



Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y  
BIOCIENCIAS**

***NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA BIOZIENTZIETAKO GOI MAILAKO  
ESKOLA TEKNIKO***

*ESTIMACIÓN DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS Y SUBPRODUCTOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA  
EN NAVARRA*

presentado por

*MARÍA GARMENDIA BELASCOAIN(e)k*

*aurkeztua*

**GRADO EN INNOVACIÓN DE PROCESOS Y PRODUCTOS ALIMENTARIOS  
*GRADUA ELIKAGAI PROZESU ETA PRODUKTUEN BERRIKUNTZAN***

Mayo, 2021 / 2021, *maiatza*

## RESUMEN

En este trabajo se realizó una aproximación a la caracterización de los residuos y subproductos alimentarios generados en el sector de la industria alimentaria de Navarra en los años 2017, 2018 y 2019, siguiendo las recomendaciones de la Decisión Delegada (UE) 2019/1597. Con este propósito, se recogieron datos estadísticos sobre producción de materias primas y/o productos, así como referencias bibliográficas sobre coeficientes de generación de desechos en el procesamiento de alimentos. Con la información recogida, se aplicaron balances de masa para estimar la cantidad de residuos y subproductos alimentarios producidos en distintos sectores (cárnico, lácteo, vino, aceite vegetal, procesamiento de frutas y hortalizas, cereales). Así mismo, se trató de identificar las formas de gestión de todos los materiales cuantificados. Los cálculos realizados indicaron que en la industria alimentaria de Navarra se generaron anualmente alrededor de 200.000 t de materiales alimentarios, un 12-16 % de los cuales fueron gestionados como residuos, principalmente en operaciones de digestión anaerobia, compostaje y eliminación en vertedero. Las 160.000-190.000 t restantes fueron consideradas como subproductos que fueron empleados en gran medida como alimento para animales. De entre todos sectores estudiados, el sector del vino fue el que presentó una forma de gestión de los residuos y subproductos más compatible con los principios de la economía circular.

**Palabras clave:** residuos alimentarios, subproductos, industria alimentaria, cuantificación, valorización.

## ABSTRACT

In this work, an approach to the characterization of food waste and by-products generated in the food industry sector of Navarra in the years 2017, 2018 and 2019 was carried out, following the recommendations of the Delegated Decision (EU) 2019/1597. For this purpose, statistical data on production of raw materials and/or products were collected, as well as bibliographic references on waste generation coefficients in food processing. With the information collected, mass balances were applied to estimate the amount of food waste and by-products produced in different sectors (meat, dairy, wine, vegetable oil, fruit and vegetable processing, cereals). An attempt was also made to identify the forms of management of all the materials quantified. The calculations made indicated that about 200,000 t of food materials were generated annually in the food industry in Navarra, 12-16 % of which were managed as waste, mainly in anaerobic digestion, composting and landfill disposal operations. The remaining 160,000-190,000 t were considered as by-products that were largely used as animal feed. Of all the sectors studied, the wine sector was the one that presented a form of waste and by-product management most compatible with the principles of the circular economy.

**Key words:** food waste, by-products, food industry, quantification, valorization.

## Contenido

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	Camino hacia una economía circular .....	1
1.2.	Conceptos .....	2
1.3.	Valorización de residuos/subproductos alimentarios .....	4
1.4.	Métodos de cuantificación de residuos y subproductos alimentarios.....	6
1.4.1.	<i>Estándar PDA</i> .....	8
1.4.2.	<i>Manual FUSIONS</i> .....	9
1.4.3.	<i>Metodología en la UE para la cuantificación de residuos alimentarios</i> .....	10
2.	OBJETIVOS .....	11
3.	METODOLOGÍA .....	12
3.1.	Descripción del marco de estudio .....	12
3.2.	Datos de partida.....	14
3.2.1.	<i>Datos de partida para la estimación de residuos+subproductos</i> .....	14
3.2.2.	<i>Datos sobre residuos alimentarios</i> .....	15
3.3.	Estimación de la cantidad de residuos + subproductos .....	15
3.3.1.	<i>Ecuaciones de balance de materia</i> .....	15
3.3.2.	<i>Coefficientes de transformación</i> .....	16
3.3.3.	<i>Coefficientes de residuos+subproductos</i> .....	18
3.4.	Tratamiento de los datos de residuos .....	21
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
4.1.	Datos globales .....	22
4.1.1.	<i>Estimaciones de residuos y subproductos</i> .....	22
4.1.2.	<i>Residuos</i> .....	24
4.1.3.	<i>Balance de residuos y subproductos</i> .....	28
4.2.	Análisis sectoriales .....	29
4.2.1.	<i>Sector cárnico</i> .....	29
4.2.2.	<i>Sector de la leche y productos lácteos</i> .....	32
4.2.3.	<i>Sector vitivinícola</i> .....	33
4.2.4.	<i>Sector de frutas y hortalizas</i> .....	35
4.2.5.	<i>Industria de aceites vegetales</i> .....	37
4.2.6.	<i>Industrias de cereales</i> .....	38
4.3.	Evaluación del grado de incertidumbre de los resultados obtenidos.....	39
5.	CONCLUSIONES .....	41
6.	REFERENCIAS.....	42
6.1.	Referencias bibliográficas .....	42
6.2.	Publicaciones web .....	44
	ANEXO I: datos de partida para la estimación de R+Sb .....	46
	ANEXO II: códigos LER propios del sector industrial alimentario .....	48

## Índice de tablas

<i>Tabla 1. Tipo de datos de producción recolectados y fuentes.</i> .....	14
<i>Tabla 2. Proporción de la producción agrícola de frutas y hortalizas destinadas a transformación.</i> .....	17
<i>Tabla 3. Proporción de leche destinada a transformación, según el tipo de leche y producción láctea.</i> .....	18
<i>Tabla 4. Porcentajes de residuos+subproductos en el procesado de frutas y hortalizas.</i> .....	19
<i>Tabla 5. Porcentajes de residuos+subproductos en la producción de productos lácteos (AWARENET, 2004).</i> .....	19
<i>Tabla 6. Cantidad de residuos+subproductos en el sacrificio animal.</i> .....	20
<i>Tabla 7. Porcentajes y cantidades de residuos+subproductos en otras industrias.</i> .....	21
<i>Tabla 8. Cantidad (t) de residuos+subproductos en los diferentes subsectores alimentarios.</i> .....	22
<i>Tabla 9. Contabilización de los residuos (t) de acuerdo a los códigos LER.</i> .....	24
<i>Tabla 10. Cantidad (t) de residuos según origen y destino.</i> .....	26
<i>Tabla 11. Evaluación del grado de incertidumbre asociada a la información empleada y recogida en el estudio</i> .....	40
<i>Tabla 11. Evaluación del grado de incertidumbre asociada a la información empleada y recogida en el estudio (continuación)</i> .....	41
<i>Tabla AI-1. Producción (t) de frutas y hortalizas en Navarra.</i> .....	46
<i>Tabla AI-2. Peso (t) de las canales generadas.</i> .....	46
<i>Tabla AI-3. Producción del sector vitivinícola en Navarra.</i> .....	47
<i>Tabla AI-4. Producción (miles de litros) de leche en Navarra.</i> .....	47
<i>Tabla AI-5. Producción (kg) de aceituna/aceite en Navarra.</i> .....	47
<i>Tabla AI-6. Producción (t) de malta en las plantas de la empresa Intermalta.</i> .....	47
<i>Tabla AII-1. Códigos LER asociados a la industria alimentaria.</i> .....	48

## Índice de figuras

<i>Figura 1. Flujo de recursos en el sistema agroalimentario definido por FUSIONS (Tostivint et al., 2016).</i> .....	3
<i>Figura 2. Jerarquía de bebidas y residuos alimentarios (Parfitt, Woodham, Swan, Castella, &amp; Parry, 2016).</i> .....	5
<i>Figura 3. Estándar PDA vs. Manual FUSIONS (Tostivint et al., 2016).</i> .....	7
<i>Figura 4. Alcance de un inventario PDA (Hanson et al., 2016).</i> .....	9
<i>Figura 5. Métodos de medición recomendados por la Decisión Delegada (UE) 2019/1597 en diferentes etapas de la cadena alimentaria (Comisión Europea, 2019).</i> .....	11
<i>Figura 6. Alcance del estudio.</i> .....	12
<i>Figura 7. Procedimiento del estudio.</i> .....	13
<i>Figura 8. Cantidad (miles de t) de residuos+subproductos por tipo de producto.</i> .....	23
<i>Figura 9. Cantidad (miles de t) de residuos+subproductos por tipo de producto y subsector, año 2019.</i> .....	23
<i>Figura 10. Residuos por sectores industriales (miles de t).</i> .....	25
<i>Figura 11. Residuos según el origen vegetal, animal o mixto (miles de t).</i> .....	26
<i>Figura 12. Distribución por destino de los residuos de origen animal.</i> .....	27
<i>Figura 13. Distribución por destino de los residuos de origen vegetal.</i> .....	28
<i>Figura 14. Residuos vs. subproductos por sectores industriales, año 2019.</i> .....	29

<i>Figura 15. Cantidad (miles de t) y distribución (%) por especies de los R+Sb (miles de t) en el sacrificio de animales. ....</i>	29
<i>Figura 16. Progreso en el tiempo de la cantidad de residuos+subproductos en el sacrificio de aves. ....</i>	30
<i>Figura 17. Progreso en el tiempo de la cantidad de residuos+subproductos en el sacrificio de diferentes especies animales. ....</i>	31
<i>Figura 18. Cantidad de residuos+subproductos por tipo de leche y productos lácteo, año 2019..</i>	32
<i>Figura 19. Residuos+subproductos (miles t) del vino. ....</i>	33
<i>Figura 20. Gestión de los subproductos vitivinícolas en AGRALCO (AGRALCO, 2021). ....</i>	34
<i>Figura 21. Cantidades (miles de t) y porcentajes de R+Sb generados por varias frutas y hortalizas de importancia en Navarra. ....</i>	36
<i>Figura 22. Cantidad (miles de t) de R+Sb en la transformación de hortalizas. ....</i>	36
<i>Figura 23. Cantidad (miles de t) de residuos+subproductos en la producción de aceite de oliva. .</i>	37

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Camino hacia una economía circular

La pérdida y el desperdicio de alimentos (PDA) es considerado a día de hoy un problema global debido a los impactos ambientales, económicos y sociales que suponen (Teigiserova, Hamelin, & Thomsen, 2020). Según indica la FAO, una tercera parte de los alimentos producidos en el mundo son desperdiciados o perdidos (FAO, 2019). Muchos de estos materiales terminan en vertederos, lo que provoca efectos ambientales indeseados por la descomposición microbiana y la producción de lixiviados, además del gasto económico que supone el manejo de estos productos (Torres-León et al., 2018).

Por otro lado, no hay que olvidar que mientras millones de productos alimenticios se pierden y desperdician a lo largo de la cadena alimentaria, la desnutrición afecta a 815 millones de personas en el mundo (Teigiserova et al., 2020). Entre los alimentos desperdiciados, existen productos que presentan valores nutricionales de interés por su contenido en proteínas, lípidos, almidón, compuestos bioactivos. Por lo que, una gestión y uso racional de estos materiales podría contribuir a disminuir esta tasa de desnutrición en el mundo.

Además de los aspectos negativos mencionados hasta el momento, otro factor importante es la cantidad de recursos naturales que se requieren para la producción de estos alimentos que no serán consumidos: requieren del 25% del agua consumida anualmente por la agricultura, un 23% de las tierras de cultivo y generan el 8% de las emisiones anuales de gas de efecto invernadero (Teigiserova et al., 2020).

Este aumento de los desperdicios viene provocado en parte por el incremento continuo de la población mundial, ya que ha supuesto la necesidad de elevar el volumen de producción y energía, llevando a realizar un uso intensivo de los recursos naturales. Además, la sociedad actual responde a un modelo económico lineal, basado en la práctica de tomar-hacer-disponer, hábitos de producción y consumo que resultan insostenibles (Esposito, Sessa, Sica, & Malandrino, 2020).

El sector agroalimentario, en concreto, se ha visto muy perjudicado por la limitada cantidad de recursos, la pérdida y desperdicio de alimentos y los residuos generados durante la cadena alimentaria. Esto viene como consecuencia de la mala organización en el manejo de los recursos y la falta de eficiencia de las actividades dentro de la cadena alimentaria, además de por los hábitos de consumo de la población y muchos otros motivos más (Esposito et al., 2020).

Todo esto, deja ver, sin lugar a dudas, que el modelo económico lineal llevado hasta el momento repercute negativamente sobre el equilibrio del ecosistema, y que hay la necesidad de un cambio en el sistema de producción y consumo alimentario. Es por ese motivo, que se empieza a hablar de la economía circular como una opción para enfrentar esta situación (Esposito et al., 2020).

Este nuevo modelo económico busca hacer frente a los problemas actuales de las pérdidas y desperdicios de alimentos que se generan a nivel mundial durante la cadena alimentaria, además de conseguir un desarrollo sostenible (Esposito et al., 2020). Con este objetivo, los residuos y subproductos empiezan a ser considerados un recurso secundario (Teigiserova et al., 2020), empleando estos materiales orgánicos como fuentes para obtener productos químicos, nutrientes y combustibles (Wainaina et al., 2020).

Este nuevo enfoque, podría ayudar a eliminar los residuos de una forma sostenible, además de suponer un crecimiento económico con efectos ambientales reducidos. Además, esto permitiría responder al aumento de la demanda de productos y energía, ya que el uso de los desechos alimentarios como fuente de recursos llevaría a no tener esa dependencia por los recursos naturales finitos (Wainaina et al., 2020).

Las estimaciones sobre los residuos alimentarios en Europa (en los cuales estarían incluidos las pérdidas y desperdicios alimentarios), realizadas en el proyecto FUSIONS apuntan que éstos ascienden a 88 millones de toneladas, (173 kg/persona-año), suponiendo el 20% del total de alimentos producidos, y el 6 % del total de emisiones de la UE en 2012, 227 millones de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> al año (Stenmarck et al., 2016). La verdadera dimensión de la situación es aún bastante desconocida, por ello, tanto el Plan de Acción de la UE para la Economía Circular de 2015, como la Estrategia “De la Granja a la Mesa” de 2020, aluden a la dificultad y la necesidad de cuantificar la situación de cara a proponer medidas para avanzar en este sentido.

## 1.2. Conceptos

Antes de continuar, es importante definir una serie de conceptos que se tratan a lo largo del informe, como la pérdida y desperdicio de alimentos, los residuos, subproductos, etc. Cabe señalar el hecho de que las definiciones existentes en relación a estos conceptos, difieren de forma significativa unas de otras, lo que genera una gran confusión.

En primer lugar, en la plataforma de la FAO dedicada a tratar temas sobre la pérdida y el desperdicio de alimentos, se proponen unas definiciones para esos dos conceptos que se recogen a continuación:

- **Desperdicio de alimentos:** se refiere a la reducción de la cantidad o calidad de los alimentos como consecuencia de las decisiones y acciones de los consumidores, servicios alimentarios y distribución minorista (FAO, 2019).
- **Pérdidas de alimentos:** hace referencia a la disminución en cuanto a cantidad o calidad de los alimentos provocado por las decisiones y acciones de los proveedores alimentarios, dejando de lado a los minoristas, proveedores de servicios de alimentos y consumidores. Con este concepto se engloban las partes comestibles que hayan sido descartadas, incineradas, o desechadas de alguna otra forma durante las primeras etapas de la cadena alimentaria, donde estarían las fases de cosecha, sacrificio, procesamiento y distribución mayorista. Dentro de este concepto no se consideran el nivel minorista y los materiales que hayan tenido algún uso productivo como por ejemplo la alimentación animal o uso como semilla (FAO, 2019).

En Europa, en el marco del proyecto FUSIONS se estableció una definición del concepto “*food waste*”, que especifica que un residuo alimentario es “cualquier alimento o parte no comestible del alimento extraído de la cadena de suministro de alimentos, para ser recuperada o eliminada” (Tostivint et al., 2016). Este nuevo concepto se desvía relativamente de lo indicado anteriormente según la FAO, ya que según se ha explicado anteriormente en su definición únicamente se consideran las partes comestibles.

En este caso, hay que considerar el destino de este material para definir si es un residuo o no. En la figura 1 se presenta un esquema donde se ve claramente, que sólo aquellos alimentos o partes no comestibles de los alimentos que sean destinados a algunos de los tratamientos citados a

continuación serán considerados residuos: compostaje, cultivos arados/no cosechados, digestión anaeróbica, producción de bioenergía, cogeneración, incineración, eliminación en alcantarillado, vertedero o desechados en el mar. Por el contrario, si estos desechos se destinan a alimentación animal o son utilizados para obtener biomateriales y bioquímicos, no se considerarían residuos y estarían dentro del grupo de “Valorización y conversión”.

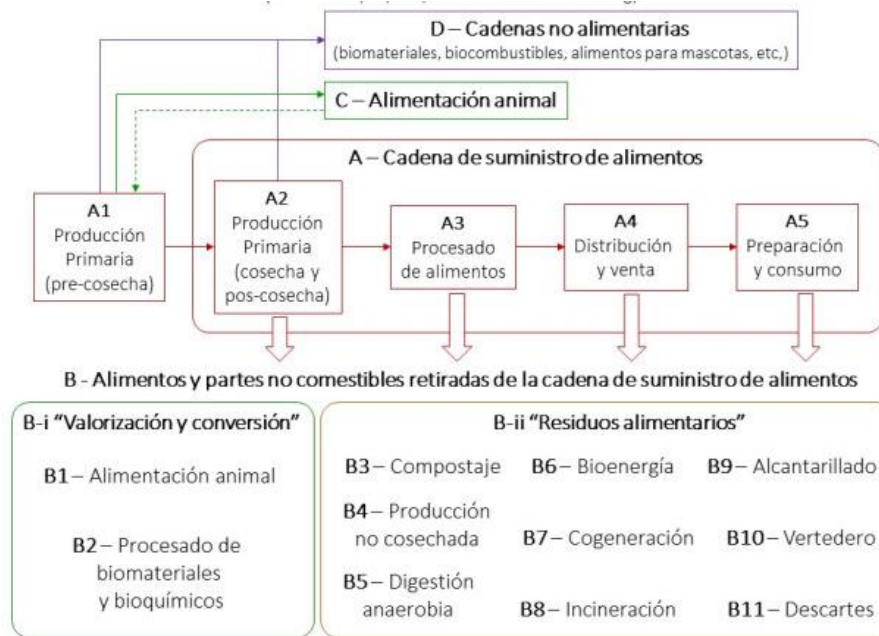


Figura 1. Flujo de recursos en el sistema agroalimentario definido por FUSIONS (Tostivint et al., 2016).

Por otro lado, en la normativa europea, la Directiva 2008/98/CE sobre residuos, se establecen una serie de definiciones en relación a los residuos, pero únicamente se van a definir los prescindibles para la comprensión del informe.

Según indica esta normativa, en términos genéricos un **residuo** es cualquier sustancia u objeto cuyo poseedor se haya desprendido o tenga el propósito o se vea obligado a desprenderse de él (Parlamento Europeo y Consejo, 2008).

Dentro del concepto residuos, en la directiva se diferencian diferentes según su origen y/o naturaleza: residuos domésticos, residuos comerciales, residuos industriales, residuos peligrosos, biorresiduos, y residuos alimentarios. En el ámbito de este trabajo, habría que considerar las definiciones de: (1) **residuos industriales**, aquellos obtenidos durante los procesos de fabricación, transformación, utilización, consumo, limpieza y mantenimiento que se generan en la actividad industrial. (2) **Biorresiduos**, que la directiva define como “residuo biodegradable de jardines y parques, residuos alimentarios y de cocina procedentes de hogares, oficinas, restaurantes, mayoristas, comedores, servicios de restauración colectiva y establecimientos de venta al por menor; y residuos comparables procedentes de plantas de transformación de alimentos” (Parlamento Europeo y Consejo, 2008), y de (3) **residuo alimentario**, sobre la que nos detendremos un poco después.

Antes es conveniente definir el límite entre los conceptos de residuo y subproducto. En la directiva se señala que cuando una sustancia o un objeto que sea resultado de un proceso de producción en el



que el principal objetivo no sea su elaboración, y cumpla los siguientes criterios, será considerado **subproducto** y no residuo (Parlamento Europeo y Consejo, 2008):

- Hay seguridad de que el material va a ser utilizado posteriormente.
- Este puede ser empleado sin requerir ninguna transformación diferente a las prácticas llevadas a cabo en una industria normal.
- Se produce como parte de un proceso de producción.
- Hay que ver si está permitido legalmente el uso del material obtenido; es decir, si cumple con los requisitos establecidos para su uso específico, tanto desde el punto de vista de producto como la protección sobre el medio ambiente y salud. Además, no debe tener efectos perjudiciales a nivel general sobre el medio ambiente y salud humana.

Finalmente, en la Directiva (UE) 2018/851 por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos, se introduce por primera vez el concepto de **residuos alimentarios** como “todos los alimentos que se convierten en residuo” (Parlamento Europeo y Consejo, 2018).

En la directiva de residuos además se señala en un preámbulo que las sustancias a base de plantas de la industria agroalimentaria y los alimentos de origen no animal que ya no estén destinados al consumo humano, sino a la alimentación de los animales por vía oral, quedan excluidos del ámbito de aplicación de la directiva (Parlamento Europeo y Consejo, 2018). Esto es coherente con la definición de FUSIONS descrita antes, en el sentido de que todos estos materiales de las industrias alimentarias redirigidos a alimentación animal no se consideran residuos sino subproductos valorizados.

Otra consideración a realizar con respecto a la directiva de residuos es que también excluye de su ámbito de aplicación los SANDACH, los Subproductos Animales No Destinados al Consumo Humano, porque éstos se rigen por el Reglamento (CE) n°. 1069/2009. Este reglamento dispone, entre otras cosas, unos controles para la recogida, el transporte, la transformación, el uso y la eliminación de los subproductos y residuos de origen animal (Parlamento Europeo y Consejo, 2009).

### **1.3. Valorización de residuos/subproductos alimentarios**

En la Directiva 2008/98/CE sobre residuos se establece la jerarquía de residuos (Parlamento Europeo y Consejo, 2008), esta ofrece ayuda a la hora de gestionar los residuos y subproductos para seleccionar cuál de los tratamientos es el más eficiente desde el punto de vista medio ambiental. Es importante mencionar, que no existen unos términos específicos establecidos para los términos recogidos en este sistema, es por ello que según las instituciones y sus objetivos se interpretan de diferente forma. Un ejemplo de esto es el caso de los alimentos para animales, que se puede determinar como un tratamiento de reutilización o reciclado.

En la figura 2 se presenta la adaptación que WRAP (*Waste and Resources Action Programme*, Reino Unido) hizo de esta jerarquía para el sector de bebidas y alimentos.

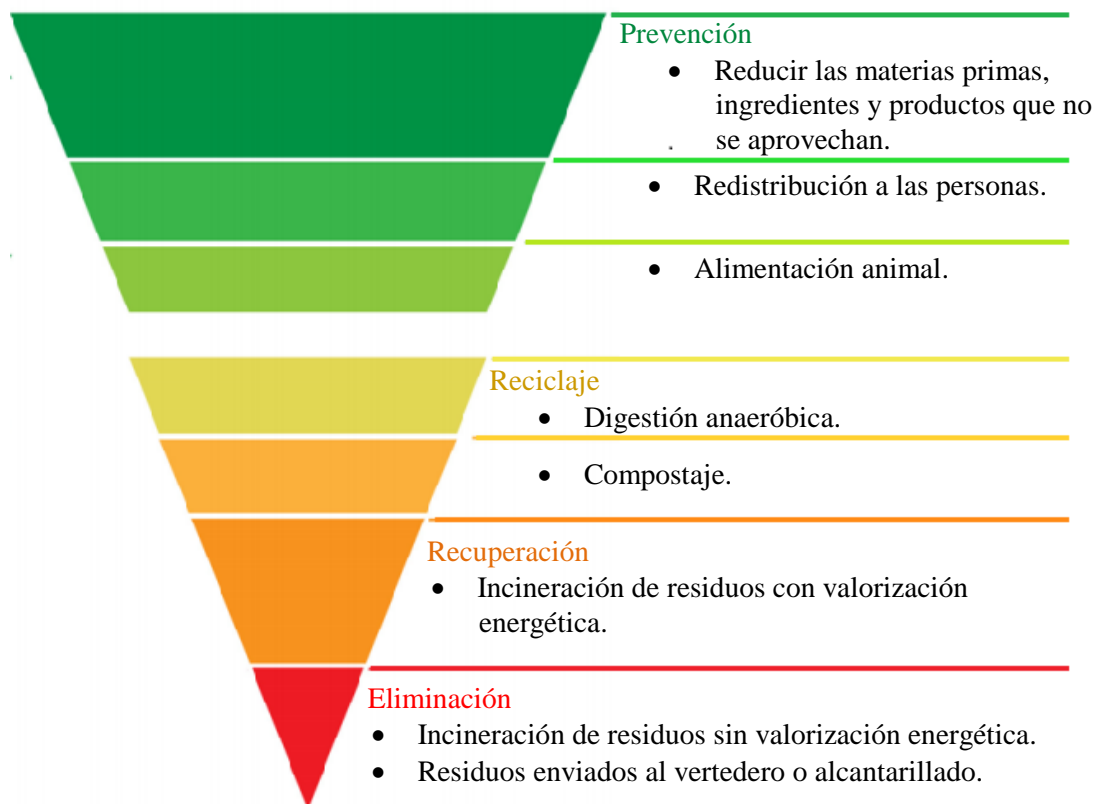


Figura 2. Jerarquía de bebidas y residuos alimentarios (Parfitt, Woodham, Swan, Castella, & Parry, 2016).

En la pirámide representada en la figura 2, se puede ver que entre los diferentes tratamientos la prevención de los residuos resulta la más favorable. Dentro de este grupo, la minimización de estos materiales ocupa el primer puesto. Se debe procurar mantener los alimentos y materias primas en buen estado para su consumo, procurar que no se deban extraer de la cadena alimentaria. En el ámbito de la industria alimentaria esto incluiría todas las actividades encaminadas a minimizar la generación de residuos en los procesos de transformación. En segundo lugar, la redistribución de los alimentos, en este caso una de las opciones podría ser la donación de alimentos a los bancos de alimentos y servicios sociales. A continuación, se presenta como preferente el uso de subproductos para alimentación animal. Esto en el ámbito de la industria alimentaria es en la actualidad una realidad, una buena parte de los subproductos generados en el procesamiento de materias primas de origen vegetal (hortalizas, frutas, aceites, etc.) se emplean para la producción de alimentos para animales. Estos productos presentan un valor nutricional de gran interés por sus componentes bioactivos, enzimas, vitaminas, fibras... lo que los convierte en una fuente de interés para la producción de alimentos para animales, especialmente por su contenido en proteínas (Del Rio Osorio, Flórez-López, & Grande-Tovar, 2021).

Los tratamientos mencionados hasta el momento pertenecen al primer bloque, que representa la actividad de prevención, se procura que las materias primas, los ingredientes y los productos se mantengan en correcto estado para su consumo, de manera que no se conviertan en residuo. En el caso del segundo bloque, existen diferentes tipos de actividades que se van a explicar a continuación, pero todos ellos trabajan en el tratamiento de residuos, no en la prevención.

En este segundo bloque, la opción más favorable es la del reciclaje, donde se sitúa la digestión anaeróbica o biometanización y la digestión aeróbica o compostaje. Estos dos tratamientos están

condicionados por la descomposición y la degradación de los componentes de los residuos a un compuesto estable. En el caso de la digestión anaeróbica, a partir de los residuos sólidos orgánicos se obtiene biogás, que contiene altas cantidades de metano y carbono dióxido. A partir de estos materiales se pueden obtener fertilizantes, calor y combustible limpio, tanto para utilizarlos en vehículos como para obtener energía. En cuanto al compostaje, ofrece abonos y enmiendas para las plantas y los suelos (Wainaina et al., 2020).

Estas tecnologías biológicas son de importancia debido al bajo coste e inversión que requieren, además del bajo consumo de energía. Estas técnicas permiten eliminar una gran cantidad de residuos orgánicos a la vez que aprovechan los nutrientes presentes en los alimentos, cumpliendo siempre los requisitos establecidos dentro de la economía circular. A pesar de ello, cabe recalcar, que los tratamientos más empleados en el presente siguen siendo los vertederos en los países en desarrollo y la incineración en los desarrollados, debido a sus posibilidades económicas y las tecnologías disponibles. Además, es importante mencionar que se requiere de investigación para solucionar la cantidad de problemas prácticos y técnicos que presentan estos tratamientos biológicos (Wainaina et al., 2020).

Después de las actividades de reciclaje, se sitúa la recuperación; es decir, la valorización energética. En este caso se incineran los residuos para conseguir energía, tanto térmica como eléctrica.

Por último, en el último puesto se sitúa la eliminación de los residuos, que sería el tratamiento menos favorable. En este grupo se encuentran la incineración de los residuos sin aprovechamiento energético, y los residuos que se destinan al vertedero y los residuos que van al alcantarillado.

En cuanto a los subproductos alimentarios, como ya se ha dicho anteriormente, la mayoría de ellos se destinan a alimentación animal, pero en la figura 2 no se recogen otras formas de valorización menos importantes en términos cuantitativos, pero cada vez más reales, que persiguen obtener otros productos de interés, aplicables en diferentes ámbitos:

- **Ámbito alimentario:** de muchos subproductos se pueden obtener ingredientes de uso alimentario con aplicaciones como colorantes naturales, como la antocianina y la betanina, compuestos antioxidantes, antimicrobianos, fibra alimentaria, etc. (Del Rio Osorio et al., 2021).
- **Ámbito cosmético:** muchos de los compuestos bioactivos presentes en algunos subproductos, como por ejemplo los obtenidos de frutas y cereales, son de interés para emplearlos en cosméticos, ya que actúan como humectantes y antioxidantes ayudando así al cuidado de la piel (Del Rio Osorio et al., 2021).
- **Ámbito farmacéutico:** los subproductos alimentarios contienen compuestos fitoquímicos y nutrientes que son esenciales para el desarrollo y la recuperación del cuerpo humano, como son por ejemplo los compuestos fenólicos; por lo que son de gran interés para emplearlos con fines terapéuticos (Del Rio Osorio et al., 2021).

#### **1.4. Métodos de cuantificación de residuos y subproductos alimentarios**

La existencia de diferentes definiciones sobre pérdidas y desperdicio de alimentos, residuos alimentarios, etc., y la falta de una metodología común de cuantificación han provocado que los datos obtenidos en relación a la cantidad de estos materiales no sean comparables o transparentes, ya que no se puede saber con exactitud que fracciones se han considerado en el proceso de cuantificación. Para obtener unos valores que resulten de utilidad para evaluar el nivel de materiales

(pérdidas y desperdicios de alimentos, residuos alimentarios) que se generan en la cadena alimentaria, además de analizar su evolución en el tiempo y el desarrollo de estrategias que permitan disminuir el volumen de materiales no aprovechados, se requiere el desarrollo de unos métodos de cuantificación comunes. En la actualidad, los dos métodos de referencia más importantes son el Estándar PDA (Estándar de cuantificación y reporte sobre pérdida y desperdicio de alimentos) y el Manual FUSIONS (*Food waste quantification manual to monitor food waste amounts and progression*).

Entre estos dos modelos de cuantificación existe un vínculo, ya que el proyecto FUSIONS participó en el desarrollo del Estándar PDA, además en este primero se hace referencia a este segundo método en varias ocasiones (Tostivint et al., 2016). Por este motivo, hay ciertas similitudes entre ellos dos, como puede apreciarse en la figura 3 donde se han recogido esos puntos en común y los aspectos que los diferencian de forma esquematizada. Este esquema permite hacer una comparación de las oportunidades y ventajas que presenta cada uno de los métodos. Estos aspectos se trabajarán en mayor profundidad en los siguientes párrafos.

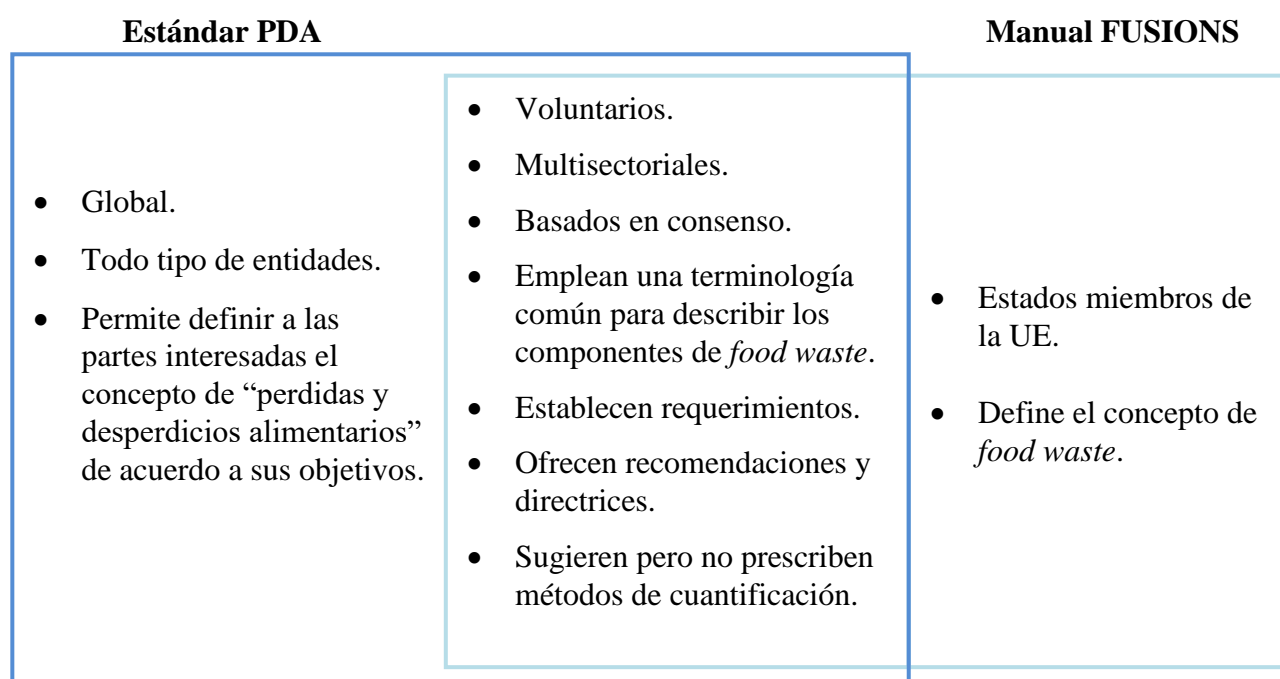


Figura 3. Estándar PDA vs. Manual FUSIONS (Tostivint et al., 2016).

En la UE, tras la incorporación en 2018 del concepto de residuo alimentario en la directiva de residuos, en 2019 se hizo pública la Decisión Delegada (UE) 2019/1597, por la que la Comisión Europea complementa dicha directiva de residuos “en lo que concierne a una metodología común y a los requisitos mínimos de calidad para la medición uniforme de los residuos alimentarios” (Comisión Europea, 2019). Como se verá posteriormente esta decisión recoge muchos de los elementos establecidos en el estándar PDA y el Manual FUSIONS.

### ***1.4.1. Estándar PDA***

El Estándar PDA se trata de un estándar global que ofrece una orientación y unos requisitos para la cuantificación y la notificación de las pérdidas y desperdicios que se generan durante la cadena alimentaria. Este método permite a las partes interesadas como pueden ser países, ciudades, empresas u otras entidades, realizar unos inventarios a cerca del volumen de pérdidas y desperdicios alimentarios generados, además del destino de estos materiales (Hanson et al., 2016).

Con estos informes, se puede obtener una visión general sobre el manejo de los residuos y de esta forma, facilitar el desarrollo de estrategias para minimizar la cantidad de residuos, aumentando así la eficiencia de los recursos humanos y reduciendo los impactos ambientales, además de suponer unos beneficios económicos y de seguridad alimentaria (Hanson et al., 2016).

El llevar un proceso de cuantificación de las pérdidas y desperdicios alimentarios ofrece una serie de beneficios: analizar su evolución a lo largo del tiempo, estimar las pérdidas económicas que suponen, definir cuáles son los puntos de la cadena alimentaria donde se generan mayores cantidades y de esta forma determinar qué puntos de la cadena son prioritarios, el desarrollo y mejora de las estrategias de prevención, establecer un objetivo cuantificado de reducción, definir un número de pérdidas y desperdicio como base, poder comparar la evolución con otras entidades y reconocer las cantidades de pérdidas y desperdicios destinadas a cada destino (Hanson et al., 2016).

Como ya se ha mencionado anteriormente, no existen unos conceptos universales sobre las pérdidas y desperdicios alimentarios. En este caso, este método permite a las partes interesadas definir qué entienden sobre estos conceptos según sus objetivos, ofreciendo de esta forma una mayor flexibilidad. En este sentido hay que definir qué tipo de material se va a evaluar, si se va a distinguir entre partes comestibles y no comestibles, o se va a cuantificar todo, o una única parte (figura 4) (Hanson et al., 2016).

Hay varios requerimientos que hay que cumplir a la hora de emplear este modelo de cuantificación, algunos son los siguientes (Hanson et al., 2016):

- En la contabilidad e informe que se realiza sobre las pérdidas y desperdicios alimentarios, deben estar presentes los principios de relevancia, integridad, coherencia, transparencia y precisión.
- Se debe presentar la cantidad de PDA en peso (kilogramos, toneladas, libras, etc.).
- Además del tipo de materia, hay que definir e informar cual será el periodo de tiempo del estudio, el límite del sistema y, muy importante, el destino o destinos que se van a contemplar (figura 4).
- Se debe describir cual ha sido el método de cuantificación empleado: si se ha realizado un estudio para obtener esos valores o eran datos que ya estaban disponibles; hay que expresar el alcance y la fuente de la información. Entre los métodos existentes para obtener estos datos estos son los más empleados: pesaje directo, conteo, evaluación de volumen, análisis de composición de residuos, diarios, encuestas, balances de masa, empleo de modelos, uso de datos indirectos. El estándar PDA incluye otro documento adjunto en el que se describe cada uno de estos métodos.

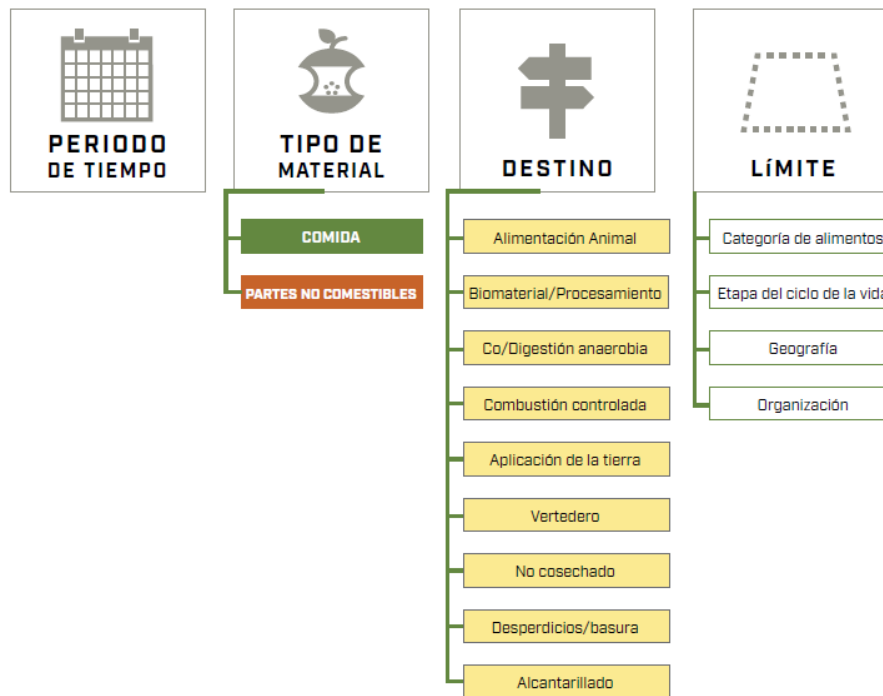


Figura 4. Alcance de un inventario PDA (Hanson et al., 2016).

### 1.4.2. Manual FUSIONS

El objetivo principal del Manual FUSIONS es implantar un uso eficiente de los alimentos y las estrategias existentes para la disminución de las pérdidas alimentarias que se generan en las distintas etapas de suministro de alimentos. Para este propósito, se requiere cuantificar el volumen de alimentos desperdiciados, es por ese motivo, que ofrece orientación en esta actividad (Tostivint et al., 2016).

Este documento establece unas pautas prácticas a los Estados miembros de la UE para la cuantificación de los desperdicios. Estos puntos que se definen en el manual cubren las siguientes actividades (Tostivint et al., 2016):

- Se cuantifica la cantidad de desperdicio que se genera en cada etapa de la cadena alimentaria.
- Se combinan las cuantificaciones sectoriales, para ello se utiliza un mismo marco dentro de la nación.
- Se informa acerca de los resultados obtenidos durante este proceso de cuantificación a nivel nacional de una manera coherente y comparable.

Este manual no es de obligado uso para los estados miembros, pero en caso de declarar haber empleado el enfoque que ofrece para este proceso de cuantificación y para informar sobre los resultados obtenidos en la cuantificación a nivel nacional, se deben seguir los requisitos que se definen en el manual (Tostivint et al., 2016).

Este documento está destinado a las autoridades de los Estados miembros. Además de estos, se permite su uso a los representantes del sector alimentario o los responsables de recoger los datos en nombre de las autoridades, así como a oficinas nacionales de estadística (Tostivint et al., 2016).

El propósito de este documento es permitir desarrollar unas estrategias efectivas y coherentes para conseguir información sobre los desperdicios que se generan en la actualidad en cada uno de los sectores de la cadena alimentaria. Esto permite visualizar cual es la magnitud de los desperdicios generados, y en qué sectores se concentran los mayores volúmenes. De esta forma, se puede deducir cuales son las etapas en las que hay que focalizar las acciones preventivas o cuales requieren de mayor prioridad. Además, ofrece una visión de la evolución de los desperdicios a lo largo del tiempo, viendo así a que nivel están disminuyendo (Tostivint et al., 2016).

Por otro lado, la cuantificación de los desperdicios en valores de peso puede permite realizar una aproximación de los valores económicos e impactos ambientales que suponen estos materiales, como podría ser por ejemplo el suelo empleado para la producción de esas materias. Esta cuantificación permite el desarrollo de estrategias eficaces para prevenir los desperdicios alimentarios (Tostivint et al., 2016).

El Manual FUSIONS establece para el conjunto de la cadena alimentaria y para cada uno de sus eslabones, una serie de recomendaciones en cuanto a los procedimientos y métodos de cuantificación a emplear. Los métodos a emplear descritos por FUSIONS son los mismos que los recomendados por el estándar PDA.

### ***1.4.3. Metodología en la UE para la cuantificación de residuos alimentarios***

La Decisión Delegada (UE) 2019/1597, de la Comisión Europea busca orientar a los estados miembros para que adopten una metodología común para la cuantificación de los residuos alimentarios (Comisión Europea, 2019).

La decisión recuerda el concepto de residuo alimentario establecido un año antes, indicando que en la misma no se incluyen los subproductos de la producción de alimentos, tal y como se definen los subproductos en la directiva de residuos, como por ejemplo aquellas sustancias a base de plantas de la industria agroalimentaria y los alimentos de origen no animal que ya no estén destinados al consumo humano, sino que son utilizados como materias primas para piensos. No obstante, hay que resaltar que la Decisión señala que la información sobre estas sustancias “es importante para la comprensión de los flujos de materiales relacionados con los alimentos y puede ser útil para planificar una política específica de prevención de residuos alimentarios” (Comisión Europea, 2019). Por lo tanto, aunque no obliga, la normativa europea insta a cuantificar estos materiales que no entran en la definición de residuos, sino en la de subproductos.

La decisión delegada dice que las mediciones deben hacerse por separado en las siguientes fases de la cadena alimentaria (Comisión Europea, 2019):

- Producción primaria.
- Transformación y producción.
- Venta al por menor y otras formas de distribución de alimentos.
- Restaurantes y servicios de comidas.
- Hogares.

En el anexo II de la decisión aparecen códigos de la lista europea de residuos (LER) que suelen incluir residuos alimentarios, aunque también pueden usarse otros códigos de residuos siempre que los mismos incluyan residuos alimentarios (Comisión Europea, 2019).

En cuanto a otros aspectos metodológicos la decisión establece que (Comisión Europea, 2019):

- Las mediciones deben referirse al menos a un año civil completo.
- Deben realizarse en toneladas métricas de masa fresca.
- Los métodos a emplear, de forma individual o combinada son los referidos en otro anexo, y vienen a ser los que aparecen descritos en el Estándar PDA y en el Manual FUSIONS:
  - Medición directa (pesaje, evaluación de volumen).
  - Balances de masa.
  - Análisis de composición de residuos.
  - Recuento/escaneo.
  - Registros.
  - Cuestionarios y entrevistas.
  - Coeficientes y estadísticas de producción

En la siguiente figura se indican qué métodos se sugieren para los distintos eslabones de la cadena alimentaria. Para el sector de la industria alimentaria serían los métodos de medición directa, los balances de masa, y los procedentes de cuestionarios, coeficientes y estadísticas de producción, y de análisis de composición de residuos.

Fase de la cadena alimentaria	Métodos de medición				
Producción primaria	Medición directa	Balance de masa		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuestionarios y entrevistas</li> <li>• Coeficientes y estadísticas de producción</li> <li>• Análisis de la composición de residuos</li> </ul>	
Transformación y producción					
Venta al por menor y otras formas de distribución de alimentos			Análisis de la composición de residuos	Recuento/ Escaneo	
Restaurantes y puestos de comidas					Registros
Hogares					

Figura 5. Métodos de medición recomendados por la Decisión Delegada (UE) 2019/1597 en diferentes etapas de la cadena alimentaria (Comisión Europea, 2019).

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este informe es realizar una caracterización estimativa de la generación de residuos y subproductos por parte del sector industrial alimentario en Navarra, en los últimos tres años para los que se pueden recoger datos (2017, 2018 y 2019).

Este objetivo general se concreta en los siguientes objetivos específicos:

- Realizar una estimación de la cantidad de materiales alimentarios (el conjunto de residuos y subproductos, en adelante R+Sb) extraídos en los principales subsectores de la industria alimentaria de Navarra (sector del sacrificio de animales, sector lácteo, industrias de



procesamiento de frutas y hortalizas, sector vinícola, industrias del aceite de oliva, industrias de cereales).

- Estimar qué parte de los R+Sb se corresponde con residuos alimentarios y qué parte con subproductos.
- Establecer en base a la información disponible, qué se hace actualmente con los residuos y los subproductos, sus destinos principales.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Descripción del marco de estudio



Figura 6. Alcance del estudio.

En la figura 6 se esquematiza el alcance del estudio realizado en este trabajo. En este estudio se cuantifican los residuos y subproductos generados en la Comunidad Foral de Navarra, durante un periodo de tres años (2017, 2018 y 2019). Entre las diferentes etapas de la cadena alimentaria, el estudio analiza el eslabón de la industria alimentaria, donde se va a cuantificar el conjunto de materiales alimentarios, tanto las fracciones comestibles como las no comestibles. Esta cantidad de residuos y subproductos se expresa en toneladas.

Dentro del segmento de la transformación alimentaria, se evalúan los siguientes sectores:

- Frutas y hortalizas: se evalúa una larga lista de frutas y hortalizas como el tomate, pimiento, acelga, guisante verde, lechuga, etc.

- Lácteos: se trabaja principalmente con el sector quesero, ya que es el producto lácteo que produce mayores cantidades de R+Sb en Navarra. Por otro lado, también se analiza el sector de yogures elaborados con leche de vaca.
- Sector cárnico: sacrificio de porcino, ovino, bovino, caprino, equino, conejos y aves.
- Sector vitivinícola.
- Sector del aceite: se toma como referencia el aceite de oliva, ya que las demás semillas vegetales no suponen grandes cantidades de residuos/subproductos.
- Industria de cereales: principalmente, la industria de la malta.

En cuanto a los demás sectores alimentarios, no fueron analizados bien porque son sectores casi irrelevantes en Navarra (por ejemplo, procesamiento de pescado, obtención de azúcar, etc.), o porque se consideró que las cantidades de R+Sb generadas son muy pequeñas (por ejemplo, industrias harineras) y/o porque no se disponía de datos suficientes para hacer las estimaciones (por ejemplo, industrias de segunda transformación de cereales, como industrias de pan, galletería, etc., o industrias cárnicas). Por otra parte, en el estudio se trató de identificar los destinos de los diferentes R+Sb procedentes de cada sector. A continuación se citan algunos de ellos:

- Alimentación animal.
- Digestión anaerobia (biometanización).
- Compostaje.
- Vertedero.

En la figura 7 se esquematiza el procedimiento aplicado en este trabajo. Para estimar la cantidad de R+Sb en los distintos sectores se partió de datos de producción de materias primas y/o productos elaborados. Estos datos fueron la base para aplicar ecuaciones de balance de masa, empleando diferentes índices y coeficientes, que se explicarán posteriormente, y obtener así las cantidades de R+Sb.

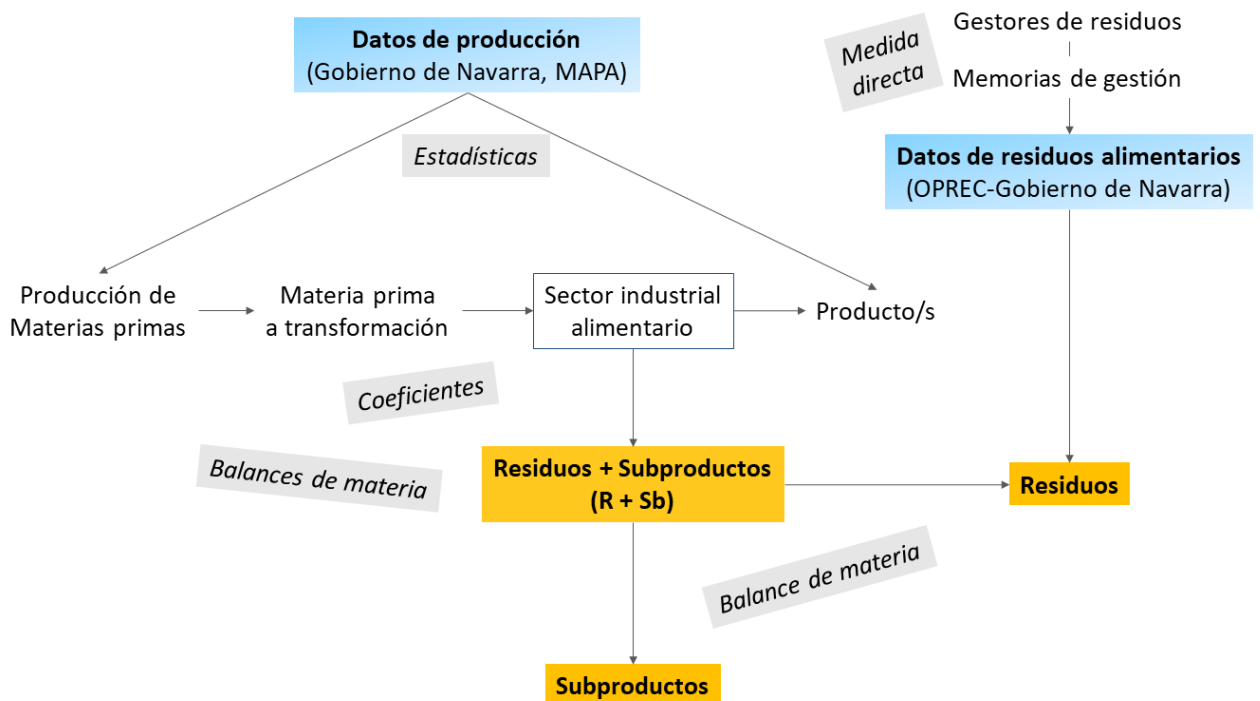


Figura 7. Procedimiento del estudio.

En el segundo bloque del estudio, se evaluó la información suministrada por la Oficina de Prevención de Residuos y de Impulso de la Economía Circular (OPREC) del Gobierno de Navarra acerca de los residuos generados en las industrias alimentarias de Navarra.

La consideración que se hizo a continuación fue que restando estas cantidades de residuos a las cantidades de R+Sb obtenidos en el primer bloque del estudio, se obtiene la parte de R+Sb correspondiente a los subproductos, es decir a los materiales que no adquieren la condición de residuos porque son aprovechados o valorizados de acuerdo a procedimientos (alimentación animal, principalmente, pero también otros) distintos a los propios de la gestión de residuos (biometanización, compostaje, vertedero, etc.).

En cuanto a los métodos de cuantificación, se utilizó una combinación de algunos de los recomendados por la Decisión Delegada (UE) 2019/1597. Los datos sobre residuos suministrados por la OPREC se pueden considerar datos de medidas directas realizadas por los gestores de residuos. La estimación de las cantidades de R+Sb se hizo aplicando balances de materia, empleando como base datos estadísticos de producción y diferentes coeficientes. Todo esto se explica en detalle a continuación.

## 3.2. Datos de partida

### 3.2.1. Datos de partida para la estimación de residuos + subproductos

Para comenzar, se realizó una búsqueda bibliográfica para obtener información sobre los volúmenes de producción de materias primas por año en Navarra. Los datos recolectados fueron de dos tipos:

- Cantidad producida de materia prima.
- Cantidad de producto final tras su transformación en industria.

En la tabla 1 se representan los diferentes sectores evaluados, junto al tipo de datos que se emplearon como punto de partida y la fuente de información. Estos valores que se utilizaron en el estudio se recogen en el anexo I.

Tabla 1. Tipo de datos de producción recolectados y fuentes.

Sector	Datos recogidos	Fuentes
Industria de malta	Producto final de malta en San Adrián	Malteurop-Grupo VIVESCIA
Procesado de frutas y hortalizas	Producción agrícola	Gobierno de Navarra MAPA
Aceite de oliva	Producción de aceituna y producción de aceite	Gobierno de Navarra
Vino	Producción de uva para vinificación (D.O. Navarra) Producción de vino (D.O. Rioja)	Gobierno de Navarra
Queso/yogur	Producción de leche de vaca, oveja y cabra	Gobierno de Navarra
Sacrificio de animales	Peso de las canales generadas (bovino, ovino, caprino, porcino, equino, aves, conejo)	Gobierno de Navarra

La mayoría de los datos de partida se obtuvieron del Observatorio Agrario de la página web del Gobierno de Navarra. Esta sección proporciona datos generales, informes técnicos, publicaciones oficiales, información estadística y otra serie de temas relacionados con la actividad agraria y la industria agroalimentaria. En los documentos de la industria agroalimentaria, ganadería y agricultura se encontró la información utilizada como punto de partida. En estos documentos viene reflejada la cantidad de producción de las materias primas empleadas para la producción de productos D.O. e I.G.P., toneladas de producción agrícola, etc.

### **3.2.2. Datos sobre residuos alimentarios**

En cuanto a los residuos, la OPREC del Gobierno de Navarra suministró unos documentos Excel, uno para cada año de estudio (2017, 2018 y 2019) donde se recogían en sucesivas entradas datos de residuos orgánicos asignables por procedencia a industrias de procesado de alimentos. Estos son datos que proceden a su vez de los datos recogidos en las decenas de Memorias de Residuos que las empresas que gestionan los residuos envían cada año al Gobierno de Navarra. La información recogida en los archivos Excel tenía un nivel de agregación muy importante, y un nivel de detalle limitado. La información recogida para cada entrada en los archivos suministrados por la OPREC se resume en lo siguiente:

- Códigos LER: son una serie de códigos que se recogen en la Lista Europea de Residuos y que permiten la clasificación homogénea de estos materiales en un gran número de países europeos (García-Morales et al., 2015). En esta lista los residuos se clasifican con códigos de 6 cifras, este conjunto de cifras ofrece información acerca de la etapa alimentaria en la que se han producido estos materiales, en qué sector o actividad y que tipo de residuos son. En el anexo II se recoge la lista de los códigos LER perteneciente al sector industrial alimentario.
- Descripción verbal del tipo de residuo: residuos de tejidos vegetales, alimentos envasados, leche granel, etc.
- El tipo de inventario: RNP (residuo no peligroso) o SANDACH.
- El tipo de empresa o sector alimentario donde se han generado los residuos: conservera, bodega, matadero. Esta información aparecía en algunas entradas, no en todas.
- El destino de los residuos, con el código correspondiente de la operación aplicada (R3, D9, etc.) y el nombre concreto de la misma: biometanización, compostaje, vertedero, etc.
- La cantidad de residuos, en toneladas.

## **3.3. Estimación de la cantidad de residuos + subproductos**

### **3.3.1. Ecuaciones de balance de materia**

En función de los datos de partida obtenidos, se aplicaron tres estilos de fórmulas para obtener la cantidad de R+Sb generados durante su transformación en industria. A continuación se presentan las ecuaciones empleadas:

- Ecuación 1: la información de partida es la producción total de materia prima, a la que se aplica un coeficiente para determinar la proporción de la misma que se destina a industrias (% a transformación), y otro coeficiente que es el porcentaje de la materia prima que se retira en el proceso de transformación (% R+Sb).

$$t (R + Sb) = t \text{ materia prima} \times \frac{\% a \text{ transformación}}{100} \times \frac{\% (R + Sb)}{100}$$

- Ecuación 2: la información en este caso es la cantidad de producto final tras la transformación, a la que se aplica un índice de la cantidad de R+Sb generada por unidad de medida de producto.

$$t (R + Sb) = t, l \text{ producto obtenido} \times (R + Sb) \frac{t}{t, l}$$

- Ecuación 3: la información es de nuevo la cantidad de producto final tras la transformación, pero el coeficiente que se aplica es % (R+Sb), el mismo que aparece en la ecuación 1.

$$t (R + Sb) = t \text{ producto obtenido} \times \frac{(\% R + Sb)}{100 - (\% R + Sb)}$$

- Ecuación 4: se tiene información acerca de la cantidad de materia prima empleada en la transformación y del producto final obtenido. En ciertas ocasiones, la materia prima viene medida en unidades de masa y el producto en unidades de volumen, o viceversa. En estos casos se emplea la densidad para expresar los datos en unidades de masa.

$$t (R + Sb) = t \text{ materia prima empleada} - t \text{ producto obtenido}$$

### 3.3.2. Coeficientes de transformación

El objetivo de este estudio se ciñe a la cantidad de residuos y subproductos generados en la transformación de las materias primas, es por eso que primero se estimó para cada una de las materias primas la cantidad destinada a industria, aplicando para ello coeficientes encontrados en diferentes fuentes. En la tablas 2 y 3 se recogen estos coeficientes. En algunas ocasiones se obtuvieron diferentes valores para un mismo producto. En la tabla 2 se ha recogido toda la información encontrada, pero se han resaltado aquellos coeficientes empleados para los cálculos. Estos se seleccionaron porque se consideró que se acercaban más a la realidad.

Por otro lado, en algunos sectores se consideró que toda la producción de materia prima se destinaba a transformación. Este es el caso por ejemplo del tomate y del pimiento, ya que los datos de partida fueron las toneladas de producción de “tomate industria” y “pimiento industria”. Cuando sea preciso se indicarán cuáles son los sectores o productos que se encuentran en esta misma situación.

La mayoría de estos valores se obtuvieron de un estudio francés realizado, en el que se cuantifican las pérdidas y desperdicios alimentarios en todas las etapas de producción de las principales cadenas alimentarias, en Francia (Vernier et al. 2016). Un buen número de coeficientes se recolectaron de la documentación generada en PROBIOGAS, un proyecto en el que se trató de evaluar la potencialidad de la biometanización de residuos agrarios y alimentarios.

Debido a la falta de información, en alguna ocasión se tomaron como base los valores de producción de materia prima de productos con Denominación de Origen o Indicación Geográfica Protegida definidos en la página del Gobierno de Navarra. En esta web, en algunos de los productos

se indica el volumen que se destina a industria, y por otro lado, a consumo fresco, por lo que se calcularon a partir de estos valores los porcentajes destinados a transformación, y se tomaron como referencia para aplicarlos en el estudio. Este es el caso del espárrago, por ejemplo.

En cuanto al brócoli, para estimar el porcentaje de la producción que va a transformación se consultó la página web de ASEVEC, la Asociación Española de Fabricantes de Vegetales Congelados. El 39% de la producción total de vegetales congeladas dentro de España se producen en Navarra, y entre estos productos el brócoli es de gran importancia, con una producción de 130.088 t a nivel nacional en el año 2017 (ASEVEC, 2018). En base a esta información se obtuvo el porcentaje indicado en la tabla 2.

*Tabla 2. Proporción de la producción agrícola de frutas y hortalizas destinadas a transformación.*

Hortalizas y tubérculos	% a transformación (*)	Referencia
Acelga	15	(Alfonso et al., 2010)
Alcachofa	<b>82.5</b>	(Roignant et al., 2003)
	36	(Alfonso et al., 2010)
Borraja	5	(Alfonso et al., 2010)
Brócoli	66	(ASEVEC, 2018)
Cardo	90	(Macua, 2007)
Cebolla	<b>37</b>	(Vernier et al., 2016)
	8	
Coliflor	<b>&lt;20</b>	(Alfonso et al., 2010)
	2	
Escarola	25	(Alfonso et al., 2010)
Espárrago	<b>91</b>	(Gobierno de Navarra, 2021)
	22	(Alfonso et al., 2010)
Espinaca	53	(Alfonso et al., 2010)
Guisantes verdes	<b>93</b>	(Vernier et al., 2016)
	73	(Alfonso et al., 2010)
Judía verde	<b>90</b>	(Vernier et al., 2016)
	20	
Lechuga	<b>25</b>	(Alfonso et al., 2010)
	1	
Maíz dulce	5	(Alfonso et al., 2010)
Patata	<b>45</b>	(Vernier et al., 2016)
	2	(Alfonso et al., 2010)
Pimiento	10	(Alfonso et al., 2010)
Tomate	42	(Alfonso et al., 2010)
	80	(Pataro, Carullo, Falcone, & Ferrari, 2020)
Zanahorias	<b>45</b>	(Vernier et al., 2016)
	8	(Alfonso et al., 2010)

(\*) Cuando aparecen varios valores se indica en negrita el coeficiente aplicado.

En el caso del pimiento y el tomate, no se utilizaron los porcentajes presentes en la tabla 2 ya que, como ya se ha mencionado anteriormente, los datos de partida empleados fueron la producción (toneladas) de “tomate industria” y “pimiento industria”.

En la tabla 3 se recogen los porcentajes de transformación para los productos lácteos. Los datos que se presentan, se clasifican en cuanto al tipo de leche y su uso dentro de la industria, que puede ser para la producción de queso o yogur. Dentro de este sector no se consideraron varios productos como la leche, mantequilla, o nata, ya que la cantidad de residuos y subproductos que se generan durante su producción es despreciable. En cuanto a la producción de queso de vaca en Navarra, se desconoce el valor, pero se sabe que es muy baja. Se decidió aplicar un porcentaje del 2%, aunque no se puede asegurar que este valor sea el correcto. Respecto a su uso para la elaborar yogur, se tomaron los datos de MAPA que indican la cantidad de leche de vaca producida y la destinada a yogur a nivel nacional, a partir de estos valores se calculó el porcentaje de la tabla 3.

*Tabla 3. Proporción de leche destinada a transformación, según el tipo de leche y producción láctea.*

Tipo de leche	Destino	% a transformación	Referencia
Vaca	Queso	2	-
	Yogur	13,9	(MAPA, 2021)
Oveja	Queso	92,5	(Martínez, Centeno, Franco, & Carballo, 2013)
Cabra	Queso	98,2	

### **3.3.3. Coeficientes de residuos + subproductos**

Tras recolectar toda la información necesaria en cuanto a los porcentajes de transformación, se realizó otra búsqueda de información para conocer cuál es el porcentaje de residuos totales que se obtiene durante el procesado de cada una de las materias primas. Como ya se ha señalado al presentar las ecuaciones, los datos obtenidos fueron de dos tipos:

- El porcentaje de la materia prima que se convierte en R+Sb durante el proceso de transformación.
- La cantidad de R+Sb que se genera por cantidad de producto final obtenido.

En las tablas 4, 5, 6 y 7 se recogen estos porcentajes para cada uno de los sectores evaluados en el estudio. En algunas ocasiones, se obtuvieron varios valores diferentes para un mismo producto, por lo que se han destacado en negrita aquellos empleados para realizar los cálculos. Además, en las tablas viene indicado brevemente el tipo de residuo/subproducto generado en cada caso. En el apartado de resultados se profundizará un poco más sobre los tipos y usos de estos materiales. Las estimaciones realizadas para el sector de procesamiento de frutas y hortalizas, y para el sector lácteo se realizaron todas ellas con la ecuación de balance de materia 1.

Tabla 4. Porcentajes de residuos+subproductos en el procesado de frutas y hortalizas.

Materia prima	Tipo de restos	% total+Sb (*)	Referencia
Acelga	Pencas, hojas	48	(Alfonso et al., 2010)
Alcachofa	Brácteas, tallos	<b>70</b> (estimación según los valores de abajo) 60-75 70-80 62.5	(Jiménez-Moreno, Esparza, Bimbela, Gandía, & Ancín-Azpilicueta, 2020) (Saavedra, Doval Miñarro, Angosto, & Fernández-López, 2019) (Alfonso et al., 2010)
Borraja	Hojas	28	(Alfonso et al., 2010)
Brócoli	Hojas, tallos	70	(Zhang, Jiang, Wang, & Xu, 2017)
Cardo	Tallos, hojas	<b>75</b> (rendimiento en congelado del 20-22 % y 27-30 % en conserva)	(Macua, 2007)
Cebolla	Piel, raíces, tallos	19	(Vernier et al., 2016)
Coliflor	Tallos, hojas	24	
Escarola	Hojas	31	
Esparrago	Pieles, trozos	50	(Jaramillo-Carmona et al., 2013)
Espinaca	Hojas secas	13	(Alfonso et al., 2010)
Guisantes verdes	Pericarpio	3	(Vernier et al., 2016)
Judía verde	Puntas	<b>3</b> 28	(Vernier et al., 2016) (Alfonso et al., 2010)
Lechuga	Hojas	31	(Vernier et al., 2016)
Maíz dulce	Hojas, tallos	20	(Alfonso et al., 2010)
Patata	Pieles, trozos	21	(Vernier et al., 2016)
Pimiento	Corazones, piel	<b>29</b> 55	(Gobierno de Navarra, 2021) (Alfonso et al., 2010)
Tomate	Orujo semillas y pieles)	<b>5</b> 15 1,5-5 2-5	(Vernier et al., 2016) (Alfonso et al., 2010) (Vidyarthi & Simmons, 2020) (Pataro et al., 2020)
Zanahorias	Pieles	2	(Vernier et al., 2016)

(\*) Cuando aparecen varios valores se indica en negrita el coeficiente aplicado.

Tabla 5. Porcentajes de residuos+subproductos en la producción de productos lácteos (AWARENET, 2004).

Tipo de leche	Destino	Tipo de restos	% total+Sb
Vaca	Queso	Lactosuero	85-90 → 87.5
	Yogur		2-4 → 4
Oveja	Queso		85-90 → 87.5
Cabra	Queso		85-90 → 87.5



Tabla 6. Cantidad de residuos+subproductos en el sacrificio animal.

Tipo de animal	Tipo de residuo+subproducto	R+Sb (t/t canal)	Referencia
Aves	SANDACH de categoría 3	0.520 <b>0.335 (**)</b>	(Alfonso et al., 2009) (MAPA, 2006)
Bovino		0.539 0.46 <b>0.73</b>	(Alfonso et al., 2009) (MAPA, 2005a) (MAPA, 2007)
Caprino		<b>0.522</b> 0.6	(Alfonso et al., 2009) (MAPA, 2007)
Conejos		<b>0.500</b>	(Alfonso et al., 2009)
Equino		<b>0.636</b>	(Alfonso et al., 2009)
Ovino		<b>0.511</b> 0.6	(Alfonso et al., 2009) (MAPA, 2007)
Porcino		0.135 <b>0.25 (**)</b>	(Alfonso et al., 2009) (MAPA, 2005a)

(\*) Cuando aparecen varios valores se indica en negrita el coeficiente aplicado.

(\*\*) Se trata de coeficientes % R+Sb (porcentaje del peso vivo convertido en R+Sb).

Como se puede ver en la tabla 6, en el sector de los mataderos se consideraron los SANDACH de categoría 3. Los SANDACH se clasifican en tres categorías diferentes, donde la tercera, la evaluada en el estudio, es la de menor riesgo (García-Morales et al., 2015). La categoría 3 recoge los residuos y subproductos que se generan a partir de animales sanos, pero que no se destinan a alimentación humana por motivos comerciales o industriales. Algunos de estos materiales serían los siguientes (García-Morales et al., 2015):

- Pielés, pezuñas, cuernos, plumas, sangre y pelo procedentes de animales sanos.
- Huevos con fisuras y leche cruda derivada de animales que carecen de síntomas clínicos de enfermedad transmisible.

En el caso del sacrificio de animales se utilizaron dos ecuaciones diferentes: la ecuación 2 cuando el coeficiente empleado era las toneladas de R+Sb por tonelada de canal obtenido, y la ecuación 3, cuando el valor empleado era el % R+Sb, es decir, el % del peso vivo del animal (porcino y aves).

Las estimaciones de R+Sb para la industria maltera se realizaron con la ecuación 2. En el caso del aceite de oliva, no se emplearon los coeficientes de la tabla 7, ya que en la página del Gobierno de Navarra donde aparece recogida la información acerca de la D.O.P Aceite de Navarra, vienen indicaciones sobre la producción total de aceituna en Navarra y los litros de aceite obtenidos tras su transformación, lo que permitió deducir la cantidad de residuos y subproductos generados tras aplicar la fórmula número 4 indicada previamente.

En cuanto al vino, la información empleada como punto de partida fue diferente en función de la Denominación de Origen analizada. En el caso del vino D.O. Navarra, se utilizaron los valores de producción de uva para vinificación y se aplicó por lo tanto la ecuación 1. En el caso de la D.O. Rioja, se empleó la ecuación 3 dado que los valores de partida fueron los correspondientes a los litros de vino obtenidos. Esto se hizo así porque al analizar los datos disponibles se comprobó que una parte de la uva adscrita a la D.O. Rioja que se produce en Navarra se destina a bodegas fuera de la comunidad.

Tabla 7. Porcentajes y cantidades de residuos+subproductos en otras industrias.

Industria	Tipo de residuo	R+Sb (*)	Referencia
Industria aceite de oliva: sistema de 2 fases	Alperujo: aguas de vegetación + residuos secos de la aceituna	4 t/t aceite (**)	(Alfonso et al., 2010)
Industria aceite de oliva: sistema de 3 fases	Alpechín: aguas de proceso + aguas de vegetación	5.5 t/t aceite (**)	
Industria maltera	Raicillas + finos de malta	0.034-0.047 t/t malta	(MAPA, 2009)
Industrias del vino	Lías + orujos	20-30 % <b>(25%)</b> de la uva	(AWARENET, 2004)

(\*) Cuando aparecen varios valores se indica en negrita el coeficiente aplicado.

(\*\*) No se utilizaron estos coeficientes. Se empleó la ecuación 4.

### 3.4. Tratamiento de los datos de residuos

Los datos recibidos desde el Gobierno de Navarra en relación a los residuos alimentarios procedentes del sector industrial, no contaban con un nivel de detalle lo suficientemente elevado como para hacer una segregación exhaustiva de los mismos en función de su origen. Por cuestiones de confidencialidad en los datos no se podía conocer de qué gestor de residuos ni la empresa alimentaria concreta de donde procedía cada entrada.

No obstante se trató, en la medida de lo posible, de agrupar los diferentes materiales según varios factores. Por un lado, se segregaron los datos en función de su origen vegetal, animal, o mixto. En este último grupo se recogieron aquellos residuos cuyo origen no estaba claro, como los residuos de productos preparados, alimentos envasados.

Por otro lado, también se pudieron agrupar los datos según su destino, biometanización, compostaje, vertedero, etc. Además, se pudieron combinar ambos factores para poder evaluar qué destinos o tratamientos eran los más importantes en función de la naturaleza de los residuos.

Por último, los datos se segregaron por sectores alimentarios. Cabe matizar, que en esta última clasificación hubo bastantes entradas que se definieron como “Otros”, ya que resultó imposible definir el sector al que pertenecían.

Con los valores obtenidos en esta última clasificación y en la primera parte del estudio, se buscó diferenciar que parte de los R+Sb correspondían a residuos y qué parte a subproductos, en base a un sencillo balance de materia:

$$\text{Subproductos (t)} = \text{R+Sb (t)} - \text{Residuos (t)}$$

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El apartado de resultados se ha estructurado de la siguiente forma: en primer lugar se presentan y analizan los resultados globales obtenidos, primero de las estimaciones de R+Sb, después de los

datos de residuos alimentarios, y después los resultados derivados de aplicar un balance de materia a los dos tipos de datos anteriores.

Posteriormente se suceden una serie de apartados en el que se hace un análisis e interpretación más detallada de los diferentes sectores industriales analizados. Y finalmente, se incluye un apartado en el que se hace una aproximación a la evaluación del grado de incertidumbre asociado a los datos empleados y de la fiabilidad resultante de los cálculos realizados.

## 4.1. Datos globales

### 4.1.1. Estimaciones de residuos y subproductos

Se han recogido los valores obtenidos en la primera parte del estudio en la tabla 8. En ella se presenta la cantidad (toneladas) de R+Sb generados durante la actividad de producción en cada uno de los subsectores.

Tabla 8. Cantidad (t) de residuos+subproductos en los diferentes subsectores alimentarios.

SECTOR	AÑO		
	2017	2018	2019
<b>Sacrificio de ave</b>	48.836	50.549	48.545
<b>Sacrificio de bovino</b>	4.060	4.008	5.342
<b>Sacrificio de equino</b>	2.368	2.035	2.333
<b>Sacrificio de ovino y caprino</b>	1.694	1.737	1.604
<b>Sacrificio de conejo</b>	1.322	1.382	1.263
<b>Sacrificio de porcino</b>	687	704	672
<b>Queso</b>	17.230	17.861	16.948
<b>Yogur</b>	1.369	1.387	1.390
<b>Frutas y vegetales</b>	78.314	77.530	74.083
<b>Aceites vegetales</b>	18.825	22.687	22.738
<b>Malta</b>	5.452	5.452	5.452
<b>Vino</b>	21.590	26.824	19.611
<b>TOTAL</b>	<b>201.793</b>	<b>212.199</b>	<b>200.028</b>

Para ver con mayor claridad que tan elevadas fueron estas cifras obtenidas y las diferencias entre los subsectores, se han reflejado estos resultados en varias gráficas, que corresponden a las figuras 8 y 9.

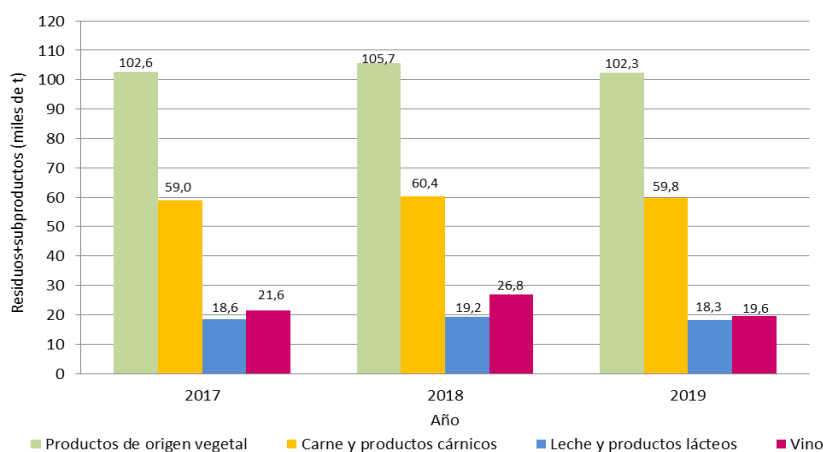


Figura 8. Cantidad (miles de t) de residuos+subproductos por tipo de producto.

En la figura 8 se presentan los resultados obtenidos durante el periodo completo de estudio; es decir, para los tres años evaluados. En ella se reflejan las toneladas de R+Sb agrupadas según el tipo de producto: productos de origen vegetal, carne y productos cárnicos, leche y productos lácteos, y por último, vino.

Se puede ver como las toneladas de estos materiales se mantuvieron bastante constantes durante los tres años. Entre los diferentes grupos, no hay lugar a duda, que la producción de los productos vegetales generó la mayor cantidad de R+Sb, en torno al 50 % de las toneladas totales corresponden a este sector. En segundo lugar, con una generación de materiales también muy significativa, se sitúa el sector del sacrificio animal, con unos valores en torno a 60.000 toneladas. Por último, el sector vitivinícola seguido de la leche y productos lácteos. En el caso de la producción de vino, la cantidad de R+Sb fue variando un poco más en el transcurso del tiempo, aspecto este directamente ligado a la variación de la producción de uva de una campaña a otra.

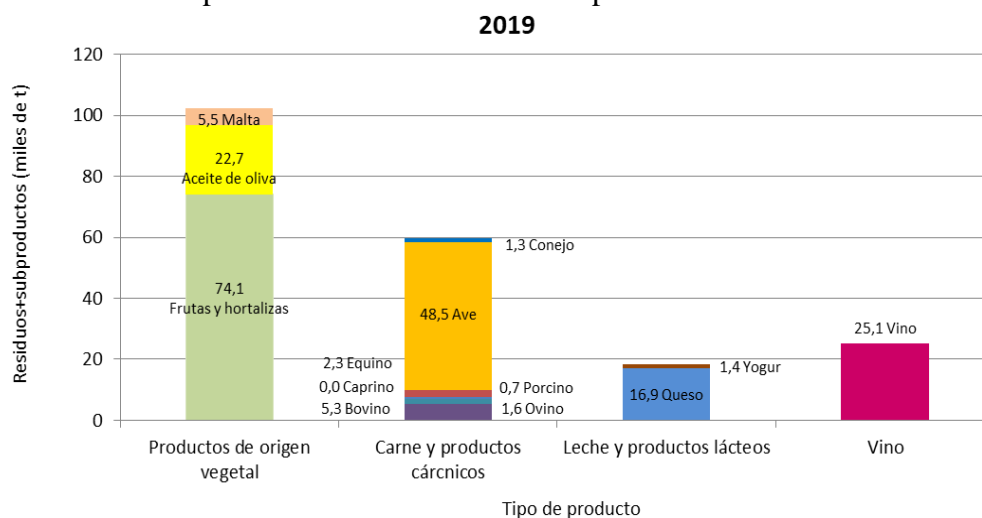


Figura 9. Cantidad (miles de t) de residuos+subproductos por tipo de producto y subsector, año 2019.

Como ya se ha mencionado, no hubo grandes cambios en estos tres años, por lo que se ha seleccionado el último año de estudio para realizar una gráfica más detallada donde se indican las cifras de R+Sb generados en cada subsector. Se puede ver en la figura 9, que en lo que se refiere al procesamiento de productos de origen vegetal (salvo el vitivinícola), la transformación de las frutas y hortalizas generó la mayor cantidad de los R+Sb con una gran diferencia, seguida del sector del aceite de oliva. En cuanto a la malta, representa una cifra muy baja.

En relación al sector del sacrificio animal, es destacable la cantidad de R+Sb que se generaron en el sacrificio de aves. En comparación, la generación de R+Sb de los demás subsectores pertenecientes a este sector resulta mucho menor.

En cuanto al sector de la leche y productos lácteos, estos R+Sb procedían principalmente de la producción del queso, con una cantidad de 16.900 toneladas, frente a las 1.400 toneladas generadas con el yogur.

Por último, en el sector vitivinícola a la hora de realizar los cálculos únicamente se consideró la producción del vino, por lo que toda esa cantidad pertenece a esta actividad, donde se ha obtenido un total de 19.600 toneladas.

#### 4.1.2. Residuos

Una vez evaluada y pulida la información sobre residuos alimentarios recibida desde la OPREC las cantidades totales contabilizadas para los años 2017, 2018 y 2019 ascendieron a 24.848, 27.707 y 36.428 toneladas, respectivamente.

En la tabla 9 se presentan los datos obtenidos en función del código LER asignado. Se puede ver que las primeras entradas se corresponden en principio a residuos generados en el sector primario. No obstante, en los datos recibidos además del código LER se recogía también información acerca del tipo de actividad de la que procedía cada entrada. Los datos recogidos en esta tabla, bajo el código LER 0201, eran descritos como procedentes de diferentes industrias alimentarias, como mataderos, congelados, platos preparados, etc. Por esta razón se han incluido en la cuantificación final.

Tabla 9. Contabilización de los residuos (t) de acuerdo a los códigos LER.

Código LER	Descripción	2017	2018	2019
0201 - Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca				
020102	Residuos de tejidos animales	-	-	2.552
020103	Residuos de tejidos vegetales	6.468	9.745	11.327
020199	Residuos no especificados en otra categoría	16	-	-
0202 - Residuos de la preparación y elaboración de carne, pescado y otros alimentos de origen animal.				
020203	Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración	2.976	6.410	2.229
020299	Residuos no especificados en otra categoría	632	150	752
0203 - Residuos de la preparación y elaboración de frutas, hortalizas, cereales, aceites comestibles, etc.				
020304	Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración	13.878	9.208	17.240
020399	Residuos no especificados en otra categoría	-	-	70
0205 - Residuos de la industria de productos lácteos				
020501	Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración	787	2.194	1.764
0206 - Residuos de la industria de panadería y pastelería				
020601	Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración	-	-	213
0207 - Residuos de la producción de bebidas alcohólicas y no alcohólicas				
020701	Residuos de lavado, limpieza y reducción mecánica de materias primas	88	-	238
020799	Residuos no especificados en otra categoría	-	-	7

Resulta más interesante evaluar la información sobre los residuos segregándola en base a otros factores. En base a la información proporcionada sobre los residuos, en la figura 10 se representan los valores obtenidos tras la clasificación de dichos materiales en diferentes sectores. Hay que mencionar, que los valores proporcionados de los años 2017 y 2018 no presentaban información acerca de varios sectores, es por eso que algunas de las columnas de la figura se encuentran vacías. Debido a que los datos del año 2019 han sido los más completos, se van a comentar estos valores.

Como era de esperar, la mayor parte de los residuos se generaron en la transformación de frutas y hortalizas, con una cifra de 20.700 toneladas. En segundo lugar, se sitúa el grupo de los materiales sin identificar, resultó imposible conocer el tipo de material o la empresa origen de estos productos, por lo que se creó un grupo de residuos “sin identificar”. En este sector entran los residuos de alimentos envasados, platos preparados, materias orgánicas diversas, etc. Con una generación de residuos algo menor, el sacrificio animal, seguido de los lácteos, aceite de oliva y malta, que generaron en torno a 2.000 toneladas cada uno de ellos. Por último, los residuos de vinificación. Este último sector apenas generó residuos alimentarios, ya que las bodegas situadas en Navarra, además de otras fuera de la comunidad, desvían sus orujos y lías a la empresa AGRALCO para su valorización como subproductos. Más adelante se hablará de esta empresa con mayor precisión.

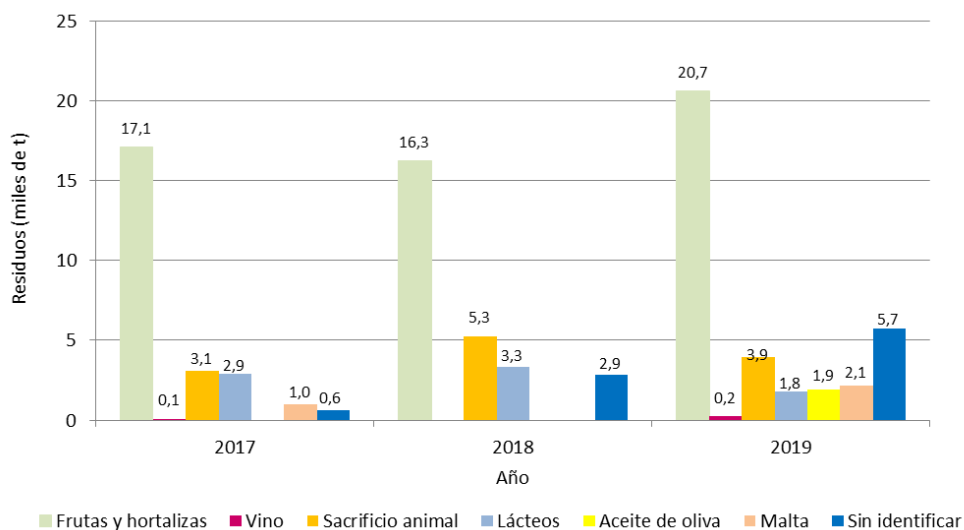


Figura 10. Residuos por sectores industriales (miles de t).

En la figura 11 se presentan los resultados obtenidos tras la clasificación de los residuos según su origen vegetal o animal. No fue posible clasificar el total de los residuos por la falta de información, por lo que algunos de ellos se clasificaron en un tercer grupo denominado “Mixto”. En cuanto al resto de residuos, pertenecen a los residuos de origen vegetal, donde se sitúan los subsectores de frutas y hortalizas, vino, aceite de oliva y malta, y a los de origen animal, donde entran el sacrificio animal, y la leche y productos lácteos.

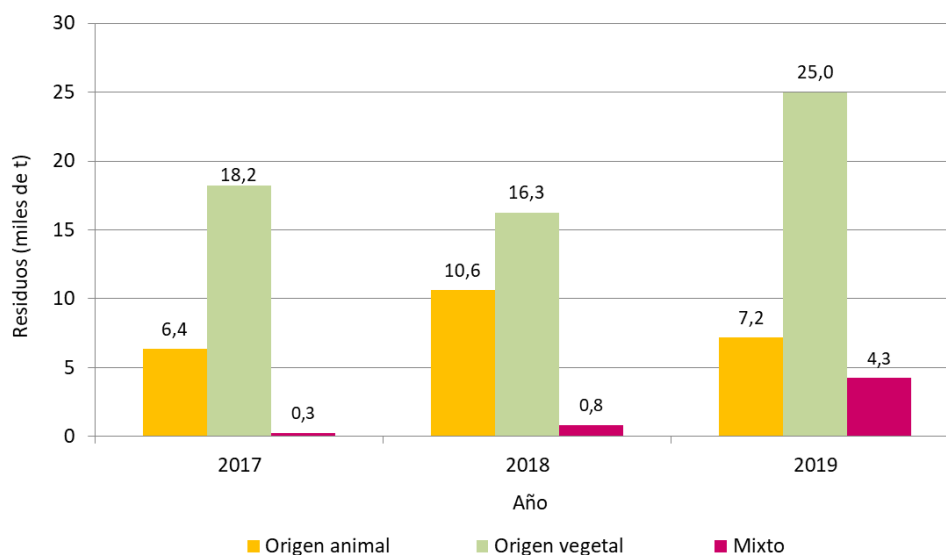


Figura 11. Residuos según el origen vegetal, animal o mixto (miles de t).

Por otra parte, se clasificaron los residuos en cuanto a su destino. En la tabla 10 se han recogido las cantidades de residuos en toneladas de los diferentes destinos diferenciando los mismos según el origen vegetal, animal o mixto. Por otra parte, se han representado estas cifras en las figuras 12 y 13, donde se reflejan los porcentajes correspondientes a cada uno de los destinos por año y origen, lo que ofrece una idea más visual y clara de la evolución durante los tres años de estudio.

Tabla 10. Cantidad (t) de residuos según origen y destino.

ORIGEN	DESTINO	AÑO		
		2017	2018	2019
Animal	Biometanización	3.746	6.077	4.426
	Bioestabilización	19	-	-
	Pretratamiento genérico	3	3	-
	Compostaje	1.622	2.213	2.210
	Vertedero	977	1521	550
	Recuperación otros orgánicos	-	794	-
	Físico-Químico	-	-	0.6
Vegetal	Biometanización	11.508	14.099	21.022
	Bioestabilización	111	-	-
	Pretratamiento genérico	4	1.147	3.324
	Compostaje	6.525	968	281
	Vertedero	55	-	215
	Recuperación otros orgánicos	-	42	133
Mixto	Biometanización	262	80	2.800
	Vertedero	12	4	11
	Pretratamiento genérico	-	91	47
	Compostaje	-	669	488
	Recuperación otros orgánicos	-	-	920

En la figura 12, que corresponde a los residuos de origen animal, se aprecia claramente que la biometanización fue el tratamiento más utilizado. En segundo lugar el compostaje, seguido del vertedero. El uso de este último tratamiento fue descendiendo con el tiempo, en el año 2017 se

sometieron a este proceso 550 toneladas (58,8%) de residuos de origen animal, mientras que en el 2019 esta cifra bajó hasta las 11 toneladas (7,6%). A parte de estos, se puede ver que hay otro tipo de tratamientos aplicados pero en una proporción mucho menor.

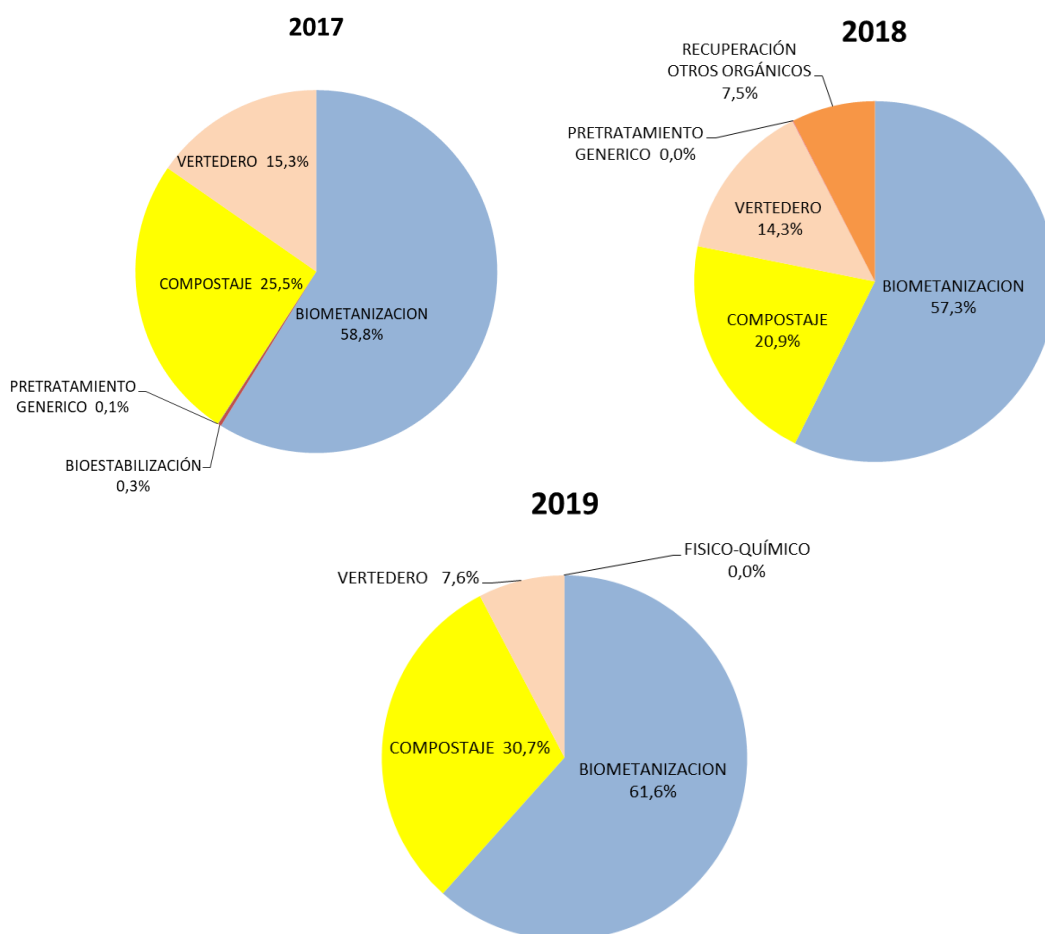


Figura 12. Distribución por destino de los residuos de origen animal.

En cuanto a los residuos de origen vegetal, representados en la figura 13, se puede ver que hubo cambios notables respecto a los tratamientos aplicados. Respecto a la cantidad destinada a biometanización, fue aumentando con los años, empezando en el 2017 con un porcentaje del 63,2%, que corresponde a 11.508 toneladas de residuos, y terminando en el año 2019 con el 84,2 %, 21.022 toneladas. Este fue también el caso del pretratamiento genérico, que pasó de no ser aplicado prácticamente a representar el 13,3 %. Al contrario, el uso del compostaje fue bajando de manera significativa. Por último, hubo otros tratamientos como la recuperación de otros orgánicos y la bioestabilización, pero en comparación con los demás resultan insignificantes.



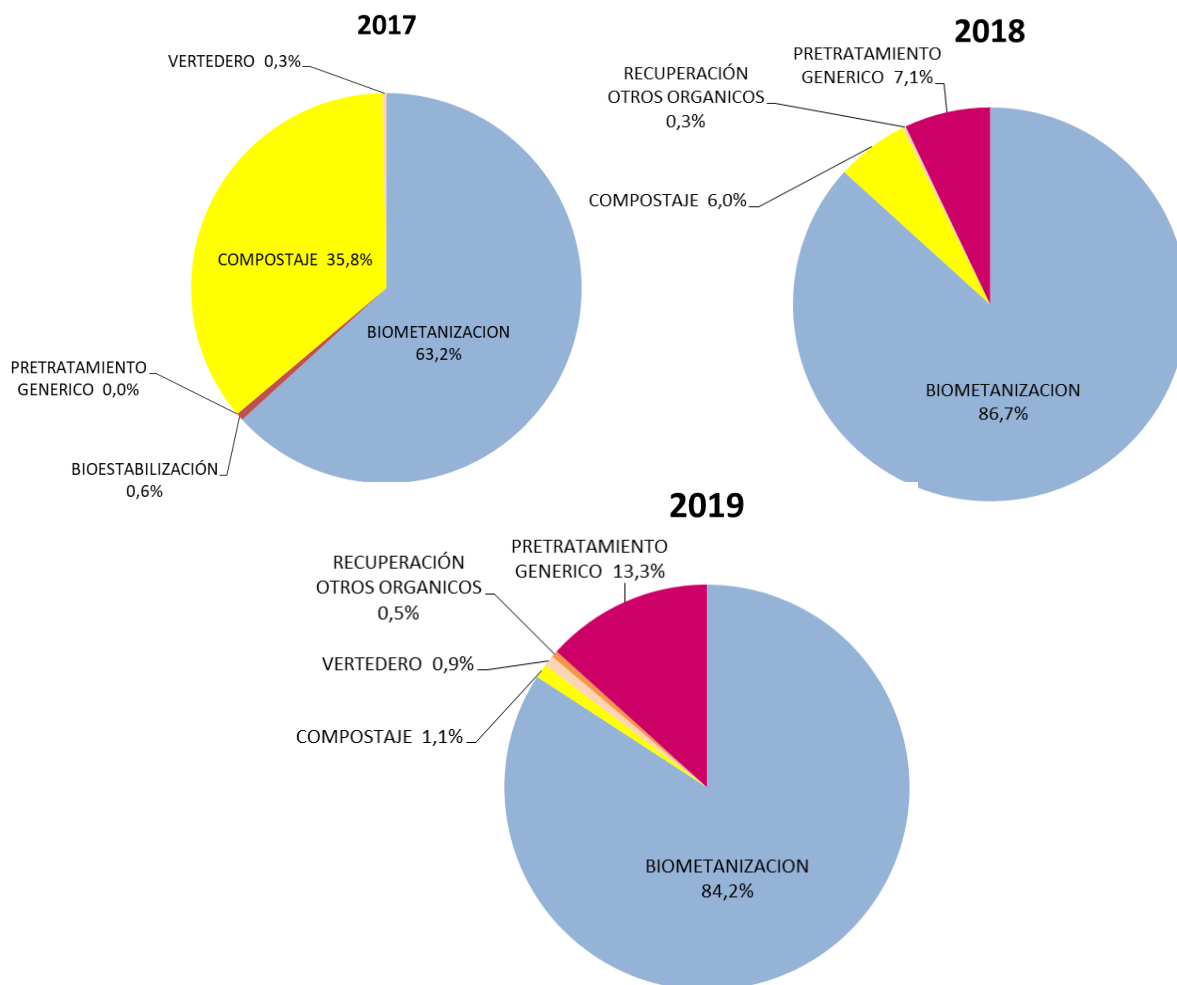


Figura 13. Distribución por destino de los residuos de origen vegetal.

#### 4.1.3. Balance de residuos y subproductos

Con los datos de los residuos proporcionados, y las cifras de R+Sb obtenidos en la primera pieza del estudio, se calculó la parte correspondiente a subproductos. Globalmente la cantidad de subproductos obtenida osciló entre algo más de 160.000 t (2019) y cerca de 190.000 t (2018). En términos porcentuales significa que se catalogaron oficialmente como residuos entre un 12 % y un 16 % del total de R+Sb.

En la figura 14 se han reflejado los resultados correspondientes al año 2019, diferenciando los diferentes sectores industriales. Se puede ver de nuevo claramente que la cantidad de subproductos fue considerablemente mayor que la de residuos en todos los sectores, por lo que se podría decir que la mayoría de los desechos alimentarios que se generaron en la actividad industrial agroalimentaria de Navarra tuvieron aplicaciones posteriores. En el caso del sector de procesamiento de frutas y hortalizas, la diferencia entre la fracción de los residuos y la parte de subproductos fue inferior. En este segmento los residuos ascenderán al 29 %.

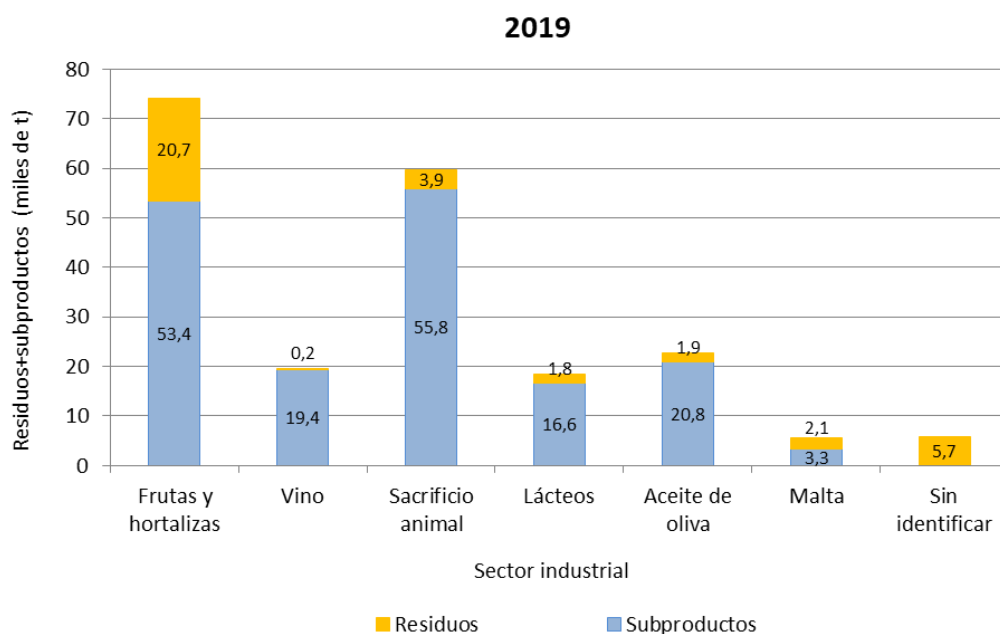


Figura 14. Residuos vs. subproductos por sectores industriales, año 2019.

## 4.2. Análisis sectoriales

### 4.2.1. Sector cárnico

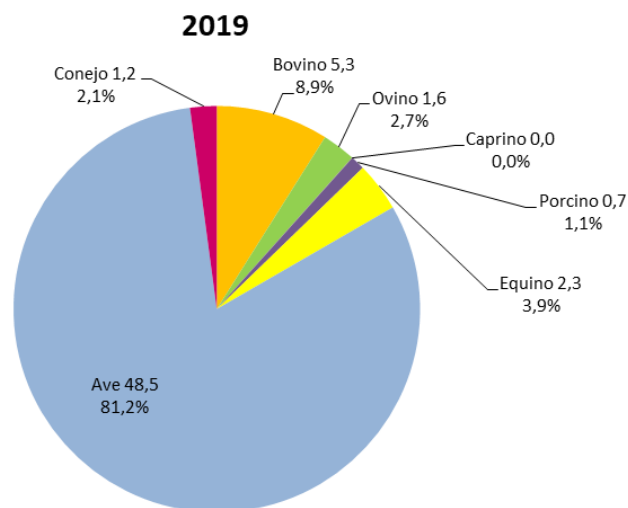


Figura 15. Cantidad (miles de t) y distribución (%) por especies de los R+Sb (miles de t) en el sacrificio de animales.

Según se aprecia en la figura 15 donde se representan las toneladas de R+Sb que se generan en las industrias en el sacrificio de las diferentes especies animales, la cantidad generada en el caso de las aves fue significativamente mayor en comparación con las demás. La especie caprina, por su parte, fue la que menor volumen de R+Sb generó, estos valores fueron de 21 y 25 toneladas.

Durante el desarrollo del estudio, las cifras de R+Sb se calcularon para varios años, aunque en este informe se han representado únicamente los pertenecientes a tres. Resulta interesante evaluar la

evolución de estas cantidades durante un periodo de tiempo más largo, ya que han sucedido cambios considerables, es por ello que se ha complementado la información hasta ahora presentada con las figuras 16 y 17.

En la primera figura presente, se refleja el cambio de R+Sb generado durante el sacrificio de aves. Se puede ver cómo ha ido aumentando con el paso de los años, aunque a partir del 2018 ha comenzado a descender nuevamente de forma ligera.

En la figura 17 se presenta la evolución del resto de especies animales, cuyas cantidades de R+Sb se sitúan más alejadas de las pertenecientes a las aves. Una cosa curiosa ha sido la bajada de cerdos sacrificados, y en consecuencia, la reducida cantidad de R+Sb para esta especie recogida en los años evaluados en este estudio. En la gráfica se puede apreciar la rapidez y magnitud de este descenso ocurrido entre 2015 y 2016. Este hecho ha sido consecuencia del cierre de La Protectora, que es el antiguo Matadero de Pamplona en Orkoien, y la apertura en 2017 de una nueva planta en Salinas de Pamplona. En esta nueva planta ya no existe línea de porcino, y se trabaja principalmente en el sacrificio y el despiece del ganado vacuno, ovino y equino (PROTECA, 2021), esto ha provocado que la gran mayoría de los cerdos criados en Navarra se sacrifiquen en otras zonas fuera de la comunidad.

En cuanto al bovino, a partir del año 2011 fue bajando la cantidad de sacrificios, pero en 2018 empezó a remontar. En relación a los equinos, la cifra ha ido principalmente aumentando suavemente.

Por último, los valores correspondientes a las demás especies se han mantenido bastante constantes en el tiempo, sin presentar grandes variaciones.

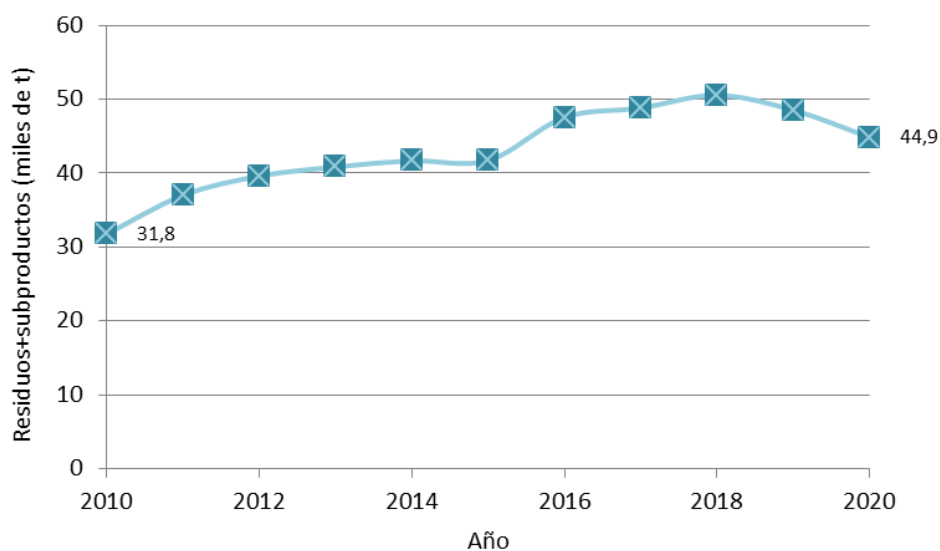


Figura 16. Progreso en el tiempo de la cantidad de residuos+subproductos en el sacrificio de aves.

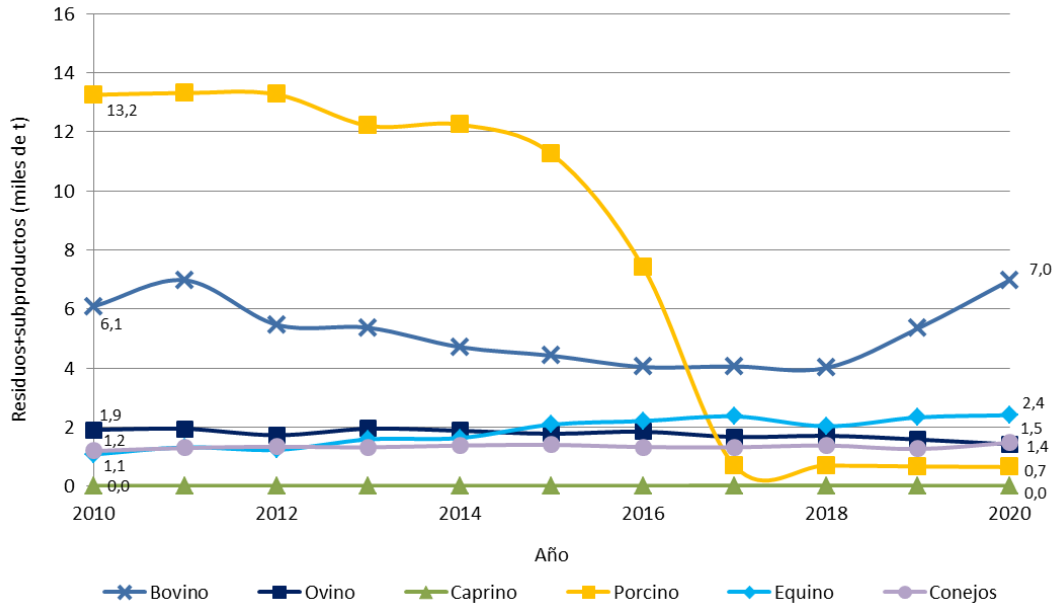


Figura 17. Progreso en el tiempo de la cantidad de residuos+subproductos en el sacrificio de diferentes especies animales.

En cuanto a la gestión de los R+Sb que se obtienen en el sacrificio animal, se destinan a diferentes usos según el tipo de material.

En un reciente informe realizado por la fundación Sustrai sobre la gestión de los residuos domiciliarios en Navarra, se indica que en la macrogranja de vacuno Valle de Odieta se emplean los purines de las vacas y los mezclan con otros residuos orgánicos no peligrosos procedentes de entidades externas a la granja, para someterlos a un tratamiento de biometanización en su planta HTN de Caparroso. Entre los materiales empleados para este fin, se encuentran 10.000 t de residuos procedentes de mataderos industriales. Además, también se emplean otros residuos agroalimentarios como la leche contaminada por antibióticos. Tras el proceso de biometanización se obtiene el biogás que se emplea para la producción de electricidad, pero además, se produce una parte líquida, el digestato, que se aplica sobre el campo (Fundación Sustrai Erakuntza, 2021).

En este caso, esta gestión de residuos está abarcando gran polémica por los impactos que puede suponer en el campo, ya que este digestato que se vierte sobre las parcelas contiene metales pesados, nitratos, antibióticos, etc. Estos compuestos pueden ser absorbidos por los vegetales sembrados en la parcelas, llegando así al consumidor final y suponiendo un peligro para la salud (Fundación Sustrai Erakuntza, 2021).

A partir de estos SANDACH es posible obtener una variada cantidad de productos derivados de interés en diferentes ámbitos, como son las harinas de carne, grasas, fosfatos cálcicos, proteínas hidrolizadas, harinas de hueso, gelatinas, colágenos, etc. A este respecto, no se sabe en qué medida estos procesos de valorización son aplicados a los SANDACH generados en Navarra. No se cuentan con datos precisos de qué ocurre con una gran parte de los R+Sb que se han estimado que se generan en el sacrificio de animales en Navarra (60.000 t).

#### 4.2.2. Sector de la leche y productos lácteos

En la cuantificación de los R+Sb del sector lácteo, como ya se ha mencionado anteriormente, únicamente se contemplaron las industrias del yogur y queso, ya que los porcentajes de residuos generados durante la transformación de leche, nata, mantequilla, etc. son despreciables. De los datos obtenidos una gran parte se corresponde con el lactosuero generado en las industrias queseras. Principalmente en la elaboración de los quesos de oveja, en buena parte vinculados a la D.O. Idiazabal y la D.O. Roncal, quesos muy conocidos y consumidos en Navarra..

Las cifras de la figura 18 representan la cantidad de R+Sb generados durante el proceso de transformación, principalmente formado por el suero lácteo. Este subproducto, en el caso del queso, representa una gran parte de la materia prima empleada en la producción, por lo que el volumen obtenido fue muy alto.

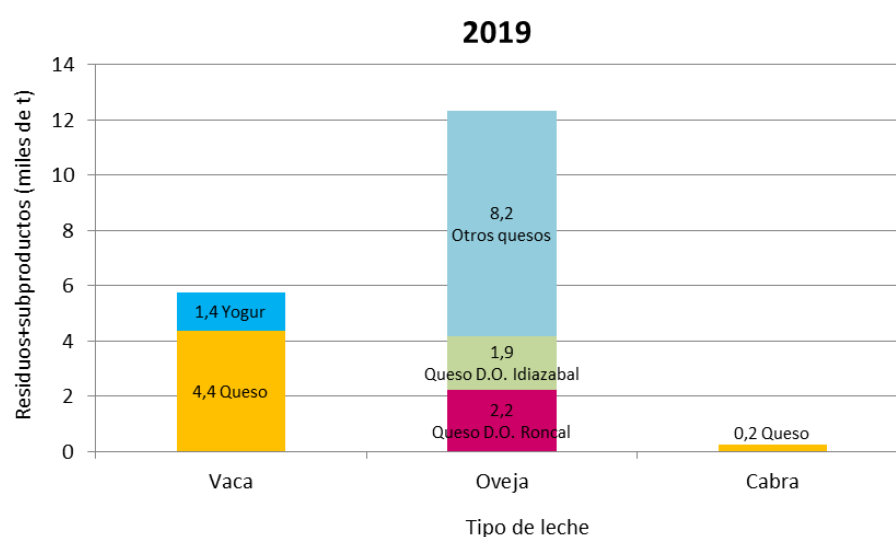


Figura 18. Cantidad de residuos+subproductos por tipo de leche y productos lácteo, año 2019.

En la gestión del suero lácteo, según han afirmado varias fuentes relacionadas con este sector, se llevan a cabo las siguientes actividades:

- Uso para alimentación animal: en ocasiones este lactosuero se destina a explotaciones de porcino para alimentar a estas especies animales, y en otras se emplean como alimento para el propio ganado de la explotación quesera, como podría ser para las especies bovinas.
- Se vierte en el campo, tanto sólo como mezclándolo previamente con los purines de ovejas. El uso del lactosuero con este fin es una práctica que a día de hoy todavía está permitida.
- Una empresa quesera comunicó que procesaba el suero de la siguiente forma: a través de un proceso de centrifugado se obtienen dos componentes de interés del lactosuero: por un lado se consigue la fracción más grasa que se vende congelada a otras empresas de queso o cremas, y por otro lado, el suero desnatado. Éste se somete a una etapa de concentración a través de un proceso de ósmosis inversa, con la que se consigue reducir su volumen, y es vendida para alimentación de cerdos.

Además de estos procesos, existen otros tratamientos que también se pueden aplicar a este subproducto, a continuación se citan algunos ejemplos (MAPA, 2005b):

- Mediante un proceso de ultrafiltración y secado se obtiene una materia que puede contener entre un 25 y 80% de proteínas. Este compuesto se puede emplear posteriormente para elaborar productos alimentarios.
- Como fuente de compuestos de interés: proteínas, sales, extractos alimentarios, etc.
- Se destina a biometanización para la producción de biogás. Además del suero lácteo, otros residuos o subproductos procedentes de las industrias lácteas también tienen este destino. Este es el caso, por ejemplo, de la empresa Valle de Odieta previamente mencionado, que como ya se ha dicho, somete a diferentes tipos de materiales a un proceso de biometanización, entre los que se puede encontrar la leche contaminada por antibióticos.
- Como materia prima para la producción de lácteos y bebidas.
- Para elaborar bioalcohol mediante un proceso de fermentación.

### 4.2.3. Sector vitivinícola

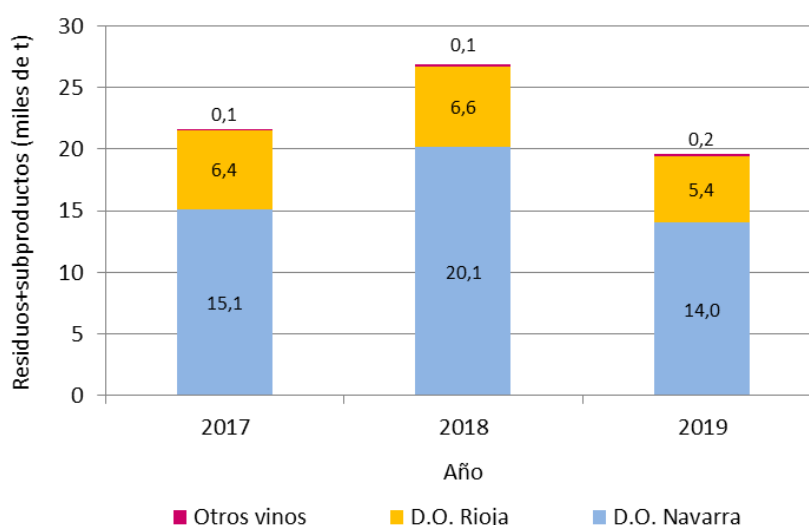


Figura 19. Residuos+subproductos (miles de t) del vino.

En la figura 19 se representan los valores obtenidos en el sector vitivinícola. La mayoría de estos materiales proceden de la D.O. Navarra. Los R+Sb que se obtienen durante el procesado de la uva para vinificación, están formados por orujo y lías. En el caso del vino, los R+Sb que se generan en Navarra se envían a AGRALCO. Se trata de una empresa situada en Estella que está asociada con 260 bodegas de la Rioja, Álava, Navarra y Castilla y León, y se encarga de gestionar todos los subproductos generados en la vinificación (AGRALCO, 2021). En esta planta se aprovecha casi el total de los orujos y lías, por lo que la cantidad de residuos generados en este subsector es mínima. Estos materiales valorizados por lo tanto deben ser considerados subproductos, no adquieren la condición de residuos. En la figura 20 se puede ver cómo se gestionan estos subproductos, y los recursos o productos que se obtienen tras su tratamiento. La planta es capaz de gestionar alrededor de 65.000 t anuales de orujos y lías, por lo que absorbe sin problemas toda la producción de subproductos vitivinícolas generados en Navarra (alrededor de 25.000 t).

En esta planta se obtienen una serie de productos a partir de estos subproductos (AGRALCO, 2021):

- Alcohol: a través de un proceso de destilación de las lías, los excedentes del vino, y en particular, de las piquetas que son los líquidos obtenidos tras el lavado del orujo. Estos

materiales se destinan a los destiladores, que constan de cinco columnas de destilación: destrozadora, concentradora, hidroselectora, rectificadora y desmetiladora. Según la materia prima utilizada y las columnas empleadas durante el proceso, se obtienen alcoholes de diferente calidad: alcohol bruto que se destina a la producción de bioetanol, alcohol neutro o rectificado, la parte de este alcohol que proviene de la destilación del orujo se destina al sector químico para utilizarlo como disolvente industrial, y la parte que viene de la destilación de lías se emplea en la producción de bebidas espirituosas. Por otra parte, cuando la materia prima es un vino de mayor calidad se obtienen aguardientes y destilados.

- Tartrato: las lías y piquetas desalcoholizadas que proceden de la columna 2 de destilación se someten a una acidificación, neutralización, concentración y por último, a un secado. A través de estos procesos se obtiene el tartrato cálcico, que contiene una riqueza del 50% de ácido tartárico. Este componente se envía posteriormente a industrias químicas donde se utiliza para la producción de ácido tartárico puro.
- Enocianina: se trata del colorante natural de la uva que se obtiene durante la época de vendimia, en el momento del procesamiento de los orujos de las uvas tintas frescas, mediante un proceso de extracción y concentración a vacío, finalmente el extracto líquido obtenido es sometido a un proceso de desionización.
- Aceite bruto de pepita de uva: tras el proceso de lavado o extracción anteriormente mencionado, el orujo restante es sometido a unos procesos de prensado, secado y trillado, lo que permite separar las pepitas y los hollejos deshidratados. Este primer material se muele, se comprime en forma de pellets y es sometido a un proceso de extracción con hexano, con lo que se obtiene el aceite de pepita de uva.

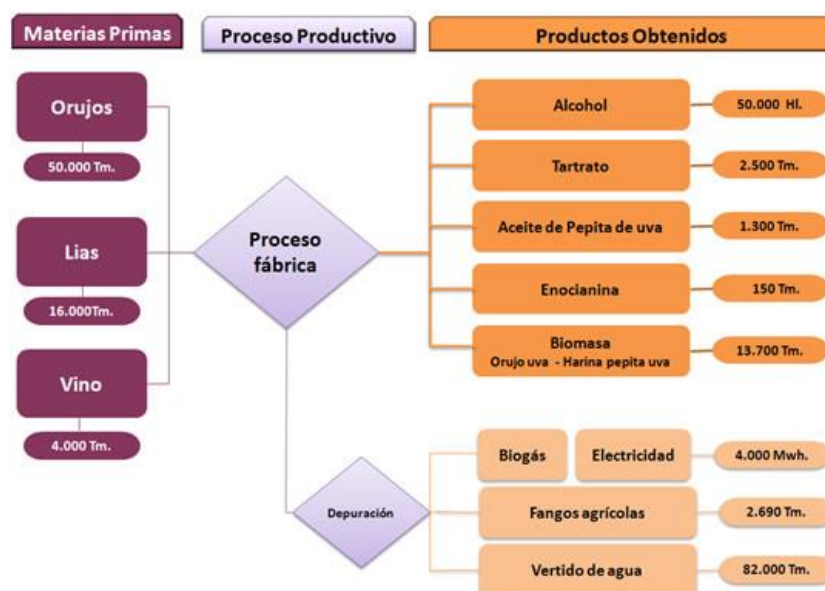


Figura 20. Gestión de los subproductos vitivinícolas en AGRALCO (AGRALCO, 2021).

Además de la producción de estos productos, también se llevan a cabo otros tratamientos o actividades (AGRALCO, 2021):

- Tratamiento de efluentes: las acciones de valorización generan unos efluentes que presentan una carga de contaminación muy alta, es por ello que antes de su vertido son tratados en la EDARI de la planta. Estos se someten a un doble proceso de depuración. Primero pasan por un proceso de biometanización donde se obtiene biogás y un digestato líquido. Este segundo material, tras ser sometido a unos procesos de espesamiento, filtración y secado, se

convierte en unos fangos que tienen aplicaciones agrícolas. Además del biogás y digestato líquido, todavía hay restos de efluentes que resultan muy contaminantes. Estos últimos pasan por un proceso de depuración, que consiste en unos procesos biológicos aerobios de desnitrificación, con lo que se obtienen unas aguas en condiciones de ser vertidas para su tratamiento en la depuradora de aguas de Estella.

- Aprovechamiento energético: el biogás generado en los procesos anteriores de valorización se emplea como combustible para los motores de cogeneración de la planta, con los que se obtiene electricidad, agua caliente y gases de combustión utilizados para el secado del orujo. La mayor parte de la electricidad que se consume en la planta procede de esta actividad, lo que supone un gran ahorro. En cuanto a los hollejos deshidratados y la harina de pepitas desengrasadas son sometidas a combustión en una caldera de biomasa. Antes de ser evacuados, los gases de combustión que se han generado se emplean para producir vapor y para el secado de los orujos. Por otro lado, los efluentes pasan por un proceso de concentración en un evaporador de triple efecto, con lo que se obtiene agua caliente y se disminuye el volumen de los efluentes que hay que depurar.

En definitiva, AGRALCO puede ser considerada como una biorrefinería en la que se aúnan diferentes procesos físico-químicos, térmicos y biológicos para realizar un aprovechamiento prácticamente total de los subproductos vinícolas. La gestión de los R+Sb generados en este sector en Navarra puede catalogarse como óptima.

#### ***4.2.4. Sector de frutas y hortalizas***

En el sector de frutas y hortalizas, la producción de verduras congeladas tiene gran importancia en la comunidad. Las empresas navarras Grupo Virto, Congelados de Navarra y Gelagri Ibérica, son líderes en este sector a nivel nacional. Según una noticia del Diario de Navarra publicada en abril de 2021, el 80% de los productos vegetales congelados de la nación se producen en sus fábricas. Estas tres empresas cuentan con 16 plantas repartidas por la nación, además de otras fuera de España como en Francia y Holanda. Entre las fábricas situadas en España, seis de ellas se encuentran en Navarra, estas en el año 2020 produjeron 254.200 toneladas de hortalizas, lo que supuso una buena parte de las 878.000 toneladas elaboradas en toda España. En ese año los productos más elaborados fueron el brócoli, judía verde, guisante, coliflor, y patata. En cuanto al conjunto de plantas pertenecientes a estas empresas tanto las de Navarra como las otras de España, en el año 2020 procesaron 695.000 toneladas de vegetales, que representan el 79% del total producido en España. Además, este sector en los últimos años está en aumento (Diario de Navarra, 2021).

La Asociación Española de Fabricantes de Vegetales Congelados señala a Navarra como la comunidad de España líder en la producción de las verduras congeladas, con una producción del 39% del total nacional (ASEVEC, 2018). En esta publicación especifica que en la huerta navarra los principales productos son el brócoli, coliflor, guisantes, pimientos, patata y tomate, especialmente el brócoli.

A partir de esta información, se ha decidido representar gráficamente (figura 21) estos productos vegetales mencionados para analizar qué cantidad de R+Sb suponen. Un aspecto que hay que considerar es que los valores representados en la figura 21 pertenecen a los R+Sb generados durante la transformación para congelados, pero también para producción de conservas. Se puede ver que la mayoría de los R+Sb generados en el subsector de frutas y hortalizas pertenecían al brócoli,



hortaliza de gran importancia en las industrias de congelado. Por otro lado, el tomate y el pimiento también representaban una buena parte de estos materiales alimentarios.

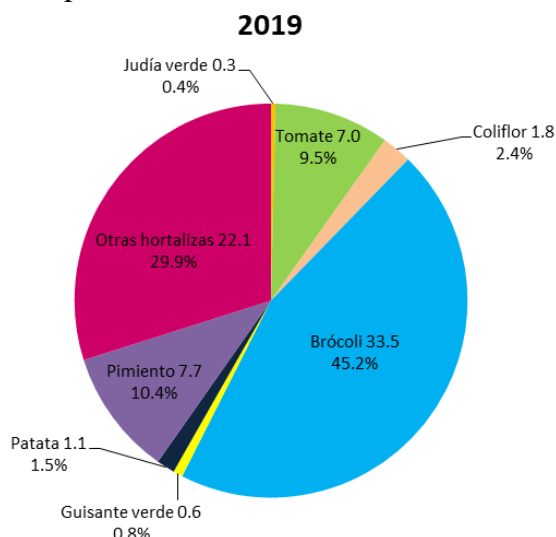


Figura 21. Cantidades (miles de t) y porcentajes de R+Sb generados por varias frutas y hortalizas de importancia en Navarra.

En la figura 22 se han representado las cantidades de R+Sb que se generan durante la producción de las hortalizas incluidas en “otras hortalizas” en la figura 21. En Navarra, además de las fábricas de congelado, las conserveras también resultan de importancia. Se puede ver en la siguiente figura, que la transformación de la alcachofa y el cardo generaron grandes cantidades de R+Sb, estas proceden principalmente de industrias conserveras. Por otro lado, el esparrago también es una hortaliza que tiene mucha importancia en Navarra, generalmente vendido como conserva, producción que en el año 2019 supuso 3.100 toneladas de R+Sb. Por último, hay otras hortalizas que también son importantes en Navarra, como la zanahoria en congelado, borraja, espinaca, pero estos representaron menor cantidad de R+Sb como puede apreciarse en la figura 22.

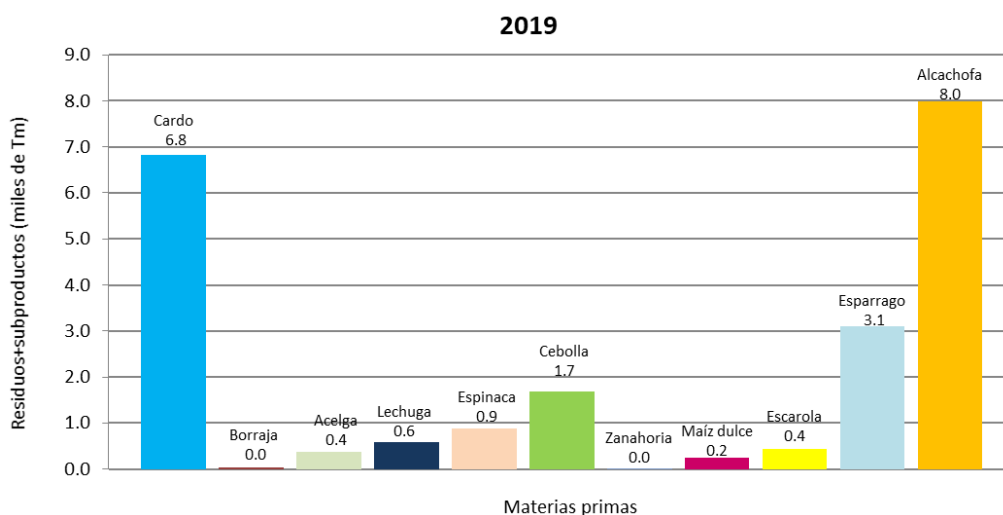


Figura 22. Cantidad (miles de t) de R+Sb en la transformación de hortalizas.

Estas tres empresas están relacionadas con ASEVEC, que según ha afirmado suponiendo entorno al 80% de la producción de verduras congeladas de la nación. Un aspecto a señalar es que cabe la posibilidad de que las cifras de R+Sb recogidas aquí subestimen la cantidad real. Para hacer los cálculos se ha considerado como dato de partida la producción hortícola en Navarra. No obstante, es

más que posible que las plantas congeladoras (y quizá también las conserveras) procesen también materias primas producidas fuera de Navarra, por lo que la cifra de residuos y subproductos sería mayor.

En cuanto a la gestión de estos R+Sb, hay que resaltar el papel de la empresa TRASA, se “preocupa por la incorporación en el mercado de productos innovadores que han sido producidos a partir de estos restos vegetales procedentes de las industrias agroalimentarias” (TRASA, 2021).

En esta empresa situada en Milagro entran aproximadamente entre 10.000 y 12.000 toneladas de subproductos vegetales procedentes de conserveras y congeladoras del entorno. Estos subproductos se transforman para ser vendidos como productos para alimentación animal, principalmente para ganado rumiante. Producen aproximadamente 18.000-20.000 toneladas de alimentos con este destino. Parte de los productos producidos se elaboran a través de procesos de ensilado de mezclas de los subproductos hortícolas con otros materiales forrajeros.

Por otra parte, reciben desechos que deben de rechazar, una parte de ellos es destinada a Valtierra donde se emplea para el compostaje, y el resto se envía a la empresa HTN Biogás Caparroso, compañía previamente mencionada, que se encarga de someterlos a un proceso de biometanización con lo que se obtiene por un lado metano que se emplea con fines energéticos, y por otro, una parte de residuo líquido empleado como fertilizante en el campo. Aunque cabe mencionar, que esta cantidad de residuos que deben gestionar es baja.

Teniendo en cuenta la cantidad de R+Sb gestionados por TRASA, y la cifra de subproductos de frutas y hortalizas estimada en este trabajo (alrededor de 50.000 t, figura 14), quedan unas 40.000 t sin destino preciso conocido. No obstante, es muy conocido el hecho de que una gran parte de todos estos subproductos se destinan directamente a alimentación animal. Es una práctica muy generalizada que existan acuerdos o contratos entre las industrias y las explotaciones ganaderas, de tal forma que estas últimas recogen los subproductos en las instalaciones industriales y los trasladan a sus explotaciones.

#### 4.2.5. Industria de aceites vegetales

En la figura 23, donde se presenta la cantidad de R+Sb generados durante la producción del aceite de oliva, se puede ver que la masa fue aumentando con el tiempo. De este total de R+Sb, una pequeña parte pertenecía a la producción de la D.O.P. a Aceite de Navarra.

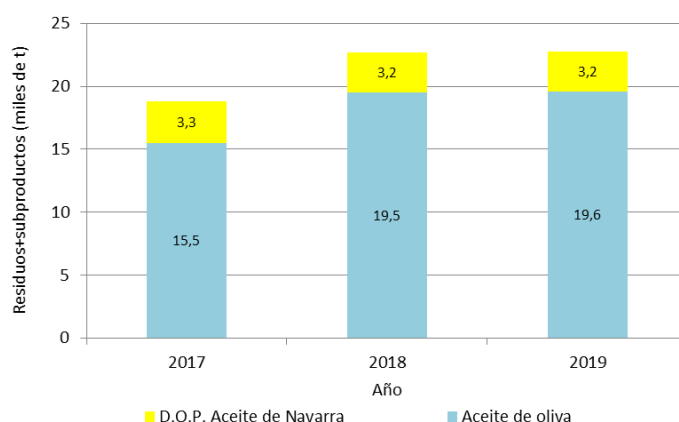


Figura 23. Cantidad (miles de t) de residuos+subproductos en la producción de aceite de oliva.

Los R+Sb obtenidos en esta industria pertenecen al alperujo, que se trata de un material alimentario muy contaminante. La mayoría de las almazaras de Navarra derivan este subproducto a las orujeras, donde es almacenado en balsas. Tras un proceso de deshidratación y extracción mediante un solvente (hexano) se obtiene el aceite de orujo (FEDNA, 2015), que representa aproximadamente un 3%.

Hasta donde se ha podido averiguar, en Navarra únicamente existe una empresa que realiza esta actividad, El Trujal Hacienda Ortigosa situada en Viana. Existen otras orujeras que llevan a cabo este proceso pero se encuentran fuera de Navarra. Por lo tanto, es previsible que la mayor parte del residuo generado en las almazaras de Navarra no se gestione en la propia comunidad, sino que se traslade a orujeras de otras comunidades.

Por otra parte, una pequeña cantidad de este alperujo, en torno al 10%, se destina a alimentación animal. Se emplea mezclado con otros productos para alimentar al ganado, principalmente al vacuno. Este subproducto puede representar en torno al 50% de una ración de mantenimiento, combinándolo con cereales, girasol integral, melaza y corrector vitamínico mineral. En esta combinación, este subproducto alimentario aporta la cantidad suficiente de los principales macrominerales, a excepción del P y el Na cuyas cantidades son más justas (FEDNA, 2015).

Por último, una parte del alperujo se gestiona como residuo. Un posible destino de este material alimentario es la biometanización, pero en el caso de Urzante, la empresa que ha proporcionado la información acerca de los destinos de los subproductos y residuos generados en las industrias de aceite de Navarra, por el momento no se utiliza el alperujo con este fin. Cuando la biometanización se realiza en el mismo lugar donde se sitúa la orujera, el biogás obtenido puede ser utilizado para la deshidratación del alperujo y para obtener energía eléctrica (FEDNA, 2015).

Una cosa a destacar es que en los últimos años ha ido en decadencia la demanda y el valor del aceite de orujo, lo que ha provocado que las orujeras vayan perdiendo el interés por gestionar el alperujo procedente de este sector industrial. Además, en su momento para la almazara el destinar esta materia alimentaria a las orujeras suponía un beneficio, pero actualmente esta ganancia es cada vez menor, incluso en ocasiones deben de asumir los gastos de transporte para que las orujeras reciban estos residuos y subproductos.

#### ***4.2.6. Industrias de cereales***

En el sector de la transformación de cereales solo se ha tenido en consideración, la evaluación de los residuos y subproductos generados en la producción de malta en la planta maltera situada en San Adrián. Según se indica en la página web de la empresa, la compañía Intermalta (MALTEUROP, 2021) produce un total de 350.000 toneladas de malta anualmente, de las cuales el 40% aproximadamente salen de la planta de Navarra, lo que supone una generación de 5.452 toneladas de subproductos y residuos. Esta cantidad de residuos y subproductos está formada por las raicillas y los finos de malta, más principalmente por la raicillas (MAPA, 2009).

Las raicillas de malta presentan un perfil nutricional muy interesante por su contenido en fibra (40%), almidón (11%) y azúcares (9%). Por su contenido energético es de interés para aplicar en la producción de alimentos para rumiantes, porcino y conejos, pero demasiado bajo para la avicultura. Además, por las propiedades de la fibra, las raicillas tienen un valor añadido al utilizarlas en los piensos de vacas de leche, conejos y cerdas de gestación (FEDNA, 2021).

En cuanto a los finos de malta, estos también se utilizan para la alimentación del ganado, al igual que las raicillas. En este trabajo no se han considerado otras industrias de cereales. En el caso de las industrias harineras, que son importantes en Navarra, se ha considerado que su producción de R+Sb es mínima. En la producción de harinas se produce la separación de la harina blanca y del salvado (las envueltas y el germen del trigo). Se ha considerado que el salvado ni siquiera debe tener la consideración de subproducto, sino que es un producto secundario o co-producto destinado en su mayor parte a la elaboración de piensos.

La alimentación animal también parece ser el principal destino de los subproductos de las industrias de cereales de segunda transformación (panadería, pastelería, galletería, etc.). No se ha abordado su cuantificación por no disponer de datos para ello.

No obstante, se ha podido saber que la empresa TRASA, además de su actividad principal en el tratamiento de subproductos de origen vegetal, también recibe subproductos procedentes de industrias de cereales, General Mills en San Adrián y Mondelez en Viana. En este caso, TRASA se ocupa de almacenar estos materiales y enviarlos a la empresa PROMIC situada en Cataluña. Esta segunda compañía se preocupa de la valorización de los subproductos procedentes de la alimentación humana para transformarlos en ingredientes para la producción de alimentos para animales (PROMIC, 2021). En esta planta, convierten los subproductos procedentes de Trasa en “harina de galleta”, un producto que se emplea para la fabricación de piensos compuestos, especialmente para la elaboración de alimentos para animales de compañía y para las primeras edades de porcino (FEDNA, 2021).

### **4.3. Evaluación del grado de incertidumbre de los resultados obtenidos**

Para la cuantificación de los residuos y subproductos en el estudio, se utilizaron diferentes datos de partida y coeficientes, procedentes de diferentes fuentes. Unos fueron más fiables o correctos que otros sujetos a mayor incertidumbre. En este apartado se pretende evaluar de una forma cualitativa el grado de incertidumbre asociado a los datos empleados en la estimación de R+Sb, así como en la información recogida acerca del destino de estos materiales alimentarios. Para ello se ha construido la tabla 11, para cada ítem analizado se pretende visualizar mediante colores la fiabilidad de la información utilizada en cuatro aspectos: los datos de partida relativos a las cantidades de materia prima y/o producto, los valores de porcentaje aplicados para estimar qué parte de la materia prima se destina a transformación, los coeficientes para el cálculo de la cantidad de R+Sb, y la información sobre el destino de los mismos. Los colores utilizados fueron:

- Verde: este color representa que la información es fiable, hay poca incertidumbre respecto a su veracidad.
- Amarillo: moderadamente fiable.
- Naranja: la incertidumbre es media.
- Rojo: la incertidumbre es muy alta.

Esto permite apreciar de manera visual donde están las mayores deficiencias y en qué sectores hay que hacer mayor hincapié para mejorar la fiabilidad de los datos para cuantificar los residuos y subproductos generados en su actividad industrial, y/o conocer cómo son gestionados.

Tabla 11. Evaluación del grado de incertidumbre asociada a la información empleada y recogida en el estudio.

Materia prima o sector	Datos de partida	% a transformación	Coefficientes R+Sb	Destino	Comentarios
Vino					Es el sector en el que se realiza una gestión más integrada, circular, precisa y documentada.
Aceite de oliva					Se desconoce el destino preciso del alpeorujo generado en la almazaras
Acelga					<p>En general los datos de partida (producción agrícola) se pueden considerar fiables. No obstante, es muy posible que determinadas industrias procesen materias primas hortícolas procedentes de otras comunidades, y no contamos con ninguna información al respecto. Entre otros, podría ser el caso de la zanahoria, que se produce en gran cantidad en congelado, pero cuya estadística de producción agrícola en Navarra es baja.</p> <p>% a transformación. Los de pimiento y tomate parecen fiables al contar con datos de producción de variedades “industria” en ambos casos. Para la alcachofa, brócoli, cardo y espárrago se cuenta con alguna referencia de ámbito local. Para el resto la incertidumbre es mucho mayor por contar solo con referencias más lejanas (España, Francia).</p> <p>Coefficientes de R+Sb. Algunos parecen fiables (alcachofa, tomate, espárrago) por estar contrastados en base a varias referencias. En otros la incertidumbre puede ser alta por contar con pocas referencias (p.ej. brócoli) o porque el nivel de aprovechamiento puede variar ampliamente de unas plantas de procesado a otras (p.ej. brócoli), o en función de cómo llegue la materia prima a la planta (p.ej. cardo, que puede llegar o no a la planta parcialmente “procesado” en el campo)</p> <p>Destino: es sabido que el destino mayoritario de estos subproductos es la alimentación animal, aunque no contamos con datos exactos al respecto.</p> <p>En el sector de las industrias de cereales, sobretodo de 2ª transformación (panadería, pastelería, etc.) hay muchas incertidumbres. Es muy difícil hacer estimaciones porque es muy escasa la información disponible.</p>
Alcachofa					
Borraja					
Brócoli					
Cardo					
Coliflor					
Cebolla					
Escarola					
Esparrago					
Espinaca					
Guisante verde					
Judía verde					
Lechuga					
Maíz dulce					
Patata					
Pimiento					
Tomate					
Zanahoria					
Panadería					
Pastelería					
Galletería y otros					

Tabla 12. Evaluación del grado de incertidumbre asociada a la información empleada y recogida en el estudio (continuación).

Materia prima o sector	Datos de partida	% a transformación	Coefficientes R+Sb	Destino	Comentarios
Yogur de vaca					Son fiables los coeficientes de R+Sb. También los datos relativos a leche y queso de oveja y cabra. No así en el caso del queso y yogur de vaca. No se conoce qué proporción de leche de vaca se destina a procesamiento. Hay un gran desconocimiento del destino preciso de una gran parte del suero lácteo generado en las queserías.
Queso de vaca					
Queso de oveja					
Queso de cabra					
Aves					Los datos de partida sobre el sacrificio de animales son precisos.
Bovino					Los coeficientes de R+Sb también lo son bastante, aunque pueden estar sujetos a cierta variabilidad en función de las prácticas concretas de cada matadero.
Caprino					
Conejo					
Equino					
Ovino					Hay bastante desconocimiento de los flujos seguidos en la gestión de los diferentes SANDACH, sobre todo de la parte que no es tratada mediante biometanización.
Porcino					

## 5. CONCLUSIONES

En este estudio se ha podido estimar que en la actividad industrial alimentaria en Navarra se generan grandes cantidades de residuos y subproductos alimentarios (R+Sb), en torno a 200.000 t anuales. Entre estos materiales, la mayoría surgen del procesamiento de materias primas de origen vegetal, principalmente hortalizas, donde su transformación en industrias conserveras y de congelados generaría alrededor de 76.000 t de R+Sb, aproximadamente. Por parte, en lo que se refiere a productos de origen animal, la actividad realizada en los mataderos representa en torno al 75% de los R+Sb de origen animal, siendo del sacrificio de aves el segmento más destacado.

Del conjunto de los R+Sb generados, se ha estimado que únicamente un 12-16 % del total es gestionado como residuo (25.000-36.000 t). Un 60 % los residuos de origen animal se destinan a biometanización, mientras que en los de origen vegetal esta cifra sube a un 75. %. El resto de los residuos son sometidos a compostaje o eliminados en vertedero.

El 84-88 % de los R+Sb pertenecerían a la categoría de subproductos, debido a que son valorizados o aprovechados sin llegar a adquirir la consideración de residuos. El destino principal de estos subproductos, sobre todo los procedentes del procesado de hortalizas, es la alimentación animal, bien de forma directa, o previa transformación para la obtención de piensos. No obstante, la transformación de frutas y hortalizas es un sector en el que todavía hay margen de mejora en cuanto a la valorización de subproductos, ya que los residuos generados en su actividad son todavía muy altos, 20.000 t aproximadamente, frente a 50.000 t de subproductos.

Por el contrario, el sector vitivinícola presenta una actividad de valorización envidiable, puesto que todos los R+Sb del sector (20.000-27.000 t) se destinan a una única empresa que puede definirse como una biorrefinería en la que son sometidos a múltiples procesos dando lugar a diferentes productos, como alcohol, colorante, aceite de semillas, además de energía térmica a través de la incineración de los residuos restantes.

Con el paso de los años, los tratamientos de valorización o gestión de estos residuos y subproductos han evolucionado de manera favorable, con el uso de tratamientos que reducen la cantidad de residuos eliminados en vertederos. A pesar de ello, la cantidad generada en la actividad de industrias alimentarias es extremadamente grande. Se requiere de investigación en este ámbito que permita el desarrollo de técnicas que ayuden a la gestión eficiente de estos materiales alimentarios.

Y para ello, es necesario disponer de información coherente y fiable sobre la cantidad y destino de los R+Sb generados en las industrias alimentarias, tanto las de Navarra como el resto de comunidades y países. Este conocimiento permitiría desarrollar medidas coherentes para transitar hacia un modelo alimentario más circular. Este trabajo es una pequeña aportación en este sentido y, más allá de los datos, puede servir para identificar los aspectos en los que hay que incidir para reducir el grado de incertidumbre de los resultados obtenidos.

## 6. REFERENCIAS

### 6.1. Referencias bibliográficas

- Agro-Food Waste Minimisation and Reduction Network-AWARENET. (2004). *Handbook for the prevention and minimisation of waste and valorisation of by-products in European agro-food industries*. Depósito legal: BI-223-04.
- Alfonso, D., Brines, N., Peñalvo, E., Vargas, C. A., Pérez-Navarro, Á., Gómez, P., Ruiz, B. (2009). *PSE PROBIOGAS: Cuantificación de materias primas de origen animal*. Retrieved from [http://213.229.136.11/bases/ainia\\_probiogas.nsf/0/2A3FE73845F15A91C125753F00573FA7/\\$FILE/Inf\\_cuantificacion\\_animal\\_18-12-2009.pdf](http://213.229.136.11/bases/ainia_probiogas.nsf/0/2A3FE73845F15A91C125753F00573FA7/$FILE/Inf_cuantificacion_animal_18-12-2009.pdf)
- Alfonso, D., Brines, N., Peñalvo, E., Vargas, C. A., Pérez-Navarro, Á., Gómez, P., Ruiz, B. (2010). *PSE PROBIOGAS: Cuantificación de materias primas de origen vegetal*. Retrieved from [http://213.229.136.11/bases/ainia\\_probiogas.nsf/0/D06E61BC808DB150C125753F00572938/\\$FILE/Inf\\_cuantificacion\\_vegetal\\_11-03-2010.pdf](http://213.229.136.11/bases/ainia_probiogas.nsf/0/D06E61BC808DB150C125753F00572938/$FILE/Inf_cuantificacion_vegetal_11-03-2010.pdf)
- Comisión Europea. DECISIÓN DELEGADA (UE) 2019/ 1597 DE LA COMISIÓN de 3 de mayo de 2019 por la que se complementa la Directiva 2008/ 98/ CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que concierne a una metodología común y a los requisitos mínimos de calidad para la medición de residuos alimentarios. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019D1597&from=ES>
- Del Rio Osorio, L. L., Flórez-López, E., & Grande-Tovar, C. D. (2021). The potential of selected agri-food loss and waste to contribute to a circular economy: Applications in the food, cosmetic and pharmaceutical industries. *Molecules*, 26(2), 42. <https://doi.org/10.3390/molecules26020515>
- Esposito, B., Sessa, M. R., Sica, D., & Malandrino, O. (2020). Towards circular economy in the agri-food sector. A systematic literature review. *Sustainability (Switzerland)*, 12, 21. <https://doi.org/10.3390/SU12187401>
- FAO. (2019). *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación/Progresos en la Lucha contra la Pérdida y el Desperdicio de Alimentos*. Roma. Retrieved from

<http://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf>

- Fundación Sustrai Erakuntza. (2021). *La gestión de los residuos domiciliarios en Navarra-Propuestas en el límite de los recursos*. Retrieved from [https://fundacionsustrai.org/files/2021/05/INFORME\\_RESIDUOS-web.pdf](https://fundacionsustrai.org/files/2021/05/INFORME_RESIDUOS-web.pdf)
- García-Morales, J. L., Álvarez, C. J., Paredes, C., López, E., Fernández, F. J., Bustamante, M. Á., Seoane Labandeira, S. (2015). *De Residuo a Recurso-El Camino hacia la Sostenibilidad*. (J. Moreno, R. Moral, J. L. García-Morales, J. A. Pascual, & M. P. Bernal, Eds.) (Mundi-Pren). España.
- Hanson, C., Lipinski, B., Robertson, K., Dias, D., Gavilan, I., Gréverath, P., Quedstedt, T. (2016). *Estándar de Contabilización y Reporte Sobre Pérdida y Desperdicio de Alimentos (Estándar PDA) versión 1.0*. Retrieved from <https://flwprotocol.org/wp-content/uploads/2016/05/FLW-Standard-full-report-SPANISH.pdf>
- Jaramillo-Carmona, S., Lopez, S., Vazquez-Castilla, S., Rodriguez-Arcos, R., Jimenez-Araujo, A., & Guillen-Bejarano, R. (2013). Asparagus byproducts as a new source of peroxidases. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *61*(26), 6167–6174. <https://doi.org/10.1021/jf4011609>
- Jiménez-Moreno, N., Esparza, I., Bimbela, F., Gandía, L. M., & Ancín-Azpilicueta, C. (2020). Valorization of selected fruit and vegetable wastes as bioactive compounds: Opportunities and challenges. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, *50*(20), 2061–2108. <https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1694819>
- Macua, J. I. (2007). Cardo Cultivo en Navarra. *Navarra Agraria*, 35–42.
- Martínez, S., Centeno, J. A., Franco, I., & Carballo, J. (2013). The Spanish traditional cheeses: Characteristics and scientific knowledge. In *Handbook on Cheese: Production, Chemistry and Sensory Properties* (pp. 123–168). Nova Science Publishers, Inc.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2007). Origen y Destino de los SANDACH. In MAPA (Ed.), *Libro Blanco Subproductos de Origen Animal no Destinados a Consumo Humano* (pp. 63–124). Madrid.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2005a). *Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del sector cárnico*. Retrieved from <https://prtr-es.es/Data/images/Guía MTD en España Sector Cárnico-833049BFA1FFFDDE.pdf>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2005b). *Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del sector lácteo*. Retrieved from <https://prtr-es.es/Data/images/Guía MTD en España Sector Lácteo-EB1D4BEA8B1CEE15.pdf>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2006). *Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del Sector Matadero y de los Transformados de Pollo y Gallina*. Retrieved from <https://prtr-es.es/Data/images/MTD-Matadero.pdf>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2009). *Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del sector de elaboración de Malta*. Retrieved from <https://prtr-es.es/Data/images/Guía-MTD-en-España-Malta.pdf>
- Parfitt, J., Woodham, S., Swan, E., Castella, T., & Parry, A. (2016). *Quantification of food surplus, waste and related materials in the grocery supply chain*. Retrieved from [https://wrap.org.uk/sites/default/files/2020-10/Quantification-of-food-surplus-and-waste-in-the-grocery-supply-chain\\_0.pdf](https://wrap.org.uk/sites/default/files/2020-10/Quantification-of-food-surplus-and-waste-in-the-grocery-supply-chain_0.pdf)
- Parlamento Europeo y Consejo. Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=ES>
- Parlamento Europeo y Consejo. Reglamento (CE) N° 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009 por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano. Retrieved from <https://www.boe.es/doue/2009/300/L00001-00033.pdf>



- Parlamento Europeo y Consejo. Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos. Retrieved from <https://www.boe.es/doue/2018/150/L00109-00140.pdf>
- Pataro, G., Carullo, D., Falcone, M., & Ferrari, G. (2020). Recovery of lycopene from industrially derived tomato processing by-products by pulsed electric fields-assisted extraction. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 63, 10. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102369>
- Roignant, G., Böhmer, A., Fumagalli Galli, S., González Arístegui, M. I., Acuña Martínez, A., Hellal, A., Mayberry, K. S. (2003). Alcachofa. Informe especial. *Navarra Agraria*, 1–16.
- Saavedra, M. I., Doval Miñarro, M., Angosto, J. M., & Fernández-López, J. A. (2019). Reuse potential of residues of artichoke (*Cynara scolymus* L.) from industrial canning processing as sorbent of heavy metals in multimetallic effluents. *Industrial Crops and Products*, 141, 11. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111751>
- Stenmarck, Å., Jensen, C., Quested, T., Moates, G., Buksti, M., Cseh, B., Östergren, K. (2016). *FUSIONS/Estimates of European food waste levels*. Stockholm. Retrieved from [http://www.eu-fusions.org/phocadownload/Publications/Estimates of European food waste levels.pdf](http://www.eu-fusions.org/phocadownload/Publications/Estimates%20of%20European%20food%20waste%20levels.pdf)
- Teigiserova, D. A., Hamelin, L., & Thomsen, M. (2020). Towards transparent valorization of food surplus, waste and loss: Clarifying definitions, food waste hierarchy, and role in the circular economy. *Science of the Total Environment*, 706, 13. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136033>
- Torres-León, C., Ramírez-Guzman, N., Londoño-Hernandez, L., Martinez-Medina, G. A., Díaz-Herrera, R., Navarro-Macias, V., Aguilar, C. N. (2018, September 4). Food Waste and Byproducts: An Opportunity to Minimize Malnutrition and Hunger in Developing Countries. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00052>
- Tostivint, C., Östergren, K., Quested, T., Soethoudt, H., Stenmarck, Å., Svanes, E., & O'Connor, C. (2016). *FUSIONS/Food waste quantification manual to monitor food waste amounts and progression*. Paris. Retrieved from [http://eu-fusions.org/phocadownload/Publications/Food waste quantification manual to monitor food waste amounts and progression.pdf](http://eu-fusions.org/phocadownload/Publications/Food%20waste%20quantification%20manual%20to%20monitor%20food%20waste%20amounts%20and%20progression.pdf)
- Vernier, A., Debarge, S., Galio, P., Martin, S., Colomb, V., Augeven-Bour, I., Gaborel, H. (2016). Pertes et gaspillages alimentaires: l'état des lieux et leur gestion par étapes de la chaîne alimentaire.
- Vidarthi, S. K., & Simmons, C. W. (2020). Characterization and management strategies for process discharge streams in California industrial tomato processing. *Science of the Total Environment*, 723, 12. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137976>
- Wainaina, S., Awasthi, M. K., Sarsaiya, S., Chen, H., Singh, E., Kumar, A., Taherzadeh, M. J. (2020). Resource recovery and circular economy from organic solid waste using aerobic and anaerobic digestion technologies. *Bioresource Technology*, 301, 14. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122778>
- Zhang, Y., Jiang, Z., Wang, L., & Xu, L. (2017). Extraction optimization, antioxidant, and hypoglycemic activities in vitro of polysaccharides from broccoli byproducts. *Journal of Food Biochemistry*, 41(5), 1–11. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12387>

## 6.2. Publicaciones web

AGRALCO S. Coop. (Estella, Navarra): <http://www.agralco.es/>

- Quiénes son: <http://www.agralco.es/quienes-somos/>
- Productos: <http://www.agralco.es/productos/>
- Gestión medioambiental: <http://www.agralco.es/gestion-medioambiental/>

- Eficiencia energética: <http://www.agralco.es/eficiencia-energetica/>

Asociación Española de Fabricantes de Vegetales Congelados - ASEVEC:

<https://www.hoyverdurascongeladas.com/>

- “El mercado Español de verduras conngeladas sigue al alza, crece un 13 % la producción y aumentan las exportaciones”, 2018: <https://www.hoyverdurascongeladas.com/el-mercado-espanol-de-verduras-congeladas-sigue-al-alza-crece-un-13-la-produccion-y-aumentan-las-exportaciones/>

Diario de Navarra, 2021 -“Tres empresas navarra elaboran el 80 % de toda la verdura congelada de España”: <https://www.diariodenavarra.es/noticias/negocios/dn-management/2021/04/18/tres-empresas-navarras-elaboran-toda-verdura-congelada-espana-723803-2541.html>

Federación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal - FEDNA:

- Raicillas de malta: [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/raicillas-de-malta-19-pb](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/raicillas-de-malta-19-pb)
- Harina de galleta: [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/harina-de-galleta-65-cenizas-actualizado-nov-2011](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harina-de-galleta-65-cenizas-actualizado-nov-2011)
- Orujo de aceituna extracto (orujillo): <http://www.fundacionfedna.org/node/469>

Gobierno de Navarra–Observatorio Agrario:

[http://www.navarra.es/home\\_es/Temas/Ambito+rural/Indicadores/](http://www.navarra.es/home_es/Temas/Ambito+rural/Indicadores/)

- Agricultura: [http://www.navarra.es/home\\_es/Temas/Ambito+rural/Indicadores/agricultura.htm](http://www.navarra.es/home_es/Temas/Ambito+rural/Indicadores/agricultura.htm)
- Industria agroalimentaria: [http://www.navarra.es/home\\_es/Temas/Ambito+rural/Indicadores/Industria+agroalimentaria.htm](http://www.navarra.es/home_es/Temas/Ambito+rural/Indicadores/Industria+agroalimentaria.htm)
- Ganadería: [http://www.navarra.es/home\\_es/Temas/Ambito+rural/Indicadores/ganaderia.htm](http://www.navarra.es/home_es/Temas/Ambito+rural/Indicadores/ganaderia.htm)

Grupo MALTEUROP: <https://www.malteurop.com/es/intermalta>

MAPA – Estadísticas Lácteas Mensuales:

<https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/ganaderia/estadistica-industrias-lacteas/estadistica-lactea-mensual/default.aspx>

Oficina de Prevención de Residuos y Economía Circular (Gobierno de Navarra) - OPREC:

<https://oprec-navarra.com/>

Proyecto PROBIOGAS: <http://www.probiogas.es/>

PROMIC Group: <http://www.promic.es/es/Servicios>

PROTECA – Grupo Alma Meat: <https://www.protectoradecarnes.com/servicios/>

TRASA – Tratamiento Subproductos Agroalimentarios S.L.: <https://trasa.es/sobre-trasa/>

## ANEXO I: datos de partida para la estimación de R+Sb

Tabla AI-1. Producción (t) de frutas y hortalizas en Navarra.

Materia prima	Año			
	2017	2018	2019	
Cardo	9.270	10.122	10.118	
Borraja	2.580	2.113	1.930	
Acelga	3.892	5.379	5.049	
Judía verde	17.311	9.845	9.717	
Tomate industria	141.518	141.933	140.750	
Lechuga	10.622	9.834	7.481	
Espinaca	20.618	13.561	12.736	
Coliflor	27.465	39.447	37.615	
Brócoli	76.894	75.965	72.474	
Cebolla	16.060	19.515	23.810	
Guisante verde	21.479	17.425	20.844	
Patata media estación	9.045	6.660	8.329	
Patata tardía	4311	3.542	3.450	
Zanahoria	1.800	2.267	1.900	
Maíz dulce	15.505	20.101	24.868	
Escarola	5.732	5.047	5.643	
Pimiento industria	32.391	27.821	26.863	
D.O. piquillo de Lodosa	Destinado a conserva	1.984	1.728	1.832
	Producto obtenido en conserva	1.445	1.185	1.313
Esparrago	6.000	6.724	6.779	
I.G.P. esparrago de Navarra	Producción total	4.649	4.876	4.506
	Destinado a fresco	198	404	424
	Destinado a conserveras	4.287	4.472	4.082
Alcachofa	16.492	16.958	13.835	

Tabla AI-2. Peso (t) de las canales generadas.

Especie animal	Año		
	2017	2018	2019
Bovino	5.545	5.473	7.295
Ovino	3.266	3.350	3.103
Caprino	49	48	41
Porcino	2.062	2.113	2.017
Equino	3.724	3.200	3.670
Ave	94.619	97.940	94.055
Conejo	2.644	2.764	2.526

Tabla AI-3. Producción del sector vitivinícola en Navarra.

Tipo de producción	Año		
	2017	2018	2019
Uva vinificación para D.O. Navarra (t)	60.545	80.492	56.001
Uva vinificación para otros vinos (t)	285	418	758
Vino con D.O. Rioja elaborado en Navarra (litros)	19.282.860	19.930.160	16.377.975

Tabla AI-4. Producción (miles de litros) de leche en Navarra.

Tipo de leche	Año		
	2017	2018	2019
Vaca	238.643	241.712	242.154
Oveja	15.043	15.752	14.661
Cabra	297	274	270

Tabla AI-5. Producción (kg) de aceituna/aceite en Navarra.

Tipo de producción	Año		
	2017	2018	2019
Aceituna total en Navarra (kg)	22.542.240	26.871.200	27.072.000
Aceituna D.O.P (kg)	3.973.064	3.792.873	3.759.456
Aceite total producido en Navarra (litros)	4.057.603	4.568.104	4.731.000

Tabla AI-6. Producción (t) de malta en las plantas de la empresa Inter Malta.

	Año		
	2017	2018	2019
Producción de malta (t)	350.000	350.000	350.000

## ANEXO II: códigos LER propios del sector industrial alimentario

Tabla AII-1. Códigos LER asociados a la industria alimentaria (García-Morales et al., 2015).

<b>2</b>	<b>Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca; residuos de la preparación y elaboración de alimentos</b>
<b>02 01</b>	<b>Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca</b>
02 01 01	Lodos de lavado y limpieza
02 01 02	Residuos de tejidos de animales
02 01 03	Residuos de tejidos de vegetales
02 01 04	Residuos de plásticos (excepto embalajes)
02 01 06	Heces de animales, orina y estiércol (incluida paja podrida) y efluentes recogidos selectivamente y tratados fuera del lugar donde se generan
02 01 07	Residuos de la silvicultura
02 01 08	Residuos agroquímicos que contienen sustancias peligrosas
02 01 09	Residuos agroquímicos distintos de los mencionados en el código 02 01 08
02 01 10	Residuos metálicos
02 01 99	Residuos no especificados en otra categoría
<b>02 02</b>	<b>Residuos de la preparación y elaboración de carne, pescado y otros alimentos de origen animal</b>
02 02 01	Lodos de lavado y limpieza
02 02 02	Residuos de tejidos animales
02 02 03	Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración
02 02 04	Lodos de tratamiento in situ de efluentes
02 02 99	Residuos no especificados en otra categoría
<b>02 03</b>	<b>Residuos de la preparación y elaboración de frutas, hortalizas, cereales, aceites comestibles, cacao, café, té y tabaco; producción de conservas; producción de levadura y extracto de levadura, preparación y fermentación de melazas</b>
02 03 01	Lodos de lavado, limpieza, pelado, centrifugado y separación
02 03 02	Residuos de conservantes
02 03 03	Residuos de la extracción con disolventes
02 03 04	Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración
02 03 05	Lodos del tratamiento in situ de efluentes
02 03 99	Residuos no especificados en otra categoría
<b>02 04</b>	<b>Residuos de la elaboración de azúcar</b>
02 04 01	Tierra procedente de la limpieza y lavado de la remolacha
02 04 02	Carbonato cálcico fuera de especificación
02 04 03	Lodos del tratamiento in situ de efluentes
02 04 99	Residuos no especificados en otra categoría
<b>02 05</b>	<b>Residuos de la industria de productos lácteos</b>
02 05 01	Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración
02 05 02	Lodos del tratamiento in situ de efluentes
02 05 99	Residuos no especificados en otra categoría
<b>02 06</b>	<b>Residuos de la industria de panadería y pastelería</b>
02 06 01	Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración
02 06 02	Residuos de conservantes
02 06 03	Lodos del tratamiento in situ de efluentes
02 06 99	Residuos no especificados en otra categoría
<b>02 07</b>	<b>Residuos de la producción de bebidas alcohólicas y no alcohólicas (excepto café, té y cacao)</b>
02 07 01	Residuos de lavado, limpieza y reducción mecánica de materias primas
02 07 02	Residuos de la destilación de alcoholes
02 07 03	Residuos del tratamiento químico
02 07 04	Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración
02 07 05	Lodos del tratamiento in situ de efluentes
02 07 99	Residuos no especificados en otra categoría