Comunidad Valenciana, año 2021	63
B.18.Comercio de agua virtual en productos ganaderos. País Vasco, año 2021	63
B.16.Comercio de agua virtual en productos ganaderos. Baleares, año 2021	63
B.19.Huella Hídrica en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea, año 2021 (hm^3)	64
B.20.Ratio: HH por cifra de negocios procedente de industria cárnica, año 2021 ($hm^3/M€$)	64
B.21.Ratio: HH per cápita, año 2021 ($m^3/capita$)	65
B.22.Ratio: HH por m^2 , año 2021 (m^3/m^2)	66

Capítulo 1

Introducción

El agua es un bien que se encuentra en el planeta en su mayor parte en océanos, en forma de agua salada, suponiendo un 97,5 % del total de agua de la Tierra (UNESCO, 2020). La proporción económicamente disponible para ser usada, es decir, aquella que satisface las necesidades humanas, teniendo en cuenta su disponibilidad, accesibilidad, calidad y capacidad de gestión, representa apenas el 0,001 %.

Además, es un pilar fundamental en la vida de los seres humanos; un hombre promedio adulto está compuesto en un 65 % de agua (FESNAD 2010) y requiere entre 2 y 4 litros diarios para su subsistencia (FESNAD 2010).

España es el país más árido de la Unión europea, por esta razón, la gestión de los recursos hídricos es un tema de vital importancia, y por ende, controvertido. En la Bio-región Cantábrico-Mediterránea, existen zonas con índices altos de precipitación media anual (Figura 1.1), Pirineos y las dos regiones de la cornisa cantábrica (Cantabria y País Vasco); sin embargo, en los últimos años se han vivido episodios de sequía en las 8 CC. AA. que conforman la Bio-región, especialmente en zonas de Aragón, Cataluña y Baleares. Según previsiones de AdapteCCa¹, el número de días de lluvia tiende a la baja a lo largo de este siglo XXI, reduciéndose considerablemente en las zonas donde hoy, mayores son las precipitaciones (Figuras C.1 y C.2). Y notablemente en el ámbito mediterráneo, un aumento de la evaporación que previsiblemente incremente la vulnerabilidad de los recursos de agua disponibles.

Este contexto lleva a la necesidad de reorientar la política del agua, no solo teniendo en cuenta criterios que afecten a la oferta, sino también a la demanda y teniendo en consideración aspectos económicos, sociales y ambientales. La huella

¹Plataforma web sobre la adaptación al cambio climático en España, a iniciativa de la Fundación Biodiversidad y la Oficina Española de Cambio Climático (OECC).

hídrica es un indicador que proporciona un marco multidisciplinar y transparente que puede ser muy útil para mejorar la gestión de los recursos hídricos.

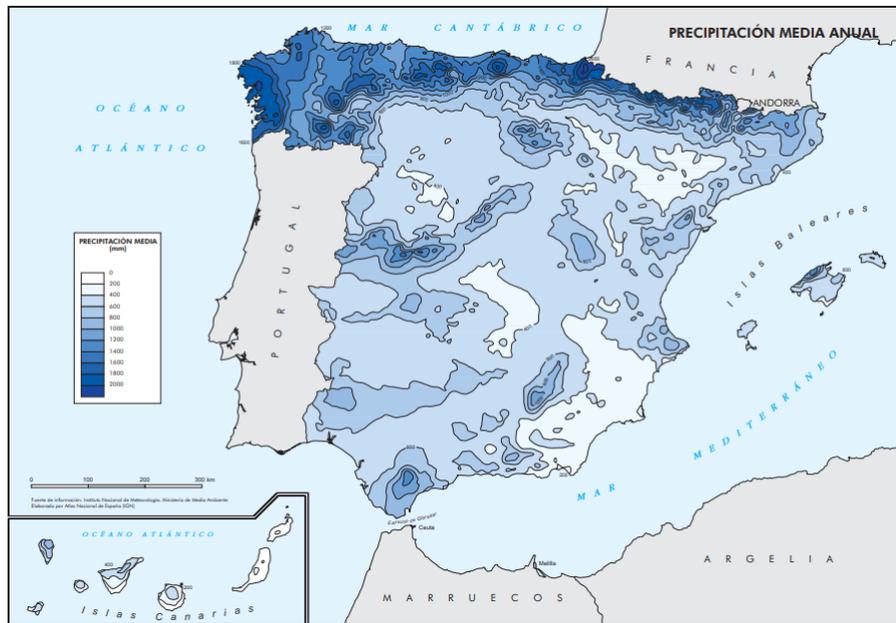


Figura 1.1: Pluviometría en España (Instituto Geográfico Nacional, 2021)

En el presente trabajo, se ha focalizado el análisis en el sector primario, especialmente el ganadero. En el planteamiento inicial del proyecto, se pretendía hacer un cálculo global de la huella hídrica, en toda la industria existente y el consumo humano, sin embargo, la continuación del trabajo se deja para líneas futuras, debido al gran número de elementos que involucra un estudio completo y la complejidad en obtener datos segregados por CC. AA. de cada eslabón, ya que el objetivo final no es otro, que hacer una observación comparativa de las 8 regiones que se definirán a lo largo del documento.

En el estudio previo y análisis de la bibliografía se han analizado otros sectores, especialmente el agrícola, ya que al igual que en la ganadería hay una incidencia muy alta en el consumo de recursos hídricos. En España, se estima que que el 66 % de las tierras cultivadas se utilizan para alimentar el ganado (GreenPeace, 2021), con lo que hay una relación directa entre entre los productos agrícolas y la alimentación ganadera; en el cálculo global de huella hídrica hay que tener en consideración la doble contabilización de recursos con tal de obtener resultados ajustados a la realidad.

Además se han revisado distintas metodologías de cálculo que han sido utiliza-

das para la obtención de la huella hídrica, como es el caso del modelo input-output², aunque finalmente se ha decidido emplear la metodología detallada en capítulos posteriores debido a que engloba múltiples factores con una consideración más detallada para obtener valores más certeros.

1.1. Concepto: huella hídrica

El presente trabajo basa su estudio en un concepto que fue acuñado por Arjen Y. Hoekstra [21], en el que se sentaban las bases de una herramienta para mostrar al mundo el impacto que los bienes consumidos suponen sobre los recursos naturales, en este caso, el agua dulce. Este surgió a partir de otros indicadores previos, la huella ecológica, en 1996, que mide el impacto de las actividades humanas en los recursos naturales y los ecosistemas de la Tierra [41], y el agua virtual, que se definió en 1993 por John Anthony Allan y se refiere a la cantidad de agua que se necesita para producir un producto o servicio específico, incluso si esa agua no es visible o físicamente presente en el producto final.

La huella hídrica se define como el total de agua usada para producir los bienes y servicios consumidos por una persona, un colectivo, un país o en este caso, una bio-región [34]. A diferencia del agua virtual, que pone el foco en el volumen de agua que incorpora un producto o servicio, la huella hídrica es una herramienta multidimensional que evalúa los bienes y servicios con un mayor impacto y es capaz de identificar relaciones causa-efecto en el contexto socio-ambiental en el que se evalúa, ya que la principal medida de presión sobre el agua, son las actividades socio-económicas. Según Hoekstra et al. (2011), el concepto de Huella Hídrica es el volumen de agua dulce utilizada para generar un producto en toda su cadena de suministro, incluyendo por lo tanto, el uso directo e indirecto.

A lo largo de los años, se ha ido puliendo el concepto y ofreciendo otros matices distintos, es el caso del *The Water Footprint Assessment Manual*, una guía que proporciona un marco metodológico para evaluar y calcular la huella hídrica. Fue desarrollado por la Water Footprint Network, una organización internacional impulsada por Arjen Y. Hoekstra y dedicada a la promoción del concepto de huella hídrica y su uso para medir, gestionar y mitigar el uso del agua a nivel global.

Este manual establece los principios y pasos necesarios para llevar a cabo una

²Es una herramienta económica que se utiliza para analizar la interacción entre diferentes sectores de una economía. Se basa en matrices que muestran cómo los insumos de un sector se utilizan como producción en otros sectores.

evaluación de la huella hídrica a nivel individual, comunitario, empresarial o de país. Proporciona directrices para recopilar datos sobre el consumo de agua directo e indirecto en diferentes sectores, como la agricultura, la industria y el consumo doméstico.

En el *The Water Footprint Assessment Manual*, se clasifica la Huella Hídrica en varias componentes diferenciadas: verde, azul y gris:

- **La Huella Hídrica Azul (HHa)**: referida al uso consuntivo³ de agua superficial o subterránea.
- **La Huella Hídrica Verde (HHv)**: indica el uso de agua que proviene de precipitaciones y queda almacenada en el suelo o sobre la vegetación. Por lo tanto, no pasa a recargar acuíferos ni a transformarse en escorrentía.
- **La Huella Hídrica Gris (HHg)**: esta tercera denominación indica el nivel de contaminación del agua dulce. HHg viene definida como el volumen de agua dulce requerido para asimilar una cantidad determinada de contaminantes hasta llegar a alcanzar los estándares de calidad.

En la Figura 1.2 se observa que en los usos directo e indirecto del agua, se excluye el caudal de no retorno de uso directo de la componente de Huella Hídrica Azul.

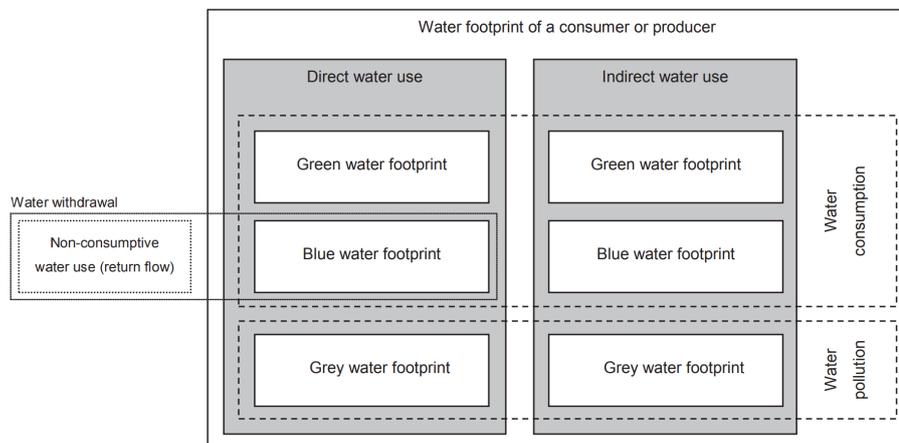


Figura 1.2: Representación esquemática de los componentes de la Huella Hídrica. Fuente: The Water Footprint Assessment Manual

³El uso consuntivo es aquel en el que el agua, una vez usada, no se devuelve al medio donde se ha captado, ni de la misma manera que se ha extraído.

1.2. Concepto: Biorregión

El concepto de Biorregión se define como una unidad geográfica que busca armonizar el desarrollo socioeconómico de la comunidad que lo habita con el entorno ecológico que comparten. Tiene sus raíces en la década de 1970, cuando algunos movimientos ecologistas empezaron a enfatizar la importancia de comprender y proteger los sistemas ecológicos locales.

A lo largo de los años, se le ha ido dando forma a la idea, que surgió en la necesidad de abordar y repensar las relaciones existentes entre sociedad y su entorno. El Club de Roma⁴ aboga por el desarrollo del concepto de Biorregión, como un modelo social innovador y realista, centrado en conseguir los objetivos de sostenibilidad y resiliencia, con una implementación progresiva que mantenga la cohesión y la concordia de sus habitantes [39].

Se fundamenta en diversas ideas provenientes de tres disciplinas científicas como la biología, la sociología y la economía:

- **Biología:** desde la biología se destaca, la biomímesis, que busca imitar y tomar inspiración de la naturaleza para crear procesos y sistemas tecnológicos y sociales innovadores. También se considera el concepto de ecosistema, que comprende a los organismos vivos que coexisten y se reproducen en un lugar determinado, utilizando la energía solar como fuente de energía. La homeostasis, que describe la capacidad de los seres vivos para mantener una condición estable interna, se transforma en la resiliencia en el ámbito social. Además, se reconoce la importancia de la circularidad, tanto en su acepción biológica como social, promoviendo la bioeconomía circular y la economía circular para abordar los residuos orgánicos e inorgánicos.
- **Sociología:** la sociología contribuye al concepto de biorregión mediante ideas como la resiliencia, que implica la capacidad de adaptación y absorción de los cambios del entorno. La resiliencia transformadora busca garantizar el desarrollo sostenible y evitar colapsos sociales. Se considera el principio de subsidiariedad, que busca decisiones y ejecuciones cercanas al ciudadano, así como el equilibrio entre la proximidad y la solidaridad social y ecológica. La interdependencia también se reconoce como un principio básico, ya que ninguna actividad humana es independiente de su entorno. Finalmente, se destaca la complementariedad local como elemento que permite aprovechar las sinergias

⁴El Club de Roma (en inglés: Club of Rome) es un laboratorio de ideas fundado en Roma, en el año 1968. Reúne a un centenar de científicos, economistas, expolíticos e industriales de 52 países preocupados por problemas complejos a los que se enfrenta el mundo.

entre opuestos y promover la convivencia en la diversidad cultural.

- **Economía:** En cuanto a la economía de la biorregión, se reconoce la necesidad de un cambio profundo en la concepción económica actual. Se propone una contabilidad que valore tanto los beneficios como el deterioro de la naturaleza y la sociedad, reconociendo la finitud de los recursos y la responsabilidad de la sociedad hacia el medio natural. Se plantea la evaluación de impactos sobre el medio natural mediante indicadores biofísicos y la implementación de proyectos de reposición que mitiguen los impactos y promuevan la sostenibilidad ecológica, económica y social.

1.2.1. Bio-región Cantábrico-Mediterránea

La Fundación Foros de la Concordia⁵ propuso la estructura, demostrando que la simbiosis de las ocho Comunidades Autónomas (Aragón, Cantabria, Cataluña, La Rioja, Navarra, Islas Baleares, Comunidad Valenciana y País Vasco) sería capaz de reducir las huellas, ecológica e hídrica, más de cuatro veces su biocapacidad⁶.

La Bio-región Cantábrico-Mediterránea abarca el área geográfica que incluye el territorio de las cuencas del Ebro y costeras adyacentes del Cantábrico y Mediterráneo, el mar Ibérico o Balear e islas, y el Cantábrico oriental.

⁵La FFC es una organización, respaldada por el capítulo español del Club de Roma, que planteó en 2019 la idea de bio-región como unidad básica de resiliencia y sostenibilidad y de una Bio-región Cantábrico Mediterránea como prueba de concepto.

⁶La capacidad para generar un suministro continuo de recursos renovables, y al mismo tiempo absorber los desechos derivados de su consumo, dadas las tecnologías y la gestión de recursos actuales.



Figura 1.3: Bio-región Cantábrico-Mediterránea representada en el mapa de España

1.3. Motivación/Justificación

El desarrollo de nuevos sistemas de organización social alineados con un futuro sostenible, tienen que basarse en un profundo estudio sobre cuales son los mecanismos y los puntos de mejora. Siguiendo la línea de la concepción de un espacio geográfico que envuelva la cuenca del río Ebro, formado por las ocho Comunidades Autónomas de la Bio-región Cantábrico-Mediterránea se pretende subrayar y poner en valor las potenciales problemáticas ecológicas y sociales debidas a las desigualdades territoriales a lo largo y ancho del espacio que abarca, como es el caso en el que entre las comunidades de Aragón y el País Vasco, con una densidad de población once veces menor la primera respecto la segunda, pero sin embargo, con 92 veces más potencia renovable instalada por habitante [25].

En España, el sector ganadero representa un 4,7 % del PIB y ha experimentado un desarrollo progresivo en los últimos años, notablemente en el caso del porcino, en el que España superó a Alemania en 2015 situándose en tercer lugar a nivel mundial y líder en la Unión Europea. Aunque el agua dulce es un recurso abundante a nivel mundial, su disponibilidad está disminuyendo en muchas regiones del planeta, debido al cambio climático, al incremento de población y al consecuente incremento de los distintos sectores industriales, que efectivamente, se nutren en más o menos

proporción aumentando la presión sobre los recursos hídricos.

Hay que considerar también los problemas medioambientales generados por el exceso de purines en las aguas subterráneas, notablemente en zonas de escasa población donde tales afecciones parecen menos lesivas. Se requiere para su estudio el uso de herramientas y metodologías, como la huella hídrica, para estimar de forma cualitativa dichas afecciones en los recursos naturales disponibles, y con ello tener información veraz para la toma de decisiones

La complejidad de la gestión de este bien tiene una fuerte relevancia a nivel económico y ambiental, pero también a nivel social, como históricamente los ha habido en algunas zonas de la Bio-región.

Los conflictos relacionados con la gestión del agua entre diferentes regiones de España han sido históricamente un tema de controversia y tensión. Estos conflictos pueden surgir debido a la distribución desigual de recursos hídricos en el país y a las diferentes demandas y prioridades de las diversas comunidades autónomas; como fue el caso tras la aprobación del Plan Hidrológica Nacional⁷ y el debate derivado por al trasvase del Ebro.

Hay que sumarle además, que hay una fuerte correlación entre el sector primario y el agua, pues en España el agua consumida en este sector representa el 80% (Rodríguez-Casado et al., 2008).

Como se ha comentado previamente, se ha analizado la información disponible en otros sectores como el agrícola e industrial, y trabajos de estimación de la HH en diversas zonas y sectores en España ([15], [35], [24], [38]). Sin embargo, con la información existente no ha sido posible llevar a cabo tal análisis sectorial que pudiera realizarse para la Bio-región Cantábrico-Mediterránea.

⁷El Plan Hidrológico Nacional (PHN) es un proyecto de gestión hídrica aprobado por el Congreso español en 2005. El principal proyecto del Plan era el trasvase del Ebro, un proyecto para transferir agua desde la cuenca del Ebro a Barcelona, Castellón, Valencia, Alicante, Murcia y Almería, que fue aprobado por el Parlamento en la legislatura 2000-2004.

1.4. Fundamentos Teóricos

Para los cálculos y obtención de los resultados que han sentado las bases de este estudio, se ha recopilado la información teórica del manual *The WaterFootprintAssessmentManual*. En este, se detallan los procedimientos básicos para el análisis de la Huella Hídrica en todos los ámbitos de la vida e interacciones humanas.

En la metodología general del presente estudio no se considera la distinción entre agua verde y azul de la alimentación animal.

En cuanto al nivel de resolución espacio-temporal del trabajo, se ha desarrollado un estudio de tipo B. La zona de captación se ha centrado en las 8 CC. AA. de la Bio-región Cantábrico-Mediterránea y la resolución temporal anual, fijada en datos de 2021. Tal como se define en el manual, el nivel B es apropiado para proporcionar una base para comprender dónde se puede esperar encontrar puntos críticos en vertientes locales y para la toma de decisiones a la asignación del agua.

Capítulo 2

Metodología y objetivos

2.1. Metodología

En este estudio se ha calculado la huella hídrica de la Bio-región Cantábrico-Mediterránea a partir de la metodología desarrollada por Chapagain y Hoekstra (2004) y actualizada un lustro más tarde en Hoekstra et al. (2009).

En base a fuentes de datos públicas, para determinar la huella hídrica del sector ganadero, se han obtenido y relacionado los recursos hídricos de la ganadería (UA_{Liv}), las importaciones de agua virtual contenida en los productos ganaderos ($VW_{I,Liv}$) y el agua virtual exportada en estos productos ($VW_{E,Liv}$), junto con otras variables secundarias.

De acuerdo con la bibliografía publicada:

$$WF_{Liv}(m^3) = UA_{Liv} + VW_{I,Liv} - VW_{E,Liv} \quad (2.1)$$

Refiriéndonos caso por caso, en primer lugar, hay que distinguir UA_{Liv} entre el uso directo, fruto del consumo de agua del animal y el gasto hídrico procedente del manejo de la explotación ganadera; y el indirecto, que representa el agua contenida en el alimento.

Para la obtención, del cálculo UA_{Liv} es necesario el valor del censo de cada una de las especies estudiadas, en este caso, se han utilizado los censos correspondientes a las encuestas ganaderas de noviembre de 2021, publicados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, de las especies: porcino, bovino, ovino-caprino y avícola.

$$UA_{Liv} = V_a \times A \quad (2.2)$$

A su vez, V_a se calcula a partir de los contenidos de agua virtual de la alimentación (V_{feed}), el volumen de agua necesario para el cuidado del animal a lo largo de su vida ($V_{services}$ y V_{drink}).

$$V_a = V_{feed} + V_{drink} + V_{services} \quad (2.3)$$

Para la obtención de los valores de V_{feed} , se ha tenido en cuenta la publicación de ‘Canada Statistics Division’, según la publicación de Chapagain y Hoekstra (2004). Con lo cual obtenemos el valor, a partir del producto de las toneladas consumidas de cada uno de los productos que conforman la alimentación de la especie por su contenido en agua virtual. Además se tiene en cuenta un valor que representa el agua utilizada para la preparación del alimento $V_{mixingwaterfeed}$. Multiplicando las toneladas ingeridas de cada producto j por cada animal (T_j , ton/animal) por los contenidos de agua virtual de cada producto j (V_j , m^3/ton) se obtiene el contenido de agua virtual relativo a la alimentación (V_{feed} , $m^3/animal$).

Los valores de V_{drink} y $V_{services}$, que representan los volúmenes de agua requeridos en el cuidado del animal a lo largo de su vida, se obtienen a partir de la bibliografía Chapagain y Hoekstra (2004).

Siendo por lo tanto: (T_j , ton/animal), (V_j , m^3/ton) y (V_{feed} , $m^3/animal$). Definiendo la ecuación siguiente:

$$V_{feed} = \sum_{j=producto} T_j \times V_j \quad (2.4)$$

Cuando se quiere tener en cuenta la huella hídrica que supone la ganadería sobre los recursos de la cuenca, se tiene en cuenta tan solo el consumo de agua directo. El consumo de agua indirecto, es decir el debido a la alimentación, procederá de producciones dentro de la cuenca y de importaciones de materias primas de otros países. Es decir, la huella hídrica indirecta de la ganadería tiene una componente de producción tanto interna como externa [?].

Para la obtención del volumen de agua virtual importada, hay que multiplicar las toneladas de cada uno de los productos j importados (X_j , ton) por su contenido de agua virtual V_j , m^3/ton :

$$VW_{I,Liv} = \sum_{j=producto} M_{j,p} \times V_{j,p} \quad (2.5)$$

El agua virtual exportada por parte del sector ganadero de la Bio-región Cantábrico-Mediterránea, se obtiene mediante datos del MAPA (2021), y a partir de la multiplicación entre cada producto j exportado (X_j, ton) y su contenido en agua virtual $V_j, m^3/ton$:

$$VW_{E,Liv} = \sum_{j=producto} X_j \times V_j \quad (2.6)$$

Finalmente, va a resultar de gran utilidad el desgranar el consumo de cada animal por el producto ganadero procesado, que es el que en última instancia llegará al consumidor, habitante o visitante de la Bio-región. Según la bibliografía consultada, en (Chapagain y Hoekstra, 2003) y utilizado posteriormente en otras aportaciones importantes al campo de la HH, se usan los términos fracción de producto (pf) y fracción de valor (vf).

Para obtener el contenido de agua virtual de un producto ganadero procesado se parte del contenido de agua virtual del animal. Si se obtienen más de dos productos al procesar un animal es necesario distribuir el agua virtual contenida en el animal primario entre los distintos productos (Chapagain y Hoekstra, 2003). Para ello se crean los términos fracción de producto (pf) y fracción de valor (vf). La fracción de producto se define como las toneladas de producto ganadero primario (e.g. leche, huevo, jamón) obtenido por tonelada de animal. Las pf de cada producto ganadero se calculan a partir del peso del producto obtenido (P_{prod}) al procesar el animal (P).

La fracción de producto (pf), queda definida en la siguiente ecuación como las toneladas de producto procesado por tonelada de animal procesado:

$$pf = \frac{P_{prod}}{P} \quad (2.7)$$

La fracción de valor vf de un producto es el ratio del valor de mercado del producto (v_m , US\$/kg) entre el valor de mercado de todos los productos j obtenidos a partir del animal, ponderado por la fracción de producto pf :

$$vf = \frac{(v_m \times pf)}{\sum_{j=producto} (v_m \times pf)} \quad (2.8)$$

Una vez ya obtenidos todos los términos presentados, presentamos el agua virtual contenida en un producto concreto derivado de una de las especies estudiadas en la ecuación siguiente, teniendo en cuenta que V_{trans} , expresada en m^3/kg es el agua empleada durante el proceso de elaboración de un kilogramo del producto en cuestión:

$$V_{prod} = (V_a + V_{trans}) \times \frac{vf}{pf} \quad (2.9)$$

V_{transf} es el agua empleada durante el proceso de elaboración de un kilogramo del producto derivado. Estos datos junto con los de pf y vf se han obtenido de Chapagain y Hoekstra (2003).

2.2. Objetivos

El objetivo del presente estudio es analizar la huella hídrica, en su sentido más amplio, del sector ganadero extendido en la cuenca del Ebro y en el conjunto de Bio-región Cantábrico-Mediterránea; con el propósito de evaluar la situación en 2021 y proponer una mejor gestión de los recursos de la zona.

Se ha buscado determinar el volumen de agua, procedente de la ganadería, consumida por cada una de las regiones e individuos que conforman el área de estudio. Los indicadores de huella hídrica por habitante, por m^2 o por PIB, tienen como objetivo ilustrar la presión en la demanda de este recurso que existe en una sociedad industrializada y en un sector destacado para la economía y crucial para el consumo de recursos hídricos.

Existen antecedentes sobre estudios de la Huella Hídrica en España y en el Mundo; y en ellos se tratan muchos eslabones de nuestras vidas, aunque es cierto, que uno de los grandes focos es la ganadería, pues es uno de los grandes responsables de ese consumo. Los informes que existen, por ejemplo *Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products* [23], son de gran utilidad para determinar la dirección de las políticas de agua a escala continental, sin embargo, este estudio tiene como meta el dar a conocer y facilitar la toma de decisiones a nivel regional y en el marco de una Bio-región.

En primer lugar se pretende dar un contexto sobre la situación del sector en términos de cabaña ganadera y evolución de la industria en los últimos años, ver las

diferencias que existen entre territorios, el enfoque de cada zona y que ganados predominan en uno u otro lugar. Esto sirve de antesala para poder obtener información sobre los usos de agua virtual de la ganadería y de nuevo, estudiar posibles indicadores que puedan ilustrar la problemática. Mediante datos públicos de comercio exterior, se comentaran las interacciones y exportaciones e importaciones de agua virtual de cada región, para finalmente ser capaces de fijar valores de huella hídrica.

Del mismo modo, se buscarán herramientas para poder determinar donde están los puntos críticos para en última instancia, sacar conclusiones de los potenciales conflictos territoriales causados por la limitación y el uso de agua dulce y las líneas de futuro y mejora que tendrían que seguir las políticas del agua en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea.

Capítulo 3

Resultados

3.1. Sector ganadero

Para la determinación de la cabaña ganadera del territorio analizado, se ha simplificado el estudio al ganado porcino, bovino, ovino, caprino y el avícola. Estos cinco grandes grupos, representan en España la mayor parte de la producción y consumos hídricos ganaderos.

El sector ganadero en España supone casi un cinco por ciento del PIB del país y contribuye en un 40 % a la producción final agraria. Ha experimentado en los últimos años un considerable desarrollo, destacando el crecimiento del sector porcino en Comunidades Autónomas de la Biorregión, como es el caso de Aragón. En capítulos posteriores, se van a comentar resultados a destacar en cuanto a la cabaña ganadera de la Biorregión y su tendencia en los últimos años.

El peso de la ganadería de carne en España se extiende, además, a actividades relacionadas directamente como las industrias de fabricación de piensos y cultivos, de sanidad animal, de maquinaria auxiliar y de frío, pasando también por la logística hasta llegar a los canales de distribución y la hostelería. Un universo que, según cálculos publicados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), es el sustento de 2,5 millones de españoles.

En el caso especialmente de la ganadería extensiva, presente en el ganado ovino, caprino y parte del bovino, hay que resaltar que tiene una importancia crucial en el medio rural, y su valor trasciende lo puramente económico. Esta actividad desempeña un papel esencial en la conservación de paisajes culturales, vinculados a las tradiciones locales y a menudo parte integral de la identidad de una región.

3.1.1. Cabaña ganadera y otros indicadores de interés

Para el análisis de la encuesta ganadera de los 4 sectores que suponen más de un 98 % del censo total ganadero en España (MAPA, 2022), se han obtenido los datos en número de cabezas totales para porcino, bovino, caprino y ovino; haciendo una agrupación entre los dos últimos ganados mencionados, siguiendo la metodología habitual de trabajo en el análisis del sector ganadero en España. Los datos han sido obtenidos en base a los informes de resultados de ganadería del año 2021 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

En el caso del sector avícola, debido a la dificultad de tratamiento y disponibilidad de datos a causa de ser un ganado con un flujo constante, alta variabilidad estacional, alta mortalidad y muy altos números de animales; Se ha trabajado con la producción total anual por CC. AA. (Roberto Rodríguez et al. 2009).

Analizando los resultados de la cabaña ganadera en el año 2021 en el Anexo A, se observa un reparto distinto a lo largo de las Comunidades Autónomas que forman la Bio-región para los cuatro sectores ganaderos estudiados.

En el caso del porcino, se puede observar que Aragón y Cataluña acaparan el 90 % del ganado porcino a lo largo y ancho de la Bio-región; y salvo la comunidad Navarra y Valenciana que representan el 4 % y 6 %, las 4 regiones restantes tienen una participación testimonial.

Además, este sector representa el 56 % del ganado total de la Bio-región (Anexo A.6) y también se destaca su importancia en términos económicos, siendo un 40,7 % y un 16,3 % de la producción final ganadera y agraria respectivamente en España (MAPA 2022).

En la figura representada a continuación (Figura 3.1), se puede ver la evolución del censo total porcino desde 1993 en adelante en España y se puede observar que ha habido un crecimiento aproximado del 40 % de la cabaña ganadera en los últimos 20 años.

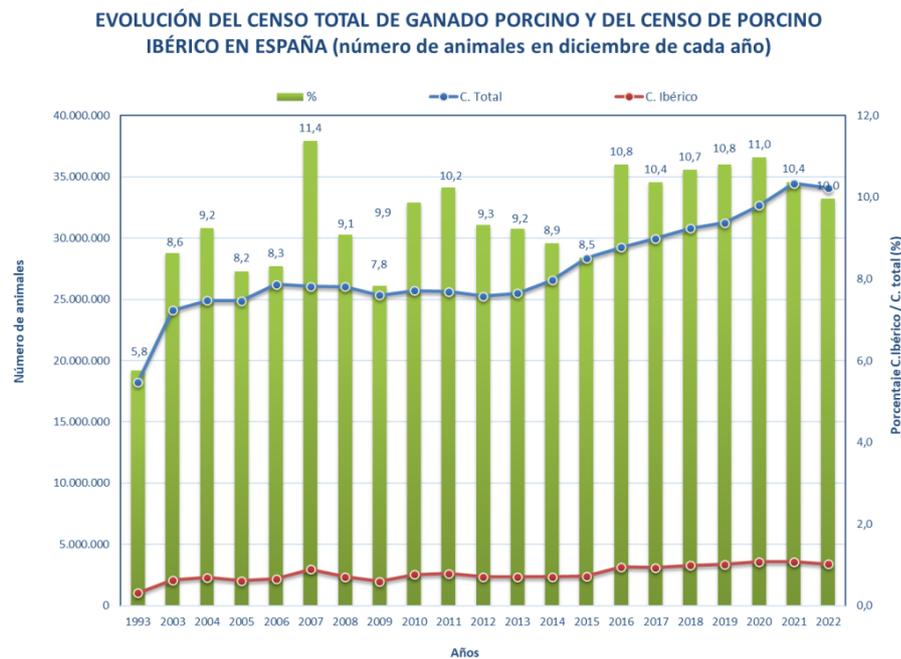


Figura 3.1: Evolución del censo porcino en España. Fuente MAPA

El ganado bovino ha tenido gran importancia históricamente en el sector ganadero a nivel nacional, sin embargo, desde la década de los 90 no ha experimentado un crecimiento tan destacado como en el caso del porcino, como podemos observar en la siguiente figura (Figura 3.2), apenas ha habido un incremento del 8% en términos de censo total desde el año 2000. A pesar de todo, sigue teniendo un papel muy destacado en la economía, generando en 2022 un 16,4% de la producción final ganadera (MAPA, 2022).

En la Bio-región acapara casi el 24% del ganado total (A.6), repartido en casi un 80% de su totalidad en: Aragón (24%), Cataluña (37%) y Cantabria (16%).

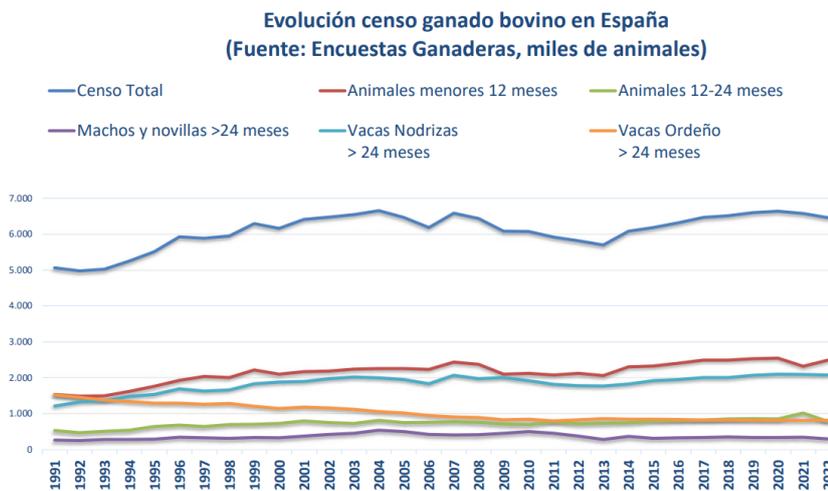


Figura 3.2: Evolución del censo bovino en España. Fuente MAPA

La ganadería ovino-caprina, pese a su importancia histórica, cultural y económica en España experimenta un proceso continuado de descenso en el número de animales censados año tras año. Comparando los datos del 2021 con los de tres lustros atrás, se detecta un descenso en censo total en España de casi un 35 % (MAPA, 2022). El peso del ganado ovino-caprina en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea en 2021 se encuentra alrededor del 4 % sobre el total (Figura A.6). Nuevamente Aragón lidera ese ganado con prácticamente la mitad de sus cabezas totales (44 %). Navarra y Cataluña le siguen con una media entre ambos del 14 %.

En el caso del avícola, Cataluña mantiene una diferencia significativa con el resto (197.665), seguida de Navarra (52.181) y la C. Valenciana (96.148). Mientras las regiones de Cantabria y Baleares muestran cifras insignificantes respecto a este ganado para el año 2021. En valores porcentuales sobre el total, es destacable que en territorio catalán hay más del 50 %.

Una vez observados y comentados los resultados de censos, es interesante analizar las distintas interacciones entre el ganado y la población de la Bio-región. En la Tabla A.5 se puede observar el ratio de ganado per cápita, en el que destacan las cifras obtenidas.

Aragón y Cataluña lideran con una ventaja significativa la lista de las Comunidades con más cabaña ganadera, sin embargo, observando la Figura A.3, hay una diferencia de 34 puntos en cuanto al porcentaje de población de ambas. Con lo cual

en Aragón, con una población de 1.326.261 habitantes (INE, 2021) hay casi 10 cabezas de ganado por persona, muy por encima de Navarra, en segundo puesto, con un ratio de 2,24 cabezas de ganado per cápita, y de Catalunya, con un valor de 1,21 animales por habitante.

El mayor desajuste se encuentra en entre Euskadi y la comunidad aragonesa, con una diferencia entre ambas, de casi 9 animales por persona. Es aquí uno de los primeros grandes puntos críticos que se encuentran, puesto que, gran parte de ese ganado proviene de tipología intensiva, y una gran parte del agua directa consumida es gris.

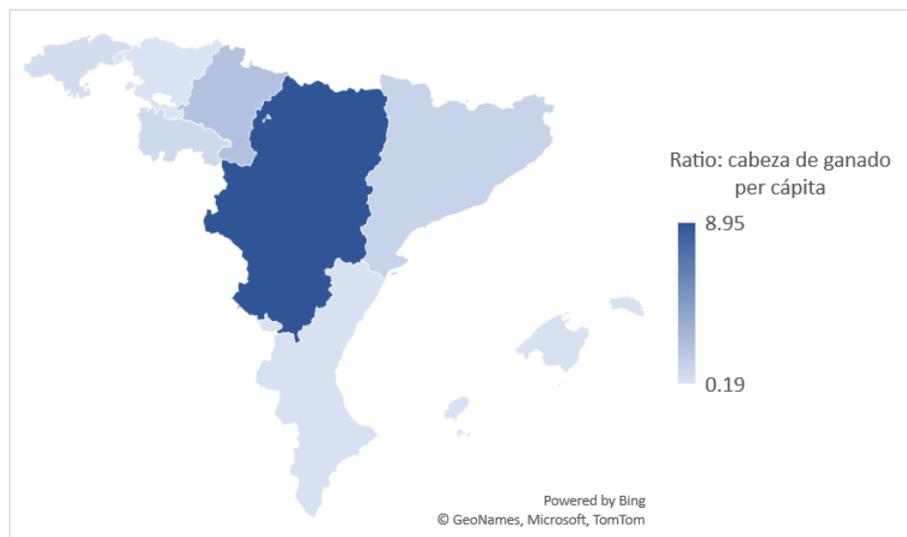


Figura 3.3: Ratio: cabeza de ganado por habitante

Analizando un segundo indicador *por km²* (Tabla A.6), sorprenden los valores obtenidos. Teniendo en cuenta que entre Aragón y Cataluña se abarca el 60% del total de la superficie en la Bio-región (Figura A.5) y tienen un papel protagonista el censo ganadero, se podría tender a pensar que la densidad de la cabaña ganadera sería similar a otras comunidades más pequeñas. Nada más lejos de la realidad, ambas comunidades mencionadas tienen un ratio muy por encima del resto.

Mientras la media de densidad de ganado por habitante en Cantabria, País Vasco, Navarra, La Rioja, Baleares y la Comunidad Valenciana es de 76,41; Cataluña y Aragón poseen un ratio medio de casi 271. Se puede ver representado en la figura siguiente (Figura A.6). Una diferencia de 200 animales por *km²*, casi dos animales por campo de fútbol de diferencia.

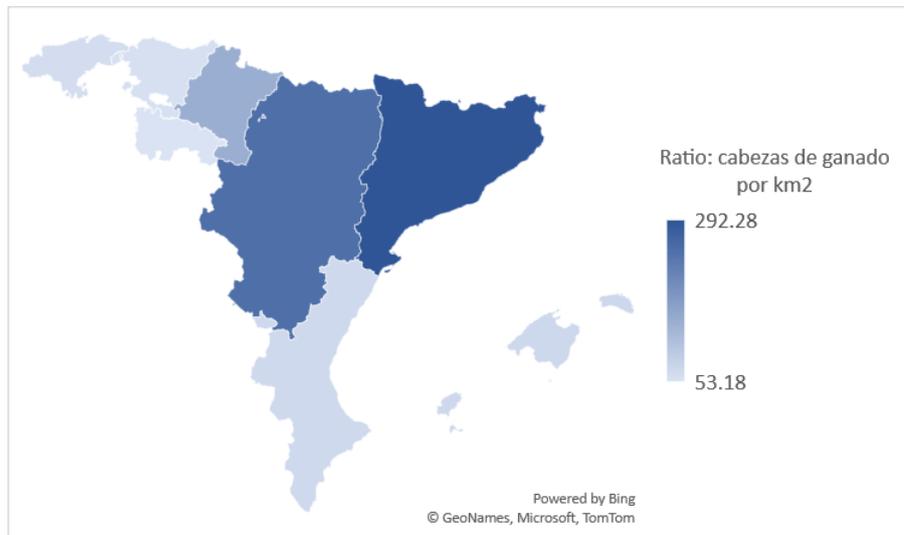


Figura 3.4: Ratio: cabeza de ganado por km^2

3.2. Uso de agua en la ganadería

Se ha calculado el uso de agua en la ganadería para los cuatro grupos de ganado estudiados, de acuerdo con Hoekstra y Chapagain (2008) y la metodología expuesta en este trabajo (Capítulo 2.1).

Los resultados y análisis de la cabaña ganadera, son extrapolables al uso de agua en la ganadería, en términos totales, ya que según la ecuación siguiente (Ecuación 2.2), UA_{Liv} representa el agua virtual de los animales (V_a) por el número total censado de estos (A):

$$UA_{Liv} = V_a \times A$$

Sin embargo, si se observa cada grupo ganadero analizado, se ven las diferencias entre sí, y el coste en términos de agua que supone cada tipo de ganado para la Bio-región. En la Tabla B.9, aparecen los valores calculados en $m^3/animal$ de cada uno de los 4 grupos.

En el ganado vacuno se emplea hasta 15 veces más agua que en el porcino con un valor medio obtenido de $5260,62 m^3/animal$; en la cría de cerdo industrial $312,56 m^3/animal$; en el ovino-caprino $225,05 m^3/animal$; y ya alejado del resto se encuentra el sector avícola, con $4,87 m^3/animal$. Aunque quizás no sean datos

del todo representativos, pues es evidente que el peso canal¹ no tiene absolutamente nada que ver entre, por ejemplo, una vaca y un pollo. Si resulta llamativo, que la presencia del ganado porcino en la Bio-región, en número de animales, representa más de la mitad del total, sin embargo, es el bovino quien representa ese 50 % del conjunto desde el punto de vista de agua virtual usada en su cría.

En la siguiente figura (Figura 3.5), se ven representados los valores porcentuales de agua virtual usada en la ganadería para las 4 categorías de ganado. El porcino y el bovino acumulan el 85 % del total, y teniendo en cuenta que son Aragón y Cataluña quienes retienen la mayor parte de ese ganado, también son las dos regiones que más están sometidas al uso del agua. Baleares, La Rioja y País Vasco son las menos afectadas con un valor medio de 445,98 hm^3 en 2021.

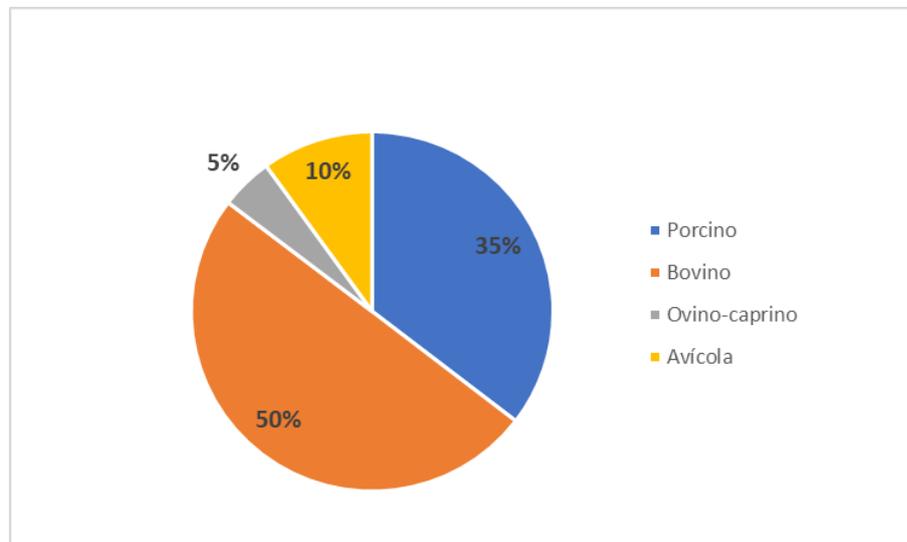


Figura 3.5: Uso del agua virtual en la ganadería por sector ganadero, en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea, año 2021.

V_a viene determinado por V_{feed} , V_{drink} y $V_{services}$ y de estos tres últimos términos, el agua procedente de la alimentación acapara la gran amplia mayoría; en el caso del bovino más del 95 % del agua V_a proviene del agua virtual contenida en su alimento, cifras similares se obtienen en el resto de ganado. Acorde con un informe de Greenpeace, el 62 % de las tierras agrícolas españolas se destinan para alimentar el ganado [19]. Conocidos estos datos, habría que centrar la atención en ese consumo, cómo se hace, de donde proviene y que consecuencias tiene.

¹Peso de la carcasa de un animal después de haber sido sacrificado y desollado. Este término se utiliza comúnmente en la industria de la carne para determinar el rendimiento de carne que se obtiene de un animal una vez que se han retirado las partes no comestibles,

En ovino y caprino, la fuente más importante de alimentación son los pastos, y a su vez, en su mayoría, son tierras no arables; por lo que el agua virtual contenida en la alimentación de este grupo ganadero es en buena medida procedente de la lluvia, es decir verde; a diferencia del azul que proviene de los sistemas artificiales de irrigación. Además, esas tierras no constituyen competencia con la producción agraria de alimento.

En el ganado bovino se ha producido a lo largo de las últimas décadas un mayor consumo de pienso al aumentar el cebo de terneros. Aun así hay buena parte, de por ejemplo, vacas lecheras que basan parte de la alimentación en regímenes extensivos de pastos de montaña aunque se complementen de piensos y forrajes al depender de la estacionalidad y de las precipitaciones.

Para los cerdos y las aves, las explotaciones intensivas predominan claramente, acompañadas de alimentaciones basados en piensos compuestos, como se refleja en las tablas de los Anexos B.1.

Tal como reflejan los datos sobre $m^3/ton.$ en los Anexos B.1, los rumiantes son claramente menos eficaces que los cerdos y aves para transformar el alimento en carne. Por cada tonelada media de animal vivo de ganado bovino y ovino-caprino son necesarios $9.707,17 m^3$ y $4.919,78 m^3$. respectivamente,

Es importante mencionar que el porcentaje de agua gris sobre el total de huella hídrica en sistemas intensivos es mucho mayor que extensivos. Por este motivo las explotaciones de ganadería intensiva que generan grandes cantidades de purines producen grandes problemas vinculados a su gestión, mientras que las deyecciones de los rebaños extensivos lejos de generar problemas de contaminación de suelos fertilizan los pastos o cultivos donde se aplican.

Prácticamente la totalidad del ganado porcino en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea es intensivo. Además, según el informe de Ángel de Miguel y Arjen Y. Hoekstra de 2015 [42], el 10 % del uso del agua es gris. Poniendo como ejemplo el más relevante que es el aragonés, en 2021 se usaron alrededor de $300 hm^3$ de agua dulce para diluir los contaminantes generados y devolver el agua a su calidad original. En la tabla siguiente se observa que prácticamente el total de agua gris generada por el ganado porcino en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea queda acumulado en Aragón ($308,09 hm^3$) y Cataluña ($250,25 hm^3$).

Tabla 3.1: Agua gris procedente del ganado porcino

<i>CC. AA.</i>	<i>Agua gris procedente del porcino (hm³)</i>	<i>% agua gris sobre el total</i>
País Vasco	1.154	0.2 %
Aragón	308.091	49.3 %
Baleares	1.392	0.2 %
Cantabria	0.024	0.0 %
Cataluña	250.252	40.0 %
C. Valenciana	35.108	5.6 %
La Rioja	3.494	0.6 %
Navarra	25.853	4.1 %

Fuente: Propia a partir de Chapagain y Hoekstra (2003 y 2004)

Las conclusiones son parecidas si se estudia al agua contenida en la carne, una vez ha sido procesada, pero es interesante y más ilustrativo para la población el conocer el volumen de agua que hay detrás de un *kg* de producto o de un plato listo para el consumo.

Para la carne de ave, se estima el valor de una pechuga de pollo de 200 gramos, que contiene virtualmente unos 600 litros de agua. Un plato de 8 chuletas de cordero, de alrededor 500 gramos, supone un consumo de casi 3.000 litros. Un filete de lomo de cerdo, de también 200 gramos, lleva consigo un gasto de agua de 1.500 litros. Y finalmente, un buen entrecot de ternera de medio kilogramo, unos 5.000 litros de agua.

Con el objetivo de representar esos gastos hídricos en la dieta humana, se han obtenido los valores de consumo per cápita de carne en España (MAPA, 2020) y que se representan en la tabla siguiente (Tabla 3.2):

Tabla 3.2: Consumo de carne per cápita en España

	<i>Consumo per cápita en España (kg)</i>
Carne de vacuno	5,35
Carne de ave	13,65
Carne de ovino-caprino	1,43
Carne de cerdo	10,93
Carne transformada	12,39

Fuente: MAPA (2021)

Un habitante de la Bio-región Cantábrico-Mediterránea consume a lo largo del año una suma de 43,75 *kg* de carne, lo que supone una agua virtual anual de 172.699 litros de agua, solamente contabilizando el consumo de carne. Dicho de otra manera, casi 35.000 garrafas de agua o cerca de 900 bañeras domésticas. Evidentemente el reparto de agua virtual consumida por los habitantes de cada Comunidad Autónoma de la Bio-región es en proporción idéntico a sendas poblaciones. También podría ser interesante, contabilizar el consumo de agua por región, teniendo en cuenta el total de personas, añadiendo al número de habitantes, los turistas recibidos o población flotante, teniendo como consecuencia un importante incremento en las zonas mediterráneas, donde la actividad turística es notablemente mayor.

Teniendo en cuenta los turistas recibidos por cada Comunidad Autónoma en el año 2021 (INE 2021) y el tiempo de duración media de esa población flotante de 5,2 días (INE 2021) se ha calculado, de manera aproximada, el reparto del consumo de agua virtual de la población censada y la afluencia de turistas en la Bio-región Cantábrico-mediterránea. Cataluña (41 %) incrementa más si cabe el consumo, ya que a parte de ser la comunidad más poblada es la segunda con más visita de turistas después de Baleares. Esta última incrementa el consumo de agua virtual hasta un 7% del total.

Tabla 3.3: Consumo de agua virtual por la población censada y turistas recibidos en el año 2021

<i>CC. AA.</i>	<i>Turistas recibidos (2021)</i>	<i>% turistas recibidos sobre el total</i>	<i>Consumo de agua virtual turístico (m³)</i>	<i>Consumo de agua virtual población censados (m³)</i>	<i>% consumo de agua población + turistas</i>
País Vasco	668683	3.9 %	1676.39	382354.38	11 %
Aragón	215884	1.2 %	541.22	229043.95	7 %
Baleares	6324711	36.5 %	15856.05	202577.31	7 %
Cantabria	159960	0.9 %	401.02	100943.77	3 %
Cataluña	5787837	33.4 %	14510.11	1340724.85	41 %
C. Valenciana	4019766	23.2 %	10077.55	873535.37	26 %
La Rioja	47913	0.3 %	120.12	55228.45	2 %
Navarra	123614	0.7 %	309.90	114246.78	3 %

Fuente: INE (2021)

3.3. Comercio de agua virtual

Una vez se han analizado los resultados obtenidos de uso de agua en la ganadería para el año 2021 en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea, es momento de ver qué ocurre con el comercio de toda esa agua virtual, importaciones y exportaciones, y de esta forma, obtener los valores buscados de huella hídrica.

En la siguiente figura (Figura 3.6), se pueden observar los distintos flujos que existen de agua virtual entre dos territorios. Una área geográfica importa una cantidad de agua virtual por ejemplo, en parte del alimento para el ganado, parte de ella se reexporta (en forma de productos ganaderos) y parte de ella se sumará a la huella hídrica interna que viene del uso de productos ganaderos y de la producción de los productos de consumo nacional.

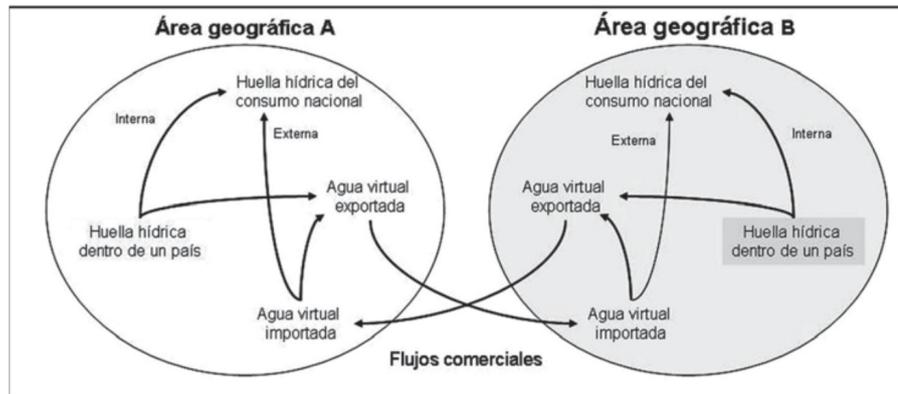


Figura 3.6: Flujos comerciales de agua virtual

La huella hídrica en el sector primario está estrechamente ligada al comercio de agua virtual de los productos ganaderos. También es crucial tener en cuenta que parte de las exportaciones de agua virtual son re-exportaciones, ya que una proporción alta de la alimentación en España se hace con productos importados. Se estima que el agua virtual re-exportada puede llegar a representar hasta el 60 % del total exportado; y la mayoría de esos productos tienen procedencia francesa, brasileña y argentina [34].

Los datos sobre la exportación e importación se han obtenido a partir de ICEX². Seguidamente se van a comentar los resultados obtenidos a partir de los informes consultados.

Aragón, como era de esperar por su fuerte apuesta por la industria cárnica y ganadera, es una comunidad claramente exportadora de agua virtual. Hablando desde la perspectiva de la industria cárnica, aunque se hayan añadido al cómputo de comercio exterior también los huevos y lácteos, dado su destacado papel en la industria agroalimentaria de la Bio-región. Esta región exporta todos los productos estudiados, salvo lácteos y ganado porcino vivo. A pesar del alto número de ganado ya existente, la industria porcina aragonesa en pleno auge es capaz también de asumir la producción de ganado porcino importado, para después ser capaz de exportar cerca de 1.000 toneladas, en el año 2021, de producto transformado de cerdo. Además Aragón, los productos que más exportó en el ejercicio 2021, fueron los que mayor

²ICEX España Exportación e Inversiones es una entidad pública empresarial española, de ámbito estatal, que tiene como misión promover la internacionalización de las empresas españolas, para contribuir a su competitividad y aportar valor a la economía en su conjunto, y fomentar la atracción de inversiones extranjeras a España.

agua virtual contienen: bovino, porcino y carne de porcino.

Siguiendo con Cantabria, esta mantiene un balance de agua virtual muy equilibrado. A pesar de todo destaca en el comercio del bovino y los lácteos, aunque a unos niveles inferiores respecto a otras CC. AA. Para el caso de La Rioja, cabe destacar nuevamente el músculo en el sector porcino, pese a la superficie y número de población, logra exportar unas 70 toneladas de carne de cerdo, provocando un balance de 209,94 hm^3 exportados.

Navarra es exportadora principalmente de carne de ave, y carne de cerdo, sin embargo, exceptuando el ganado bovino, exporta, en conjunto, una notoria cantidad de productos ganaderos convirtiéndola en una región exportadora con unos 300 hm^3 . Baleares y País Vasco con unos censos ganaderos bajos, son dos comunidades importadoras de agua virtual, que destacan respecto a la tendencia y los resultados del resto; siendo también que ambas poseen una actividad ganadera relativamente leve. La Comunidad Valenciana, con unos números altos de exportación de carne bovina y porcina, semejante en proporciones pero a otra escala que Aragón, que por lo tanto, la convierten en exportadora neta de agua virtual.

Por último, Cataluña lidera de largo la industria de transformación de carne, ya que exporta 2.500 toneladas de carne de porcino, más de 1500 por encima que su perseguidora, Aragón. Del mismo modo ocurre con el resto de categorías de productos cárnicos transformados, que son los que aportan a su vez, mayor valor añadido. Si bien es cierto, también importan gran número de ganado vivo y productos lácteos, con lo cual su balance de agua virtual exportado-importado es relativamente bajo, pues en resumen, exporta muy altos números de producto a la vez que también importa mucha agua virtual para abastecerse.

Tabla 3.4: Huella Hídrica en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea, año 2021 (hm^3)

<i>CC. AA.</i>	UA_{Liv}	$VW_{I,Liv}$	$VW_{E,Liv}$	<i>Balance</i>	WF_{Liv}
Cantabria	1451.25	48.48	41.78	6.70	1457.95
País Vasco	831.62	156.18	76.53	79.65	911.27
Navarra	1268.50	82.29	403.25	-320.97	947.53
La Rioja	289.92	19.05	228.59	-209.54	80.38
Aragón	5524.42	277.74	3720.10	-3442.37	2082.05
Cataluña	6892.87	1265.35	1184.55	81.81	6973.68
Baleares	216.41	21.24	9.46	11.78	228.19
Comunidad Valenciana	1182.91	280.99	547.96	-266.97	915.93

Fuente: Elaboración propia a partir de:
 MAPA (2021), INE (2021) Chapagain y Hoekstra (2003 y 2004)

En la figura que se muestra a continuación (Figura 3.7) se representan los valores de exportación e importación de agua virtual de cada una de las regiones analizadas.

La actividad de exportación en Aragón, no solo es la mayor con diferencia, si no que además está muy descompensada con respecto al volumen de agua importada en forma de productos ganaderos. Como ya se ha comentado, en Cataluña y C. Valenciana los altos niveles de consumo debidos a su población y a la actividad turística provocan que el balance entre lo que se exporta y lo que se importa sea relativamente pequeño; es decir, es cierto que tienen una actividad ganadera e industrial cárnica alta, con lo cual se exportan grandes volúmenes, pero a su vez, su consumo interno compensa las exportaciones con importaciones.

Con los datos de comercio que se han revisado, se puede identificar una conducta de trasvase de agua en forma de agua virtual, ya que por ejemplo, en el caso de Aragón no hay un trasvase entendido como una transferencia física de agua real de una fuente a otra a través de canales o otras infraestructuras pero, a través de los productos ganaderos está habiendo un trasvase virtual ($3720,10 \text{ } hm^3$) hacia el extranjero y hacia las regiones con más demanda de consumo alimentario, como se ha visto anteriormente (Cataluña, C. Valenciana, País Vasco).

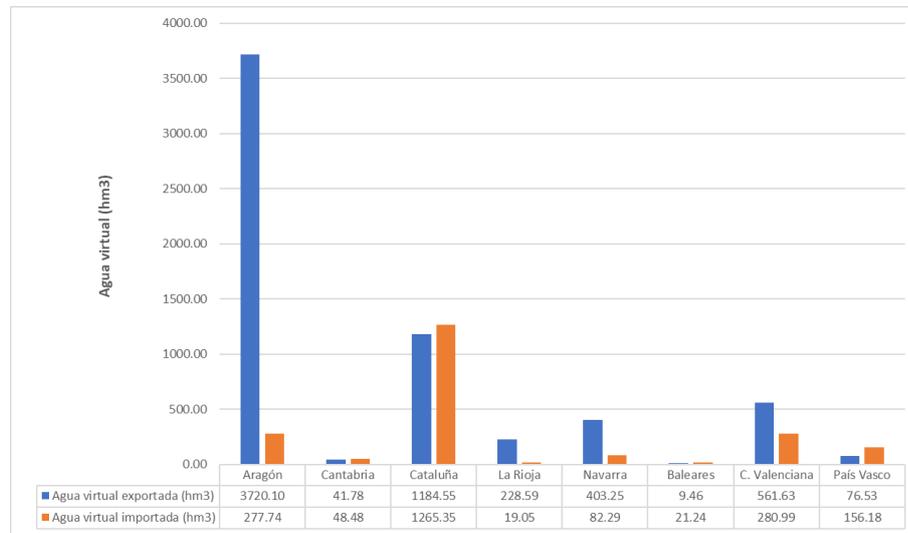


Figura 3.7: Exportación e importación de productos ganaderos en términos de agua virtual.

3.4. Huella Hídrica

Conocidos todos los valores necesarios para el cálculo definitivo de la Huella Hídrica de la Bio-región Cantábrico-Mediterránea (WF_{Liv}) según la Ecuación 2.1. La Bio-región en el año 2021 tuvo unos valores de HH de $13,58 \text{ km}^3$, seguidamente analizaremos su distribución y algunos indicadores de interés que pueden ser útiles para reflejar la situación global.

 Tabla 3.5: Huella Hídrica en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea, año 2021 (hm^3)

CC. AA.	UA_{Liv}	$VW_{I,Liv}$	$VW_{E,Liv}$	Balance	WF_{Liv}
Cantabria	1451.25	48.48	41.78	6.70	1457.95
País Vasco	831.62	156.18	76.53	79.65	911.27
Navarra	1268.50	82.29	403.25	-320.97	947.53
La Rioja	289.92	19.05	228.59	-209.54	80.38
Aragón	5524.42	277.74	3720.10	-3442.37	2082.05
Cataluña	6892.87	1265.35	1184.55	81.81	6973.68
Baleares	216.41	21.24	9.46	11.78	228.19
Comunidad Valenciana	1182.91	280.99	547.96	-266.97	915.93

Fuente: Elaboración propia a partir de:
MAPA (2021), INE (2021) Chapagain y Hoekstra (2003 y 2004)

Observando la Tabla B.19, vemos resumidamente en datos numéricos lo que se ha ido viendo a lo largo del capítulo. Aragón y Cataluña lideran con creces el uso del agua virtual en ganadería, de la misma forma que también lo hacen en exportaciones de productos ganaderos y en huella hídrica. Los aragoneses se mantienen en unos 2 km^3 en 2021, mientras que en Cataluña se triplica ese valor debido a la gran cantidad de agua virtual importada que no existe en Aragón. La lista la continúan Navarra y Cantabria con $947,53 \text{ hm}^3$ y $1457,95 \text{ hm}^3$ respectivamente. Las regiones con un impacto menor son La Rioja y Baleares.

Es interesante ver los resultados y observar que Cantabria, Navarra y C. Valenciana tienen valores similares de uso de agua virtual en la ganadería, una media de 1300 hm^3 que significan aproximadamente el 9% sobre el total cada una. No obstante, debido al carácter exportador de Valencia y Navarra, la huella hídrica es más de 500 hm^3 mayor en Cantabria ($1457,95 \text{ hm}^3$) que en Navarra ($947,53 \text{ hm}^3$) y la Comunidad Valenciana ($915,93 \text{ hm}^3$).

Se ve por lo tanto que hay un reparto muy desigual entre las 8 regiones que conforman la Bio-región, habiendo una muy gran diferencia entre Cataluña ($6973,68 \text{ hm}^3$) y La Rioja ($80,38 \text{ hm}^3$), que son las comunidades con mayor y menor *HH* respectivamente.

Las CC. AA. con mayor exportación de agua virtual y huella hídrica (Aragón y Cataluña) son las que presentan mayor capacidad de agua embalsada, aunque no representa exactamente el agua dulce disponible, ya que habría que tener en cuenta también el agua de lluvia que no se embalsa, las pérdidas por evaporación y filtraciones y el hecho de que los embalses no suelen estar en su máxima capacidad, pero da una idea relativa de las CC. AA. que se pueden permitir un mayor consumo hídrico [36].

Tabla 3.6: Capacidad de los embalses de la Bio-región Cantábrico-Mediterránea

<i>CC. AA.</i>	<i>Capacidad (hm³)</i>	<i>% sobre el total</i>
País Vasco	252	2,4
Aragón	4.489	43,3
Baleares	0	0
Cantabria	575	5,5
Cataluña	1.950	18,8
C. Valenciana	1.956	18,9
La Rioja	136	1,3
Navarra	1.014	9,8

Fuente: Embalses.net

Estudiando la *HH* de la ganadería per cápita en la Tabla B.21, se observa que esos casi 7 km^3 de huella hídrica de Cataluña se diluyen entre su gran número de habitantes obteniendo una cifra por habitante de $898 \text{ m}^3/\text{persona}$; parecido le pasa al País Vasco, que con cifras relativamente elevadas, consiguen mitigar el efecto cuando se trata de evaluar el problema por habitante.

Efecto contrario ocurre en Cantabria y Aragón, donde la despoblación provoca que se logren las cifras más altas: $2494,33 \text{ m}^3/\text{persona}$ y $1569,87 \text{ m}^3/\text{persona}$. Se puede comparar el dato con el consumo doméstico medio en España, que para 2020 fue de 133 litros por habitante y día, que hacen a lo largo del año un total de 48,5 metros cúbicos de agua.

Se pueden también determinar las regiones que someten a mayor estrés hídrico su tierra, en la Figura B.7, se observa que Cataluña, País Vasco y Cantabria son las regiones que más exigen hídricamente sus terrenos, pues es donde la huella hídrica por m^2 logra mayores cifras, con un ratio medio entre las tres de unos $200 \text{ m}^3/\text{m}^2$, prácticamente el doble que la media de la Bio-región ($105 \text{ m}^3/\text{m}^2$).

Puede aportar valor al estudio el comprobar a que coste se está consumiendo el agua dulce en la Bio-región. Para ello, se han determinado a partir de información del MAPA, las cifras de negocio para el año 2021 de la industria cárnica (Figura B.4), con el objetivo de determinar los hm^3 de huella hídrica que son necesarios, en cada CC. AA., para facturar 1M €.

En la tabla siguiente (Tabla B.20) se puede concluir que La Rioja y la Comunidad Valenciana, consiguen las mejores cifras y son por lo tanto las regiones que menos impacto hídrico suponen por millón de euros generado. Las cifras de negocios más altas en 2021 fueron para Cataluña (525,62 M€), C. Valenciana (193,66 M€) y Aragón (127,54 M€); coinciden con las que tienen un mayor número de efectivos en la industria porcina, pues con los recientes avances e industrialización del sector, han alcanzado muy buenos rendimientos económicos.

Baleares, teniendo una baja actividad en el sector ganadero, es la que menor facturación posee; sin embargo, en relación a la HH que la ganadería deja en el archipiélago tiene el segundo ratio mayor ($26,05 \text{ hm}^3/\text{Me}$). Cantabria, con una mayoría de ganado vacuno lidera la lista y es la Comunidad Autónoma a la que más caro le sale, en términos de HH, generar un millón de euros en la industria cárnica.

Tabla 3.7: Ratio: HH por cifra de negocios procedente de industria cárnica, año 2021 ($\text{hm}^3/\text{M€}$)

<i>CC. AA.</i>	<i>Cifra de negocios industria cárnica, 2021. (M€)</i>	<i>Ratio: HH por M€ procedente de la industria cárnica, 2021. ($\text{hm}^3/\text{M€}$)</i>
Cantabria	29.23	49.88
País Vasco	78.63	11.59
Navarra	74.20	12.77
La Rioja	37.37	2.15
Aragón	127.54	16.32
Cataluña	525.62	13.27
Baleares	8.76	26.05
Comunidad Valenciana	193.66	4.73

Fuente: Elaboración propia a partir de:
 MAPA (2021), INE (2021) Chapagain y Hoekstra (2003 y 2004)

En la publicación *Huella hídrica de España y su diversidad territorial* [15] se publicaron cálculos de HH de la ganadería en España para el año 2007, en el que la huella hídrica era de 44.510 hm^3 , también se analizaron los consumos de agua en la agricultura ($9.460,5 \text{ hm}^3$) y en el sector doméstico e industrial ($4.969,0 \text{ hm}^3$); datos que constatan, una vez más, la gran influencia del sector ganadero en el total de la huella hídrica de un territorio.

En la publicación de sostenibilidad y territorio del ya inexistente Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino en el año 2001 [37] se calculó la huella hídrica española y se obtuvo un valor de aproximadamente 4.000 hm^3 para las 8 regiones estudiadas. El total en 2021 y para la Bio-región Cantábrico-Mediterránea calculado en el presente trabajo de fin de grado es de cerca de 14.000 hm^3 . Es evidentemente, que la HH de la ganadería en España ha ido en continuo aumento en las dos últimas décadas y además de manera muy desigual entre las distintas Comunidades Autónomas.

Capítulo 4

Líneas futuras

1. Diversificación Sectorial:

Si se decide ampliar el proyecto, se podría considerar la inclusión de otros sectores industriales además de la agricultura. Esta ampliación implicaría un enfoque integral que abarcaría no solo la producción agrícola y ganadera, sino también sectores como la manufactura, la industria energética y el consumo humano general. Se investigarían y analizarían los aspectos de sostenibilidad y los impactos ambientales en cada uno de estos sectores, desde el punto de vista de gasto hídrico, permitiendo una comprensión más completa de cómo las actividades industriales contribuyen a la Huella Hídrica de la Bio-región Cantábrico-Mediterránea.

2. Estudio de la Huella de Carbono y Huella Ecológica:

Si se opta por este enfoque, se centraría en medir y evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en todas las etapas de la producción ganadera y agrícola. Esto implicaría cuantificar las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) relacionadas con actividades como la cría de ganado, el cultivo de alimentos y el transporte de productos.

La Huella Ecológica se puede definir como la demanda de la superficie de la biosfera en un año determinado, bajo la tecnología y el manejo de los recursos predominantes durante ese año. Se mide en hectáreas globales (gha) y se puede dividir en varias categorías (Infraestructuras, tierras de cultivo, bosques, pastos, caladeros de pesca y la ya mencionada huella de carbono). Se podría explorar la huella ecológica analizando cómo las actividades humanas, incluyendo la agricultura y otros sectores industriales, afectan a la biodiversidad y los ecosistemas. Se mediría el impacto de la demanda de recursos natura-

les, como la tierra y el agua, en relación con la capacidad de la Tierra para regenerar esos recursos.

3. Análisis de la Sostenibilidad Económica:

Si se decide adoptar este enfoque económico, se llevaría a cabo una evaluación detallada de la sostenibilidad financiera de las explotaciones ganaderas y agrícolas. Esto incluiría el análisis de costos y beneficios de la adopción de prácticas más sostenibles y la exploración de posibles incentivos financieros; y la manera en que se relacionan e interactúan las 8 CC. AA. respecto a la sostenibilidad económica.

4. Desarrollo de Planes de Sostenibilidad:

Se podrían diseñar planes específicos de sostenibilidad para las diferentes etapas de la producción ganadera y agrícola. Estos planes incluirían recomendaciones concretas para la implementación de prácticas más sostenibles y la reducción de impactos ambientales.

5. Difusión de Resultados:

En caso de que se busque influir en las políticas públicas y aumentar la concienciación sobre la sostenibilidad en la producción de alimentos, se podrían compartir los hallazgos, resultados y conclusiones del trabajo a través de publicaciones científicas, conferencias y medios de comunicación.

Capítulo 5

Conclusiones finales

En este estudio se ha llevado a cabo un análisis de la huella hídrica del sector ganadero en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea en el que se han podido evidenciar los desequilibrios existentes entre las regiones.

Comenzando por la distribución de la cabaña ganadera, los efectivos de ganado porcino han ido aumentando a un ritmo muy alto en las últimas décadas en España (40 % en los últimos 20 años), concentrándose principalmente en Aragón (49,27 %) y Cataluña (40,02 %). Se han propuesto indicadores de interés como en el caso de ganado per cápita, donde resaltan las diferencias de los 0,19 animales por persona del País Vasco hasta los casi 9 efectivos por habitante en Aragón.

En el cálculo del uso del agua virtual en la ganadería a partir de los datos de Chapagain y Hoekstra (2003) se observa que entre los ganados bovino ($5230 \text{ m}^3/\text{animal}$) y porcino ($312,56 \text{ m}^3/\text{animal}$) se acumula el 85 % de agua virtual usada. En esta última se distingue entre la consumida directamente, la usada para el cuidado de las instalaciones y el animal y la ingerida virtualmente a través de la alimentación que representa más de un 95 % sobre el total. Para esas grandes cantidades de alimento, se destina aproximadamente el 62 % de las tierras agrícolas españolas.

Con los productos ganaderos, ya sea ganado vivo o productos procesados, hay un flujo de exportación e importación en cada una de las regiones y como consecuencia, volúmenes de agua virtual que se mueven de un lado a otro. En general, hay una tendencia exportadora de agua virtual. Destaca nuevamente Aragón siendo el responsable de algo más de la mitad del total de exportaciones de agua virtual ($3720,10 \text{ hm}^3$), y es que queda claro que tiene una fuerte industria ganadera que contrasta con el 7 % del total de la población del territorio estudiado.

Cantabria, País Vasco, Baleares y Cataluña importan más que exportan; en los tres primeros casos a causa de que entre los tres no llegan apenas al 6% del ganado total, sin embargo en Cataluña hay una muy alta oferta de productos ganaderos que queda compensada con una gran demanda debida a su población y actividad turística.

La huella hídrica en el año 2021 tuvo unos valores de $13,58 \text{ km}^3$ en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea. Aragón ($2082,05 \text{ hm}^3$) y Cataluña ($6973,68 \text{ hm}^3$) agrupan entorno al 60% de ese total y La Rioja es la región que mejor sale parada con $80,38 \text{ hm}^3$. Si se evalúan estos últimos resultados por persona, en Cantabria y Aragón se tienen unos valores de $2494,33 \text{ m}^3/\text{persona}$ y $1569,87 \text{ m}^3/\text{persona}$ respectivamente: 5.500 litros por día y persona de media entre ambas regiones. Por último, que la industria cárnica genere un millón de euros comporta una huella hídrica de casi 50 hm^3 en Cantabria, sin embargo, el índice se reduce hasta 2,15 si se evalúa La Rioja.

Queda probado entonces que existe un desequilibrio notable entre la demanda, disponibilidad de recursos hídricos y oferta de productos ganaderos en las 8 Comunidades Autónomas que conforman la Bio-región Cantábrico-Mediterránea.

Para abordar esta situación es esencial aumentar la eficiencia en el uso del agua en todo el territorio. Esto incluye la consideración de estrategias como cambios en la especialización productiva y políticas de comercio exterior relacionadas con el agua virtual, como externalizar el consumo del agua a través de la importación de grandes cantidades de alimento para ganado lo que reducirá la presión sobre los recursos hídricos internos y y una mejora de calidad del medio físico hídrico. Sería también conveniente una mejor asignación de los recursos hídricos utilizando el agua en actividades con mayor valor económico.

Además, se destaca la necesidad de promover la reutilización de aguas residuales tratadas como una prioridad. En la actualidad el porcentaje de reutilización de las aguas depuradas en España tan sólo supone un 10% del volumen total depurado, se debe incentivar por lo tanto más el uso de aguas depuradas en sectores agrícolas y urbanos-turísticos, como un objetivo clave en la planificación hidrológica del país.

Poner límites en Aragón y Cataluña al crecimiento del sector, dadas la *HHazul* y *HHgris* que generan. Comparando la huella hídrica de Cataluña ($6973,68 \text{ hm}^3$) y Aragón ($2082,05 \text{ hm}^3$) con su respectiva capacidad de embalses (1.950 hm^3 y 4.489 hm^3 respectivamente) y la disponibilidad de agua en la Cuenca del Ebro de unos $13000 \text{ hm}^3/\text{anuales}$.

Anexo A

Encuestas ganaderas

A.1. Encuestas ganaderas. Año 2021.

Tabla A.1: Encuesta ganadera en porcino. Año 2021.

<i>CC. AA.</i>	<i>Total animales</i>
Aragón	9.874.722
Cantabria	773
Cataluña	8.020.892
La Rioja	111.987
Navarra	828.608
Baleares	44.632
Comunidad Valenciana	1.125.247
País Vasco	36.965

Fuente: MAPA (2021)

Tabla A.2: Encuesta ganadera en bovino. Año 2021.

<i>CC. AA.</i>	<i>Total animales</i>
Aragón	395.528
Cantabria	272.739
Cataluña	628.603
La Rioja	41.993
Navarra	123.384
Baleares	26.102
Comunidad Valenciana	54.252
País Vasco	133.917

Fuente: MAPA (2021)

Tabla A.3: Encuesta ganadera en ovino-caprino. Año 2021.

<i>CC. AA.</i>	<i>Total animales</i>
Aragón	1.596.385
Cantabria	60.754
Cataluña	538.976
La Rioja	112.529
Navarra	474.890
Baleares	286.473
Comunidad Valenciana	347.652
País Vasco	241.139

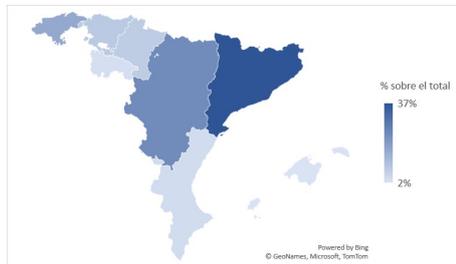
Fuente: MAPA (2021)

Tabla A.4: Encuesta ganadera en avícola (miles de animales). Año 2021.

<i>CC. AA.</i>	<i>Total animales</i>
Aragón	790
Cantabria	0
Cataluña	197665
La Rioja	1803
Navarra	52181
Baleares	150
Comunidad Valenciana	96148
País Vasco	12613

Fuente: MAPA (2021)

A.1.1. Cabaña ganadera en el año 2021



(a) Censo bovino de la Biorregión Cantábrico-Mediterránea, año 2021 (MAPA)



(b) Censo porcino de la Biorregión Cantábrico-Mediterránea, año 2021 (MAPA)



(c) Censo ovino-caprino de la Biorregión Cantábrico-Mediterránea, año 2021 (MAPA)



(d) Censo avícola de la Biorregión Cantábrico-Mediterránea, año 2021 (MAPA)

A.1.2. Ratio: cabeza de ganado por habitante

Tabla A.5: Ratio: cabeza de ganado por habitante

<i>CC. AA.</i>	<i>Censo Ganadero 2021</i>	<i>Población 2021</i>	<i>Ratio: cabeza de ganado por habitante</i>
Cantabria	334266.00	584507.00	0.57
País Vasco	424634.33	2213993.00	0.19
Navarra	1479063.11	661537.00	2.24
La Rioja	268312.00	319796.00	0.84
Aragón	11867424.44	1326261.00	8.95
Cataluña	9386136.56	7763362.00	1.21
Baleares	357356.44	1173008.00	0.30
Comunidad Valenciana	1623299.89	5058138.00	0.32

Fuente propia a partir de: MAPA (2021), INE (2021)

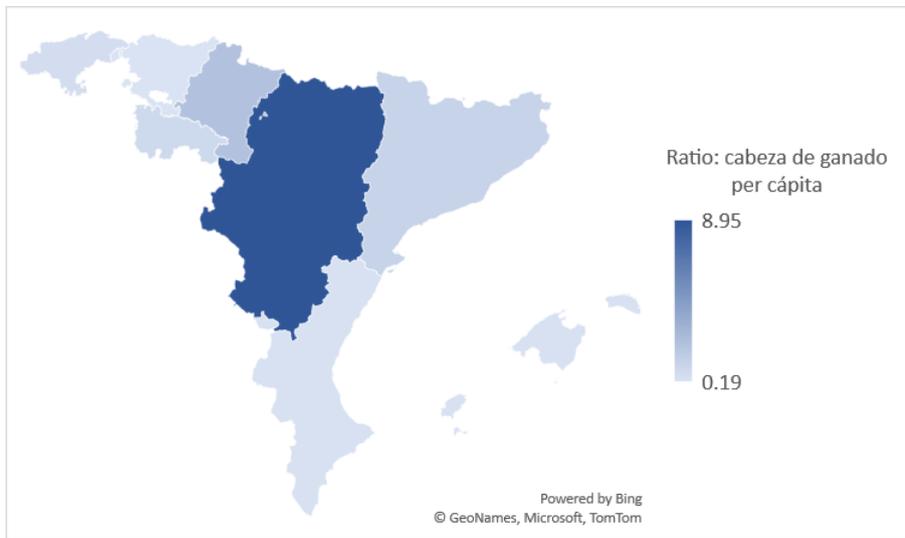


Figura A.2: Ratio: cabeza de ganado por habitante

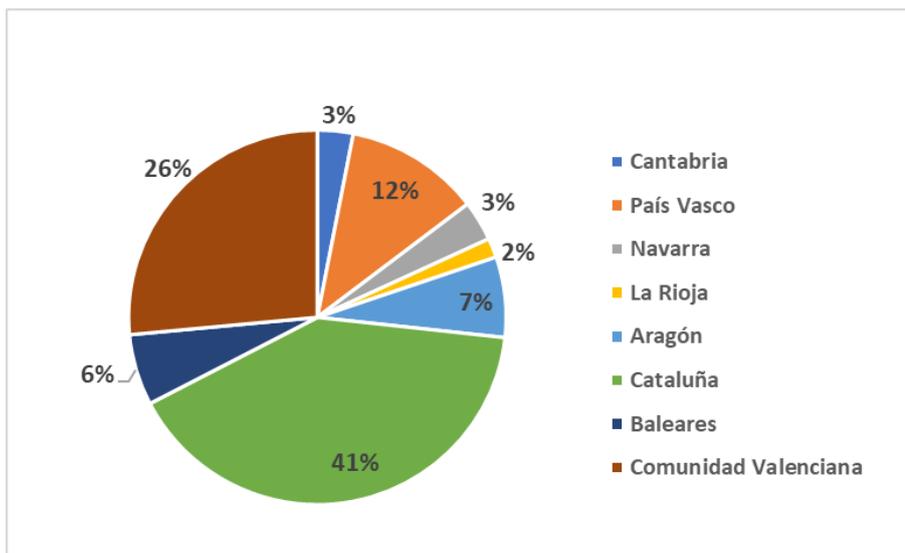


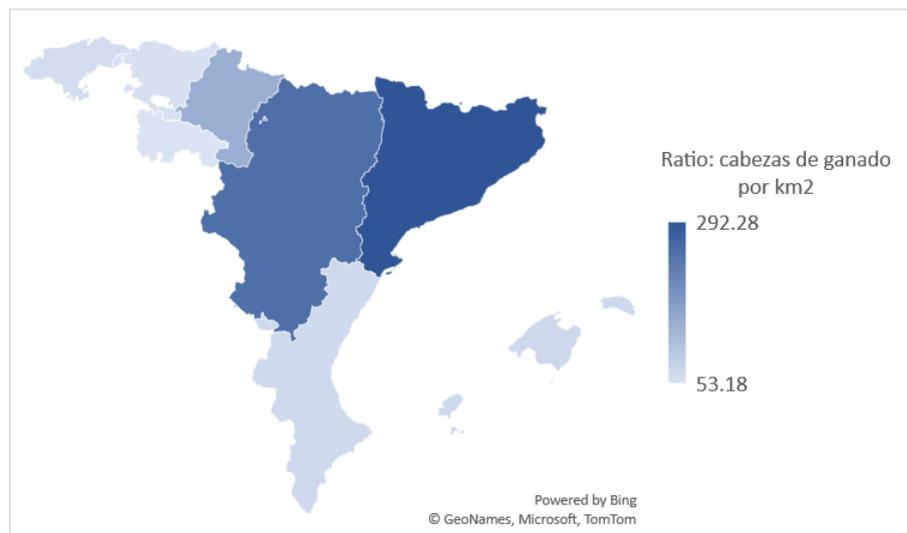
Figura A.3: Población en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea

A.1.3. Ratio: cabeza de ganado por km^2

 Tabla A.6: Ratio: cabeza de ganado por km^2

CC. AA.	Censo Ganadero	Superficie (km^2)	Ratio: cabezas de ganado por km^2
Cantabria	334266.00	5321	62.82
País Vasco	424634.33	7234	58.70
Navarra	1479063.11	10391	142.34
La Rioja	268312.00	5045	53.18
Aragón	11867424.44	47720	248.69
Cataluña	9386136.56	32113	292.28
Baleares	357356.44	4992	71.59
Comunidad Valenciana	1623299.89	23255	69.80

Fuente propia a partir de: MAPA (2021), INE (2021)


 Figura A.4: Ratio: cabeza de ganado por km^2

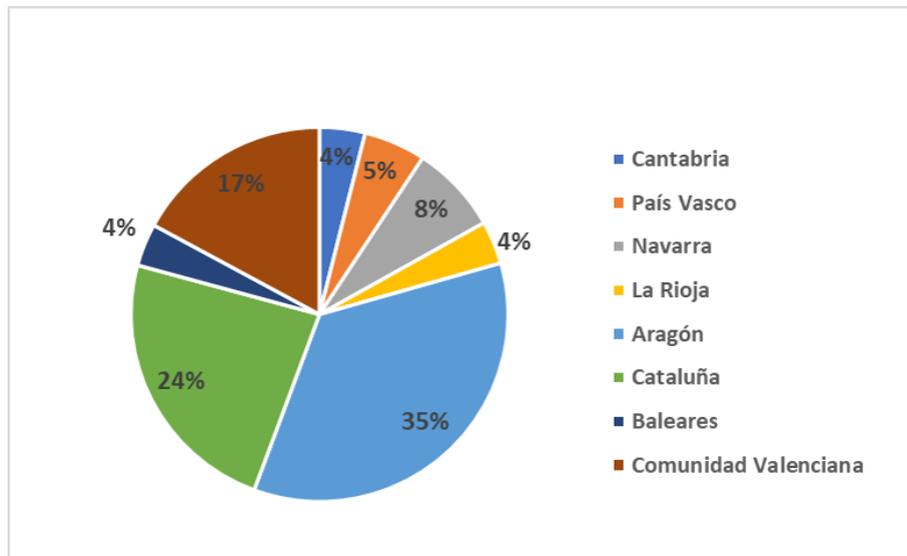


Figura A.5: Superficie en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea

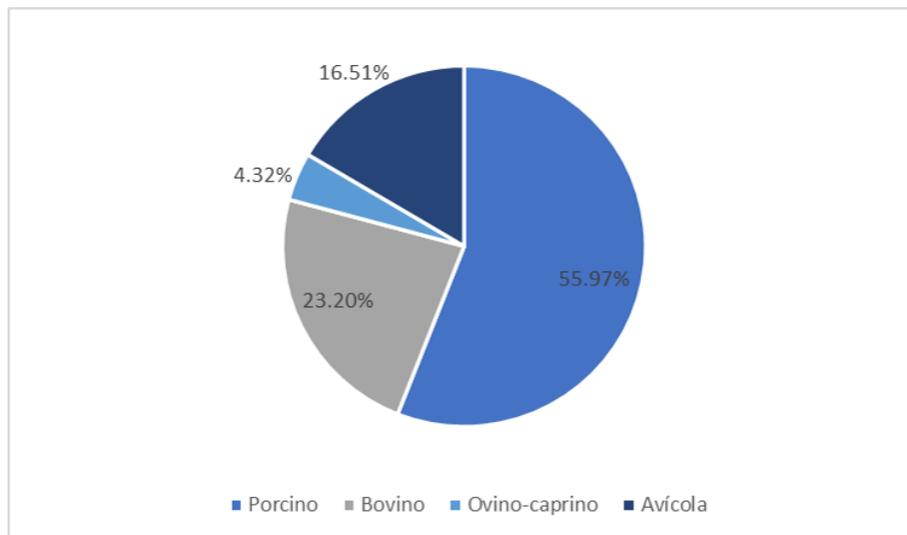


Figura A.6: Ganado más significativo por *kg* de ganado vivo en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea

Anexo B

Cálculo de Agua Virtual y HH

B.1. Cálculo de agua virtual en ganado

B.1.1. Porcino

Datos iniciales:

- Peso vivo al sacrificio = 110 kg
- Edad al sacrificio = 8 meses

Agua virtual del animal ($m^3/animal$)

$$V_a = V_{feed} + V_{drink} + V_{services}$$

- Agua destinada al consumo directo: $V_{drink} = 2,40 m^3/animal$ (Chapagain y Hoekstra, 2003)
- Agua destinada al manejo de la explotación: $V_{services} = 8,36 m^3/animal$ (Chapagain y Hoekstra, 2003)
- Agua virtual relativa a la alimentación: V_{feed} (véase Tabla B.1)

Tabla B.1: Agua virtual relativa a alimentación en porcino

<i>Cultivos</i>	<i>Alimentación</i> (ton./ano)	<i>Agua Virtual</i> (m ³ /ton.)	<i>Agua Consumida</i> (m ³ /ano)
Trigo	0,035	1441	50,435
Avena	0,02	2328	46,56
Cebada	0,197	1098	216,306
Otros granos	0,002	897	1,794
Maíz	0,117	381	44,577
Guisantes secos	0,009	1377	12,393
Soja	0,029	1227	35,583
Colza	0,024	1098	26,352
Productos molinería	0,007	1441	10,087
Porción no grano	0,022	381	8,382
TOTAL	0,462		452,469

Fuente: Chapagain y Hoekstra (2003 y 2004)

Con el valor total de agua virtual relativo a la alimentación y expresados en (m³/ano), lo multiplicamos por la edad al sacrificio para obtener el valor de V_{feed} expresado en m³/animal. También habrá que contabilizar un valor aproximado de agua utilizada para la preparación de la alimentación.

El agua utilizada para la preparación de la alimentación se aproximará según el 50 % del total de alimento consumido al año (Chapagain y Hoekstra, 2003):

$$V_{mixingwaterfeed} = \frac{1}{2} \times 0,462 = 0,23m^3/ano$$

$$V_{feed} = 452,47 \times \frac{8}{12} + 0,23 \times \frac{8}{12} = 301,8 m^3/animal$$

Luego, el contenido de agua virtual en porcinos es:

$$V_a = V_{feed} + V_{drink} + V_{services}$$

$$V_a = 301,8 + 2,40 + 8,36 = 312,56 m^3/animal$$

Para referir los datos a toneladas de peso vivo del animal hay que dividir entre el peso del animal al sacrificio:

$$V_{a'} = \frac{301,8}{110} + \frac{2,40}{110} + \frac{8,36}{110} = 2841,45 \text{ m}^3/\text{ton}$$

A partir de los datos obtenidos, y con los datos de agua necesaria para la elaboración del producto (V_{transf}) y con los datos de fracción y valor de producto (pf y vf), se obtienen los contenidos de agua virtual para los productos de origen porcino. Tabla B.2.

Tabla B.2: Contenido en agua virtual de productos derivados del porcino

<i>Producto</i>	V_{trans} ($m^3/\text{ton.}$)	pf	vf	Agua virtual ($m^3/\text{ton.}$)
Animal vivo	0	1	1	2841
Carne porcino	10	0,76	0,84	3151

Fuente: Elaboración propia a partir Chapagain y Hoekstra (2003)

B.1.2. Bovino

Datos iniciales:

- Peso vivo al sacrificio = 545 kg
- Edad al sacrificio = 36 meses

Agua virtual del animal (m^3/animal)

$$V_a = V_{feed} + V_{drink} + V_{services}$$

- Agua destinada al consumo directo: $V_{drink} = 23,5 \text{ m}^3/\text{animal}$ (Chapagain y Hoekstra, 2003)
- Agua destinada al manejo de la explotación: $V_{services} = 7,12 \text{ m}^3/\text{animal}$ (Chapagain y Hoekstra, 2003)
- Agua virtual relativa a la alimentación: V_{feed} (véase Tabla B.3)

Tabla B.3: Agua virtual relativa a alimentación en bovino

<i>Cultivos</i>	<i>Alimentación</i> (ton./ano)	<i>Agua Virtual</i> (m ³ /ton.)	<i>Agua Consumida</i> (m ³ /ano)
Trigo	0,01	1441	14,41
Avena	0,127	2328	296,656
Cebada	0,199	1098	218,502
Otros granos	0,006	897	5,382
Maíz	0,052	381	19,812
Guisantes secos	0,007	1377	9,639
Soja	0,013	1227	15,951
Colza	0,011	1098	12,078
Productos molinería	0,028	1441	40,348
Porción no grano	0,01	381	3,81
Pasto	1,02	445	453,9
Heno seco	0,78	494	187,72
Forraje	0,38	494	187,72
TOTAL	2,823		1742,628

Fuente: Chapagain y Hoekstra (2003 y 2004)

Con los valores de agua virtual relativos a la alimentación y expresados en , lo multiplicamos por la edad al sacrificio para obtener el valor de V_{feed} expresado en $m^3/animal$. También habrá que contabilizar un valor aproximado de agua utilizada para la preparación de la alimentación.

El agua utilizada para la preparación de la alimentación se aproximará según el 50% del total de alimento consumido al año (Chapagain y Hoekstra, 2003):
 $V_{mixingwaterfeed} = \frac{1}{2} \times 2,823 = 1,41m^3/ano$

$$V_{feed} = 1742,63 \times \frac{36}{12} + 1,41 \times \frac{36}{12} = 5230 m^3/animal$$

Luego, el contenido de agua virtual en porcinos es:

$$V_a = V_{feed} + V_{drink} + V_{services}$$

$$V_a = 5230 + 23,5 + 7,12 = 5260,62 \text{ m}^3/\text{animal}$$

Para referir los datos a toneladas de peso vivo del animal hay que dividir entre el peso del animal al sacrificio:

$$V_{a'} = \frac{5260,62}{545} + \frac{23,5}{545} + \frac{7,12}{545} = 9707,17 \text{ m}^3/\text{ton}$$

A partir de los datos obtenidos, y con los datos de agua necesaria para la elaboración del producto (V_{transf}) y con los datos de fracción y valor de producto (pf y vf), se obtienen los contenidos de agua virtual para los productos de origen bovino. Tabla B.2.

Tabla B.4: Contenido en agua virtual de productos derivados del bovino

<i>Producto</i>	V_{trans} ($m^3/\text{ton.}$)	pf	vf	Agua virtual ($m^3/\text{ton.}$)
Animal vivo	0	1	1	9707,17
Carne bovino	10	0,8	0,85	10324,49

Fuente: Elaboración propia a partir Chapagain y Hoekstra (2003)

B.1.3. Ovino-caprino

Datos iniciales:

- Peso vivo al sacrificio = 46,5 kg
- Edad al sacrificio = 21 meses

Agua virtual del animal (m^3/animal)

$$V_a = V_{feed} + V_{drink} + V_{services}$$

- Agua destinada al consumo directo: $V_{drink} = 1,85 \text{ m}^3/\text{animal}$ (Chapagain y Hoekstra, 2003)
- Agua destinada al manejo de la explotación: $V_{services} = 1,87 \text{ m}^3/\text{animal}$ (Chapagain y Hoekstra, 2003)

- Agua virtual relativa a la alimentación: V_{feed} (véase Tabla B.5)

Tabla B.5: Agua virtual relativa a alimentación en ovino-caprino

<i>Cultivos</i>	<i>Alimentación</i> (ton./ano)	<i>Agua Virtual</i> (m ³ /ton.)	<i>Agua Consumida</i> (m ³ /ano)
Trigo	0,001	1441	1,4441
Avena	0,00225	2328	5,238
Cebada	0,01125	1098	12,3525
Otros granos	0,0005	897	0,4485
Maíz	0,0025	381	0,9525
Guisantes secos	0,0005	1377	0,6885
Soja	0,001	1227	1,227
Colza	0,0005	1098	0,549
Productos molinería	0,001	1441	1,441
Porción no grano	0,0005	381	0,1905
Pasto	0,09225	445	41,051
Heno seco	0,1062	494	52,48
Forraje	0,01775	494	8,768
Otras fibras	0,0015	445	0,667
TOTAL	0,2387		127,50

Fuente: Chapagain y Hoekstra (2003 y 2004)

Con los valores de agua virtual relativos a la alimentación y expresados en , lo multiplicamos por la edad al sacrificio para obtener el valor de V_{feed} expresado en $m^3/animal$. También habrá que contabilizar un valor aproximado de agua utilizada para la preparación de la alimentación.

El agua utilizada para la preparación de la alimentación se aproximará según el 50% del total de alimento consumido al año (Chapagain y Hoekstra, 2003):

$$V_{mixingwater\,feed} = \frac{1}{2} \times 0,2387 = 0,12m^3/ano$$

$$V_{feed} = 127,50 \times \frac{21}{12} + 0,12 \times \frac{21}{12} = 223,33 m^3/animal$$

Luego, el contenido de agua virtual en bovino-caprino es:

$$V_a = V_{feed} + V_{drink} + V_{services}$$

$$V_a = 223,33 + 1,85 + 1,87 = 225,05 \text{ m}^3/\text{animal}$$

Para referir los datos a toneladas de peso vivo del animal hay que dividir entre el peso del animal al sacrificio:

$$V_{a'} = \frac{225,05}{46,5} + \frac{1,85}{46,5} + \frac{1,87}{46,5} = 4919,78 \text{ m}^3/\text{ton}$$

A partir de los datos obtenidos, y con los datos de agua necesaria para la elaboración del producto (V_{transf}) y con los datos de fracción y valor de producto (pf y vf), se obtienen los contenidos de agua virtual para los productos de origen ovino-caprino. Tabla B.6.

Tabla B.6: Contenido en agua virtual de productos derivados del ovino-caprino

<i>Producto</i>	V_{trans} ($\text{m}^3/\text{ton.}$)	pf	vf	Agua virtual ($\text{m}^3/\text{ton.}$)
Animal vivo	0	1	1	4919,78
Carne ovino-caprino	10	0,8	0,95	5854,11

Fuente: Elaboración propia a partir Chapagain y Hoekstra (2003)

B.1.4. Avícola

Datos iniciales:

- Peso vivo al sacrificio = 1,8 kg
- Edad al sacrificio = 15 semanas

Agua virtual del animal (m^3/animal)

$$V_a = V_{feed} + V_{drink} + V_{services}$$

- Agua destinada al consumo directo: $V_{drink} = 0,0294 \text{ m}^3/\text{animal}$ (Chapagain y Hoekstra, 2003)

- Agua destinada al manejo de la explotación: $V_{services} = 0,014 \text{ m}^3/\text{animal}$ (Chapagain y Hoekstra, 2003)
- Agua virtual relativa a la alimentación: V_{feed} (véase Tabla B.5)

Tabla B.7: Agua virtual relativa a alimentación en avícola

<i>Cultivos</i>	<i>Alimentación</i> (ton./ano)	<i>Agua Virtual</i> (m ³ /ton.)	<i>Agua Consumida</i> (m ³ /ano)
Trigo	0,0054	1441	14,441
Avena	0	2328	15,921
Cebada	0	1098	15,921
Otros granos	0	897	0,672
Maíz	0,0051	381	1,524
Guisantes secos	0	1377	0,688
Soja	0,0017	1227	1,840
Colza	0,001	1098	0,823
Productos molinería	0,0009	1441	1,441
Porción no grano	0,0033	381	0,285
TOTAL	0,0174		15,46

Fuente: Chapagain y Hoekstra (2003 y 2004)

Con los valores de agua virtual relativos a la alimentación y expresados en $\text{m}^3/\text{ton.}$, lo multiplicamos por la edad al sacrificio para obtener el valor de V_{feed} expresado en m^3/animal . También habrá que contabilizar un valor aproximado de agua utilizada para la preparación de la alimentación.

El agua utilizada para la preparación de la alimentación se aproximará según el 50% del total de alimento consumido al año (Chapagain y Hoekstra, 2003):
 $V_{mixingwaterfeed} = \frac{1}{2} \times 0,0174 = 0,0087 \text{ m}^3/\text{ano}$

$$V_{feed} = 15,46 \times \frac{3,75}{12} + 0,0087 \times \frac{3,75}{12} = 4,83 \text{ m}^3/\text{animal}$$

Luego, el contenido de agua virtual en bovino-caprino es:

$$V_a = V_{feed} + V_{drink} + V_{services}$$

$$V_a = 4,83 + 0,029 + 0,014 = 4,87 \text{ m}^3/\text{animal}$$

Para referir los datos a toneladas de peso vivo del animal hay que dividir entre el peso del animal al sacrificio:

$$V_{a'} = \frac{4,83}{1,8} + \frac{0,029}{1,8} + \frac{0,014}{1,8} = 2707 \text{ m}^3/\text{ton}$$

A partir de los datos obtenidos, y con los datos de agua necesaria para la elaboración del producto (V_{transf}) y con los datos de fracción y valor de producto (pf y vf), se obtienen los contenidos de agua virtual para los productos de origen avícola. Tabla B.8.

Tabla B.8: Contenido en agua virtual de productos derivados del avícola

<i>Producto</i>	V_{trans} ($\text{m}^3/\text{ton.}$)	<i>pf</i>	<i>vf</i>	Agua virtual ($\text{m}^3/\text{ton.}$)
Animal vivo	0	1	1	2707
Carne avícola	5	0,8	0,9	3051

Fuente: Elaboración propia a partir Chapagain y Hoekstra (2003)

B.2. Uso del agua virtual en la ganadería en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea

 Tabla B.9: Uso del agua por tipo de ganado ($m^3/animal$).

<i>Ganado</i>	<i>Agua virtual</i> <i>($m^3/animal$)</i>
<i>Porcino</i>	312.56
<i>Bovino</i>	5260.62
<i>Ovino-caprino</i>	225.05
<i>Avícola</i>	4.87

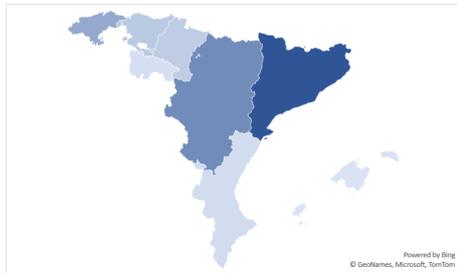
Fuente: Elaboración propia a partir de Chapagain y Hoekstra (2003)

Tabla B.10: Uso del agua en la ganadería por CC.AA. y especie (hm3).

<i>CC. AA.</i>	<i>Porcino</i>	<i>Bovino</i>	<i>Ovino-Caprino</i>	<i>Avícola</i>
Aragón	3080,91	2080,48	359,19	15,65
Cantabria	0,24	1434,61	16,40	10,23
Cataluña	2502,52	3306,45	121,27	924,50
La Rioja	34,94	220,88	25,32	38,96
Navarra	258,53	649,00	106,85	274,69
Baleares	13,92	137,30	64,46	0,56
Comunidad Valenciana	351,08	285,37	78,22	474,65
País Vasco	11,54	704,40	54,26	474,65

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPA (2021)

B.2.1. Uso de agua en la ganadería en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea, año 2021



(a) Uso de agua en la ganadería: bovino. Fuente: propia a partir de MAPA



(b) Uso de agua en la ganadería: porcino. Fuente: propia a partir de MAPA



(c) Uso de agua en la ganadería: ovino-caprino. Fuente: propia a partir de MAPA



(d) Uso de agua en la ganadería: avícola. Fuente: propia a partir de MAPA

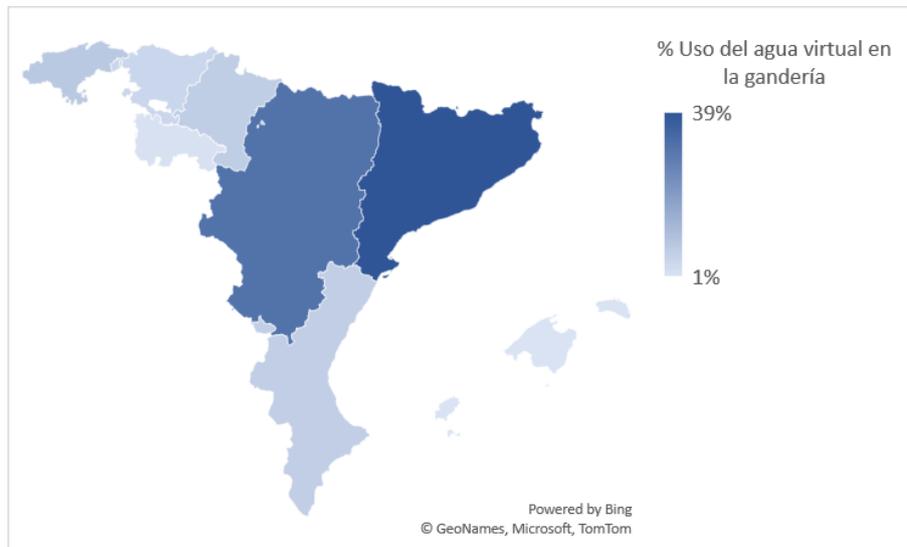


Figura B.2: Uso del agua virtual en la ganadería en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea, año 2021.

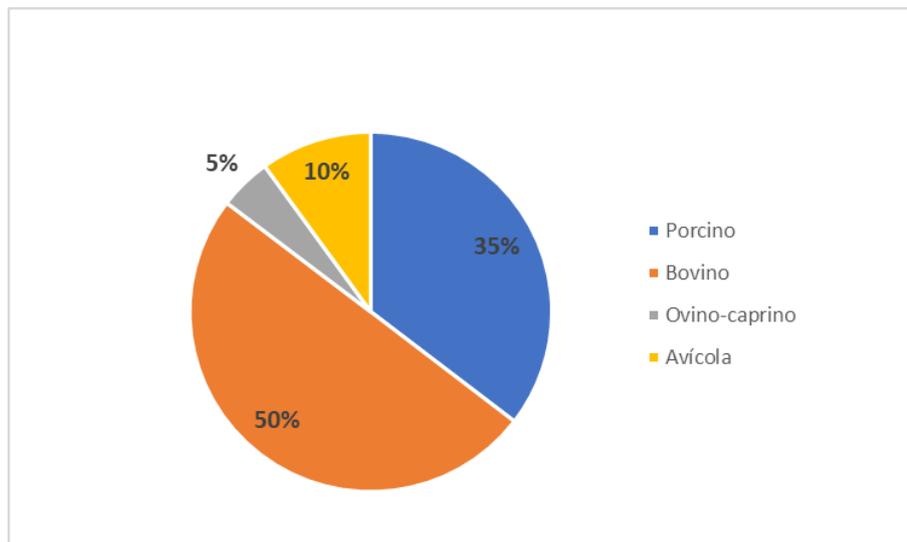


Figura B.3: Uso del agua virtual en la ganadería por sector ganadero, en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea, año 2021.

B.3. Comercio de agua virtual en productos ganaderos. Año 2021

Tabla B.11: Comercio de agua virtual en productos ganaderos. Aragón, año 2021

<i>Producto</i>	V_j (m ³ /ton.)	$V_{j,p}$ (m ³ /ton.)	<i>Comercio exterior (ton.)</i>		<i>Flujo agua virtual (hm³)</i>		<i>Balance</i>
			<i>Importaciones</i>	<i>Exportaciones</i>	VW_E	VW_I	
Bovino	9797.17	5065.00	15.37	20.45	200.31	77.86	-122.45
Porcino	2841.00	3549.00	43.08	3.70	10.52	152.89	142.37
Ovino-caprino	4919.78	2120.00	0.00	1.05	5.15	0.00	-5.15
Aves	2707.00	1835.00	2.03	2.63	7.11	3.73	-3.38
Carne bovino	10324.49	8320.00	0.78	17.49	180.57	6.45	-174.12
Carne porcino	3151.00	4050.00	2.31	990.34	3120.57	9.34	-3111.24
Carne ovino-caprino	5854.11	2700.00	0.15	8.40	49.19	0.40	-48.79
Carne ave	3051.00	2365.00	0.44	0.15	0.46	1.03	0.57
Lácteos	1620.00	1060.00	13.88	3.23	5.22	14.72	9.49
Huevos	3533.00	3761.00	3.01	39.91	141.00	11.33	-129.67

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPA (2021), Chapagain y Hoekstra (2004)

Tabla B.12: Comercio de agua virtual en productos ganaderos. Cantabria, año 2021

<i>Producto</i>	V_j (m ³ /ton.)	$V_{j,p}$ (m ³ /ton.)	<i>Comercio exterior (ton.)</i>		<i>Flujo agua virtual (hm³)</i>		<i>Balance</i>
			<i>Importaciones</i>	<i>Exportaciones</i>	VW_E	VW_I	
Bovino	9797.17	5065.00	1.08	0.07	0.65	5.47	4.82
Porcino	2841.00	3549.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ovino-caprino	4919.78	2120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aves	2707.00	1835.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carne bovino	10324.49	8320.00	1.18	1.00	10.32	9.82	-0.51
Carne porcino	3151.00	4050.00	1.45	2.63	8.29	5.87	-2.41
Carne ovino-caprino	5854.11	2700.00	0.00	0.02	0.12	0.00	-0.12
Carne ave	3051.00	2365.00	0.20	0.03	0.09	0.47	0.38
Lácteos	1620.00	1060.00	25.33	13.73	22.24	26.85	4.61
Huevos	3533.00	3761.00	0.00	0.02	0.07	0.00	-0.07

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPA (2021), Chapagain y Hoekstra (2004)

Tabla B.13: Comercio de agua virtual en productos ganaderos. Cataluña, año 2021

<i>Producto</i>	V_j ($m^3/ton.$)	$V_{j,p}$ ($m^3/ton.$)	<i>Comercio exterior (ton.)</i>		<i>Flujo agua virtual (hm^3)</i>		<i>Balance</i>
			<i>Importaciones</i>	<i>Exportaciones</i>	VW_E	VW_I	
Bovino	9797.17	5065.00	39.67	16.32	159.89	200.93	41.04
Porcino	2841.00	3549.00	80.61	4.88	13.86	286.08	272.22
Ovino-caprino	4919.78	2120.00	0.31	3.00	14.76	0.66	-14.10
Aves	2707.00	1835.00	0.78	3.08	8.34	1.43	-6.91
Carne bovino	10324.49	8320.00	13.61	26.25	271.02	113.24	-157.78
Carne porcino	3151.00	4050.00	70.53	2537.83	222.24	10278.21	10055.97
Carne ovino-caprino	5854.11	2700.00	0.42	29.98	2.46	80.95	78.49
Carne ave	3051.00	2365.00	26.55	64.07	195.48	62.79	-132.69
Lácteos	1620.00	1060.00	266.43	83.60	135.43	282.42	146.98
Huevos	3533.00	3761.00	8.25	45.59	161.07	31.03	-130.04

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPA (2021), Chapagain y Hoekstra (2004)

Tabla B.14: Comercio de agua virtual en productos ganaderos. La Rioja, año 2021

<i>Producto</i>	V_j ($m^3/ton.$)	$V_{j,p}$ ($m^3/ton.$)	<i>Comercio exterior (ton.)</i>		<i>Flujo agua virtual (hm^3)</i>		<i>Balance</i>
			<i>Importaciones</i>	<i>Exportaciones</i>	VW_E	VW_I	
Bovino	9797.17	5065.00	0.38	0.00	0.00	1.92	1.92
Porcino	2841.00	3549.00	0.52	0.04	0.11	1.85	1.73
Ovino-caprino	4919.78	2120.00	0.03	0.50	2.46	0.06	-2.40
Aves	2707.00	1835.00	0.21	0.25	0.68	0.39	-0.29
Carne bovino	10324.49	8320.00	0.16	0.00	0.02	1.33	1.31
Carne porcino	3151.00	4050.00	1.34	68.35	215.37	5.43	-209.94
Carne ovino-caprino	5854.11	2700.00	0.00	1.48	8.66	0.00	-8.66
Carne ave	3051.00	2365.00	0.38	0.00	0.00	0.90	0.90
Lácteos	1620.00	1060.00	4.92	0.55	0.89	5.22	4.32
Huevos	3533.00	3761.00	0.52	0.11	0.39	1.96	1.57

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPA (2021), Chapagain y Hoekstra (2004)

Tabla B.15: Comercio de agua virtual en productos ganaderos. Navarra, año 2021

<i>Producto</i>	V_j ($m^3/ton.$)	$V_{j,p}$ ($m^3/ton.$)	<i>Comercio exterior (ton.)</i>		<i>Flujo agua virtual (hm^3)</i>		<i>Balance</i>
			<i>Importaciones</i>	<i>Exportaciones</i>	VW_E	VW_I	
Bovino	9797.17	5065.00	4.51	0.30	2.94	22.84	19.90
Porcino	2841.00	3549.00	2.55	8.94	25.40	9.05	-16.35
Ovino-caprino	4919.78	2120.00	0.11	0.00	0.00	0.23	0.23
Aves	2707.00	1835.00	0.76	0.00	0.00	1.39	1.39
Carne bovino	10324.49	8320.00	2.00	4.40	45.43	16.64	-28.79
Carne porcino	3151.00	4050.00	3.89	44.18	139.21	15.75	-123.46
Carne ovino-caprino	5854.11	2700.00	0.12	4.60	26.93	0.32	-26.60
Carne ave	3051.00	2365.00	1.89	28.69	87.53	4.47	-83.06
Lácteos	1620.00	1060.00	6.38	6.89	11.16	6.76	-4.40
Huevos	3533.00	3761.00	1.28	18.30	64.65	4.81	-59.84

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPA (2021), Chapagain y Hoekstra (2004)

Tabla B.17: Comercio de agua virtual en productos ganaderos. Comunidad Valenciana, año 2021

<i>Producto</i>	V_j ($m^3/ton.$)	$V_{j,p}$ ($m^3/ton.$)	<i>Comercio exterior (ton.)</i>		<i>Flujo agua virtual (hm³)</i>		<i>Balance</i>
			<i>Importaciones</i>	<i>Exportaciones</i>	VW_E	VW_I	
Bovino	9797.17	5065.00	0.56	1.11	10.87	2.84	-8.04
Porcino	2841.00	3549.00	9.31	0.08	0.23	33.04	32.81
Ovino-caprino	4919.78	2120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aves	2707.00	1835.00	0.24	0.00	0.00	0.44	0.44
Carne bovino	10324.49	8320.00	6.47	26.27	271.22	53.83	-217.39
Carne porcino	3151.00	4050.00	18.65	47.00	148.10	75.53	-72.56
Carne ovino-caprino	5854.11	2700.00	0.19	6.33	37.06	0.51	-36.54
Carne ave	3051.00	2365.00	16.98	9.45	28.83	40.16	11.33
Lácteos	1620.00	1060.00	69.70	31.86	51.61	73.88	22.27
Huevos	3533.00	3761.00	0.20	0.01	0.04	0.75	0.72

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPA (2021), Chapagain y Hoekstra (2004)

Tabla B.18: Comercio de agua virtual en productos ganaderos. País Vasco, año 2021

<i>Producto</i>	V_j ($m^3/ton.$)	$V_{j,p}$ ($m^3/ton.$)	<i>Comercio exterior (ton.)</i>		<i>Flujo agua virtual (hm³)</i>		<i>Balance</i>
			<i>Importaciones</i>	<i>Exportaciones</i>	VW_E	VW_I	
Bovino	9797.17	5065.00	5.76	1.12	10.97	29.17	18.20
Porcino	2841.00	3549.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ovino-caprino	4919.78	2120.00	0.12	0.00	0.00	0.25	0.25
Aves	2707.00	1835.00	0.00	0.05	0.14	0.00	-0.14
Carne bovino	10324.49	8320.00	10.30	1.84	19.00	85.70	66.70
Carne porcino	3151.00	4050.00	4.31	9.00	28.36	17.46	-10.90
Carne ovino-caprino	5854.11	2700.00	0.24	0.10	0.59	0.65	0.06
Carne ave	3051.00	2365.00	0.54	2.58	7.87	1.28	-6.59
Lácteos	1620.00	1060.00	19.60	5.91	9.57	20.78	11.20
Huevos	3533.00	3761.00	0.24	0.01	0.04	0.90	0.87

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPA (2021), Chapagain y Hoekstra (2004)

Tabla B.16: Comercio de agua virtual en productos ganaderos. Baleares, año 2021

<i>Producto</i>	V_j ($m^3/ton.$)	$V_{j,p}$ ($m^3/ton.$)	<i>Comercio exterior (ton.)</i>		<i>Flujo agua virtual (hm³)</i>		<i>Balance</i>
			<i>Importaciones</i>	<i>Exportaciones</i>	VW_E	VW_I	
Bovino	9797.17	5065.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porcino	2841.00	3549.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ovino-caprino	4919.78	2120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aves	2707.00	1835.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carne bovino	10324.49	8320.00	1.59	0.01	0.10	13.23	13.13
Carne porcino	3151.00	4050.00	0.31	1.71	5.39	1.26	-4.13
Carne ovino-caprino	5854.11	2700.00	0.04	0.02	0.12	0.11	-0.01
Carne ave	3051.00	2365.00	0.86	0.02	0.05	2.03	1.99
Lácteos	1620.00	1060.00	4.20	2.35	3.81	4.45	0.65
Huevos	3533.00	3761.00	0.04	0.00	0.00	0.17	0.17

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPA (2021), Chapagain y Hoekstra (2004)

B.4. Cálculo de la Huella Hídrica en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea

 Tabla B.19: Huella Hídrica en la Bio-región Cantábrico-Mediterránea, año 2021 (hm^3)

<i>CC. AA.</i>	UA_{Liv}	$VW_{I,Liv}$	$VW_{E,Liv}$	Balance	WF_{Liv}
Cantabria	1451.25	48.48	41.78	6.70	1457.95
País Vasco	831.62	156.18	76.53	79.65	911.27
Navarra	1268.50	82.29	403.25	-320.97	947.53
La Rioja	289.92	19.05	228.59	-209.54	80.38
Aragón	5524.42	277.74	3720.10	-3442.37	2082.05
Cataluña	6892.87	1265.35	1184.55	81.81	6973.68
Baleares	216.41	21.24	9.46	11.78	228.19
Comunidad Valenciana	1182.91	280.99	547.96	-266.97	915.93

Fuente: Elaboración propia a partir de:
 MAPA (2021), INE (2021) Chapagain y Hoekstra (2003 y 2004)

 Tabla B.20: Ratio: HH por cifra de negocios procedente de industria cárnica, año 2021 ($hm^3/M€$)

<i>CC. AA.</i>	<i>Cifra de negocios industria cárnica, 2021. (M€)</i>	<i>Ratio: HH por M€ procedente de la industria cárnica, 2021. ($hm^3/M€$)</i>
Cantabria	29.23	49.88
País Vasco	78.63	11.59
Navarra	74.20	12.77
La Rioja	37.37	2.15
Aragón	127.54	16.32
Cataluña	525.62	13.27
Baleares	8.76	26.05
Comunidad Valenciana	193.66	4.73

Fuente: Elaboración propia a partir de:
 MAPA (2021), INE (2021) Chapagain y Hoekstra (2003 y 2004)

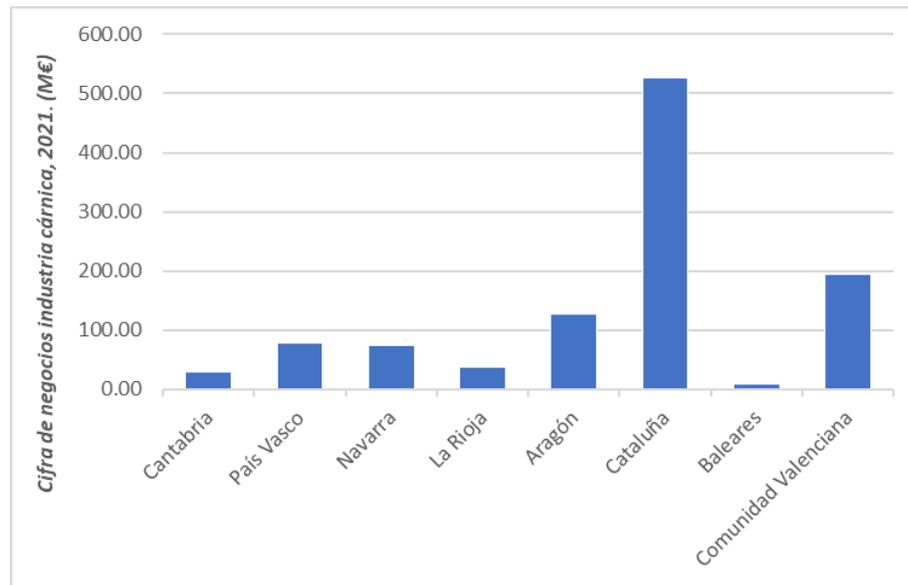


Figura B.4: Reparto de la cifra de negocios en la industria cárnica, año 2021

 Tabla B.21: Ratio: HH per cápita, año 2021 ($m^3/capita$)

<i>CC. AA.</i>	<i>Población 2021</i>	<i>Ratio: HH per cápita ($m^3/cápita$)</i>
Cantabria	584.507	2494,33
País Vasco	2.213.993	411,60
Navarra	661.537	1432,32
La Rioja	319.796	251,35
Aragón	1.326.261	1569,87
Cataluña	7.763.362	898,28
Baleares	1.173.008	194,53
Comunidad Valenciana	5.058.138	181,08

Fuente: Elaboración propia a partir de:
MAPA (2021), INE (2021) Chapagain y Hoekstra (2003 y 2004)

Tabla B.22: Ratio: HH por m^2 , año 2021 (m^3/m^2)

<i>CC. AA.</i>	<i>Superficie (m^2)</i>	<i>Ratio: HH por m^2 (m^3/m^2)</i>
Cantabria	5321	273.999,55
País Vasco	7234	125.970,83
Navarra	10391	91.187,52
La Rioja	5045	15.932,84
Aragón	47720	43.630,63
Cataluña	32113	217.160,56
Baleares	4992	45.710,19
Comunidad Valenciana	23255	39.386,57

Fuente: Elaboración propia a partir de:
 MAPA (2021), INE (2021) Chapagain y Hoekstra (2003 y 2004)

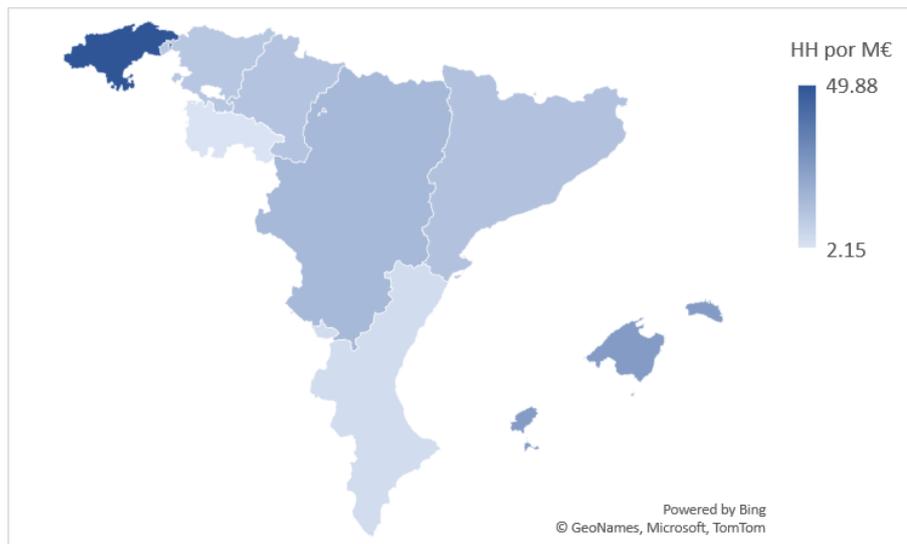


Figura B.5: Ratio: HH por cifra de negocios procedente de industria cárnica, año 2021



Figura B.6: Ratio: HH per cápita, año 2021

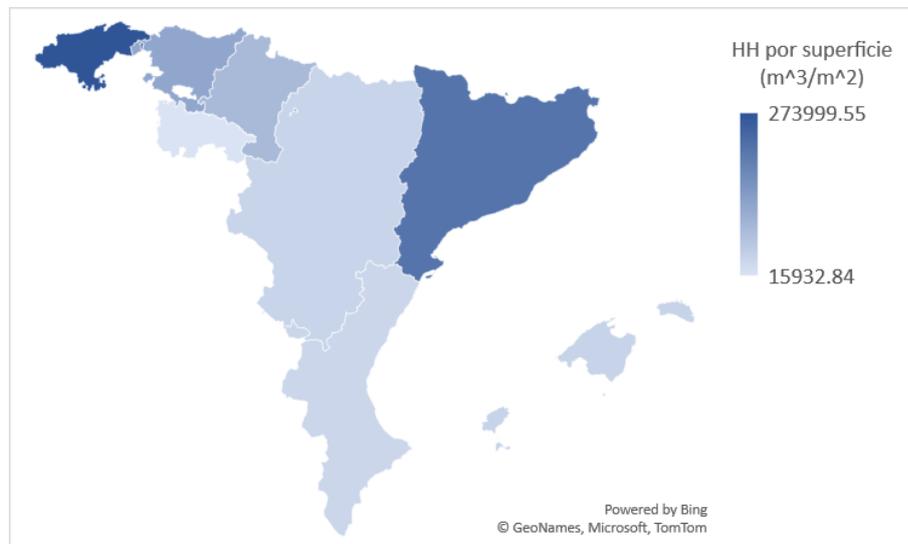


Figura B.7: Ratio: HH por m², año 2021

Anexo C

Otros anexos

C.1. Previsiones de lluvia en España

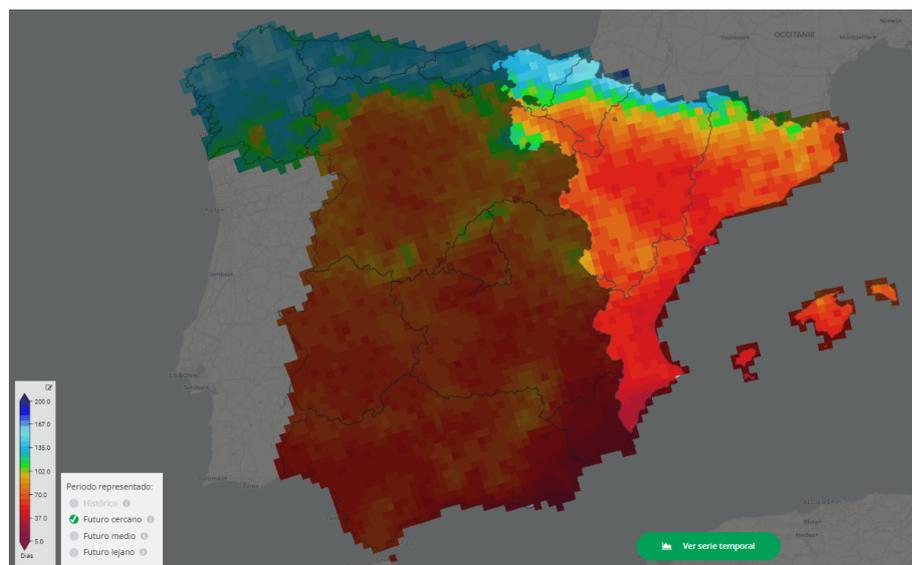


Figura C.1: Número de días de lluvia, 2011 - 2040 (AdapteCCa.es)

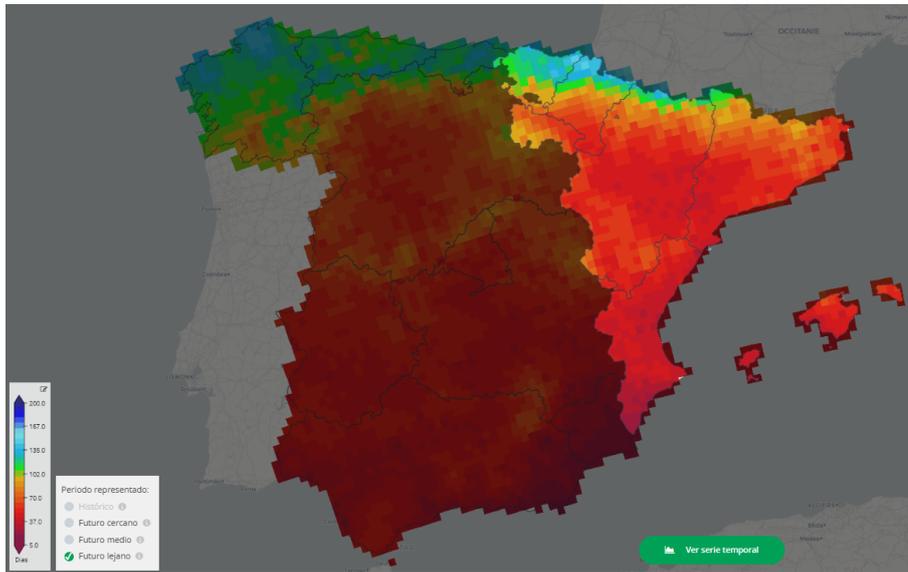


Figura C.2: Número de días de lluvia, 2070 - 2100 (AdapteCCa.es)

C.2. Densidad de población

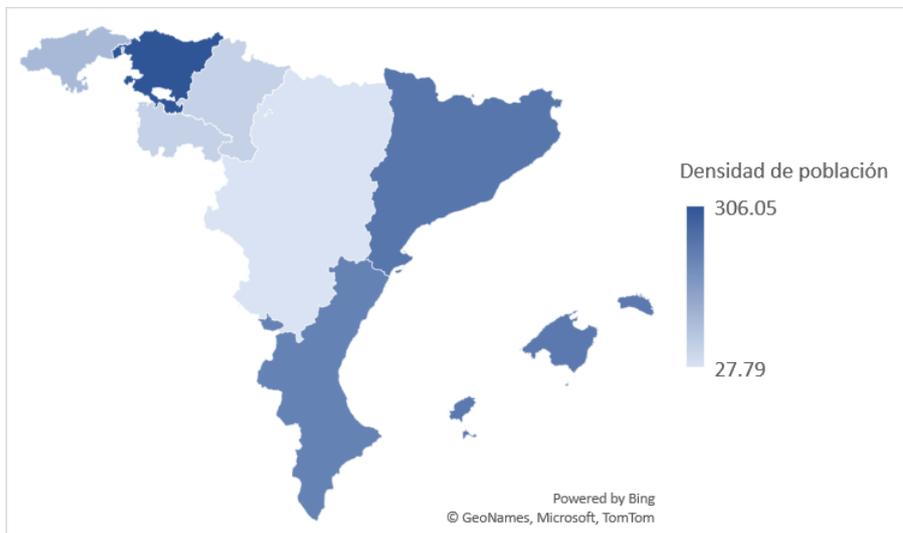


Figura C.3: Densidad de población en el año 2021

Bibliografía

- [1] Propuesta de proyecto de plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del ebro. *Confederación Hidrográfica del Ebro*, 2021.
- [2] J.A. Allan. Virtual water: A strategic resource. *Ground Water*, 1998.
- [3] Maite M. Aldaya A.Y. Hoekstra, Ashok K. Chapagain and Mesfin M. Mekonnen. The water footprint assessment manual. *Earthscan*, 2011.
- [4] G. Fogolin B. Di Rienzo. Aportes a al gestión de la huella hídrica en la producción de carne de cerdo: evaluación del uso del agua en un criadero intensivo. *Facultad de química e ingeniería del Rosario*, 2017.
- [5] Dirección General de Desarrollo Rural. Coyuntura del sector porcino aragonés. *Ground Water*, 2022.
- [6] Centro de Transferencia Agroalimentaria. Coyuntura del sector porcino aragonés en 2022. *Gobierno de Aragón*, 2022.
- [7] Confederación Hidrográfica del Ebro O.A. Propuesta de proyecto de plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del ebro. *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*, 2021.
- [8] Confederación Hidrográfica del Ebro O.A. Propuesta de proyecto de plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del ebro. *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*, 2021.
- [9] Elika. El agua es un factor clave que influye en la calidad y seguridad de las producciones. *Elika*, 2012.
- [10] Alejandro Blas et Al. Huella hídrica de la dieta mediterránea frente a la americana. *Fundación Botín*, 2015.
- [11] Aurélien Dumont et Al. The water footprint of a river basin with a special focus on groundwater. *Elsevier*, 2013.

- [12] C. Iglesias Rosado et al. Importancia del agua en la hidratación de la población española. *FESNAD*, 2010.
- [13] G. Salmoral et al. Análisis de la huella hídrica extendida de la cuenca del Guadalquivir. 2011.
- [14] G. Salmoral et Al. Análisis de la huella hídrica extendida de la cuenca del Guadalquivir. *Fundación Botín*, 2011.
- [15] J. A. Sotelo et Al. Huella hídrica de España y su diversidad territorial. *Estudios geográficos*, 2012.
- [16] Maite M. Aldaya et Al. A review of water planning in the Segura river basin. *Elsevier*, 2019.
- [17] Rosa Duarte et Al. The globalization of Mediterranean agriculture. *Elsevier*, 2021.
- [18] J. M. Franquet. Bioareas y nodos. *FFC*.
- [19] Greenpeace. Alimentando el problema. *Greenpeace*, 2019.
- [20] GreenPeace. Alimentando el problema. *GreenPeace*, 2020.
- [21] A.Y. Hoekstra. Virtual water trade. *IHE Delft*, 2003.
- [22] A.Y. Hoekstra. Virtual water trade. *IHE Delft*, 2003.
- [23] A.Y. Hoekstra and A.K. Chapagain. Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products. 2003.
- [24] Canal Isabel II. El agua virtual y la huella hidrológica en la comunidad de Madrid. *Cuadernos de I+D+I*, 2009.
- [25] Antonio Valero Javier Felipe-Andreu and Alicia Valero. Territorial inequalities, ecological and material footprints of the energy transition. case study of the Cantabrian-Mediterranean bioregion. *Land*, 2022.
- [26] Ander Gómez Larrambe. Evaluación de la huella hídrica del ciclo integral del agua de la mancomunidad de la comarca de Pamplona. *Universidad Pública de Navarra*, 2016.
- [27] MAPA. Análisis provincial del censo de animales por tipor, noviembre 2021 (número de animales). *MAPA*, 2021.
- [28] MAPA. Informe del consumo de alimentación en España 2020. *MAPA*, 2021.

- [29] M. M. Mekonnen and A. Y. Hoekstra. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2011.
- [30] Mesfin M. Mekonnen and Arjen Y. Hoekstra. A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*, 2012.
- [31] David Esteban Chaves Núñez. Cálculo de la huella hídrica del sector ganadero bovino costarricense para el 2014 como indicador de consumo de agua. 2014.
- [32] Leire Zubieta Olcoz. Huella hídrica de los principales cultivos de navarra. *Universidad Pública de Navarra*, 2019.
- [33] Gabriela Parada. Virtual water: concepts and implications. *Scielo*, 2012.
- [34] Paula Novo y Alberto Garrido Roberto Rodríguez Casado. La huella hídrica de la ganadería española. *Papeles de agua virtual*, N^o 4, 2009.
- [35] Irantzu Bermejo Ruiz. Huella hídrica y de carbono en cultivos extensivos de regadío en el sur de navarra. *Universidad Pública de Navarra*, 2014.
- [36] Jorge Torrubia. Huella ecológica e hídrica de la bioregión cantrábrico-mediterráneo. 2019.
- [37] Tragsatec. Huella hídrica de españa. *Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino*, 2011.
- [38] UAM. Estimación de la huella hídrica de una promoción residencial. *UAM*, 2019.
- [39] Antonio Valero. The bioregion cantabric-mediterranean a system of socio-economic development and environmental restoration assessment manua. *The Club of Rome*, 1999.
- [40] Antonio Valero. El concepto de biorregión como sistema de desarrollo socio-económico y de reposición ecológica. *Observatorio BioEbro*, 2021.
- [41] Mathis Wackernagel and William Rees. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Catalyst Books, 1996.
- [42] Ángel de Miguel et Al. Sustainability of the water footprint of the spanish pork industry. *Elsevier*, 2015.