

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ

ESCUELA POLITÉCNICA DE ORIHUELA

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y AGROAMBIENTAL



**IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y
ANÁLISIS DE LOS FLUJOS DE BIOMASA
RESIDUAL DE ORIGEN VEGETAL DE LA
COMUNIDAD VALENCIANA**

TRABAJO FIN DE GRADO

ENERO-2021

Autor: Juan José Sánchez Iglesias

Tutor/es: Raúl Moral Herrero



AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue realizado bajo la supervisión del profesor Raúl Moral Herrero, al que quiero agradecer la oportunidad de que este trabajo fin de grado sea una realidad. Además de su tiempo, paciencia y dedicación que tuvo para que saliera de manera exitosa.

También a los técnicos de laboratorio, a los que quiero agradecer todo lo que me han enseñado para desenvolverme en el laboratorio y del aprendizaje ganado, además de sus recomendaciones y supervisión del trabajo.

Y por último agradecer al profesor Jose Cordero García, que con su colaboración ha hecho que este trabajo cuente con una serie de mapas para facilitar la consecución de los objetivos.

Asimismo, todo mi agradecimiento y cariño para mi familia, pareja y amigos, fundamentos de mi inspiración.

Título: IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FLUJOS DE BIOMASA RESIDUALES DE ORIGEN VEGETAL EN LA COMUNIDAD VALENCIANA.

RESUMEN

En este trabajo se han identificado, cuantificado y analizado los flujos de biomasa residuales de origen vegetal en la Comunidad Valenciana con el fin de conocer los nutrientes que los integran y proponer soluciones de gestión sostenible de estos flujos, que incluyan mulching, compostaje etc.

Palabras claves: Identificación, cuantificación, análisis, biomasa residual, nutrientes, gestión sostenible.

Title: IDENTIFICATION, QUANTIFICATION AND ANALYSIS OF RESIDUAL BIOMASS FLOWS OF PLANT ORIGIN IN THE VALENCIAN COMMUNITY.

SUMMARY

In this work, residual biomass flows of plant origin have been identified, quantified and analyzed in the Valencian Community in order to know the nutrients that integrate them and propose sustainable management solutions of these flows, including mulching, composting etc.

Keywords: Identification, quantification, analysis, residual biomass, nutrients, sustainable management.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. LA PRODUCCIÓN AGRICOLA Y SUS RESIDUOS	7
1.1.1. Situación actual y tendencia.....	9
1.1.2. Sector hortícola	13
1.1.3. Sector frutícola	17
1.1.4. Sector cítrica.....	19
1.1.5. Sector oleícola	21
1.1.6. Sector vitivinícola	25
1.2. GESTIÓN DE LOS FLUJOS DE BIOMASA VEGETAL	28
1.3. GESTIÓN SOSTENIBLE ORIENTADA A LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO .	32
1.3.1. Mulching	32
1.3.2. Co-compostaje.....	36
1.3.3. Aprovechamiento energético.....	40
1.3.4. Otras opciones.....	52
2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	56
3. MATERIAL Y MÉTODOS	59
3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL	59
3.2. DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	60
3.2.1. Estimación de la producción de biomasa residual vegetal en GVA	61
3.2.2. Desarrollo de colección de muestras de materias primas de origen vegetal	68
3.2.3. Análisis de los flujos residuales vegetales de la GVA	72
3.3. MÉTODOS ANALÍTICOS	73
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	79
4.1. IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS FLUJOS RESIDUALES VEGETALES EN LOS SECTORES CLAVES VALENCIANOS	79
4.2. ANÁLISIS DE FLUJOS RESIDUALES VEGETALES EN LOS SECTORES CLAVES VALENCIANOS	117
4.3. SELECCIÓN DE LAS MEJORES OPCIONES DE GESTIÓN SOSTENIBLE APLICADAS A LOS FLUJOS RESIDUALES VEGETALES EN LOS SECTORES CLAVES VALENCIANOS	139
5. CONCLUSIONES	145
6. BIBLIOGRAFÍA.....	150
ANEXO Nº1	155



1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y SUS RESIDUOS

Al igual que las demás actividades humanas, la actividad agraria genera en su proceso productivo restos y residuos. Si bien antiguamente la agricultura y ganadería se complementaban y no los generaban, esta situación cambió con la intensificación de la actividad a partir de la revolución verde, los métodos modernos de explotación del campo basados en la aplicación de fertilizantes inorgánicos han convertido en residuos muchos de estos restos antes aprovechables, desprovocando al suelo de muchos de sus beneficios.

En la actualidad, estos restos y residuos se generan en grandes cantidades y son variados en su composición o naturaleza, provocando más allá del volumen elevado problemas asociados al medioambiente tanto en el medio agrícola como no agrícola.

Como respuesta ante la necesidad de abordar la problemática se han identificado, estimado y analizado aquellos residuos de origen vegetal que se originan durante la actividad agraria en los sectores clave valencianos, así como los residuos vegetales originados tras la transformación de las materias primas en la industria hortofrutícola, con el fin de dar las mejores soluciones para su gestión, enfocándose en aquellas que puedan resultar beneficiosas para el medioambiente, sobre todo para contrarrestar y reducir los efectos de los gases al Cambio Climático.

Para ello se han seleccionado los sectores productivos (convencional y ecológico) más representativos de la Comunidad Valencia por su peso socioeconómico (hortícola, frutícola, cítrica, oleícola y vitivinícola), dentro de cada sector a su vez se han seleccionado los cultivos más representativos en cuanto a superficie cultivada se refiere.

El concepto de **residuo agrícola** alude específicamente a todo material de naturaleza orgánica originado en los sistemas agrícolas o forestales que puede ser tratado o no y devuelto al suelo con el objetivo de mejorar el desarrollo de los cultivos y aumentar o mantener la calidad del suelo en vistas al desarrollo sostenible.

En el contexto de la producción vegetal, el término residuo agrícola se aplica como residuo de cosecha, a la fracción de un cultivo que no constituyen la cosecha como tal, así como aparte de la cosecha que no cumple los requisitos para ser comercializada. Los restos de poda de los cultivos leñosos son considerados así mismos residuos agrícolas.

En un sentido más amplio, además pueden incluirse también los subproductos de origen vegetal generados por las industrias de transformación agrícola y algunos residuos agrícolas específicos, como por ejemplo el compost del cultivo del champiñón una vez utilizado, los materiales de desecho en los cultivos protegidos (sustratos ya utilizados, plásticos de cubierta y acolchados, tuberías de riego, envases de fitosanitarios, etc.), además de materiales tan diversos como residuos orgánicos de distinta naturaleza (excretas animales, purines, restos de cosecha, materiales vegetales, aguas sucias, alpechín, etc.), pesticidas, residuos sanitarios (medicamentos veterinarios), residuos oleosos, chatarra y otros restos metálicos.

La Agencia Europea del Medio Ambiente los define como aquellos materiales inutilizables, sólidos o líquidos, que resultan de las prácticas agrícolas. Estas pueden considerarse como una actividad “industrial” o una rama de la industria que cultiva la tierra y mantiene los animales para producir alimento para el hombre y los animales, además de diversas materias primas que pueden ser utilizadas para procesos industriales. Por tanto, puede comprender actuaciones eminentemente agrícolas con un amplio rango de intensidades (cultivo de cereales, pastos, frutales, vid, hortalizas, etc.), ganaderas (pastoreo, etc.) y, en ocasiones, actividades de transformación de productos agrícolas (extracción de aceite de oliva, industria conservera, etc.).

La Directiva Marco de Residuos constituye el principal instrumento normativo para cambiar el enfoque de la gestión de los residuos en Europa, al centrar su objetivo en la prevención y el reciclado. Esta Directiva refuerza el principio de jerarquía en las opciones de gestión de residuos. Siguiendo esta jerarquía, la prevención es la mejor opción de gestión seguida y en este orden, e la preparación para la reutilización, del

reciclado, de otras formas de valorización (incluida energética) y por último la eliminación (el depósito en vertedero entre otras).

1.1.1. Situación actual y tendencia

Antes de comenzar, se han elaborado las siguientes tablas 1, 2 con el fin de conocer la situación actual de los sectores a estudiar a nivel nacional y de la Comunidad Valenciana. Las tablas muestran la superficie en hectáreas dedicada a los sectores agrícolas a estudiar durante los años comprendidos entre 2014-2018 debido a la mayor disponibilidad de datos, así como la superficie total, la media durante los 5 años, y las variaciones respecto el año 2018 del año anterior (2017) y sobre la media.

Tabla 1. Situación actual de los sectores agrícolas a estudiar en España por superficie en ha (2014-2018).

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2020).

España	2014	2015	2016	2017	2018	MEDIA	VARIACIONES %	
							2018 VS 2017	2018 VS MEDIA
HORTALIZAS	365.885	365.178	382.940	387.767	378.294	376.013	- 2,50	0,61
CÍTRICOS	301.124	298.724	295.331	294.258	297.615	297.410	1,13	0,07
FRUTA DULCE	858.243	895.655	939.006	994.481	1.024.441	942.365	2,92	8,71
UVA DE MESA	14.403	14.034	13.507	14.416	14.509	14.174	0,64	2,36
UVA VINIFICACIÓN	930.992	925.369	919.481	921.642	923.712	924.239	0,22	- 0,06
OLIVA MESA	169.379	163.414	165.647	156.997	165.980	164.283	5,41	1,03
OLIVA ALMAZARA	2.351.428	2.363.082	2.356.047	2.387.832	2.413.021	2.374.282	1,04	1,63
TOTAL	4.991.454	5.025.456	5.071.959	5.157.393	5.217.572	5.092.767	1,15	2,45

Como análisis tenemos que se contaba para el año 2018 con una superficie total de 5.217.572 ha cultivadas de los sectores a estudiar en España. Los sectores con más superficie cultivada son en primera posición el oleícola (oliva de almazara) con 2.413.021 ha, en segunda posición el frutícola con 1.024.441 ha y en tercera posición el vitivinícola (uva vinificación) con 923.712 ha.

En cuanto a la tendencia esta va al alza, tanto para los años 2017 vs 2018 (1,15%) como para el año 2018 vs MEDIA (2,45%) así viene reflejado en las últimas columnas en rojo, a continuación, en la siguiente figura 1 podemos ver esta evolución alcista.

Figura 1. Superficie total (ha) dedicada a los sectores de producción agrícola a estudiar en España años (2014-2018) y la media.

Fuente: Elaboración propia (2020).



La superficie nacional va en aumento tanto para el año 2018 vs MEDIA como para los años 2017 vs 2018, a excepción de sectores como el vitivinícola (uva para vinificación) que para el año 2018 vs MEDIA sufre una tendencia a la baja (-0,06%) al igual que el sector hortícola para los años 2017 vs 2018 con una caída del -2,5% de la superficie cultivada.

Tabla 2. Situación actual de los sectores agrícolas a estudiar de la Comunidad Valenciana por superficie en ha (2014-2018).

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2020).

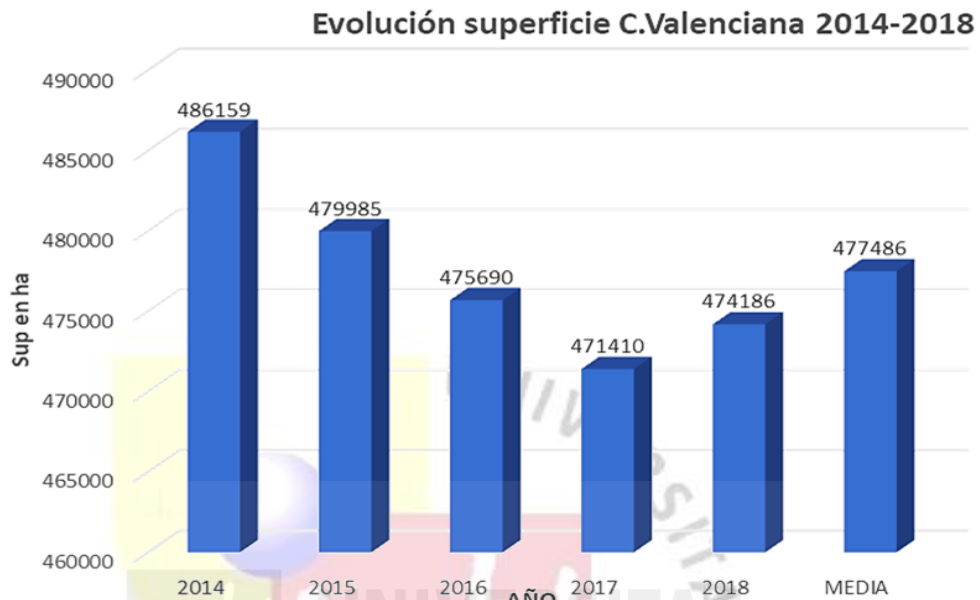
Comunidad Valenciana							VARIACIONES %	
	2014	2015	2016	2017	2018	MEDIA	2018 VS 2017	2018 VS MEDIA
HORTALIZAS	24.007	24.792	25.622	25.595	25.514	25.106	- 0,32	1,63
CÍTRICOS	166.317	162.888	161.236	159.140	160.344	161.985	0,76	- 1,01
FRUTA DULCE	135.379	134.426	132.269	131.004	131.116	132.839	0,09	- 1,30
UVA DE MESA	6.295	6.153	5.573	5.489	5.531	5.808	0,77	- 4,77
UVA VINIFICACIÓN	62.293	60.643	59.225	58.339	58.729	59.846	0,67	- 1,87
OLIVA MESA	475	482	485	459	431	466	- 6,10	- 7,59
OLIVA ALMAZARA	91.393	90.601	91.280	91.384	92.521	91.436	1,24	1,19
TOTAL	486.159	479.985	475.690	471.410	474.186	477.486	0,59	- 0,69

Como análisis tenemos que se cuenta actualmente con una superficie total de 474.186 ha cultivadas de los sectores a estudiar en la Comunidad Valenciana. Los sectores con más superficie cultivada son en primera posición el cítrico con 160.344 ha, en segunda posición el frutícola con 131.116 ha y en tercera posición el oleícola (oliva para almazara) con 92.521 ha.

En cuanto a la tendencia tenemos un ligero aumento de la superficie cultivada del año 2017 al 2018 (0,60%) sin embargo, en relación del año 2018 y la media nos muestra una tendencia a la baja (-0,70%) así viene reflejado en las últimas columnas en rojo, a continuación, en la siguiente figura 2 podemos ver esta evolución.

Figura 2. Superficie total (ha) dedicada a los sectores de producción agrícola a estudiar en la Comunidad Valenciana (2014-2018) y la media.

Fuente: Elaboración propia (2020).



La superficie en la Comunidad Valenciana va en retroceso para el año 2018 vs MEDIA (-0,70%), los únicos sectores al alza son el hortícola (1,63%) y el oleícola (oliva para almazara) con un aumento del 1,19%, la variación en los años 2017 vs 2018 por su parte es positiva (0,60%), a excepción de sectores como el hortícola (-0,13%) y el oleícola (oliva para mesa) (-6,10%) en la que su tendencia es a la baja.

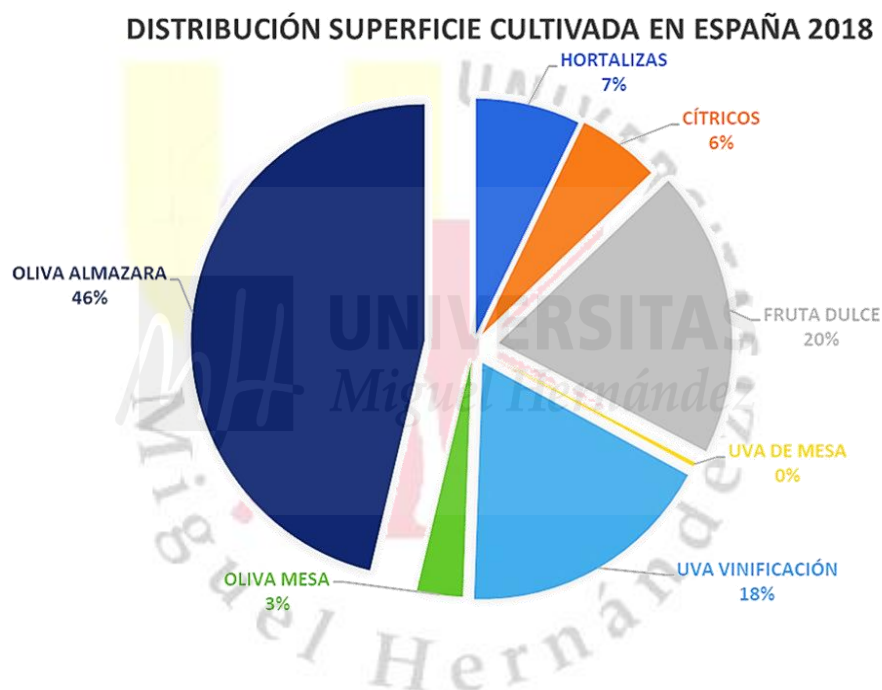
Lo que nos sugieren los datos y las gráficas es que a la vez que aumenta la unidad de superficie cultivada para algunos sectores, así también lo harán los residuos que se generan, al igual que si la superficie disminuye se intuye que así también lo harán los residuos generados.

1.1.2. Sector hortícola

Haciendo uso de los datos de las tablas sabemos que, de los sectores a estudiar los cultivos herbáceos representaban el 7% de la superficie cultivada total nacional, así lo podemos ver reflejado en la siguiente figura 3.

Figura 3. Distribución de la superficie cultivada de los sectores a estudiar en España (2018).

Fuente: (elaboración propia 2020).

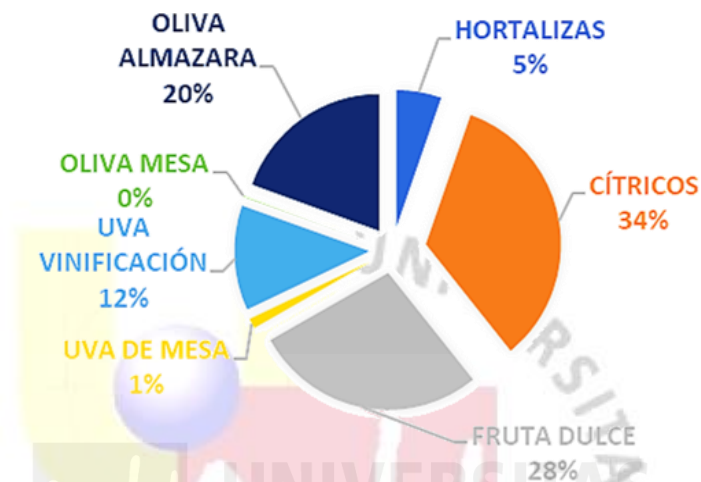


En la Comunidad Valenciana por su parte representaba el 5% de la superficie cultivada total, tal y como podemos ver reflejado en la siguiente figura 4.

Figura 4. Distribución de la superficie cultivada de los sectores a estudiar en la Comunidad Valenciana (2018).

Fuente: (elaboración propia 2020).

DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE CULTIVADA EN LA C.VALENCIANA 2018



La mayor parte de los residuos generados en campo sin interés comercial (raíces y tallos) del sector se suelen incorporar al suelo una vez finalizado el ciclo productivo, el elevado contenido hídrico de estos residuos y su baja relación C/N (15 a 30) promueve una descomposición bastante rápida y, generalmente, su incorporación al suelo no conlleva el riesgo de “hambre de nitrógeno” en el siguiente cultivo. Además, si existe una cabaña ganadera cercana, estos pueden ser destinados para el alimento animal y con ello se hace una gestión eficiente, ya que sus propios excrementos generados son aplicados al campo, fertilizándolo. En otros casos no hay suficiente tiempo al implantarse otro cultivo seguidamente de otro y/o para evitar los riesgos fitosanitarios llevándose a cabo labores de gestión que son perjudiciales para el medio ambiente y contrarias al modelo de economía circular, como pueden ser el abandono y su retirada a vertederos.

La parte comercial también puede convertirse en residuo por las labores de destrío (mal formaciones, afectadas por algún patógeno, no cumplir estándares de tamaño, etc.) y de industrialización (piel, semillas, hojas, podridos, etc.).

Cuando los residuos generados son producidos en la industria de la comercialización y de la industria, son usados como alimento animal o se incorporan al suelo, pero debido al gran volumen producido terminan retirándose a vertederos, por lo que se necesita incorporar nuevas fórmulas de gestión para que se pueda solventar el problema.

Existen actualmente una multitud de tecnologías y aplicaciones disponibles además de las comentadas, con las que dar un uso alternativo a estos residuos:

- Compostaje.
- Co-digestión, los desríos de ciertos cultivos como los del pimiento o del tomate incrementan la generación de metano en un 40%.
- Bioetanol.
- Alimentación animal procesada (ensilado/deshidratado/paletizado) etc....
- Extracción de compuestos de alto valor alimentario, farmacéutico y cosmético.
- Destinación a bancos de alimentos o comedores sociales.

En los apartados de gestión (1.3.) encontramos más detalladamente explicadas algunas de las formas alternativas de gestión.

Las consecuencias si no se realiza una gestión correcta de los flujos residuales generados en el sector hortícola son variadas:

- Creación de focos de infección para los cultivos.
- La contaminación de las aguas de riego.
- La contaminación del suelo.
- Encarecimiento de los costes de producción.
- Alteración de la fauna y comunidades vegetales.
- La introducción de pesticidas al metabolismo animal.
- Impacto ambiental y paisajístico.
- Entrada de MO a sistemas acuáticos, causando condiciones de anoxia.

Las siguientes imágenes (figura I-5) muestran las consecuencias de una mala gestión de estos:



Figura I-5. a) Plaga afectando a un cultivo; b y c) Restos hortícolas abandonados.

(Fuentes: <http://plantas.ddinnova.net> ; <https://www.ideal.es> y <https://www.contextoganadero.com>)

Además, en las zonas de vertidos incontrolados de residuos sólidos agrícolas se les asocian vertidos de residuos sólidos urbanos con lo cual las afecciones se ven potenciadas (figura I-6).



Figura I-6: Restos agrícolas acopiados cerca del cauce de un arroyo.

(Fuentes: <https://www.infoagro.com>)

1.1.3. Sector frutícola

El sector frutícola representaba sobre el 20% de la superficie cultivada española, y en la Comunidad Valenciana representaba el 28%, siendo uno de los más importantes en la comunidad después del sector citrícola, así lo podemos ver reflejado en las figuras 3 y 4 respectivamente.

Los residuos generados en campo de este sector se tratan mayormente de podas, pues los frutos que quedan son mínimos pues suelen utilizar para la industria del zumo y/o en la producción de mermeladas y en menor medida como alimento animal.

La mayor parte de las podas se queman en la propia explotación tras ser retirados del campo y en mucha menor proporción se utiliza como combustible (truncos o ramas gruesas de frutales) o para el asado de carne en barbacoas, ya que apenas tienen valor en el mercado a excepción de las podas del almendro pues tienen unas propiedades caloríficas (poder calorífico superior e inferior de 18,9 y 17,6 MJ/Kg) interesantes para su aprovechamiento térmico.

De forma alternativa, y con mucho mayor interés estos materiales pueden ser aplicados al suelo (previamente triturados) para su posterior descomposición y humificación. Su elevada relación C/N (150-250) hace que sea necesaria la aplicación de nitrógeno en el proceso, pueden usarse además como cama de ganado y tableros aglomerados. También se contempla su uso en la elaboración de compost con lodos de depuradora y residuos urbanos.

Las hojas de las podas por su parte podrían usarse en la aplicación directa al suelo, alimento animal, piensos, extracción de compuestos de interés, abono foliar y en el compost.

En cuanto a los residuos originados tras las labores de destrío y de industrialización estos pueden ser nuevamente destinados a la producción de mermeladas y zumos. Los huesos de frutales y las cáscaras (Almendro), presentan un

gran interés para el suministro de agua caliente sanitaria y calefacción tanto en calderas industriales como domésticas, el resto, la piel y semillas se convierten en residuo.

No obstante, el gran volumen generado hace necesario incluir otras formas de gestión para solventar el problema y que estos no acaben en vertederos.

Existen actualmente una multitud de tecnologías y aplicaciones disponibles además de las comentadas, con las que dar un uso alternativo a estos residuos:

- Compostaje.
- Co-digestión, los frutos de ciertos cultivos como el del melocotonero pueden incrementar hasta el 28% la producción de metano.
- Bioetanol.
- Pirolisis.
- Gasificación.
- Extracción de compuestos de alto valor alimentario, farmacéutico y cosmético.
- Adsorción de metales pesados (cáscaras almendras).
- Alimentación animal procesada (ensilado/deshidratado/paletizado) etc....
- Destinación a bancos de alimentos o comedores sociales.
- Paletización o briquetas.

Las consecuencias de la incorrecta gestión de los flujos residuales generados en el sector frutícola son variadas:

- Contaminación de la atmósfera con efectos nocivos para la población expuesta.
- Emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxido nitroso (N₂O).
- Provocación de incendios.
- Erosión.
- Pérdida de nutrientes y organismos benéficos.
- Pérdida de humedad.

Las siguientes imágenes (figura I-7) muestran las consecuencias de una mala gestión de estos:



Figura I-7. a) Contaminación atmosférica provocada por las quemas agrícolas; b) Erosión del suelo al desproveerlo de una capa protectora; c) Volumen alto de podas generadas.

(Fuentes: <https://www.pinterest.com>; <http://www.ecured.cu> y <https://www.heraldo.es>)

1.1.4. Sector citrícola

El sector citrícola representaba sobre el 6% de la superficie cultivada española, siendo este sector en la Comunidad Valenciana con diferencia el de más importancia y por ello a tener más en cuenta, representando el 34% de la superficie cultivada, así lo podemos ver reflejado en las figuras 3 y 4 respectivamente.

Los residuos generados en campo de este sector se tratan mayormente de podas, pues los frutos que quedan son mínimos pues se suelen utilizar para la industria del zumo y/o en la producción de mermeladas y en menor medida como alimento animal.

Las podas se queman en la propia explotación tras ser retiradas del campo, pues no se aprovechan energéticamente. De forma alternativa al igual que en el sector frutícola, estos materiales pueden ser aplicados al suelo (previamente triturados) para su posterior descomposición y humificación, y también como cama de ganado y tableros aglomerados. También se contempla su uso en la elaboración de compost con lodos de depuradora y residuos urbanos.

Las hojas de las podas por su parte podrían usarse en la aplicación directa al suelo, piensos, extracción aceites esenciales, abono foliar y en el compost.

En cuanto a los residuos originados tras las labores de destrío y de industrialización, al igual que en el sector frutícola parte de estos pueden ser nuevamente procesados para producción de zumos y mermeladas, el resto, la piel, semillas y pulpa se convierten en residuo.

No obstante, el gran volumen generado hace necesario incluir otras formas de gestión para solventar el problema y que estos no acaben en vertederos.

Existen actualmente una multitud de tecnologías y aplicaciones disponibles, con las que dar un uso a estos residuos:

- Compostaje.
- Co-digestión.
- Bioetanol.
- Pirolisis.
- Gasificación.
- Extracción de compuestos de alto valor alimentario, farmacéutico y cosmético.
- Jabones y detergentes.
- Alimentación animal procesada (ensilado/deshidratado/paletizado) etc....
- Destinación a bancos de alimentos o comedores sociales.

Las consecuencias de la incorrecta gestión de los flujos residuales generados en el sector cítrico son variadas (similares a las del sector frutícola), las siguientes imágenes (figura I-8) muestran las consecuencias de una mala gestión de estos:



Figura I-8. a) Residuos dispuestos para su retirada a vertederos; b) Gran volumen de residuos generados tras el procesado de cítricos; c) Quemadas descontroladas y contaminación ambiental.

(Fuentes: <https://mineriaurbana.org> ; <https://www.elheraldo.com.ar> y <https://www.lanacion.com>)

1.1.5. Sector oleícola

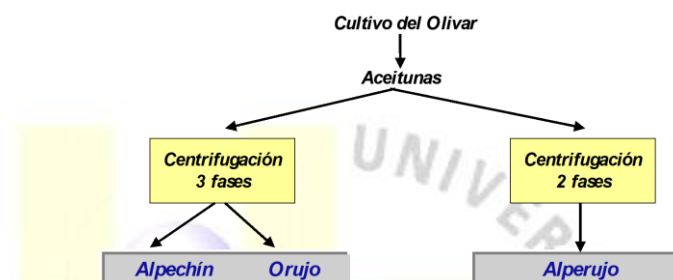
El sector oleícola representaba sobre el 49% de la superficie cultivada española, y en la Comunidad Valenciana el 20% de la superficie cultivada, así lo podemos ver reflejado en las figuras 3 y 4 respectivamente.

Los residuos originados en campo de este sector se tratan de podas pues la oliva que pueda quedar en campo es mínima, ya que se aprovecha casi toda a excepción de pérdidas en la recolección.

Las podas al contrario que otras son aprovechadas para su uso posterior como combustible en mayor medida, ya que es un recurso con un fuerte poder calorífico (PCS y PCI de 19,5 y 18,1 MJ/Kg) y es de interés tanto su uso para calefacción, como agua caliente sanitaria y restauración, también se han realizado ensayos para obtener papel de mediana calidad, pudiéndose utilizar los troncos más sanos en la industria del mueble y para la producción de parquet (Martínez,2001). A excepción de las ramas más finas que si son quemadas en campo, estas podrían ser trituradas para su posterior incorporación en campo o para la generación de compost, siendo otra posibilidad obtener o recuperar sustancias contenidas en esas partes tiernas tales como algunos azúcares reductores como el manitol, además de su uso en camas de ganado o en tableros aglomerados.

Las hojas de las podas por su parte podrían usarse en la aplicación directa al suelo, como alimento animal, piensos, extracción de compuestos de alto valor, abono foliar y en el compost.

En cuanto a los residuos de las industrias derivadas, hay que distinguir que para la obtención de aceite en las almazaras existen dos sistemas implantados, el sistema tradicional o llamado de tres fases y el sistema de dos fases, este último produciendo el 90% del aceite total, tal y como podemos ver en el esquema 1.



Esquema 1. Sistemas implantados en almazara para la extracción de aceite de oliva.

Fuentes: Material didáctico.

Cada sistema genera distintos tipos de residuos, si hablamos del sistema de tres fases nos encontramos que este genera 3 tipos de residuos (alpechín, orujo y agua residual) y el sistema de dos fases genera 2 tipos (alperujo y agua residual), siendo el sistema de dos fases es más ventajoso al producir menos residuos y consumir menos agua.

En la práctica, el destino final más empleado para el alpechín ha sido la aplicación a suelos agrícolas (García-Ortiz y col., 1993) o el almacenamiento en balsas de evaporación, generando problemas de malos olores, filtraciones, proliferaciones de insectos, y la obtención de un nuevo subproducto “lodos de alpechín” cuyo tratamiento como compostaje se ha experimentado con buenos resultados (Paredes, 1997). Además, los cultivadores de olivos tradicionalmente han usado pequeñas cantidades de alpechín como insecticida y herbicida en los propios olivares.

Asimismo, existen actualmente una multitud de tecnologías y aplicaciones disponibles, con las que dar un uso alternativo a este residuo y tratarlo, con el fin de eliminar sus efectos fitotóxicos:

- Recuperación de sustancias de interés para la industria agroalimentaria.
- Alimentación animal directa o procesada.
- Técnicas de floculación, ultrafiltración y osmosis inversa.
- Co-digestión.
- Métodos de oxidación avanzada (ozono).
- Fotodegradación y depuración biológica.

El orujo graso del sistema de 3 fases o por presión se usa en obtención de aceite de orujo mediante extracción química con disolventes orgánicos. Una opción a esta extracción es destinar el orujo repasado a la producción de energía eléctrica en ciclos de vapor, previo secado hasta alcanzar una humedad del 40%.

El residuo obtenido en este proceso, orujo seco y extractado llamado “orujillo” se emplea generalmente como combustible por sus características; una humedad del 10-12%, un poder calorífico de unos 17,6 MJ/Kg, y que carece prácticamente de azufre (0,05-0,1%) y otros contaminantes. Otras de sus aplicaciones son: la generación de energía eléctrica en ciclos de vapor (mediante turbinas), generación de compost, la gasificación y procesos de co-digestión.

En el caso del alperujo la aplicación directa ha sido evaluada en numerosos trabajos por su alto contenido en MO, presencia de nutrientes (potasio) y su bajo coste y en compostaje, siendo necesario mezclar el alperujo con otros materiales para mejorar el proceso. Aunque las limitaciones de su uso agrícola han conducido a la realización de estudios acerca del posible empleo como enmienda en suelos contaminados por metales pesados (Clemente y col., 2007 a, b; Romero y col., 2005).

Por otra parte, al igual que el orujo graso del sistema de 3 fases, el orujo húmedo obtenido del alperujo previamente secado en balsas es empleado para la extracción de aceite de orujo.

Asimismo, existen actualmente una multitud de tecnologías y aplicaciones disponibles, con las que dar un uso alternativo a este residuo y tratarlo, con el fin de eliminar sus efectos fitotóxicos:

- Extracción de compuestos de alto valor alimentario, farmacéutico y cosmético.
- Alimentación animal procesada (ensilado/deshidratado/paletizado), etc.
- Uso como sustrato para la producción de hongos y obtención de polímeros de origen microbiano.
- Cogeneración de energía eléctrica.

Su alta carga orgánica y su aún mayor contenido de sólidos disueltos lo convierten en una materia extremadamente contaminante y que facilita la concentración de metales pesados en las aguas, siendo las consecuencias de la incorrecta gestión de los flujos residuales del alperujo muy variadas:

- Coloración de aguas.
- Amenaza a la vida acuática.
- Formación de una película que no deja pasar los rayos del sol.
- Deterioro del suelo.
- Fitotoxicidad.
- Olores desagradables.

Por último, el hueso de aceituna producido por los procesos de molienda en las almazaras y en la industria de aderezo, ha sido usado tradicionalmente en calderas de industrias del olivar, tanto en almazaras como extractoras, así como sectores como el cerámico, granjas, etc. En la actualidad cada vez están cobrando más importancia los usos en el sector doméstico y residencial para suministro de agua caliente sanitaria y calefacción. La tecnología ha experimentado un gran avance, importándose en la actualidad equipos con un alto rendimiento y bajos niveles de emisiones. Sus características como combustible son excelentes, ya que posee una elevada densidad, una humedad que se aproxima al 15%, una granulometría muy uniforme y un poder

calorífico en torno a 18,8 MJ/Kg en base seca. Otras de sus utilidades son la producción de energía, la gasificación y en co-digestión.

Las siguientes imágenes (figura I-9) muestran las consecuencias de una mala gestión de los residuos derivados en el sector:



Figura I-9. a) Vertido de alperujín en río; b) Quemadas de restos de poda en campo; c) Alperujo vertido en campo.

(Fuentes: <https://villadelriocordoba.blogspot.com>;
<http://olivared.blogspot.com> y <https://www.antojodelsur.com>)

1.1.6. Sector vitivinícola

El sector vitivinícola representó sobre el 18% de la superficie cultivada española, y en la Comunidad Valenciana el 13% de la superficie cultivada, así lo podemos ver reflejado en las figuras 3 y 4 respectivamente.

Los residuos originados en campo del sector, al igual que el oleícola, se tratan de podas pues la uva que pueda quedar en campo es mínima, ya que se aprovecha casi toda a excepción de pérdidas en la recolección, además parte de esta suele ser destinada a la alimentación animal.

Los sarmientos son aprovechados para su uso posterior como combustible en mayor medida, ya que es un recurso con un fuerte poder calorífico (PCS y PCI de 19,2 y 17,9 MJ/Kg) y de baja humedad, es de interés tanto su uso para calefacción, como agua caliente sanitaria y restauración, no obstante el gran volumen y el problema de su almacenado hace que sean quemados en campo, otra vía de gestión podría ser la

trituration para su posterior incorporación en campo o para la generación de compost, siendo otra posibilidad su uso en camas de ganado o en tableros aglomerados.

Respecto a los principales residuos sólidos y subproductos originados en la industria vinícola y alcoholera tenemos (Vogt et al., 1986; Torrijos y Moletta, 2000):

Raspón o raspajo: Procede del despallado y estrujado de racimos de uva y es el pedúnculo o tronco principal del racimo, escobajo o estructura soporte de los granos de uva y el pedicelo o unión del grano con el escobajo. Este residuo se puede utilizar en procesos de compostaje con la mezcla de otros ingredientes, ya que contiene polifenoles y el proceso puede alargarse.

Orujo: Constituido por hollejo o piel del grano de uva, la pulpa, las simientes o semillas y raspones (rabillos) de los racimos, en el caso de la elaboración del vino blanco o rosado, y por los hollejos, pepitas y pulpa si lo que se elabora es vino tinto, y se genera en la etapa de prensado de las uvas para la obtención del mosto.

La principal utilización, en la actualidad, de este subproducto consiste en su destilación para la obtención de alcohol vínico. En ocasiones también se utiliza como combustible en calderas de las propias alcoholeras, con un poder calorífico de 15,9 MJ/Kg en materia seca y una humedad del 13%, los residuos sólidos secos (hollejos o granilla), especialmente este último, tienen una capacidad calorífica elevada, aproximadamente 4.500 Kcal/Kg (Rodrigo y Pascual, 2001). Por otra parte, de las semillas se puede extraer aceite y del orujo desalcoholizado se puede obtener compost.

Además, las pepitas y hollejos poseen un contenido de proteínas y fibras alimentarias que pueden ser de utilidad en la alimentación humana y como complemento para piensos.

Lías o heces del vino: Este subproducto se obtiene en el proceso de desfangado del vino que se realiza una vez concluida la fermentación del mosto, y está formado, principalmente, por restos de levaduras muertas, tartratos y materiales de alto peso molecular presentes inicialmente en el mosto y que precipitan al aumentar el contenido

de alcohol en el mismo. La principal utilización, en la actualidad, de este subproducto consiste en su destilación para la obtención de alcohol vínico.

En la tabla 3, se muestran las posibilidades de recuperación de componentes de los residuos vinícolas.

Tabla 3. Posibilidades de recuperación de sustancias valorizables (Rodrigo y Pascual,2001).

Fuente: Material didáctico.

Producto	Residuo	Porcentaje en el que está presente (%)	Sistemas de obtención
Alcohol	<i>Orujo</i> <i>Lías</i>	7 – 9 11 – 14	Destilación
Tartratos	<i>Fondos de tanque</i> <i>Orujo</i> <i>Lías</i>	Variable	Sistemas químicos (ácido o neutro)
Aceite	<i>Pepitas</i>	16 – 21	Extracción con disolventes Extracción con disolventes a alta presión Extracciones con fluidos supercríticos
Antioxidantes y clorantes	<i>Raspón</i> <i>Hollejo</i>	1 – 5	Anhídrido sulfurosos, etanol, metanol, fluidos supercríticos y disolventes a alta presión
Proteínas	<i>Granilla</i> <i>Hollejo</i>	8 14	
Fibra	<i>Granilla</i> <i>Hollejo</i>	50 40	

Las siguientes imágenes (figura I-10) muestran las consecuencias de una mala gestión de estos:



Figura I-10. a) Quemadas de podas en campo; b y c) Restos del proceso de vinificación abandonados en campo.

(Fuentes: <https://unionclm.org> ; <https://www.biodiversidadvirtual.org> y <https://www.areadelvino.com>)

1.2. GESTIÓN DE LOS FLUJOS DE BIOMASA VEGETAL

Como hemos comentado anteriormente los destinos más habituales de estos restos son: la reincorporación directa al suelo, la alimentación animal, la quema controlada o no, el abandono y la retirada a vertederos. El destino depende de la combinación de múltiples factores como el tipo de cultivo, la proximidad geográfica de la cabaña ganadera, la existencia de una relación directa entre agricultores y ganaderos (aunque en las explotaciones donde la ganadería está asociada a producción vegetal, la decisión es del propio jefe de la explotación), el grado de automatización de las granjas, la cercanía de infraestructuras de tratamiento como plantas de compostaje o de valorización de biomasa, las prácticas culturales relativas al compostaje en fincas y ensilado, el espacio disponible en la finca para la correcta gestión, entre otras.

A continuación, se explican de manera más extendida los destinos habituales de gestión:

Incorporación directa al suelo: es una de las más apropiadas al no tener que trasladar el residuo de su lugar de producción. Los restos de los cultivos hortícolas en suelo que no requieren ningún sistema de atado sintético ni de acolchado sintético, pueden incorporarse al terreno al final de la cosecha. En algunos casos, la reincorporación de los restos no implica necesariamente un riesgo fitosanitario.

Enterrar los residuos de las cosechas es una práctica muy interesante para conservar el equilibrio húmico de los suelos en la forma más natural y económica posible, ya que con esta práctica se devuelve al suelo una parte importante de la MO que se ha formado en el desarrollo del cultivo. Según sea la especie cultivada y el sistema de cultivo, habrá más o menos residuos y a su vez, cuanto mayor sea su contenido en MS y más elevada sea su composición lignocelulósica, se producirá mayor cantidad de humus estable. Residuos ricos en agua y poco lignificados generan poco humus que, por otra parte, es un humus muy lábil que se mineraliza muy rápidamente. Con rotaciones de cultivo bien ordenadas y gestionando adecuadamente el enterramiento de los residuos de las cosechas, es posible conseguir en la agricultura mediterránea una

recuperación que puede variar entre el 30 y el 50% de la cantidad de humus del suelo mineralizado durante el desarrollo de la rotación.

En otros cultivos, esencialmente los perennes, los aclareos y podas se pueden dejar directamente en terreno, con o sin trituración previa, jugando así los restos un papel de protección del suelo, llamado acolchado.

Uso en alimentación animal: la alimentación animal a partir de restos de cultivos sin transformación es una práctica tradicional, que complementa la dieta del ganado. Una de las ventajas de este reciclado es que permite rebajar el coste de su alimentación, y no requiere de una transformación previa. Asimismo, contribuye a aportar una cierta independencia alimentaria, especialmente en las zonas importadoras de piensos y otros elementos de la dieta. Esta práctica de reciclado se realiza dependiendo de los factores comentados anteriormente, y más en especial de la proximidad geográfica y social entre la cabaña ganadera y los restos vegetales.

Esta práctica, que presenta numerosas ventajas, no siempre es aplicable a todas las granjas, especialmente en donde la alimentación está automatizada. Además, no siempre es correcta, cuando no se valora la idoneidad del resto dentro de la dieta del animal y cuando la presencia de restos de productos fitosanitarios puede ser elevada, en particular en las zonas hortícolas.

Quema controlada: la quema de restos vegetales abarca varias circunstancias. Por una parte, la quema de rastrojos (de los restos de cereales en campo) es una práctica tradicional que facilita las labores para la siguiente cosecha, pero provoca daños a los suelos (erosión, pérdida de materia orgánica...) y al medioambiente por las emisiones de humo, entre otras. Por otra parte, sigue autorizada la quema de otros restos vegetales, aunque se observa la tendencia a su progresiva restricción estacional (prohibiciones en verano) y territorial. Si bien implica la pérdida de un recurso orgánico, presenta la ventaja de una gestión simple y cómoda para el agricultor, especialmente interesante en caso de presencia de plagas o enfermedades. La quema debe de ser controlada, es decir que las condiciones deben respetar las condiciones emitidas por el

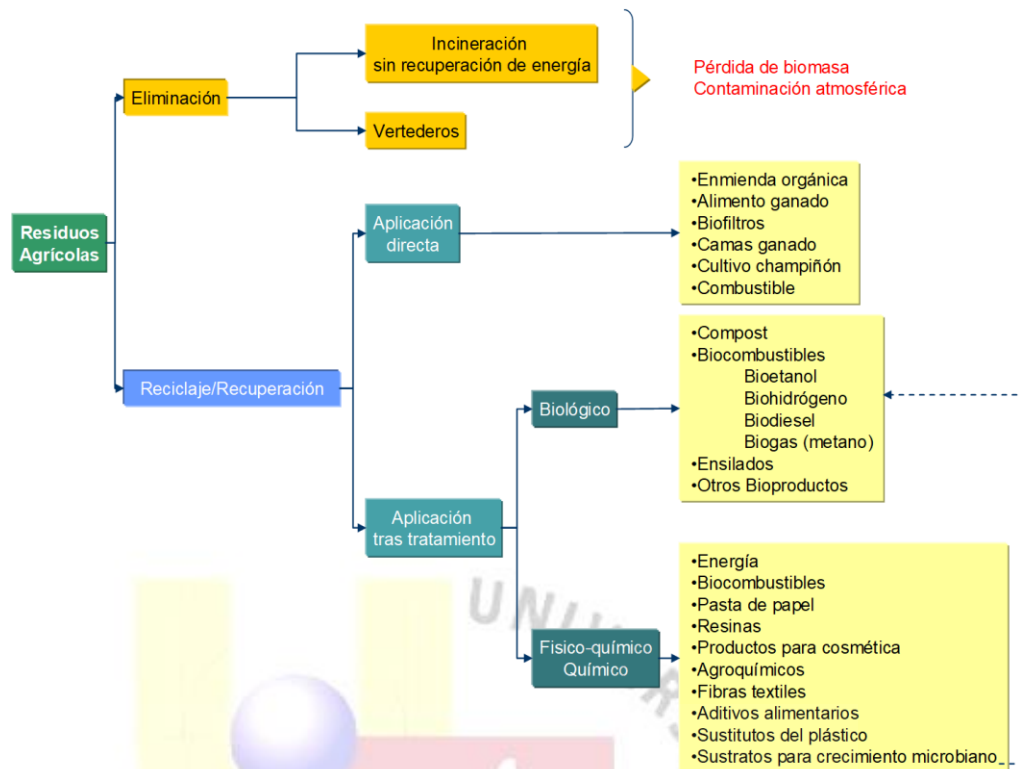
órgano competente (que varía mucho según los lugares) y ser comunicada con antelación al mismo. En estas circunstancias, se considera que puede ser la gestión aceptable en casos puntuales, ya que evita el traslado de los residuos, y, por lo tanto, la propagación de dichas plagas y enfermedades. En cualquier caso, la quema implica la emisión de GEI a la atmósfera contribuyendo al Cambio Climático.

Esta solución, con sus pros y sus contras, no suele resultar viable en zonas de alta concentración productiva, por el humo que supondría, y por las posibles afecciones a las personas. Por ello, ciertos ayuntamientos, especialmente en zonas hortícolas intensivas, prohíben la quema. Además, la quema de restos vegetales conlleva el riesgo de que se quemem otros residuos no orgánicos a la vez.

Abandono/acopio incontrolado: al abandonarse, debido a la humedad y a las altas temperaturas se transforman en un foco de plagas de insectos que pueden propagarse por los cultivos de alrededor o por las poblaciones cercanas, además supone un foco de malos olores.

Retirada a vertederos: aunque sea una opción alternativa y que puede contrarrestar los efectos negativos de otras prácticas, la retirada a vertederos de los residuos agrarios supone la pérdida de un recurso valorizable y además es una práctica contraria al fomento de la economía circular, por lo cual esta alternativa debe ser contemplada cuando los mismos no puedan ser gestionados por otros medios.

Además de las técnicas mencionadas, existen numerosas formas de gestionar estos residuos siendo más o menos empleadas dependiendo de los factores hablados al principio de este apartado. Los tratamientos de los residuos agrícolas que vamos a comentar se pueden clasificar en función de las operaciones de pretratamiento necesarias, los agentes o procesos responsables de tales transformaciones (químicos, térmicos y biológicos) y del producto final que se obtiene, como podemos ver en el siguiente esquema 2:



Esquema 2. Alternativas disponibles para el tratamiento de residuos agrícolas (López y Boluda, 2008).

Fuente: Material didáctico.

En el tratamiento de los residuos se combinan una serie de procesos unitarios cuyo objetivo es la modificación de las características del residuo para su adecuación a la demanda como producto de calidad (Teira y col, 1999) y aumentar la capacidad de gestión del residuo.

Las alternativas más ventajosas ambientalmente para el tratamiento de residuos agrícolas son las que permiten la recuperación o el reciclaje de los recursos contenidos en ellos. Entre estos se cuenta con procesos como la utilización con o sin tratamiento como abonos en agricultura y para alimentación animal, la obtención de biocombustibles y de productos microbianos específicos, y la extracción de diversos derivados de la lignocelulosa de interés industrial. Operaciones de eliminación como la incineración sin recuperación de energía o la disposición en vertederos, suponen una

pérdida de recursos naturales y contribuyen a la contaminación ambiental, por lo que no son aceptables.

En los siguientes apartados se pondrá énfasis en esas alternativas habladas en el párrafo anterior orientadas a recuperar o reciclar el residuo originado, evitando así su pérdida y la generación de gases de efecto invernadero, cumpliendo una nueva función como residuo.

1.3. GESTIÓN SOSTENIBLE ORIENTADA A LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

La utilización de los residuos como combustible o medio de generar energía, las operaciones de compostaje y otras transformaciones biológicas, y el tratamiento de los suelos produciendo un beneficio para la agricultura o una mejora ecológica de los mismos, son operaciones que además de hacer frente a un problema de volumen, traen consigo la reducción de los gases de efecto invernadero y mitigan sus efectos en la agricultura.

En este trabajo se tendrán en cuenta aquellas opciones de gestión que fomenten el secuestro de carbono y que estén más aceptadas o disponibles hoy en día.

1.3.1. Mulching

El mulching o acolchado es una técnica que consiste en aportar al suelo restos de cultivos o de otro material, con el fin de proveerlo de una capa protectora, mejorando muchas de sus propiedades y evitando otros efectos negativos como puede ser la erosión.

Existen muchas formas comerciales de mulch, los dos grupos principales son los orgánicos y los inorgánicos. Los inorgánicos incluyen varios tipos de piedras, piedra volcánica, goma pulverizada, y materiales geotextiles, entre otros. El mulch inorgánico no se descompone rápidamente, por lo que no necesitan ser reabastecidos con frecuencia. Por otro lado, no mejoran la estructura del suelo, no añaden materia orgánica ni proveen nutrientes. Por estas razones muchos horticultores y arbolistas prefieren el mulch orgánico.

Los residuos de cultivos como los cereales requieren trituración o picado e incorporación superficial mediante pasada de grada de discos o labor de chisel. La aplicación de residuos tales como los procedentes del maíz, girasol, colza, etc., se puede realizar utilizando gradas rotativas de eje vertical las cuales, aprovechando el movimiento transmitido por la toma de fuerza, rompe e incorpora en una sola labor el residuo, garantizando un buen contacto con el suelo. Este mismo tratamiento es adecuado para residuos agrícolas.

Los restos de poda requieren de una fragmentación o rotura y suele utilizarse una trituradora. Estos pueden incorporarse al suelo con grada rotativa o bien se dejan en superficie como acolchado orgánico.

Esta práctica trae consigo grandes beneficios (inhibe la proliferación de plantas espontáneas no cultivadas que ocasiones sirven de hospedaje para las plagas, incrementa la capacidad de retención de humedad, protege las raíces de cambios de temperatura, y aumenta la fertilidad y actividad microbiana de la tierra, entre otros):

Reducen la pérdida de agua por evaporación: esto supone un ahorro de agua, la cual queda a disposición de las plantas y les proporciona un suministro constante. Turney y Menge (1994) concluyen que el acolchado favorece la conservación de la humedad del suelo, disminuye la escorrentía superficial y la erosión del suelo y aumenta la permeabilidad y la capacidad de retención de agua del suelo. El acolchado aumenta significativamente la humedad del suelo en la capa superficial (0 - 5 cm) en comparación con el suelo desnudo (Zhang et al., 2008 y Chaudhry et al. 2004) indican que la tasa de infiltración de agua en el suelo cubierto con diferentes tipos de acolchados permeables aumentó un 30% en comparación con el suelo desnudo. Un estudio realizado por Pelegrín (2018), donde se emplearon materiales vegetales picados como: poda de granado, poda de naranjo, poda de palmera datilera y caña de río (Arundo donax), demostraron que se mejoró de forma general la retención del agua en el suelo, existiendo pocas diferencias asociadas al material usado, aunque se observó mayor eficiencia en el acolchado obtenido a partir de la caña (Arundo donax), especie invasiva de los ríos mediterráneos frente a podas de especies leñosas. Otra experiencia llevada

a cabo por Rico Hernández et al., 2016; en dos tipos de suelo con texturas franco y franco-limosas empleando como cubierta vegetal corteza de pino, paja de cereal y hoja de palmera certifican la reducción de la evaporación del agua respecto al suelo desnudo (control), así como la diferencia de emplear un tipo de mulching, tabla 4.

Tabla 4. Días transcurridos hasta el secado en dos tipos suelos con diferentes tipos de mulch (Rico Hernández et al., 2016).

Fuente: Material didáctico.

	Días transcurridos	
	Suelo franco	Suelo franco-limoso
Control	42±4	56±7
Paja de cereal	81±8	94±2
Corteza de pino	69±3	84±4
Hoja de palmera	73±1	88±4

Regulan la temperatura del suelo: el acolchado modifica la energía que incide sobre el suelo, disminuyendo las fluctuaciones de temperatura del suelo, ya que amortigua los picos máximos y mínimos de temperatura, especialmente en los primeros 15 cm de profundidad (Leal, 2007). En verano disminuye la temperatura del suelo evitando la evaporación del agua y en invierno aumenta la temperatura en comparación con el suelo desnudo, lo cual mitiga los daños que pudieran provocar las heladas.

Aumentan la fertilidad y mejoran la estructura del suelo: el suelo con acolchado se mantiene con mejor estructura que el suelo desnudo, ya que está protegido físicamente de factores ambientales externos como el efecto mecánico que ejercen las gotas de lluvia o riego por aspersion sobre los agregados del suelo. La energía cinética del agua sobre los agregados del suelo los rompe provocando así la disgregación de estos. Al mismo tiempo el acolchado orgánico favorece la liberación de nutrientes y el aporte de materia orgánica al suelo. Los nutrientes podrán ser absorbidos por las plantas y la materia orgánica mejoraría las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Disminuyen los efectos negativos de la salinidad: el acolchado es una práctica eficaz que reduce la salinidad y conserva la humedad en la zona radicular (Rahman et al., 2006), principalmente en los primeros cm de suelo (Stewart 2005, Zhang et al., 2008), lo que permite el uso de aguas más salinas sin un efecto perjudicial sobre el crecimiento de los cultivos. Zhang et al. (2008) demostraron que en suelos desnudos la mayor acumulación de sales se produce en el suelo superficial debido al efecto evapoconcentración.

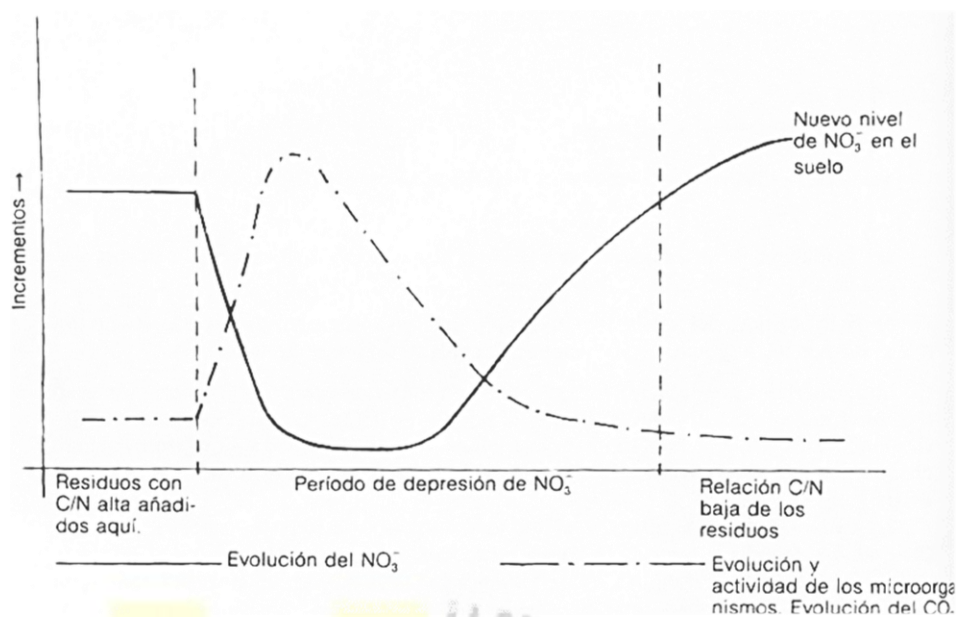
Posibles efectos negativos de los acolchados

El uso de acolchados en jardinería presenta menos problemas que su uso en horticultura. No obstante, hay que tener en cuenta algunas consideraciones generales para la correcta aplicación y uso:

- El exceso de humedad puede provocar podredumbres en las plantas y la aparición de organismos como caracoles y babosas.
- Posibilidad de la propagación de plagas y enfermedades si el acolchado se ha realizado con podas de árboles enfermos.
- Inmovilización del nitrógeno del suelo que origina la llamada “hambre de nitrógeno” en el siguiente cultivo. Este efecto negativo se produce cuando las materias aportadas al suelo tienen una relación C/N alta, la actividad de microorganismos se intensifica y sus necesidades de nitrógeno aumentan, entrando en competencia con las plantas cultivadas para proveerse del nitrógeno necesario. Esto provoca un descenso temporal de la fertilidad nitrogenada del suelo (figura 11).

Figura 11. Actividad microbiana y variación del contenido de nitratos (Buckman y Brady, 1970).

Fuente: Material didáctico.



El aporte de nitrógeno ya sea de naturaleza orgánica (estiércol, abonos orgánicos, purines, abonado en verde) o inorgánica (abonos amoniacales o ureicos), junto con el residuo evita estos efectos negativos. De todas formas, esta práctica desde la óptica del Desarrollo Sostenible no es recomendable.

- Salinidad por el uso de acolchados procedentes de poda de especies con salinidad moderada como, por ejemplo, podas de palmera. Este tipo de acolchado no debería de utilizarse sobre especies sensibles a la salinidad. Si bien, se puede mezclar con otros restos de poda leñosa y así reducir mediante dilución los posibles efectos negativos.

1.3.2. Co-compostaje

El compost surge de un proceso bioxidativo controlado, en el que intervienen numerosos microorganismos y está constituido por substratos orgánicos heterogéneos en estado sólido.

Esta práctica se muestra de especial interés, puesto que permite una importante reducción del volumen (minimización del residuo) y su valorización mediante la estabilización de la materia orgánica y la higienización del producto, eliminando o disminuyendo drásticamente la posible existencia de patógenos y parásitos en el residuo

inicial. El compost obtenido puede ser utilizado para su aplicación al suelo como enmienda o abono orgánicos y como sustrato o componente de un sustrato en cultivo sin suelo.

El proceso de compostaje se divide en cuatro etapas: mesofílica, termofílica, enfriamiento y maduración. Al comienzo del proceso la masa está a temperatura ambiente y, por lo general, es ligeramente ácida. Conforme la población mesofílica indígena se multiplica, la temperatura crece rápidamente. Entre los productos que se forman en esta etapa inicial, existen ácidos orgánicos sencillos que causarán un descenso del pH.

A temperaturas superiores de 40°C, la actividad mesofílica cesa y la degradación entra en la fase termofílica. A 60°C los hongos termófilos mueren y la reacción se lleva a cabo por las bacterias formadoras de esporas y los actinomicetos. Aunque a estas temperaturas la celulosa y la lignina se atacan muy poco, las ceras, proteínas y hemicelulosas se degradan rápidamente. Conforme se consumen los materiales fácilmente degradables, la reacción se ralentiza y el calor que se genera es menor que el que se pierde, comenzándose a enfriar la masa.

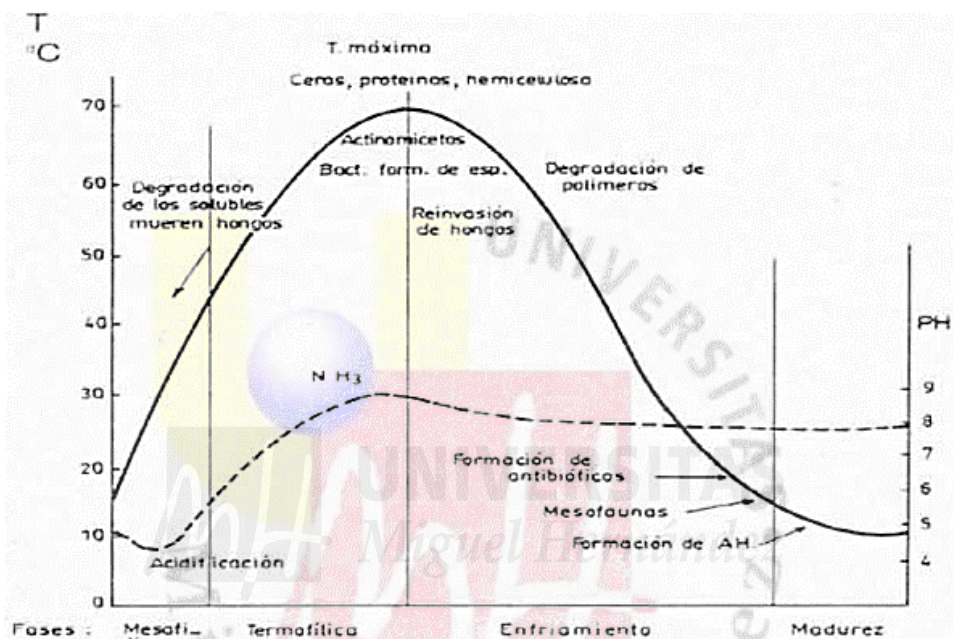
Cuando la temperatura desciende de 60°C, los hongos termófilos de los lugares menos calientes de la pila reinviden la masa y comienza el ataque de la celulosa. La hidrólisis y subsiguiente asimilación de polímeros por los microorganismos, es un proceso relativamente lento y, por tanto, la generación de calor decrece hasta alcanzar la temperatura del medio ambiente. Alrededor de los 40°C los organismos mesófilos reemprenden su actividad.

Las tres etapas del ciclo de compostaje tienen lugar en un tiempo relativamente corto (de días a semanas), pero la etapa de madurez requiere períodos mayores (meses). Esta última tiene lugar a temperatura ambiente, predominando los organismos mesófilos y apareciendo la mesofauna. En esta etapa, la producción de calor y la pérdida de peso son escasas, y se producen complejas reacciones secundarias de condensación y de polimerización, que dan lugar al "humus" como producto final.

En la siguiente imagen (figura 12) podemos ver la evolución de los distintos parámetros asociados al proceso del compostaje en las diferentes etapas:

Figura 12. Evaluación de la temperatura y pH durante las diferentes etapas del compostaje (Dalzell et al., 1981).

Fuente: Material didáctico.



Luego, se trata de un proceso complejo en el que se debe tener en cuenta varios factores:

- **La temperatura:** está varía en el transcurso del proceso y determina el grado evolutivo del material compostado, su inadecuada evolución supondría una mala higienización de la muestra. La figura 12 muestra las variaciones de temperatura y de pH que se producen en el centro de la pila de compostaje.
- **La aireación:** la oxigenación de la muestra es necesaria para la respiración de los microorganismos y el metabolismo aeróbico y oxidante de sustancias orgánicas e inorgánicas.

- **La humedad:** debe de ser alta al inicio del proceso (40-60%) en la que prevalecen bacterias, dependerá del tamaño del material a compostar y el sistema de compostaje utilizado.
- **El pH:** este debe estar comprendido entre los 5,5-8, el pH condiciona el desarrollo microbiano, factor selectivo para la población microbiana y controla las pérdidas de N en el proceso.
- **La relación C/N:** necesaria para la producción de energía y síntesis celular de los microorganismos, tiene que estar comprendida entre el 25-35%. La mayoría de los residuos tienen una relación C/N demasiado elevada para ser compostados, por lo que en muchos casos deben enriquecerse con nitrógeno o mezclarse con otros residuos ricos en este elemento para balancear la relación.
- **La salinidad del material a compostar:** ya que a niveles superiores a los que puede tolerar los cultivos serán perjudiciales.

Por último, hay que tener en cuenta, sustancias inhibidoras del proceso, como los polifenoles, pesticidas, patógenos vegetales y/o elementos de plástico, estas sustancias a grandes cantidades retrasan la evolución del proceso.

Una de las dificultades a la que se enfrentan las plantas de compostaje en zonas hortícolas estriba en la fuerte estacionalidad de la producción de restos, muy concentrada en determinadas semanas del año. Estas plantas se encuentran con la necesidad de compostar de golpe enormes volúmenes de restos vegetales, cosa de difícil realización por el espacio y los medios necesarios, pero solo en un periodo corto del año.

A pesar de las dificultades que se presentan, el compostaje ha sido objeto de numerosas investigaciones y experimentaciones, por lo que, hoy en día, es una de las tecnologías mejor conocidas para el reciclado de la MO.

Las cualidades del compost cuando se aplica a los suelos son numerosas. Resaltando la mejora de la estructura del suelo, y el aumento de su capacidad de retener

agua, un bien tanpreciado en España, que lo será más aún en un escenario de cambio climático en el que se extienda la sequía.

Hay que añadir que los compost de residuos verdes, como enmendante de suelos presentan ventajas en comparación con los compost de otros residuos orgánicos debido a su bajo riesgo de toxicidad por su menor concentración en metales, contaminantes, etc. (Witter and López Real, 1998).

En resumen, la fertilización orgánica vía compost constituye una forma de reciclado muy interesante a nivel ambiental por la ausencia de afecciones negativas al medio durante el proceso. Elimina además los patógenos, los residuos de productos fitosanitarios, y disminuye sensiblemente los metales pesados, contribuyendo al secuestro del carbono. Aparte, el compostaje es la tecnología más barata y sencilla de aplicar.

Sin embargo, a pesar de los efectos positivos derivados de esta aplicación, no debemos perder de vista que hay que conservar la naturalidad del suelo, así como los cambios debidos a los procesos edafogénicos con objeto de conservar sus propiedades, sus constituyentes y su biodiversidad. Así pues, la utilización de estos materiales debe contemplarse a través de una óptica integral ambiental que incluya la gestión de residuos, el secuestro de carbono, la mejora de su biomasa y la recuperación y protección del suelo y no solamente la mera consideración del tratamiento y/o eliminación de los residuos.

1.3.3. Aprovechamiento energético

Las tecnologías de conversión para aprovechar la energía de la biomasa incluyen desde los procesos más simples, como la tala de árboles y su posterior quema, hasta los más complejos, como convertir los azúcares de un cultivo en combustibles líquidos.

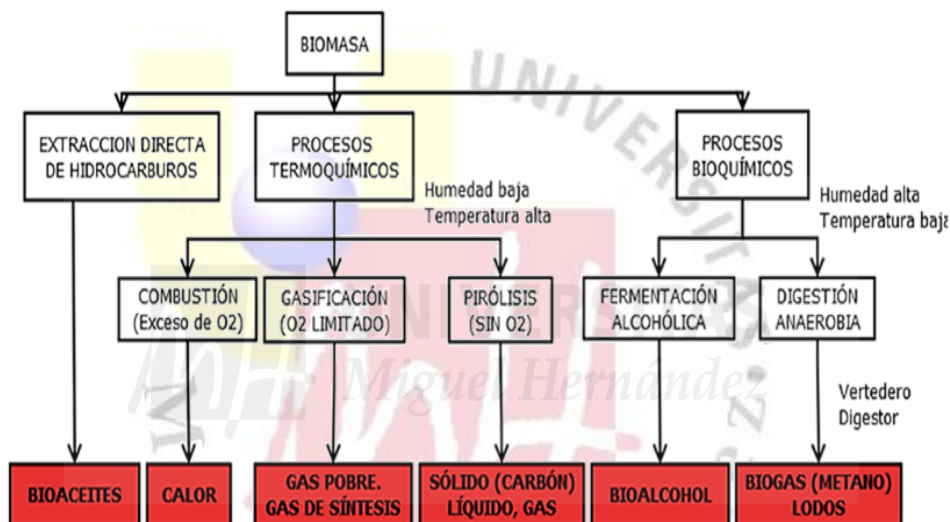
El uso de la biomasa como materia prima para la producción de energía eléctrica y termal, así como para la fabricación de biocombustibles para medios de transporte está siendo una medida corriente en muchos países del mundo. Su eficacia todavía es

reducida y quedan por solucionar problemas importantes como la emisión de humos y/o gases contaminantes.

A continuación, podemos clasificar los procesos de conversión de la biomasa en extracción directa de hidrocarburos, termoquímicos y biológicos, ver en figura 13:

Figura 13. Procesos de conversión de la biomasa para su aprovechamiento energético.

Fuente: Material didáctico.



Extracción directa de hidrocarburos

Los aceites vegetales y las grasas animales pueden transformarse en una mezcla de hidrocarburos similar al Diesel a través de un complejo proceso de esterificación, eliminación de agua, transesterificación, y destilación con metanol, al final del cual se obtiene también glicerina y jabón.

En el esquema 3 se muestra el proceso de esterificación de triacilgliceroles de aceites con metanol para la obtención de biodiésel.



Esquema 3. Proceso de esterificación.

Fuente: Material didáctico.

La esterificación es cara, se requiere de instalaciones industriales y se obtiene un subproducto que es la glicerina, por ello es más interesante desarrollar motores que utilicen directamente el aceite.

La aplicabilidad de este proceso está restringida entre otros motivos por la elevada extensión de cultivos necesaria para satisfacer una producción suficiente de aceites de semillas. Por ello, se ha considerado la posibilidad de sustituir tales sustratos por los residuos vegetales lignocelulósicos. Utilizando dichos materiales inoculados con microorganismos se ha conseguido obtener un biodiésel que se ha denominado microdiésel (Kalscheuer y col., 2006). De ser viable en el futuro una producción de este tipo se abriría la posibilidad de un biodiésel de segunda generación, que utilizaría materiales agrícolas de bajo coste, como paja, madera o cañas, en lugar de granos, reduciendo los graves problemas de la competencia de los cultivos bioenergéticos con los alimentarios.

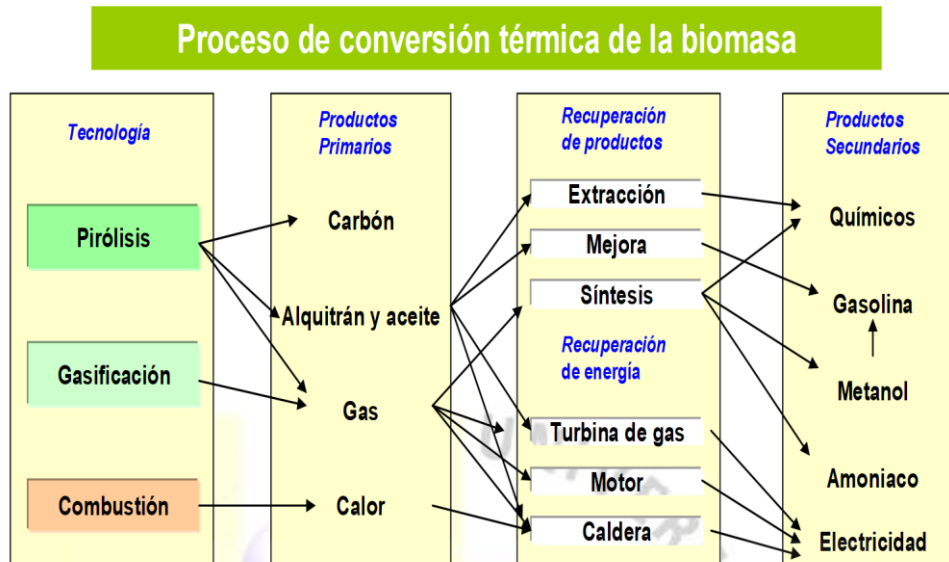
Procesos termoquímicos

Se basan en la utilización del calor como fuente de transformación de la biomasa. Están muy desarrollados para la biomasa seca, aunque también es posible quemar el biogás procedente de la digestión anaerobia de un residuo líquido o el gas de síntesis generado en la gasificación de uno sólido.

Se utilizan los procesos de combustión, pirolisis y gasificación y de ellos se pueden obtener diferentes productos de los que se obtiene energía, en la siguiente figura 14 vienen reflejadas las técnicas y productos obtenidos:

Figura 14. Procesos de conversión térmica y productos.

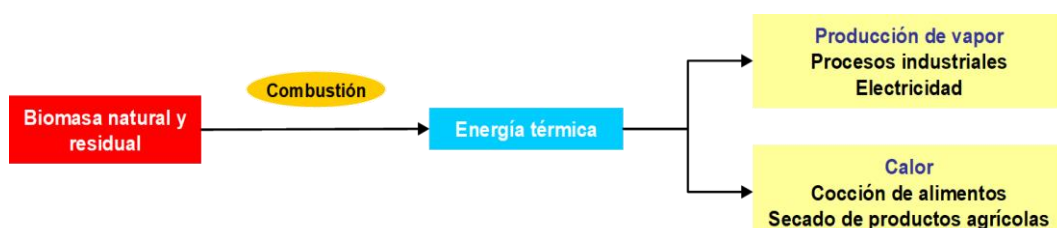
(Fuente: Bridgwater, 1994a).



Independientemente de las características de la biomasa inicial, los procesos termoquímicos de pirólisis y gasificación permiten obtener un biocombustible con propiedades homogéneas. Lo cual confiere gran versatilidad en el uso y aplicación a procesos industriales convencionales.

1. Combustión

Proceso que consiste en la oxidación de la biomasa por el oxígeno del aire. En esta reacción se libera H₂O y gases carbónicos (CO₂ y CO), y la energía resultante puede ser utilizada para calefacciones domésticas y para la producción de calor industrial, tal y como podemos ver en el siguiente esquema 4.



Esquema 4. Esquema de aprovechamiento energético de la biomasa natural y residual tras su combustión.

Fuente: Material didáctico.

2. Pirólisis

Consiste en la descomposición térmica de un material en ausencia de oxígeno o cualquier otro reactante. La biomasa queda craqueada a una temperatura de aproximadamente 500°C. La descomposición de la biomasa tiene lugar a través de una serie de complejas reacciones y de procesos de transferencia de calor y de materia. La pirólisis también se utiliza como paso previo a la gasificación y combustión, es un proceso utilizado desde hace mucho tiempo para producir carbón vegetal.

Mediante la pirólisis se consigue la recuperación energética de los residuos vegetales, a bajo costo. El proceso permite obtener biocombustibles gaseosos, líquidos o sólidos. Los biocombustibles generados pueden aprovecharse en procesos de gasificación o combustión para producir electricidad o vapor industrial.

En la siguiente tabla 5 vienen reflejadas las fases del proceso de pirólisis:

Fuente: Material didáctico.

Tabla 5. Fases del proceso de pirólisis.			
Primera fase	Segunda fase	Tercera fase	Cuarta fase
<i>Endotérmica</i>	<i>Endotérmica</i>	<i>Exotérmica</i>	<i>Exotérmica</i>
T < 200°C	T = 200 - 280°C	T = 280 - 500°C	T = 500°C
Perdida de humedad de la biomasa. Se desprende vapor, metanol y ácido acético.	Precarbonización de la biomasa. Se genera líquido piroleñoso y CO ₂ .	Se forman alquitranes ligeros, líquido piroleñoso con mayor contenido de ácidos y aldehídos fórmicos y cantidades	Se siguen originando compuestos volátiles, quedando un residuo

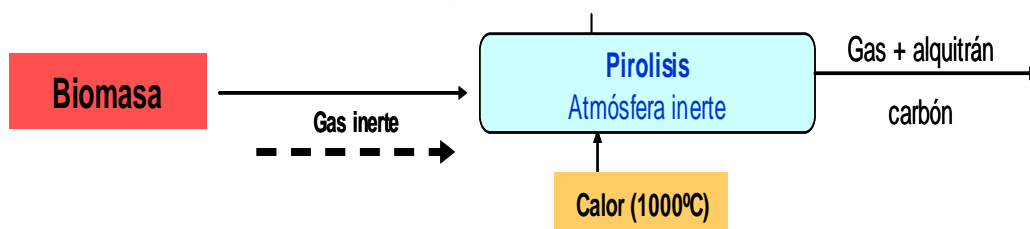
		importantes de gases combustibles (CO, CH ₄ y CO ₂).	carbonoso y generándose una gran cantidad de H ₂ , CO y CO ₂ .
--	--	---	--

El proceso de pirólisis permite obtener a partir de 1000 kg de madera, aproximadamente, 330 kg de carbón, 110 kg de alquitrán, 360 kg de líquido piroleñoso y 200 kg de gas (figura 15).

Figura 15. Productos de la pirólisis de la biomasa vegetal y sus usos.



El proceso se optimiza a través de la llamada pirólisis flash proceso realizado a unos 1000°C en menos de 1 segundo (esquema 5), así se aumenta la proporción de líquido que puede ser utilizado como combustible o como precursor de otros compuestos químicos.



Esquema 5. Esquema del proceso de pirólisis.

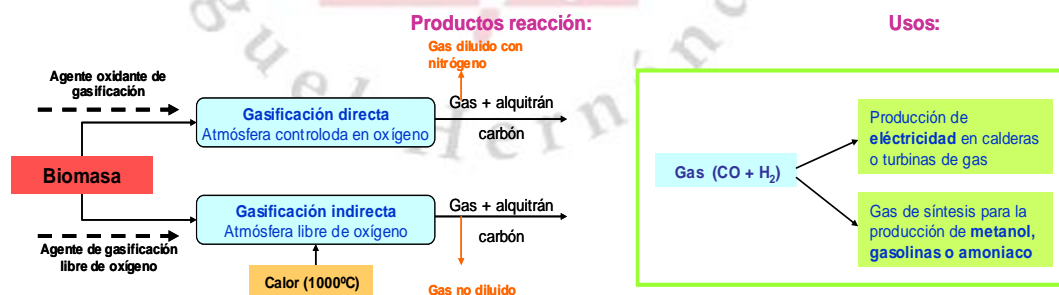
Fuente: Material didáctico.

3. Gasificación

Consiste en la transformación de un sólido en un gas susceptible de ser utilizado como combustible o como materia prima en la obtención de metanol, gasolinas o amoníaco. Es un proceso similar a la pirólisis, pero en presencia de una cantidad controlada de agentes oxidantes (aire, oxígeno y/o vapor de agua) gasificación directa. Estos agentes oxidantes reaccionan con el residuo carbonoso generado en el proceso térmico produciéndose un gas con propiedades energéticas, compuesto principalmente de monóxido de carbono e hidrógeno. La reacción de oxidación suministra la energía necesaria para alcanzar la temperatura alta del proceso. Si el proceso de gasificación se lleva a cabo en atmósfera libre de oxígeno, se llama gasificación indirecta y necesita de una fuente externa de energía.

Este gas de síntesis puede ser usado como combustible para generar vapor o electricidad, o como productor de materia prima en la industria química, así como en una gran cantidad de procesos industriales.

Debido a la ausencia de nitrógeno en el agente de gasificación, la gasificación indirecta produce un gas más eficiente con un alto poder calorífico (esquema 6).



Esquema 6. Esquema del proceso de gasificación.

Fuente: Material didáctico.

Para el eficiente funcionamiento del proceso de gasificación, es necesaria una suficiente homogeneización de los materiales a tratar. Algunos tipos de residuos no pueden ser tratados y otros necesitan de un pretratamiento (troceado, cribado, pulverizado etc.). Sin embargo, hay diversos tipos de residuos que pueden ser

adecuados directamente, como: pasta de papel, residuos de plásticos, residuos de la industria forestal y residuos de la agricultura.

Procesos bioquímicos

Destacan las fermentaciones alcohólicas y las fermentaciones metánicas.

1. Fermentaciones alcohólicas

El bioetanol se produce a partir de residuos lignocelulósicos por fermentación microbiana de azúcares solubles liberados a partir de la celulosa y hemicelulosa mediante hidrólisis química, enzimática o microbiana, en el esquema 7 podemos ver el proceso.

Actualmente, el proceso se lleva a cabo en fermentadores aerobios continuos.



Esquema 7. Esquema de la obtención de bioetanol.

Fuente: Material didáctico.

La expresión química simplificada del proceso de fermentación alcohólica de azúcares para la obtención de alcoholes se reduce a la siguiente fórmula (esquema 8):



Esquema 8. Expresión química de la obtención de etanol.

Fuente: Material didáctico.

La fermentación se realiza mediante la adición de levaduras, a una temperatura de entre 29 y 35°C a una presión de 48 a 72 bar. A partir de 100 gramos de glucosa se obtienen 51,1 gramos de etanol y 48,8 gramos de CO₂.

Los bioalcoholes pueden utilizarse como sustitutos de las gasolinas. En la práctica esta sustitución es parcial, alcanzándose sustituciones de hasta un 20%.

Se estima que la cantidad de residuos vegetales potencialmente utilizables para esta finalidad en el mundo es de alrededor de 1,5 10¹⁵ g/año (peso seco) cuya producción de bioetanol, unida a la que podría obtenerse a partir de otros restos de cosecha podría reemplazar hasta un 32% del consumo de gasolina actual (Kim y Dale, 2004).

2. *Fermentación metánica (digestión anaerobia)*

El biogás es el gas obtenido en el proceso de fermentación anaerobia de la materia orgánica, comúnmente denominado digestión anaerobia o biometanización. La digestión anaerobia consiste en la transformación microbiológica de la materia orgánica biodegradable a metano, en ausencia de oxígeno. Como resultado de este proceso se obtienen dos productos principales: biogás y digestato.

Este proceso es idóneo para transformar la biomasa húmeda (>75% de humedad relativa), especialmente aquella proveniente de los residuos ganaderos y los lodos de depuradora de aguas residuales urbanas, aunque con la adición de otros materiales se potencia el proceso.

El biogás producido contiene entre 60-70% de CH₄, 20-25 % de CO₂ y el resto consiste en H₂ e impurezas como el H₂S. El alto contenido en metano hace que sea una excelente fuente de energía renovable para reemplazar al gas natural y a otros combustibles fósiles y de esta forma reducir las emisiones de gases contaminantes en la

atmósfera. El biogás es usado típicamente en calderas y en motores de combustión interna o generadores de turbina para producir electricidad y calor. Las instalaciones de DA que producen biogás utilizan la electricidad y el calor localmente y el excedente eléctrico lo exportan a la red de energía eléctrica. El digestato es una mezcla de compuestos minerales (N, P, K, Ca, etc.) y compuestos orgánicos de difícil degradación. Es de naturaleza semi-líquida y tiene un potencial uso como biofertilizante.

Este proceso biológico es ampliamente utilizado en el tratamiento de una amplia gama de residuos agrícolas, municipales e industriales. La mayor limitación que presentan los residuos vegetales durante el proceso de digestión anaerobia es la dificultad para degradar la lignina, componente mayoritario de estos residuos. La codigestión (digestión anaerobia de una mezcla homogénea de residuos) mejora los resultados obtenidos, debido a que, al mezclar materiales y composiciones diferentes, el material resultante tiene una composición más equilibrada. Por ejemplo, la mezcla de purines (rico en nitrógeno) y restos vegetales (ricos en carbono), favorece la actividad de microorganismos que degradan la materia orgánica y aumenta la eficacia del proceso de digestión. La codigestión de lodos de depuradora con residuos agrícolas aumenta la producción de metano en el proceso de digestión anaerobia (Angelidaki and Ellegaard, 2003; Bolzonella et al., 2006; Gómez et al., 2006; Romano and Zhang, 2008).

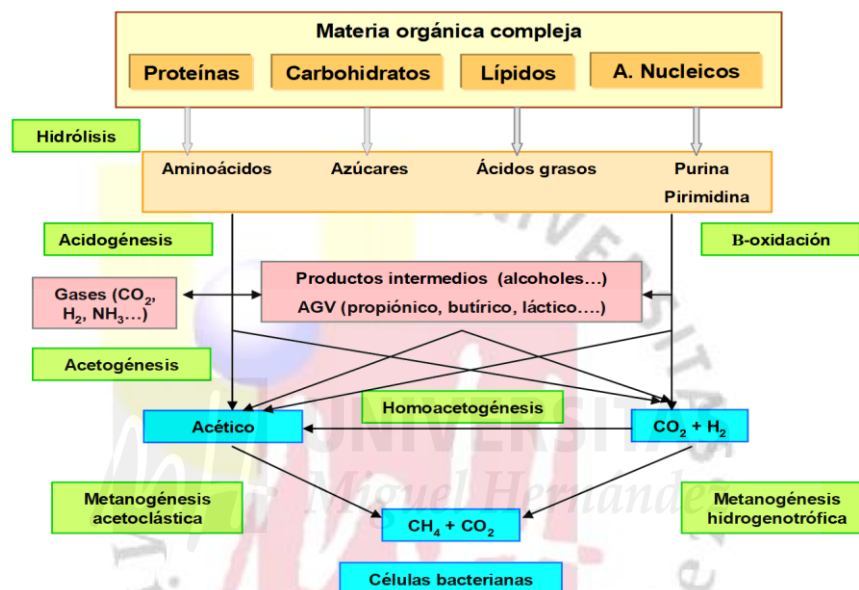
El pretratamiento de los materiales de partida de la digestión anaerobia cuando se trata de residuos vegetales puede aumentar la producción de biogás y reducción de sólidos volátiles (Tiehm et al., 2001). Algunos procesos de tipo térmico, químico o físico pueden utilizarse para romper los polímeros recalcitrantes y aumentar la solubilización. Algunos pretratamientos utilizan la combinación de calor y productos químicos para reducir el tamaño de las partículas y aumentar la solubilización.

El proceso de digestión anaerobia es complejo, en él intervienen varios tipos de microorganismos con múltiples interdependencias y se desarrolla en varias etapas (figura 16). En primer lugar, la materia orgánica compleja es hidrolizada en compuestos orgánicos simples como azúcar y aminoácidos por un grupo de bacterias hidrolíticas-acidogénicas “solubilizadoras”. Otro grupo de bacterias acidogénicas y acetogénicas,

convierte estas moléculas simples en dióxido de carbono, hidrógeno, amoníaco y ácidos orgánicos como el ácido acético. Finalmente, las bacterias metanogénicas convierten los ácidos orgánicos en biogás compuesto mayoritariamente por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2).

Figura 16. Fases de la digestión anaerobia.

Fuente: Material didáctico.



Podemos dividir las etapas en:

1. En la etapa de la hidrólisis donde se produce la transformación de la materia orgánica compleja a compuestos orgánicos sencillos (azúcares, grasas y aminoácidos) por la acción de enzimas hidrolíticas excretadas por microorganismos anaerobios.
2. En la etapa de acidogénesis en la cual los productos de la hidrólisis (materia orgánica soluble) son fermentadas, dando lugar a ácidos orgánicos (ácido acético, fórmico e hidrógeno). También se forman gases (CO_2 , H_2 , y pequeñas cantidades de NH_3 , SH_2) y alcoholes.
3. En la etapa de acetogénesis donde las bacterias acetogénicas de lento crecimiento, metabolizan los alcoholes, el ácido láctico y los ácidos grasos volátiles, produciendo acético e hidrógeno.

4. Por último, en la etapa de metanogénesis en la que se produce la formación de biogás. El acetato, hidrógeno molecular, dióxido de carbono, metano y algunas metilaminas son transformadas por la acción de las bacterias metanogénicas formando CH_4 , CO_2 y H_2O . Fase estrictamente anaerobia.

El biogás producido en procesos de digestión anaerobia puede tener diferentes USOS:

- Generación de calor o electricidad en caldera
- Generación de electricidad en motores o turbinas.
- En pilas de combustible, previa realización de una limpieza de H_2S y otros contaminantes de las membranas.
- Purificarlo y añadir los aditivos necesarios para introducirlo en una red de transporte de gas natural.
- Uso como material base para la síntesis de productos de elevado valor añadido como es el metanol o el gas natural licuado.
- Combustible de automoción.

3. Digestión anaerobia para la obtención de biohidrógeno

El biohidrógeno es el gas producido a partir de la fermentación anaerobia, en ausencia de oxígeno, de los residuos orgánicos, se trata de un gas rico en hidrógeno y ácidos orgánicos. Poblaciones combinadas de microorganismos biotransforman la lignocelulosa en ausencia de oxígeno a diversos compuestos y gas. Dependiendo de las condiciones en que se lleve a cabo tal proceso y las poblaciones microbianas que actúen, el gas puede ser rico en hidrógeno (biohidrógeno) o en metano (biogás), ambos gases pueden ser utilizados como combustibles (Ohmiya y col., 2005).

Para producir hidrógeno en procesos anaerobios se debe evitar el consumo de hidrógeno (etapa metanogénica) y favorecer la fermentación hidrogenogénica. Esto implica determinar las condiciones de operación del sistema y conocer la microbiología. En particular es necesario optimizar las condiciones en las cuales se favorece este

proceso y buscar alternativas para hacer este proceso más eficiente. También es necesario un pretratamiento adecuado de la fracción orgánica de los residuos para fomentar la solubilización de la materia orgánica.

Con la utilización de métodos biológicos además de biohidrógeno se obtiene un material vegetal parcialmente degradado que puede continuar sometiéndose al tratamiento de biometanización y compostaje para conseguir una valorización global de la fracción orgánica de los residuos.

Este proceso también puede realizarse sometiéndolo a pirólisis los residuos agrícolas para producir “syngas” que es convertido químicamente en formiato, el cual es utilizado por microorganismos para generar hidrógeno.

El hidrógeno obtenido a través de la acción de microorganismos utilizando como fuente residuos vegetales o residuos sólidos urbanos es una fuente de energía prometedora, ya que es limpia, renovable y tiene alto contenido energético (122 Kj/g). El problema es almacenarlo, porque se oxida rápidamente.

4. Otros procesos microbianos

Además de los productos microbianos previamente indicados, los residuos agrícolas se han utilizado para la producción de otros productos tales como proteína unicelular (SCP), exopolisacáridos, xilitol, diversas enzimas microbianas y ácidos orgánicos, entre otros, que tienen aplicación ambiental y en múltiples industrias (Montgomery, 2004). Para esta finalidad, en la mayoría de los casos, los residuos deben ser hidrolizados y esterilizados para asegurar el crecimiento del microorganismo específico.

1.3.4. Otras opciones

Ensilado

Otra forma de gestión interesante consiste en ensilar los restos vegetales. El ensilaje es un proceso de fermentación controlada en condiciones anaerobias, que se

usa, ante todo, como método de conservación de material vegetal para la alimentación animal. Se trata de una técnica utilizada en el mundo entero. El ensilado puede ser realizado a partir de una multitud de productos y restos, como cereales y leguminosas en el primer caso, y paja, pulpas derivadas de la agroindustria (remolacha, bagazos de destilería, restos de conserveras, de pescado...), destríos de frutas y hortalizas en el segundo caso, que no llegan a comercializarse por motivos de mercado. Cuando se utiliza esta técnica, los materiales ensilados suelen constituir una parte de la dieta animal.

En España, parece predominar el ensilado de cereales y de forrajes y los restos de cultivos (esencialmente paja). Mucho menos se ha estudiado la posibilidad de ensilar los restos de cultivos hortícolas, con lo que el ensilado de estos no se ha generalizado. Aunque cabe destacar que los primeros estudios al respecto, esencialmente realizado en la provincia de Almería, muestran que estos restos aportan elementos nutritivos de interés que, además, el proceso en sí disminuye los residuos de pesticidas de forma significativa, así como los metales pesados (Moyano López), al igual que en el proceso de compostaje.

Los principales inconvenientes de esta técnica son, por una parte, los riesgos microbiológicos para el ganado, cuando el proceso no se realiza de forma correcta y, por otra parte, supone la generación del residuo de la lámina del ensilado.

La mayor parte del ensilado se suele realizar in situ, en el marco de las propias explotaciones que han generado el resto. Es decir que se trata de un proceso no industrializado, que requiere poca tecnología y energía.

Considerando que la alimentación puede llegar a constituir el 65% de los costes de la crianza de ganado, el ensilado puede contribuir de forma significativa a la soberanía alimentaria del sector. Se trata de una forma óptima de reciclar los restos vegetales de los cultivos, especialmente en ámbitos insulares que importan buena parte de los alimentos para ganado.

Métodos químicos

Mediante procedimientos extractivos químicos se pueden obtener diversos compuestos químicos útiles para industrias alimentaria, química, agroquímica, cosmética, farmacéutica, textil y papelera. A modo de ejemplo, solo a partir de la hemicelulosa se pueden obtener hasta 12 productos diferentes, y la celulosa extraída y modificada se puede utilizar para fabricar papel, agentes adsorbentes o alimentos dietéticos (Greenbaun, 2006). Especialmente interesante es el campo de los biocomposites, materiales biodegradables constituidos fibras naturales (lino o cáñamo) reforzadas en una matriz constituida por celulosa, almidón, ácido láctico u otros derivados extraídos de la lignocelulosa que constituyen unos serios sustitutos de los plásticos, la fibra de vidrio o la mica (Reddy y Yang, 2005).

Otras aplicaciones

Incluyen su utilización como soporte adsorbente en biofiltros útiles en la descontaminación de gases y líquidos, la fabricación de tableros, aislantes y material de relleno en materiales de construcción, cultivo del champiñón y lechos para la cría de animales.

2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

El manejo de los flujos residuales en sector agrario siempre ha estado regido por un principio de economía de la materia y la energía, que implica la reutilización, el reciclaje y la gestión de ciclo corto. La intensificación de las actividades agrícolas y ganaderas, la concentración de ciertas actividades y el encarecimiento de la mano de obra para las operaciones de manejo han roto este círculo virtuoso que históricamente convertía al territorio en un autogestor eficiente de materias, haciendo que se generen en grandes cantidades.

A nivel mundial, la preocupación acerca del aprovechamiento de residuos ha tomado gran fuerza entre la comunidad científica y sobre todo a nivel industrial, en donde los procesos de transformación generan desechos y subproductos que pueden ser útiles en otras actividades; sin embargo, los residuos generados en las transformaciones agroindustriales no han sido aprovechados adecuadamente.

La actividad agrícola en España y específicamente en la comunidad valenciana no está optimizada haciendo que muchos flujos residuales de interés sean inadecuadamente gestionados y en muchos casos eliminados con impactos significativos. Especialmente preocupante es el vertido incontrolado de estos materiales en las lindes y zonas peligrosas, así como la quema incontrolada de residuos agrícolas (figura 17).



Figura I-17. a) Quema de residuos agrícolas; b) Abandono de subproductos agrícolas.

(Fuentes: <https://www.elmundo.es>; <https://roquetas.ideal.es>)

La agricultura constituye uno de los sectores económicos que más implicado está en la generación de gases de efecto invernadero y por lo tanto que afecta sobre el Cambio Climático, a su vez forma parte de la solución al poder servir como medio de secuestro de carbono.

El fomento del secuestro de C atmosférico como práctica adecuada para la mitigación del Cambio Climático en la actividad agrícola, ganadera, y forestal se centra en el favorecimiento de la actividad agraria como fijadora del CO₂ atmosférico y potencial sumidero Carbono, así como la orientación de las prácticas agrícolas para la restitución, mejora y mantenimiento de niveles crecientes del carbono orgánico del suelo (COS) y de nutrientes.

Es por ello que los objetivos perseguidos del trabajo sean los siguientes:

El objetivo principal de este trabajo es identificar, cuantificar y analizar los flujos residuales de origen vegetal en la Comunidad Valenciana, con el fin de conocer los nutrientes que los integran y proponer soluciones de gestión sostenible de estos flujos, que incluyan mulching, compostaje etc. Para ello nos hemos planteado los siguientes objetivos específicos:

- 1.** La identificación de los flujos residuales asociados a la actividad agrícola de naturaleza vegetal, incluyendo podas, destríos y toda la biomasa no producida en la comunidad valenciana.
- 2.** La cuantificación de la producción anual de estos flujos de biomasa por sectores claves (sector hortícola, frutícola, cítrica, oleícola y vitivinícola) con el fin de conocer las potencialidades en su utilización en un entorno de economía circular.
- 3.** Análisis de dichos flujos residuales para conocer las capacidades de recuperación de nutrientes, contenido en materia orgánica.
- 4.** Selección de las mejores opciones de gestión sostenible aplicadas a los flujos residuales de origen vegetal a nivel provincial, con el fin de proponer medidas eficaces y que se puedan adaptar a las condiciones geográficas, en cuanto a actividad agrícola y ganadera.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para alcanzar los objetivos planteados de identificar los flujos residuales, cuantificarlos y analizarlos, el trabajo se ha dividido en las siguientes etapas:

1. Identificación de los flujos residuales de los sectores productivos agrícolas más representativos de la Comunidad Valenciana, en cuanto a volumen producido.
2. Estimación de los flujos residuales en los diferentes sectores escogidos.
3. Análisis de las características agronómicas más importantes de los flujos residuales vegetales seleccionados.

1. Identificación de los flujos residuales de los sectores productivos agrícolas más representativos de la Comunidad Valenciana, en cuanto a volumen producido.

En esta etapa se han seleccionado para tal fin los sectores hortícola, frutícola, cítrica, oleícola y vitivinícola, al ser los sectores que tienen mayor peso en el ámbito socioeconómico. A su vez dentro de los sectores se han seleccionado aquellos cultivos más distribuidos en la superficie cultivada de la Comunidad Valenciana, así pues, contaríamos con los siguientes materiales:

Sector hortícola: calabaza, sandía, melón, tomate, pimiento, alcachofa, apio, brócoli, col, lechuga y cebolla.

Sector frutícola: melocotón, níspero, albaricoque, manzana, cereza y guindo, almendro, granado, caqui y ciruelo.

Sector cítrica: mandarina, naranja, limón y pomelo.

Sector oleícola: olivar de aceituna de mesa y olivar de aceituna de almazara.

Sector vitivinícola: uva de mesa y uva de vinificación.

Los datos necesarios para los cálculos se han tomado del año 2018 al tener más información disponible. En el caso de la agricultura ecológica estos datos han sido tomados del año 2017.

2. Estimación de los flujos residuales en los diferentes sectores escogidos.

En esta etapa hemos calculado haciendo uso de diferentes índices y estimaciones la cantidad de biomasa no productiva aproximada, asociada a cada cultivo y sector. La biomasa no productiva que se ha cuantificado proviene de las podas, del destrío y de procesos industriales.

3. Análisis de las características agronómicas más importantes de los flujos residuales vegetales seleccionados.

En esta etapa se han muestreado y analizado en el laboratorio GIAAMA de la universidad Miguel Hernández las partes vegetales no productivas más representativas de los cultivos valencianos. Se han analizado los siguientes parámetros: humedad, densidad aparente, pH, materia orgánica, carbono, nitrógeno, potasio, fósforo, sodio y polifenoles hidrosolubles.

3.2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

En este apartado se comentan todos los procesos y pasos seguidos para la identificación, cuantificación y el análisis de los materiales vegetales procedentes de los sectores clave valencianos.

Podemos dividir los pasos seguidos en:

- 1- La estimación de la biomasa residual de los sectores clave valencianos.
- 2- Desarrollo de la colección de muestras de materias primas.
- 3- Análisis de los flujos residuales.

3.2.1. Estimación de la producción de biomasa residual vegetal en GVA

Las diferentes actividades agrícolas generan flujos residuales en diferente cuantía, naturaleza y características, por lo que es muy difícil realizar una gestión integral de todos los materiales. En general, debemos agruparlos en función de su origen por lo que normalmente se estudian en función del sector al que pertenecen (hortícola, frutícola, cítrica, vitivinícola, oleícola, urbano). En ocasiones compartirán composición, contenido en humedad, relaciones C/N similares o no, pero debido a la necesidad para su gestión en proximidad, así como la zonificación de las producciones agrícolas, es adecuado establecer esta aproximación. Para conocer cuál es el flujo o cantidad potencial de residuos generados por cada sector/cultivo, es necesario realizar aproximaciones, puesto que los flujos residuales raras veces se pesan o cuantifican. El procedimiento más usual es realizar estimaciones que tengan en cuenta:

- a. La superficie del cultivo en concreto.
- b. El porcentaje de parte no comercial (biomasa no productiva) respecto a la parte comercial (que si se conoce de forma concreta).

Los **flujos no productivos** pueden incluir diferentes tipos de biomasa:

- Partes vegetales no productivas (ej. raíces, tallos y ramas).
- Destríos o partidas no comercializadas del producto.
- Flujos orgánicos residuales del procesado agroalimentario.
- Podas y arranques de especies leñosas.

Cada tipología de sector generará un flujo no productivo distinto y su estimación y aprovechamientos variarán significativamente. En los siguientes apartados se han calculado aproximadamente las cantidades de residuos que se generan en los diferentes sectores, dividiéndolos según los procesos o labores que los generan (poda, destrío, transformación industrial), al final del estudio se realizara un resumen destacando los sectores que más residuos generan, tanto provincialmente como en el conjunto de la Comunidad Valenciana.

SECTOR HORTÍCOLA

El volumen de residuos en este sector se genera por las industrias de la transformación y comercialización, pues los restos del campo suelen ser reincorporados siempre y cuando no suponga un foco de plagas y enfermedades. Así pues, los residuos producidos en este sector derivan principalmente del destrío y de la transformación industrial, el primero, proceso por el cual diferentes cultivos hortícolas y también frutícolas son rechazados durante el proceso de selección para su comercialización, debido a mal formaciones, estado de inmadurez, afectados por algún patógeno con presencia abundante de manchas y rajados o por no responder a los estándares de tamaño.

De los pocos estudios que han intentado cuantificar los restos generados, se estima que el destrío de selección se eleva al 5% de la producción en el caso de cultivos hortícolas y al 10% en el caso de cultivos frutícolas, aunque esta tasa depende evidentemente de muchos factores de producción y comercialización.

El sector industrial dedicado al procesado de frutas y hortalizas para la fabricación de conservas, congelados, zumos, concentrados, néctares, IV y V gama, genera un volumen de residuos considerable en el proceso de elaboración de los productos, al desechar las partes sin interés industrial. En la siguiente tabla 6 se ven reflejados los porcentajes de restos originados en diferentes cultivos procesados industrialmente y los tipos de restos que generan:

Tabla 6. Representación en tanto % de los restos generados durante el proceso de transformación industrial en diferentes cultivos.

Fuente: Universidad de Valencia.

Materia prima	Tipo de restos	% de restos total
Tomate	Piel, pepita, podridos	15
Pimiento	Corazones, pieles	50 – 60
Alcachofa	Brácteas, tallos	60 – 65
Judía verde	Puntas	28
Puerro	Hojas, raíces	47
Brotes de ajo	Partes blancas	17
Borraja	Hojas	28
Cardo	Penca, hoja, corazón	65
Acelga	Pencas, hojas	48
Espinacas	Hojas secas	13
Melocotón	Pieles, huesos	22 – 28
Ciruela, albaricoque	Pieles, huesos	10 – 25
Naranja, mandarina	Piel, corteza, semillas	40 – 45
Naranja zumo	Piel, corteza, semillas	60 – 65
Pera	Piel, peciolos, corazón	42 – 45

Aplicando los valores porcentuales sobre la cantidad en toneladas consumida en fresco y destinada a la transformación, se ha estimado aproximadamente la cantidad de residuos que se produjo en los cultivos hortícolas más representativos en la superficie cultivada de las diferentes provincias de la Comunidad Valenciana para el año 2018, los datos obtenidos vienen dados en las tablas 7, 8 y 9, ver en resultados y discusión.

Del mismo modo se han estimado los residuos generados en las superficies cultivadas con certificación ecológica y que están en proceso de conversión para el año 2017 del conjunto de la Comunidad Valenciana, los datos obtenidos los encontramos en la tabla 10, ver en resultados y discusión.

SECTOR FRUTÍCOLA

Los residuos generados en este sector provienen principalmente de las podas, del destrío y de la transformación industrial, el primero, proceso en el cual partes vegetativas de un árbol son eliminadas con el fin de mejorar la productividad de este, pero también para eliminar aquellas partes que sufran algún tipo de enfermedad o bien hayan sido dañadas y puedan provocar un foco de enfermedades u plagas.

En este caso la cantidad generada por cada cultivo (Kg/árbol) viene dada en las tablas de estimación (segunda columna) del mismo modo para las tablas en estimación en ecológico, minimizando para este caso los (Kg/árbol), ya que el uso de abono es

menos abusivo y controlado, en el caso del almendro este valor no ha sido modificado debido a que se trata de un cultivo en su mayoría de secano.

Los siguientes procesos de destrío y transformación industrial ya han sido comentados en el apartado anterior, considerando para este caso que un 10% de la producción es eliminada por labores de destrío, y para labores de industrialización se ha tenido en cuenta los valores porcentuales de la tabla 7 y se ha considerado en el caso de no tener datos que el porcentaje de labores de industrialización es del 20 %, como así lo indica el estudio elaborado por Probiogas.

Aplicando los valores porcentuales sobre la superficie cultivada, la cantidad en toneladas consumida en fresco y destinada a la transformación, se ha estimado aproximadamente la cantidad de residuos que se produjo en los cultivos frutícolas más representativos en la superficie cultivada de las diferentes provincias de la Comunidad Valenciana para el año 2018, los datos obtenidos vienen dados en las tablas 11, 12 y 13, ver en resultados y discusión.

Se han estimado además los residuos generados en las superficies cultivadas con certificación ecológica y que están en proceso de conversión para el año 2017 del conjunto de la Comunidad Valenciana, teniendo en cuenta las premisas antes comentadas, los datos obtenidos los encontramos en la tabla 14, ver en resultados y discusión.

SECTOR CITRÍCOLA

Al igual que el sector frutícola, los residuos generados en el sector cítrico provienen principalmente de las podas, del destrío y de la transformación industrial. En este caso también consideramos que un 10% de la producción es eliminada por labores de destrío y para labores de industrialización los valores porcentuales de la tabla 7 y del estudio elaborado por Probiogas.

En este caso la cantidad generada por cada cultivo (Kg/árbol) viene dada en las tablas de estimación (segunda columna) del mismo modo para las tablas en estimación

en ecológico, minimizando para este caso los (Kg/árbol), ya que el uso de abono es menos abusivo y controlado.

Aplicando los valores porcentuales sobre la superficie cultivada, la cantidad en toneladas consumida en fresco y destinada a la transformación, se ha estimado aproximadamente la cantidad de residuos que se produjeron en los cultivos citrícolas más representativos en la superficie cultivada de las diferentes provincias de la Comunidad Valenciana para el año 2018, los datos obtenidos vienen dados en las tablas 15, 16 y 17, ver en resultados y discusión.

Se han estimado además los residuos generados en las superficies cultivadas con certificación ecológica y que están en proceso de conversión para el año 2017 del conjunto de la Comunidad Valenciana, teniendo en cuenta las premisas anteriormente comentadas, los datos obtenidos los encontramos en la tabla 18, ver en resultados y discusión.

SECTOR OLEÍCOLA

Los residuos generados en el sector oleícola provienen principalmente de las podas, del destrío y de la transformación industrial. Para este caso también consideramos que un 10% de la producción es eliminada por labores de destrío. Para las labores de poda se han considerado los (Kg/árbol) de residuo que se genera de la segunda columna, del mismo modo en las tablas de estimación en ecológico, sin minimizar su producción al ser un cultivo en su mayoría de secano.

En cuanto a las labores de industrialización, hay que decir previamente que actualmente el sistema tradicional para obtener aceite en las almazaras, llamado sistema de tres fases, produciendo tres tipos de subproductos: alpechín, orujo y agua residual. Está siendo sustituido por un sistema de dos fases, más ventajoso, que genera: agua residual y alperujo (orujo y alpechín). Como dato en España, el 90 % del residuo se genera como alperujo y según estimaciones se producen más de 2 millones de toneladas anuales de alperujo.

Las ventajas del sistema de dos fases respecto al tradicional son claras:

- Es más eficiente.
- Genera menos residuos.
- Consume menos agua y por tanto produce menos cantidad de aguas residuales.

Por lo cual, se ha considerado para el cálculo de residuos en las labores de industrialización de la oliva de almazara, que el sistema utilizado es el de dos fases. La cantidad de residuos generados en el sistema de dos fases en proporciones que parten de 100 kg de aceituna son del orden de 21 kg (0,21%) de aceite, 75 kg (0,75%) de alperujo, y solamente se generan unos 25 l de agua residual del lavado del aceite, este último no ha sido considerado, ya que solo nos centraremos en el residuo vegetal. Por su parte, en la industria del aderezo se ha considerado que en el proceso de deshuesado se produce un 15% de residuo.

Aplicando por lo tanto los valores porcentuales sobre la superficie cultivada, la cantidad en toneladas consumida en fresco y destinada a la transformación, se ha estimado aproximadamente la cantidad de residuos que se produjo en el sector oleícola sobre la superficie cultivada de las diferentes provincias de la Comunidad Valenciana para el año 2018, los datos obtenidos vienen dados en las siguientes tablas 19, 20 y 21, ver en resultados y discusión.

Del mismo modo se han estimado los residuos generados en las superficies cultivadas con certificación ecológica y que están en proceso de conversión para el año 2017 del conjunto de la Comunidad Valenciana, los datos obtenidos los encontramos en la tabla 22, ver en resultados y discusión.

SECTOR VITIVINÍCOLA

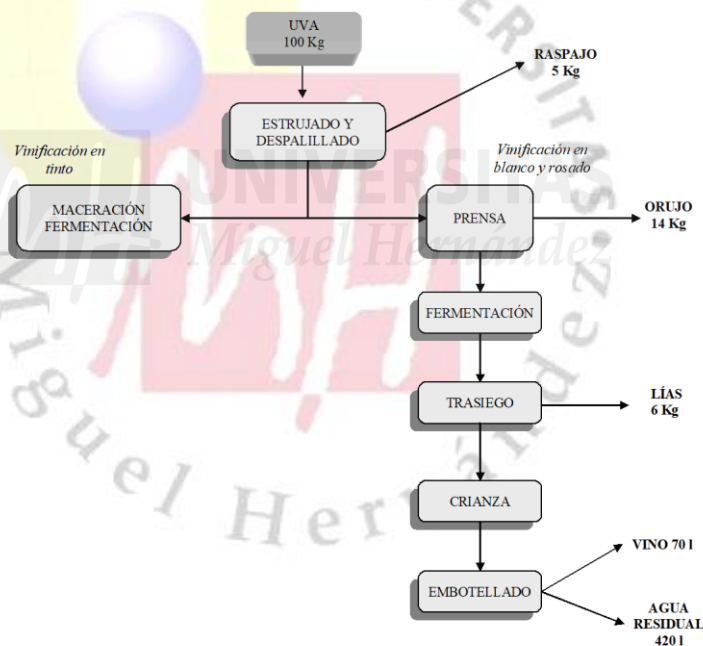
Los residuos generados en el sector vitivinícola provienen principalmente de las podas, del destrío y de la transformación industrial. Para este caso también consideramos que un 10% de la producción es eliminada por labores de destrío. Para las

labores de poda se han considerado los (Kg/árbol) de residuo que se genera de la segunda columna, del mismo modo en las tablas de estimación en ecológico, sin minimizar su producción al ser un cultivo en su mayoría de secano.

En cuanto a las labores de industrialización, por cada 100 kg de uva procesada, se obtiene 70 L de vino y como residuos: 5 kg de raspón; 14 kg de orujo; 6 kg de lías (25%); y 420 L de agua residual, tal y como se presenta en el siguiente esquema 9.

Esquema 9. Esquema simplificado del proceso industrial vinícola y alcoholera (Sector vitivinícola).

Fuente: (Material docente).



Aplicando por lo tanto los valores porcentuales sobre la superficie cultivada, la cantidad en toneladas consumida en fresco y destinada a la transformación, se ha estimado aproximadamente la cantidad de residuos que se produce en el sector vitivinícola sobre la superficie cultivada de las diferentes provincias de la Comunidad Valenciana, los datos obtenidos vienen dados en las siguientes tablas 23, 24 y 25, ver en resultados y discusión.

Del mismo modo se han estimado los residuos generados en las superficies cultivadas con certificación ecológica y que están en proceso de conversión para el año 2017 del conjunto de la Comunidad Valenciana, los datos obtenidos los encontramos en la tabla 26, ver en resultados y discusión.

3.2.2. Desarrollo de colección de muestras de materias primas de origen vegetal

Una vez estimados los flujos residuales, el siguiente paso ha sido la obtención de las materias primas para el estudio de los diferentes parámetros y su análisis.

El proceso de obtención de las muestras comienza dentro de una de las múltiples instalaciones con las que cuenta la Universidad Miguel Hernández de Elche, ubicada dentro del campus de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela (EPSO). La instalación denominada COMPOLAB (COMPOLAB-Laboratorio de valorización de residuos orgánicos) esta asignada al Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente a través del Grupo de Investigación Aplicada en Agroquímica y Medio Ambiente (GIAAMA).

De este modo el trabajo cuenta con las siguientes materias primas:

- a) *Sector hortícola de origen agrícola:* Alcachofa, apio-lechuga-brócoli, calabaza, cebolla, colirrábano, lechuga-apio, maíz-brócoli, pimiento rojo, pimiento planta, sandía y tomate Cherry. *De origen agroalimentario:* Apio, puerro-apio y puerro-calabaza.
- b) *Sector frutícola de origen agrícola:* Poda níspero, granada fruto, poda granada, poda caqui y poda almendro. *De origen agroalimentario:* Almendra cáscara, almendra piel y puré de manzana.
- c) *Sector citrícola de origen agrícola:* Naranja, naranjo poda y podas de cítricos. *De origen agroalimentario:* Cáscara y pulpa de limón.
- d) *Sector oleícola de origen agrícola:* Hoja de olivo y poda de olivo. *De origen agroalimentario:* Alperujo, orujo y restos olivar.
- e) *Sector vitivinícola de origen agrícola:* Poda vid. *De origen agroalimentario:* Orujo y raspón.

SECTOR HORTÍCOLA

Alcachofa



Calabaza



Cebolla



Colirrábano



Lechuga



Brócoli



Pimiento



Maíz



Sandía



Puerro



Apio



Tomate Cherry



Figura I-18. Desarrollo de la colección de muestras del sector hortícola.

(Fuentes: Elaboración propia a partir de la web)

SECTOR FRUTÍCOLA



Figura I-19. Desarrollo de la colección de muestras del sector frutícola.

(Fuentes: Elaboración propia a partir de la web)

SECTOR CITRÍCOLA



Figura I-20. Desarrollo de la colección de muestras del sector cítrico.

(Fuentes: Elaboración propia a partir de la web)

SECTOR OLEÍCOLA

Hoja de olivo

Poda de olivo

Alperujo



Orujo



Figura I-21. Desarrollo de la colección de muestras del sector oleícola.

(Fuentes: Elaboración propia a partir de la web)

SECTOR VITIVINÍCOLA

Sarmientos

Orujo

Raspón



Figura I-22. Desarrollo de la colección de muestras del sector vitivinícola.

(Fuentes: Elaboración propia a partir de la web)

3.2.3. Análisis de los flujos residuales vegetales de a GVA

Una vez obtenidas las materias primas se procedió a su análisis, estos se realizaron en los laboratorios del departamento de agroquímica y medio ambiente de la EPSO Universidad Miguel Hernández, conforme a los métodos analíticos descritos en el punto 3.3 de este trabajo.

Los materiales empleados fueron los siguientes:

Centrifugadora



Estufa de secado



Tubos de filtrado



Medidor de pH y CE



Cromatógrafo



Balanza de precisión



Campana de extracción



Tubo de digestión



Figura I-23. Materiales usados para el análisis de las muestras escogidas.

(Fuentes: Elaboración propia a partir de la web)

3.3. MÉTODOS ANALÍTICOS

En las muestras empleadas se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

Humedad	Densidad aparente	pH
Conductividad eléctrica	Materia orgánica	Carbono total
Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Relación C/N	Sodio	Polifenoles

Toma y preparación de la muestra

Antes de proceder al análisis de las muestras es necesario unos pasos previos para acondicionar su análisis: secado, molido, homogeneizado y conservación.

a) Secado

La muestra se extiende en una bandeja de plástico para proceder a su secado. Dependiendo de la humedad inicial del material, este se seca al aire o se somete a un secado en estufa de aire forzado a 60 °C.

b) Molido y homogeneizado

Una vez secada la muestra se procede a su molido mediante un molinillo eléctrico provisto de aspas metálicas, usando la cantidad necesaria para que se realice de forma adecuada y luego se vuelven a secar a 105 °C.

c) Conservación

Las muestras homogeneizadas se conservan en recipientes de polietileno o de polipropileno provistos de cierre hermético, debidamente identificados para futuras comprobaciones.

Descripción de las técnicas empleadas:

Humedad original

Para la determinación de la humedad se utilizó el método gravimétrico. La humedad la determinamos por diferencia de peso entre la materia humedad y la seca una vez secado el material a 105°C quedándonos un porcentaje de humedad.

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{p1 - p2}{p1 - p3} * 100$$

P1= peso de la cápsula + peso de la muestra seca al aire.

P2=peso de la capsula + peso de la muestra se a 105°C.

P3=peso de la capsula.

Densidad aparente

Es el cociente entre masa y volumen aparente.

Medida del pH

El pH se mide sobre la suspensión acuosa obtenida por agitación mecánica durante 2 horas de la proporción 1:10, sólido/líquido. La medida se realiza con un pHmetro por duplicado.

Conductividad eléctrica

Se determina sobre la suspensión acuosa anterior, previamente centrifugada y filtrada, con un conductímetro y también se realiza sobre las dos submuestras para evitar posibles errores.

Pérdida de peso por calcinación

Se determina según el método de Navarro y col. (1993), se toma como cenizas el residuo fijo obtenido de la calcinación de la muestra a 430 °C.

Pérdida de materia orgánica

Las pérdidas de materia orgánica (MO), se determina según el método Navarro y col. (1993). La pérdida de peso se expresa respecto de la muestra seca.

$$\% \text{ Cenizas} = 100 - \% \text{ MOT}$$

El contenido de materia orgánica total de una muestra se determina mediante la expresión:

$$\% \text{ MOT} = \frac{ps - pc}{p} * 100$$

Ps = peso seco, en gramos, del crisol + el filtro con muestra.

Pc = peso calcinado, en gramos, del crisol con la muestra.

P = peso en gramos de la muestra seca.

Carbono orgánico total y nitrógeno total

Se realiza quemando la muestra a 1020 °C en un analizador elemental (Navarro y col., 1991).

Procedimiento

Se pesan 1-2 mg de muestra seca (finalmente molida en mortero de ágata) en una capsula de estaño con una precisión de 0,001 mg, posteriormente se cierra la capsula con cuidado para no perder nada de muestra. Se procede a su análisis una vez calibrado el analizador con patrón atropina.

Relación C/N

Es el cociente entre el carbono orgánico total y nitrógeno total.

Fósforo total

Se determina por medida espectrofotométrica de la intensidad de coloración amarilla producida por el complejo fosfovanadato molibdato amónico (kitson y Mellon, 1994), obtenido sobre una fracción del extracto de mineralización.

Una vez obtenida la lectura de nuestra muestra podemos obtener el fosforo total mediante el cálculo de la ecuación:

$$\frac{g}{Kg} P = \frac{L * V * 5}{P}$$

P = (g/ kg): 10 = P (%)

P2O5 = % P × 2.29

L= Lectura obtenida en el espectrómetro visible-ultravioleta (mg/l).

V= Volumen de aforo de mineralización de la muestra.

P = Peso del material orgánico utilizado para la mineralización.

Sodio y potasio

Estos elementos se midieron en disoluciones adecuadas del extracto de mineralización, mediante fotómetro de llama.

El contenido de sodio y potasio obtenido en la muestra se determina mediante la siguiente expresión:

$$C = \text{mg Na}^+ / l = \text{lectura} \times \text{disolución} \times 0.1$$

$$C = \text{mg K}^+ / l = \text{lectura} \times \text{disolución} \times 0.1$$

$$\text{Na o K} \frac{g}{Kg} = \frac{c * v}{p}$$

C = mg/l obtenidos para el Na y el K.

V= volumen de aforo de la mineralización de la muestra (l).

P= peso de la muestra utilizada en la mineralización (g).

Polifenoles hidrosolubles

- 1- Extracción de los polifenoles en muestra acuosa y agitar en centrifugadora.
- 2- Al extracto se le añade el reactivo ácido y disolución NaOH.
- 3- Reposo.
- 4- Las muestras son analizadas por el espectrógrafo y se realiza una curva de calibrado.
- 5- Medición mediante escala patrón.



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS FLUJOS RESIDUALES VEGETALES EN LOS SECTORES CLAVES VALENCIANOS

En este apartado de resultados y discusión vamos a estudiar de forma secuencial cada uno de los sectores estimando la biomasa no productiva generada por cada cultivo y provincia.

SECTOR HORTÍCOLA

A continuación, en las tablas 7, 8 y 9 se muestran los datos obtenidos (Residuos generados en toneladas por origen) tras aplicar los valores porcentuales de las primeras columnas con los datos de destino del cultivo para el sector hortícola.

Tabla 7. Estimación de los residuos generados en los procesos de destrío y transformación industrial en la provincia de Alicante (Sector hortícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

ALICANTE	DESTRÍO	IND.TRANSFORMACIÓN		DESTINO CULTIVO		RESIDUOS GENERADOS EN TONELADAS POR ORIGEN		
	%	Partes desechadas	%	FRESCO (ton)	INDUSTRIA (ton)	DESTRÍO	INDUSTRIA	TOTAL RESIDUOS GENERADOS
CALABAZA	5%	Semillas, pedúnculo, cáscara	20%	8.566	5.250	691	1.050	1.741
SANDÍA	5%		0%	12.254	-	613	-	613
MELÓN	5%		0%	27.588	-	1.379	-	1.379
TOMATE	5%	Piel, pepita, podridos	15%	44.118	4.902	2.451	735	3.186
PIMIENTO	5%	Corazones, semillas	55%	29.204	5.154	1.718	2.835	4.553
ALCACHOFA	5%	Brácteas, tallos	63%	11.720	14.916	1.332	9.397	10.729
APIO	5%	Hojas, tallos	20%	17.411	-	871	-	871
BRÓCOLI	5%	Inflorescencias afectadas, tronco, hojas	20%	42.487	8.093	2.529	1.619	4.148
COL	5%	Hojas, tronco	20%	7.907	-	395	-	395
LECHUGA	5%	Hojas, tronco	20%	30.499	-	1.525	-	1.525
CEBOLLA	5%	Raíces, túnicas	20%	17.375	-	869	-	869
					TOTAL	14.372	15.636	30.008

Tabla 8. Estimación de los residuos generados en los procesos de destrío y transformación industrial en la provincia de Valencia (Sector hortícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

VALENCIA	DESTRÍO %	IND.TRANSFORMACIÓN		DESTINO CULTIVO		RESIDUOS GENERADOS EN TONELADAS POR ORIGEN		
		Partes desechadas	%	FRESCO (ton)	INDUSTRIA (ton)	DESTRÍO	INDUSTRIA	TOTAL RESIDUOS GENERADOS
CALABAZA	5%	Semillas, pedúnculo, cáscara	20%	21.232	-	1.062	-	1.062
SANDÍA	5%		0%	48.956	-	2.448	-	2.448
MELÓN	5%		0%	3.740	-	187	-	187
TOMATE	5%	Piel, pepita, podridos	15%	7.779	-	389	-	389
PIMIENTO	5%	Corazones, semillas	55%	19.129	-	956	-	956
ALCACHOFA	5%	Brácteas, tallos	63%	14.125	1.346	774	848	1.622
APIO	5%	Hojas, tallos	20%	1.592	-	80	-	80
BRÓCOLI	5%	Inflorescencias afectadas, tronco, hojas	20%	-	-	-	-	-
COL	5%	Hojas, tronco	20%	32.183	-	1.609	-	1.609
LECHUGA	5%	Hojas, tronco	20%	18.350	966	966	193	1.159
CEBOLLA	5%	Raíces, túnicas	20%	66.290	-	3.315	-	3.315
				TOTAL		11.784	1.041	12.826

Tabla 9. Estimación de los residuos generados en los procesos de destrío y transformación industrial en la provincia de Castellón (Sector hortícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

CASTELLÓN	DESTRÍO %	IND.TRANSFORMACIÓN		DESTINO CULTIVO		RESIDUOS GENERADOS EN TONELADAS POR ORIGEN		
		Partes desechadas	%	FRESCO (ton)	INDUSTRIA (ton)	DESTRÍO	INDUSTRIA	TOTAL RESIDUOS GENERADOS
CALABAZA	5%	Semillas, pedúnculo, cáscara	20%	2.369	-	118	-	118
SANDÍA	5%		0%	8.621	-	431	-	431
MELÓN	5%		0%	6.278	-	314	-	314
TOMATE	5%	Piel, pepita, podridos	15%	16.403	-	820	-	820
PIMIENTO	5%	Corazones, semillas	55%	3.016	-	151	-	151
ALCACHOFA	5%	Brácteas, tallos	63%	10.405	1.708	606	1.076	1.682
APIO	5%	Hojas, tallos	20%	205	-	10	-	10
BRÓCOLI	5%	Inflorescencias afectadas, tronco, hojas	20%	1.245	-	62	-	62
COL	5%	Hojas, tronco	20%	10.886	-	544	-	544
LECHUGA	5%	Hojas, tronco	20%	6.588	-	329	-	329
CEBOLLA	5%	Raíces, túnicas	20%	5.344	-	267	-	267
				TOTAL		3.653	1.076	4.729

Considerando que durante las labores previas de comercialización tanto para su destino en fresco como para la industria un 5 % de la producción se retira del proceso productivo, como así podemos extraer del estudio elaborado por Probiogas de "Clasificación de materias primas de origen vegetal", ha sido aplicado y así lo podemos ver reflejado en las tablas en la columna de residuos generados en toneladas por origen (destrío), arrojando los siguientes datos:

En la provincia de Alicante se generó 14.372 toneladas de residuo aproximadamente durante el proceso de destrío, siendo el cultivo del brócoli con 2.529

toneladas el que más residuo generó, le siguen por delante el cultivo del tomate, pimiento, lechuga y melón.

En la provincia de Valencia se generó 11.784 toneladas de residuo aproximadamente, siendo el cultivo de la cebolla con 3.315 toneladas el que más residuo generó, le siguen por delante el cultivo de la sandía, col, calabaza y lechuga.

Por último, en la provincia de Castellón se generó 3.653 toneladas de residuo aproximadamente, siendo el cultivo del tomate con 820 toneladas el que más residuo generó, le siguen por delante el cultivo de la alcachofa, col, sandía y lechuga.

Por otro lado, considerando los porcentajes de residuos generados durante el proceso de industrialización de la tabla 7 y un porcentaje del 20% de partes desechadas como apunta el estudio de Probiogas para los cultivos en los que no se dispone de datos, se ha obtenido la cantidad de residuos que se generó en este en los diferentes cultivos.

En la provincia de Alicante se produjeron aproximadamente 15.636 toneladas durante el proceso de transformación industrial, destacando el cultivo de la alcachofa que generó 9.397 toneladas de desechos, le siguen el cultivo del pimiento y del brócoli.

En la provincia de Valencia se produjeron aproximadamente 1.041 toneladas durante el proceso de transformación industrial, destacando el cultivo de la alcachofa que generó 9.397 toneladas de desechos, le siguen el cultivo del pimiento y del brócoli.

En la provincia de Castellón se produjeron aproximadamente 1.076 toneladas durante el proceso de transformación industrial, perteneciendo el dato al cultivo de la alcachofa, pues los demás cultivos no se destinaron a industria.

Por último, teniendo en cuenta al conjunto producido en las labores de destrío y en industria, tenemos que, en Alicante con un total de 30.008 toneladas generadas, destaca con 10.729 toneladas producidas el cultivo de la alcachofa, siguiéndole los cultivos del pimiento y brócoli.

En la provincia de Valencia con un total de 12.826 toneladas generadas, destaca el cultivo de la cebolla con 3.315 toneladas, le siguen los cultivos de la sandía y de la alcachofa.

En la provincia de Castellón, con 4.729 toneladas generadas destaca el cultivo de la alcachofa con 1.682 toneladas, le siguen los cultivos del tomate y de la col.

En las siguientes figuras 24, 25 y 26 vienen recogidas las cantidades totales generadas por cada cultivo, apreciando cuáles son los que más generan en cada provincia.

Figura 24. Estimación residuos generados en los procesos de destrío y transformación industrial provincia de Alicante (Sector hortícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

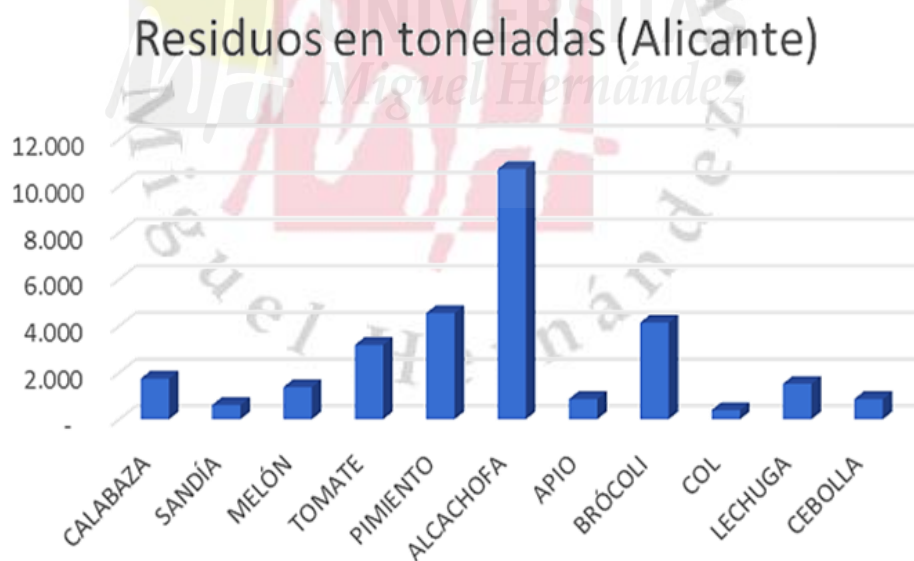


Figura 25. Estimación residuos generados en los procesos de destrío y transformación industrial provincia de Valencia (Sector hortícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

Residuos en toneladas (Valencia)

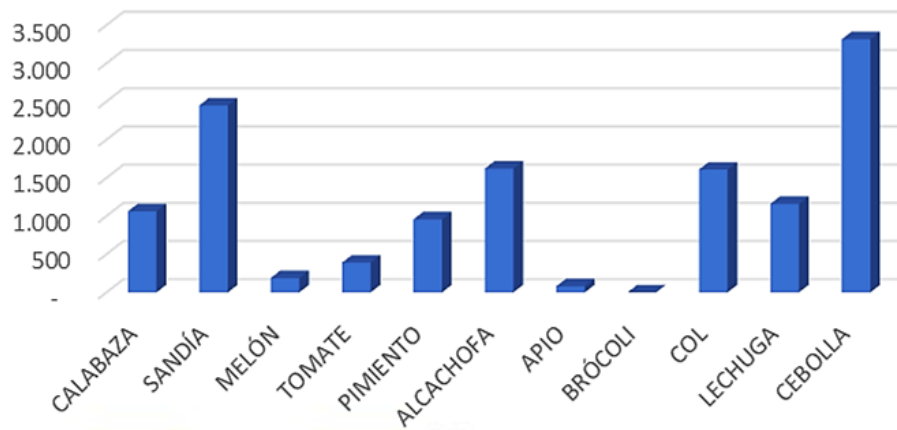
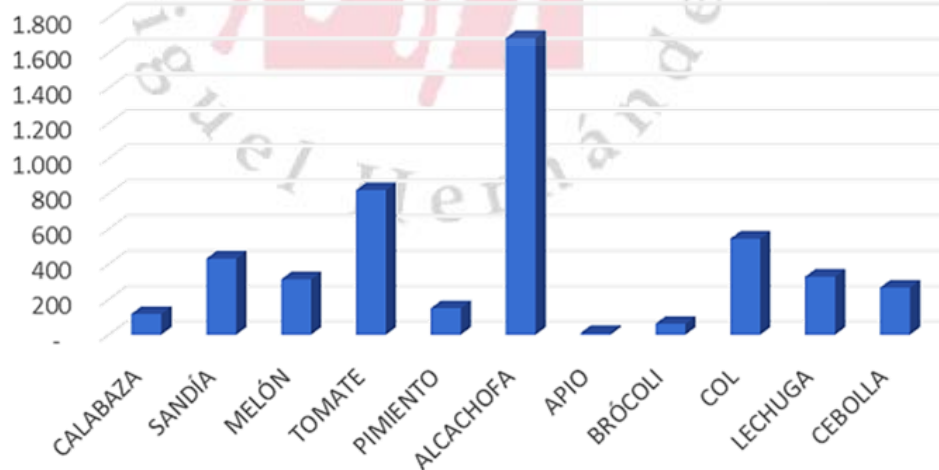


Figura 26. Estimación residuos generados en los procesos de destrío y transformación industrial provincia de Castellón (Sector hortícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

Residuos en toneladas (Castellón)



En la tabla 10 se muestran los datos obtenidos (Residuos generados en toneladas por origen) tras aplicar los valores porcentuales de las primeras columnas con los datos de destino del cultivo para el sector hortícola en ECO.

Tabla 10. Estimación de los residuos generados en los procesos de destrío y transformación industrial en la Comunidad Valenciana (Sector hortícola-ECO).

Fuente: (elaboración propia 2020).

C. Valenciana	DESTRÍO %	IND.TRANSFORMACIÓN		ECO		RESIDUOS GENERADOS EN TONELADAS POR ORIGEN		
		Partes desechadas	%	DESTINO CULTIVO		DESTRÍO	INDUSTRIA	TOTAL RESIDUOS GENERADOS
				FRESCO (ton)	INDUSTRIA (ton)			
CALABAZA	5%	Semillas, pedúnculo, cáscara	20%	292	179	24	36	59
SANDÍA	5%		0%	1.363	-	68	-	68
MELÓN	5%		0%	313	-	16	-	16
TOMATE	5%	Piel, pepita, podridos	15%	1.177	131	65	20	85
PIMIENTO	5%	Corazones, semillas	55%	2.523	445	148	245	393
ALCACHOFA	5%	Brácteas, tallos	63%	834	1.061	95	668	763
APIO	5%	Hojas, tallos	20%	695	-	35	-	35
BRÓCOLI	5%	Inflorescencias afectadas, tronco, hojas	20%	715	138	43	28	70
COL	5%	Hojas, tronco	20%	1.085	-	54	-	54
LECHUGA	5%	Hojas, tronco	20%	355	19	19	4	23
CEBOLLA	5%	Raíces, túnicas	20%	1.699	-	85	-	85
					TOTAL	651	1.000	1.651

Para el caso del sector hortícola en ecológico se han considerado los mismos valores porcentuales de generación de residuos en los procesos de destrío (5%) y de transformación industrial (tabla 6), han sido aplicados y los datos obtenidos son los siguientes.

En la Comunidad Valenciana se produjeron aproximadamente 651 toneladas durante las labores de destrío, destacando el cultivo del pimiento que generó 148 toneladas de desechos, le siguen el cultivo de la alcachofa y de la cebolla.

En cuanto a las labores de transformación industrial en la Comunidad Valenciana se produjeron aproximadamente un total de 1.000 toneladas de residuo, destacando el cultivo de la alcachofa con 668 toneladas generadas y el cultivo del pimiento con 245 toneladas.

De la suma total de estas labores tenemos que, en el sector hortícola ecológico se produjeron aproximadamente 1.651 toneladas de residuos, siendo los cultivos de la

alcachofa con 763 toneladas y del pimiento con 393 toneladas los que más residuo generaron.

En la siguiente figura 27 vienen recogidas las cantidades totales generadas por cada cultivo, apreciando cuáles son los que más generaron.

Figura 27. Estimación residuos generados en los procesos de destrío y transformación industrial en la Comunidad Valenciana (Sector hortícola-ECO).

Fuente: (elaboración propia 2020).



Una vez estimados los residuos es importante saber dónde se encuentran o generan para establecer una gestión de proximidad, por ello se han creado una serie de mapas en los cuales podemos ver las zonas por superficie cultivada (ha) de las diferentes provincias de la Comunidad Valenciana donde los sectores estudiados tienen una mayor afluencia, estos mapas los encontramos en el ANEXO 1 y en el MAPA 1 tenemos el mapa de aproximación de los residuos originados tras la actividad agrícola del sector hortícola.

Con la ayuda de este mapa se ha podido establecer las zonas críticas donde se debería de actuar, así pues, tendríamos como resultado las comarcas de la Vega Baja, Bajo Vinalopó, Marina Alta, Vinalopó medio, Alicante y El Combat (Alicante), Plana de

Utiel, Ribera Alta, La Safor, Vall D’Albaida, Hoya de Buñol, Huerta Sur, Oeste y Norte (Valencia), Alto Palencia, Alto Mijares, Bajo Maestrazgo y Alto Maestrazgo (Castellón).

Hay que tener en cuenta que las industrias que procesan y comercializan los productos se encuentran normalmente próximas a las zonas donde se producen, por lo tanto, queda estrechado el círculo donde se debería actuar.

FRUTÍCOLA RESULTADOS

A continuación, en las tablas 11, 12 y 13, se muestran los datos obtenidos (Residuos generados en toneladas por origen) tras aplicar los valores porcentuales de las primeras columnas con los datos de destino del cultivo y superficie cultivada para el sector frutícola.

Tabla 11. Estimación residuos generados en la poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Alicante (Sector frutícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

ALICANTE	PODA (kg/árbol)	MARCO PLANTACIÓN (m ²)	DESTRÍO%	IND. TRANSFORMACIÓN%	SUPERFICIE (ha)	DESTINO CULTIVO		RESIDUOS GENERADOS EN TONELADAS POR ORIGEN				
						FRESCO (ton)	INDUSTRIA (ton)	PODA (ton)	DESTRÍO	INDUSTRIA	TOTAL RESIDUOS GENERADOS	
MELOCOTÓN	8	16	10%	Piel, hueso	28%	538	8.566	5.250	2.522	1.382	1.470	5.373
NÍSPERO	4	16	10%	Piel, hueso	20%	836	12.254		2.090	1.225	-	3.315
ALBARICOQUE	8	16	10%	Piel, hueso	25%	525	27.588		2.461	2.759	-	5.220
MANZANA	4	16	10%	Piel, peciolos, corazón	44%	508	44.118	4.902	1.270	4.902	2.157	8.329
CEREZA Y GUINDO	4	16	10%	Semilla	20%	2.110	29.294	5.154	5.275	3.445	1.031	9.751
ALMENDRO	3	36	0%	Cáscara	30%	21.982	11.720	14.916	18.318	-	4.475	22.793
GRANADO	3	16	10%	Corteza, Membrana interna	20%	3.208	17.411		6.015	1.741	-	7.756
CAQUI	8	12	10%	Piel	20%	71	42.487	8.093	473	5.058	1.619	7.150
CIRUELO	4	16	10%	Piel, semilla	25%	383	7.907		958	791	-	1.748
								TOTAL	39.382	21.302	10.751	71.435

Tabla 12. Estimación residuos generados en la poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Valencia (Sector frutícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

VALENCIA	PODA (kg/árbol)	MARCO PLANTACIÓN (m ²)	DESTRÍO%	IND. TRANSFORMACIÓN%	SUPERFICIE (ha)	DESTINO CULTIVO		RESIDUOS GENERADOS EN TONELADAS POR ORIGEN				
						FRESCO (ton)	INDUSTRIA (ton)	PODA (ton)	DESTRÍO	INDUSTRIA	TOTAL RESIDUOS GENERADOS	
MELOCOTÓN	8	16	10%	Piel, hueso	28%	3.811	26.309	4.283	17.864	3.059	1.199	22.123
NÍSPERO	4	16	10%	Piel, hueso	20%	69	218		173	22	-	194
ALBARICOQUE	8	16	10%	Piel, hueso	25%	3.000	16.402	683	14.063	1.709	171	15.942
MANZANA	4	16	10%	Piel, peciolos, corazón	44%	109	1.140	127	273	127	56	455
CEREZA Y GUINDO	4	16	10%	Semilla	20%	79	2.779		198	278	-	475
ALMENDRO	3	36	0%	Cáscara	30%	33.194	12.990		27.662	-	-	27.662
GRANADO	3	16	10%	Corteza, Membrana interna	20%	684	6.395		1.283	640	-	1.922
CAQUI	8	12	10%	Piel	20%	15.803	385.202	7.861	105.353	39.306	1.572	146.232
CIRUELO	4	16	10%	Piel, semilla	25%	1.176	6.151		2.940	615	-	3.555
								TOTAL	169.807	45.755	2.998	218.560

Tabla 13. Estimación residuos generados en la poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Castellón (Sector frutícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

CASTELLÓN	PODA (kg/árbol)	MARCO PLANTACIÓN (m ²)	DESTRÍO%	IND. TRANSFORMACIÓN%	SUPERFICIE (ha)	DESTINO CULTIVO		RESIDUOS GENERADOS EN TONELADAS POR ORIGEN				
						FRESCO (ton)	INDUSTRIA (ton)	PODA (ton)	DESTRÍO	INDUSTRIA	TOTAL RESIDUOS GENERADOS	
MELOCOTÓN	8	16	10%	Piel, hueso	28%	378	1.936		1.772	194	-	1.965
NÍSPERO	4	16	10%	Piel, hueso	20%	170	773		425	77	-	502
ALBARICOQUE	8	16	10%	Piel, hueso	25%	190	870		891	87	-	978
MANZANA	4	16	10%	Piel, peciolos, corazón	44%	75	596		188	60	-	247
CEREZA Y GUINDO	4	16	10%	Semilla	20%	590	900		1.475	90	-	1.565
ALMENDRO	3	36	0%	Cáscara	30%	36.691	447	5.945	30.576	-	1.784	32.359
GRANADO	3	16	10%	Corteza, Membrana interna	20%	95	208		178	21	-	199
CAQUI	8	12	10%	Piel	20%	215	1.663		1.433	166	-	1.600
CIRUELO	4	16	10%	Piel, semilla	25%	101	581		253	58	-	311
								TOTAL	37.190	753	1.784	39.726

Considerando los (Kg/árbol) de podas de la segunda columna, el marco de plantación de la tercera y superficies en cada cultivo de la sexta columna se han obtenido las cantidades de residuos generados por la labor de las podas obteniendo los siguientes datos:

En la provincia de Alicante se produjeron aproximadamente 39.382 toneladas de residuo durante esta labor, siendo el cultivo del almendro con 18.318 toneladas el que más residuo generó a pesar de que sea de uno de los árboles frutales en la que la labor de poda es menos estricta (3 Kg/árbol) y de tener un marco de plantación de los más amplios, esto se debe a la gran superficie ocupada por este cultivo 21.982 ha.

Le sigue por delante el cultivo del granado con 6.015 toneladas generadas, esto se debe al igual que el almendro por su gran superficie cultivada 3.208 ha.

El cultivo de la cereza y guindo también generó un volumen importante de residuos 5.275 toneladas, esto se debe a gran parte también como en los anteriores casos por la superficie cultivada 2.110 ha, pero hay que añadir además que durante la labor se produce algo más de cantidad de poda (4 Kg/árbol).

En el caso del cultivo del melocotón con mucha menos superficie 538 ha, generó un volumen considerable de residuos 2.522 toneladas, esto se debe a gran parte porque durante la labor de la poda se genera mucho volumen de residuo (8 Kg/árbol).

En la provincia de Valencia se produjeron aproximadamente 169.807 toneladas de residuo durante esta labor, siendo el cultivo del caqui con 105.353 toneladas el que más residuo generó, esto se debe principalmente a la poda intensa a la que es sometido (8 Kg/árbol) y también por la gran superficie cultivada 15.803 ha. Le sigue por delante el cultivo del almendro con 27.662 toneladas generadas, esto se debe a la gran superficie cultivada 33.194 ha, esta vez podemos evidenciar como teniendo más superficie no genera más residuo que el cultivo del caqui, ya que la poda de este es menos severa.

El cultivo del melocotón también generó un volumen importante de residuos 17.864 toneladas, esto se debe a gran parte por la poda a la que es sometido (8 Kg/árbol), pero también por la superficie cultivada 3.811 ha.

Por último, hay que destacar el cultivo del albaricoque que cuenta con menos superficie 3.000 ha, pero que generó un volumen considerable de residuos 14.063 toneladas, esto se debe a gran parte porque durante la labor de la poda se genera mucho volumen de residuo (8 Kg/árbol).

En la provincia de Castellón se produjeron aproximadamente 37.190 toneladas de residuo durante esta labor, siendo el cultivo del almendro con 30.570 toneladas el que más residuo generó, esto se debe a la gran superficie cultivada 36.691 ha. Le sigue por delante el cultivo del melocotón con 1.772 toneladas generadas, esto se debe a la poda severa a la que es sometido como hemos comentado anteriormente.

El cultivo del cerezo y guindo también generó un volumen importante de residuos 1.475 toneladas, esto se debe a la superficie cultivada 590 ha, mayor que la del melocotonero produciendo más residuo, a pesar de que la poda es menos severa (4 Kg/árbol).

Por último, hay que destacar el cultivo del caqui con mucha menos superficie 215 ha, pero que genera un volumen considerable de residuos 1.433 toneladas, esto se debe a gran parte porque durante la labor de la poda se genera mucho volumen de residuo (8 Kg/árbol).

Considerando que durante las labores previas de comercialización tanto para su destino en fresco como para la industria un 10 % de la producción se retira del proceso productivo, como así podemos extraer del estudio elaborado por Probiogas de "Clasificación de materias primas de origen vegetal", ha sido aplicado y así lo podemos ver reflejado en las tablas en la columna de residuos generados en toneladas por origen (destrío), arrojando los siguientes datos:

En el año 2018 en la provincia de Alicante se generó 21.302 toneladas de residuo aproximadamente durante el proceso de destrío, siendo el cultivo del caqui con 5.058 toneladas el que más residuo generó, le siguen por delante el cultivo del manzano, cerezo y guindo y el albaricoque.

En la provincia de Valencia se generó 45.755 toneladas de residuo aproximadamente, siendo el cultivo del caqui con 39.306 toneladas el que más residuo generó, le siguen por delante el cultivo del melocotón, albaricoque y granado.

Por último, en la provincia de Castellón se generó 753 toneladas de residuo aproximadamente, siendo el cultivo del melocotón con 194 toneladas el que más residuo generó, le siguen por delante el cultivo del caqui, cerezo y guindo y del albaricoque.

Por otro lado, considerando los porcentajes de residuos generados durante el proceso de industrialización de la tabla 7 y un porcentaje del 20% de partes desechadas

como apunta el estudio de Probiogas para los cultivos en los que no se dispone de datos, se ha obtenido la cantidad de residuos que se genera en este en los diferentes cultivos.

En la provincia de Alicante se produjeron aproximadamente 10.751 toneladas durante el proceso de transformación industrial, destacando el cultivo del almendro que generó 4.475 toneladas de desechos, le siguen el cultivo del manzano y del caqui.

En la provincia de Valencia se produjeron aproximadamente 2.998 toneladas durante el proceso de transformación industrial, destacando el cultivo del caqui que generó 1.572 toneladas de desechos, le siguen el cultivo del melocotón y del albaricoque.

En la provincia de Castellón se produjeron aproximadamente 1.784 toneladas durante el proceso de transformación industrial, perteneciendo el dato al cultivo del almendro, pues los demás cultivos no se destinaron a industria.

Por último, teniendo en cuenta al conjunto producido en las labores de poda, destrío y en industria, tenemos que, en Alicante con un total de 71.435 toneladas generadas, destaca con 22.793 toneladas producidas el cultivo del almendro, le siguen los cultivos del cerezo y guindo y del manzano.

En la provincia de Valencia con un total de 218.560 toneladas generadas, destaca el cultivo del caqui con 146.232 toneladas, le siguen los cultivos del almendro y melocotón.

En la provincia de Castellón, con 39.726 toneladas generadas destaca el cultivo del almendro con 32.359 toneladas, le seguirían los cultivos del melocotón y caqui.

En las siguientes figuras 28, 29 y 30 vienen recogidas todas las cantidades totales generadas por cada cultivo, apreciando cuáles son los que más generan en cada provincia.

Figura 28. Estimación residuos generados en los procesos de poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Alicante (Sector frutícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

Residuos en toneladas (Alicante)

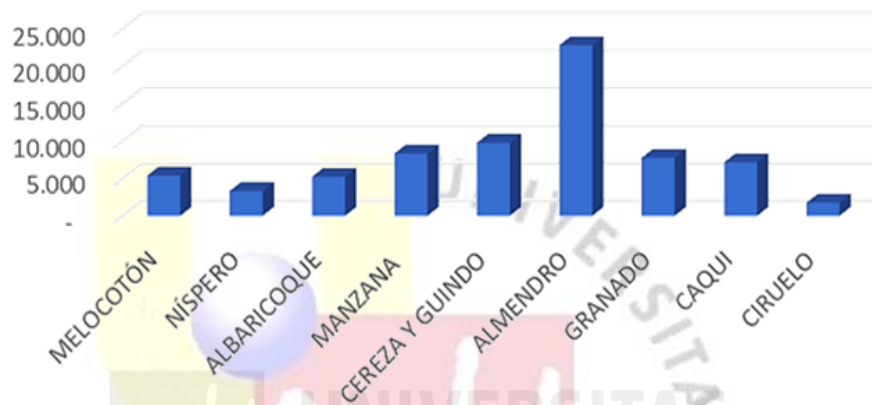


Figura 29. Estimación residuos generados en los procesos de poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Valencia (Sector frutícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

Residuos en toneladas (Valencia)

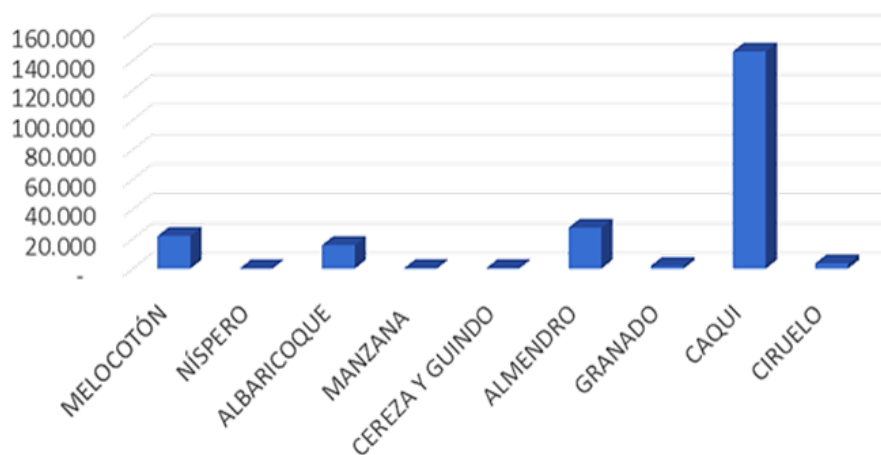
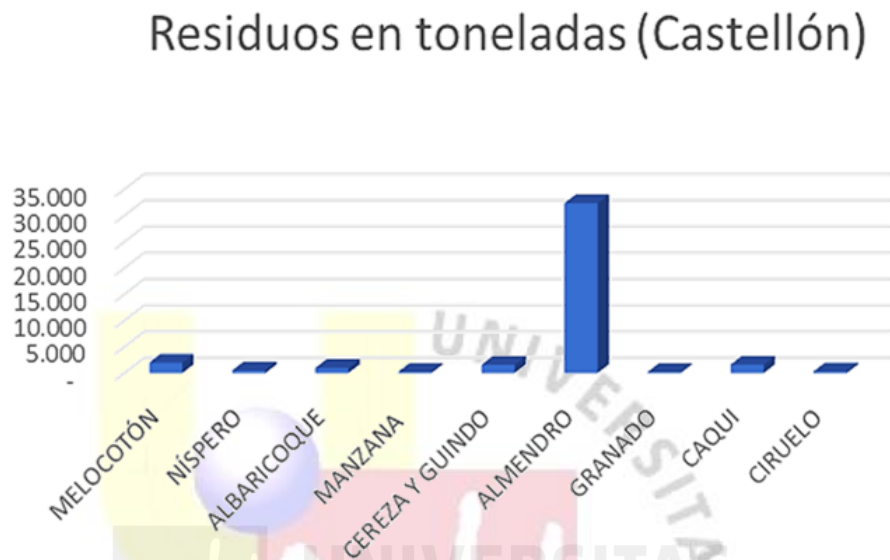


Figura 30. Estimación residuos generados en los procesos de poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Castellón (Sector frutícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).



En la tabla 14 se muestran los datos obtenidos (Residuos generados en toneladas por origen) tras aplicar los valores porcentuales de las primeras columnas con los datos de destino del cultivo y superficie cultivada para el sector frutícola en ECO.

Tabla 14. Estimación de los residuos generados en los procesos de poda, destrío y transformación industrial en la Comunidad Valenciana (Sector frutícola-ECO).

Fuente: (elaboración propia 2020).

ECO												
C.Valenciana	PODA (kg/árbol)	MARCO PLANTACIÓN (m2)	DESTRÍO%	IND. TRANSFORMACIÓN%	SUPERFICIE (ha)	DESTINO CULTIVO			RESIDUOS GENERADOS EN TONELADAS POR ORIGEN			
						FRESCO (ton)	INDUSTRIA (ton)	PODA (ton)	DESTRÍO	INDUSTRIA	TOTAL RESIDUOS GENERADOS	
MELOCOTÓN	6	16	10%	Piel, hueso	28%	44	146	51	165	20	14	199
NÍSPERO	2	16	10%	Piel, hueso	20%	-	-	-	-	-	-	-
ALBARICOQUE	6	16	10%	Piel, hueso	25%	98	65	3	368	7	1	375
MANZANA	2	16	10%	Piel, peciolo, corazón	44%	13	58	6	16	6	3	25
CEREZA Y GUINDO	2	16	10%	Semilla	20%	73	109	19	91	13	4	108
ALMENDRO	3	36	0%	Cáscara	30%	7.933	548	1.602	6.611	-	481	7.091
GRANADO	2	16	10%	Corteza, Membrana interna	20%	-	-	-	-	-	-	-
CAQUI	6	12	10%	Piel	20%	-	-	-	-	-	-	-
CIRUELO	2	16	10%	Piel, semilla	25%	33	82	-	41	8	-	49
						TOTAL			7.292	54	502	7.848

Para el caso del sector frutícola en ecológico se han minimizado los residuos originados tras la poda, ya que en la producción ecológica el uso de abono es menos abusivo y controlado por lo que nos encontramos con una generación de poda (kg/árbol) menor, en el caso del almendro no se ha aplicado, ya que este se suele encontrar en seco, y se han considerado los mismos valores porcentuales de generación de residuos en los procesos de destrío (10%) y de transformación industrial (tabla 7-Probiogas), han sido aplicados y los datos obtenidos son los siguientes.

En la Comunidad Valenciana se produjeron aproximadamente 7.292 toneladas durante las labores de poda, destacando el cultivo del almendro que generó 6.611 toneladas de residuo, le siguen el cultivo del albaricoque y del melocotón.

En cuanto a las labores de destrío en la Comunidad Valenciana se produjeron aproximadamente un total de 54 toneladas de residuo, destacando el cultivo del melocotón con 20 toneladas generadas y el cultivo del cerezo y guindo con 13 toneladas.

Por último, en las labores de transformación industrial se generaron un total de 502 toneladas de residuos, destacando el cultivo del almendro con 481 toneladas.

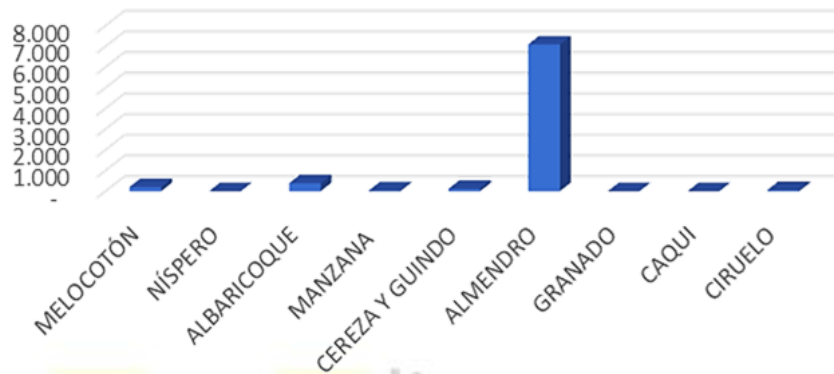
De la suma total de estas labores tenemos que, en el sector frutícola ecológico se produjeron aproximadamente 7.848 toneladas de residuos, siendo los cultivos del almendro con 7.091 toneladas y del albaricoquero con 375 toneladas los que más residuo generaron, siguiéndoles el del melocotón y de cereza y guindo.

En la siguiente figura 31 vienen recogidas las cantidades totales generadas por cada cultivo, apreciando cuáles son los que más generan.

Figura 31. Estimación residuos generados en los procesos de poda, destrío y transformación industrial en la Comunidad Valenciana (Sector frutícola-ECO).

Fuente: (elaboración propia 2020).

Residuos en toneladas (Comunidad Valenciana)



Una vez realizada la estimación se ha procedido a establecer las zonas de mayor afluencia de los cultivos estudiados para el sector frutícola, como resultado tenemos el MAPA 2 “mapa de aproximación de los residuos originados tras la actividad agrícola del sector frutícola” ir a ANEXO 1.

Con la ayuda de este mapa se ha podido establecer las zonas críticas donde se debería de actuar, así pues, tendríamos como resultado las comarcas de Alcoiá, Bajo Vinalopó, Marina Alta, Vinalopó medio, Alto Vinalopó, Alicante y El Combat (Alicante), Ribera Alta, Ribera baja, La Safor, La Costera, Canal de Navarres, Los Serranos, Rincón de Ademuz y Camp de Turia (Valencia), Plana Alta, Alto Palencia, Alto Mijares, Bajo Maestrazgo y Alto Maestrazgo (Castellón).

CITRÍCOLA RESULTADOS

A continuación, en las tablas 15, 16 y 17, se muestran los datos obtenidos (Residuos generados en toneladas por origen) tras aplicar los valores porcentuales de las primeras columnas con los datos de destino del cultivo y superficie cultivada para el sector cítrico.

Tabla 15. Estimación residuos generados en la poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Alicante (Sector cítrico).

Fuente: (elaboración propia 2020).

ALICANTE	PODA (kg/árbol)	MARCO PLANTACIÓN (m2)	DESTRÍO%	IND. TRANSFORMACIÓN%	SUPERFICIE (ha)	DESTINO CULTIVO		RESIDUOS GENERADOS EN TONELADAS POR ORIGEN				
						FRESCO (ton)	INDUSTRIA (ton)	PODA (ton)	DESTRÍO	INDUSTRIA	TOTAL RESIDUOS GENERADOS	
MANDARINA	3	12	10%	Piel, corteza, semillas	43%	6.900	243.049	35.837	17.250	27.889	15.410	60.549
NARANJA	5	16	10%	Piel, corteza, semillas	60%	11.668	112.449	32.292	36.463	14.474	19.375	70.312
LIMÓN	5	16	10%	Piel, corteza, semillas	68%	12.628	226.260	89.967	39.463	31.623	61.178	132.263
POMELO	5	36	10%	Piel, corteza, semillas	68%	304	6.756	921	422	768	626	1.816
TOTAL								93.597	74.753	96.589	264.939	

Tabla 16. Estimación residuos generados en la poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Valencia (Sector cítrico).

Fuente: (elaboración propia 2020).

VALENCIA	PODA (kg/árbol)	MARCO PLANTACIÓN (m2)	DESTRÍO%	IND. TRANSFORMACIÓN%	SUPERFICIE (ha)	DESTINO CULTIVO		RESIDUOS GENERADOS EN TONELADAS POR ORIGEN				
						FRESCO (ton)	INDUSTRIA (ton)	PODA (ton)	DESTRÍO	INDUSTRIA	TOTAL RESIDUOS GENERADOS	
MANDARINA	3	12	10%	Piel, corteza, semillas	43%	40.335	784.665	127.736	100.838	91.240	54.926	247.004
NARANJA	5	16	10%	Piel, corteza, semillas	60%	52.186	1.165.535	291.384	163.081	145.692	174.830	483.604
LIMÓN	5	16	10%	Piel, corteza, semillas	68%	96	1.217	522	300	174	355	829
POMELO	5	36	10%	Piel, corteza, semillas	68%	438	13.624	1.858	608	1.548	1.263	3.420
TOTAL								264.827	238.654	231.375	734.856	

Tabla 17. Estimación residuos generados en la poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Castellón (Sector cítrico).

Fuente: (elaboración propia 2020).

CASTELLÓN	PODA (kg/árbol)	MARCO PLANTACIÓN (m2)	DESTRÍO%	IND. TRANSFORMACIÓN%	SUPERFICIE (ha)	DESTINO CULTIVO		RESIDUOS GENERADOS EN TONELADAS POR ORIGEN				
						FRESCO (ton)	INDUSTRIA (ton)	PODA (ton)	DESTRÍO	INDUSTRIA	TOTAL RESIDUOS GENERADOS	
MANDARINA	3	12	10%	Piel, corteza, semillas	43%	28.496	578.188	78.844	71.240	65.703	33.903	170.846
NARANJA	5	16	10%	Piel, corteza, semillas	60%	6.171	105.400	31.483	19.284	13.688	18.890	51.862
LIMÓN	5	16	10%	Piel, corteza, semillas	68%	49	852	331	153	118	225	497
POMELO	5	36	10%	Piel, corteza, semillas	68%	17	416	57	24	47	39	110
TOTAL								90.701	79.557	53.057	223.315	

Considerando los (Kg/árbol) de podas de la segunda columna, el marco de plantación de la tercera y superficies en cada cultivo de la sexta columna se han obtenido las cantidades de residuos generados por la labor de las podas obteniendo los siguientes datos:

En la provincia de Alicante se produjeron aproximadamente 93.597 toneladas de residuo durante esta labor, siendo el cultivo del limón con 39.463 toneladas el que más

residuo generó, esto se debe principalmente a la gran superficie ocupada por este cultivo 12.628 ha. Le sigue por delante el cultivo del naranjo con 36.463 toneladas generadas, esto se debe al igual que el cultivo del limón por su gran superficie cultivada 11.668 ha.

El cultivo del mandarino también generó un volumen importante de residuos 17.250 toneladas, esto se debe a gran parte también como en los anteriores casos por la superficie cultivada 6.900 ha.

En el caso del cultivo del pomelo se generó muy poca cantidad de residuo 422 toneladas y esto se debe además de contar con muy poca superficie 304 ha, del marco de plantación más amplio que hace que haya menos árboles por ha.

En la provincia de Valencia se produjeron aproximadamente 264.827 toneladas de residuo durante esta labor, siendo el cultivo del naranjo con 163.081 toneladas el que más residuo generó, esto se debe a la gran superficie cultivada 52.186 ha. Le sigue por delante el cultivo del mandarino con 100.838 toneladas generadas, esto se debe al igual que el cultivo del naranjo a la gran superficie cultivada 40.335 ha.

Por otro lado, tenemos con menos generación de residuos, el cultivo del pomelo con 608 toneladas y el cultivo del limonero con 300 toneladas, que cuentan con una superficie muy pequeña en comparación a los anteriores árboles cítricos, 438 ha en el caso del pomelo y 96 del limonero.

En la provincia de Castellón se produjeron aproximadamente 90.701 toneladas de residuo durante esta labor, siendo el cultivo del mandarino con 71.240 toneladas el que más residuo generó, esto se debe a la gran superficie cultivada 28.496 ha. Le sigue por delante el cultivo del naranjo con 19.284 toneladas generadas, esto se debe también por la gran superficie empleada 6.171 ha.

El cultivo del limón y del pomelo por su parte generaron mucha menos cantidad de residuo 123 y 24 toneladas respectivamente, contando con una superficie muy pequeña 49 y 17 ha.

Considerando que durante las labores previas de comercialización tanto para su destino en fresco como para la industria un 10 % de la producción se retira del proceso productivo, como así podemos extraer del estudio elaborado por Probiogas de “Clasificación de materias primas de origen vegetal”, ha sido aplicado y así lo podemos ver reflejado en las tablas en la columna de residuos generados en toneladas por origen (destrío), arrojando los siguientes datos:

En la provincia de Alicante se generaron 74.753 toneladas de residuo aproximadamente durante el proceso de destrío, siendo el cultivo del limón con 31.623 toneladas el que más residuo generó, le siguen por delante el cultivo del naranjo, mandarino y por último del pomelo.

En la provincia de Valencia se generaron 238.654 toneladas de residuo aproximadamente, siendo el cultivo del naranjo con 145.692 toneladas el que más residuo generó, le siguen por delante el cultivo del mandarino, pomelo y limón.

Por último, en la provincia de Castellón se generaron 79.557 toneladas de residuo aproximadamente, siendo el cultivo del mandarino con 65.703 toneladas el que más residuo generó, le siguen por delante el cultivo del naranjo, limón y pomelo.

Por último, considerando los porcentajes de residuos generados durante el proceso de industrialización de la tabla 7 y un porcentaje del 20% de partes desechadas como apunta el estudio de Probiogas para los cultivos en los que no se dispone de datos, se ha obtenido la cantidad de residuos que se genera en este en los diferentes cultivos.

En la provincia de Alicante se produjeron aproximadamente 96.589 toneladas durante el proceso de transformación industrial, destacando el cultivo del limón que generó 61.178 toneladas de desechos, le siguen el cultivo del naranjo, mandarina y pomelo.

En la provincia de Valencia se produjeron aproximadamente 231.375 toneladas durante el proceso de transformación industrial, destacando el cultivo del naranjo que

generó 174.830 toneladas de desechos, le siguen el cultivo del mandarino, pomelo y limón.

En la provincia de Castellón se produjeron aproximadamente 53.057 toneladas durante el proceso de transformación industrial, destacando el cultivo del mandarino que generó una cantidad de 33.903 toneladas, le siguen por delante el cultivo del naranjo, limón y pomelo.

Por último, teniendo en cuenta al conjunto producido en las labores de poda, destrío y en industria, tenemos que, en Alicante con un total de 264.939 toneladas generadas, destaca con 132.263 toneladas producidas el cultivo del limón, le siguen los cultivos del naranjo, mandarino y pomelo.

En la provincia de Valencia con un total de 734.856 toneladas generadas, destaca el cultivo del naranjo con 483.604 toneladas, le seguirían los cultivos del mandarino, pomelo y limón.

En la provincia de Castellón, con 223.315 toneladas generadas destaca el cultivo del mandarino con 170.846 toneladas, le seguirían los cultivos de naranja, limón y pomelo.

En las siguientes figuras 32, 33 y 34 vienen recogidas todas las cantidades totales generadas por cada cultivo, apreciando cuáles son los que más generan en cada provincia.

Figura 32. Estimación residuos generados en los procesos de poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Alicante (Sector citrícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

Residuos en toneladas (Alicante)

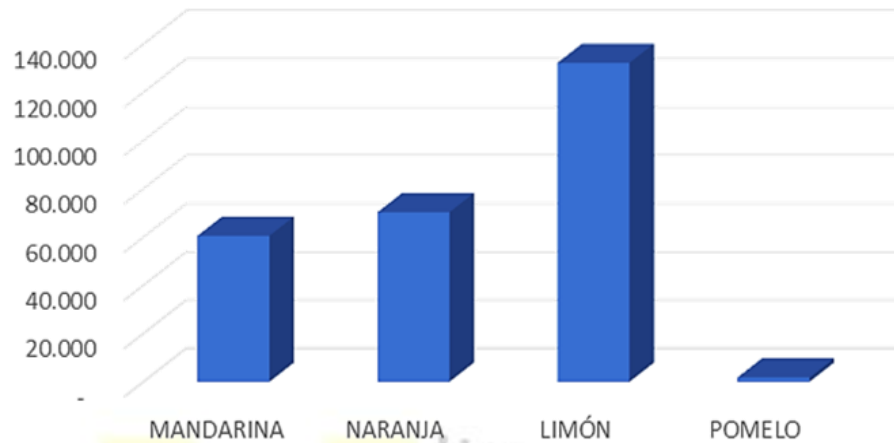


Figura 33. Estimación residuos generados en los procesos de poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Valencia (Sector cítrico).

Fuente: (elaboración propia 2020).

Residuos en toneladas (Valencia)

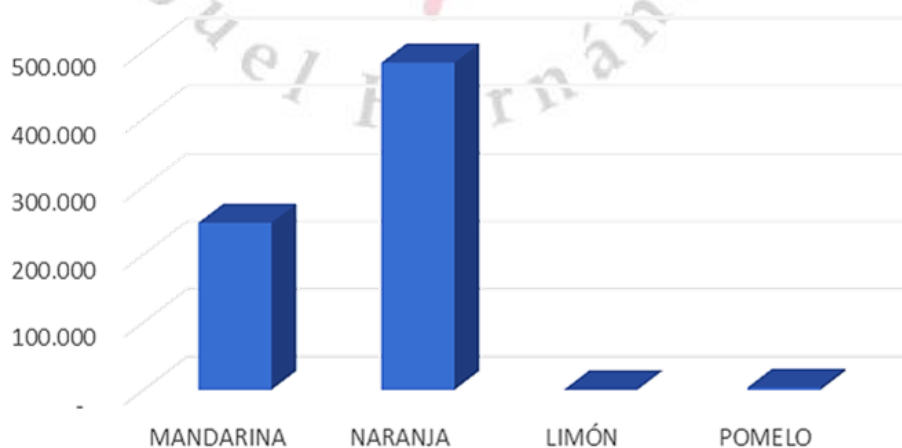
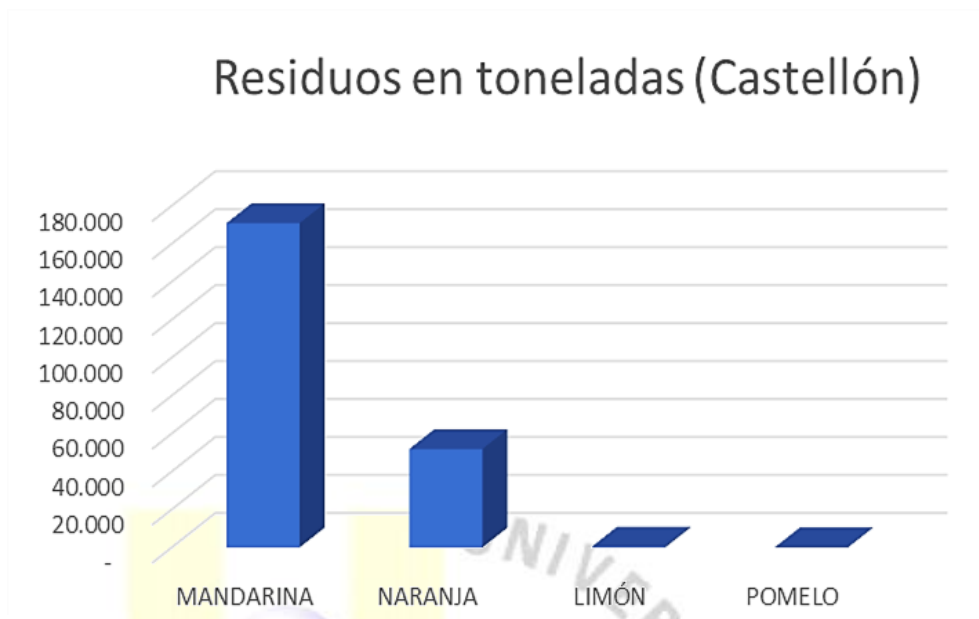


Figura 34. Estimación residuos generados en los procesos de poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Castellón (Sector cítrico).

Fuente: (elaboración propia 2020).



En la tabla 18 se muestran los datos obtenidos (Residuos generados en toneladas por origen) tras aplicar los valores porcentuales de las primeras columnas con los datos de destino del cultivo y la superficie cultivada para el sector cítrico en ECO.

Tabla 18. Estimación de los residuos generados en los procesos de poda, destrío y transformación industrial en la Comunidad Valenciana (Sector cítrico-ECO).

Fuente: (elaboración propia 2020).

C.Valenciana	ECO						RESIDUOS GENERADOS EN TONELADAS POR ORIGEN				
	PODA (kg/árbol)	MARCO PLANTACIÓN (m2)	DESTRÍO%	IND. TRANSFORMACIÓN%	SUPERFICIE (ha)	FRESCO (ton)	INDUSTRIA (ton)	PODA (ton)	DESTRÍO	INDUSTRIA	TOTAL RESIDUOS GENERADOS
MANDARINA	2	12	10%	Piel, corteza, semillas 43%	602	4.627	688	752	532	296	1.579
NARANJA	3	16	10%	Piel, corteza, semillas 60%	796	7.499	2.087	1.493	959	1.252	3.704
LIMÓN	3	16	10%	Piel, corteza, semillas 68%	807	3.117	121	1.514	324	82	1.920
POMELO	3	36	10%	Piel, corteza, semillas 68%	36	176	24	30	20	16	66
							TOTAL	3.789	1.834	1.647	7.270

Para el caso del sector cítrico en ecológico se han minimizado los residuos originados tras la poda, al igual que en el caso del sector frutícola al abusar menos de los abonos y se han considerado los mismos valores porcentuales de generación de residuos en los procesos de destrío (10%) y de transformación industrial (tabla 7- Probiogas), han sido aplicados y los datos obtenidos son los siguientes.

En la Comunidad Valenciana se produjeron aproximadamente 3.789 toneladas durante las labores de poda, destacando el cultivo del limonero que generó 1.514 toneladas de residuo, le siguen el cultivo del naranjo y mandarino.

En cuanto a las labores de destrío en la Comunidad Valenciana se produjeron aproximadamente un total de 1.834 toneladas de residuo, destacando el cultivo del naranjo con 959 toneladas generadas, le siguen el del mandarino y del limón.

Por último, en las labores de transformación industrial se generaron un total de 1.647 toneladas de residuos, destacando el cultivo del naranjo con 1.252 toneladas y del mandarino con 296 toneladas.

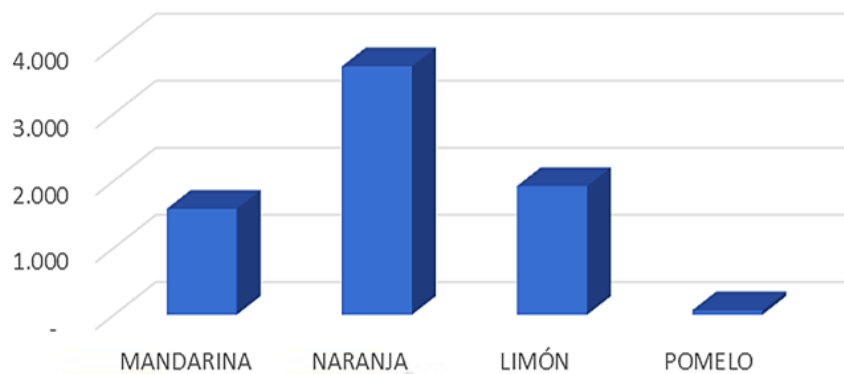
De la suma total de estas labores tenemos que, en el sector citrícola ecológico se produjeron aproximadamente 7.270 toneladas de residuos, siendo el cultivo del naranjo con 3.704 toneladas el que más residuo generó, le siguen el limonero con 1.920 toneladas y el del mandarino con 1.579 toneladas.

En la siguiente figura 35 vienen recogidas las cantidades totales generadas por cada cultivo, apreciando cuáles son los que más generan.

Figura 35. Estimación residuos generados en los procesos de poda, destrío y transformación industrial en la Comunidad Valenciana (Sector citrícola-ECO).

Fuente: (elaboración propia 2020).

Residuos en toneladas (Comunidad Valenciana)



Una vez realizada la estimación se ha procedido a establecer las zonas de mayor afluencia de los cultivos estudiados para el sector cítrico, como resultado tenemos el MAPA 3 “mapa de aproximación de los residuos originados tras la actividad agrícola del sector cítrico” ir a ANEXO 1.

Con la ayuda de este mapa se ha podido establecer las zonas críticas donde se debería de actuar, así pues, tendríamos como resultado las comarcas de la Vega Baja, Bajo Vinalopó, Marina Alta, Vinalopó medio (Alicante), para el caso de Valencia podríamos decir que todas las comarcas son críticas, Plana Alta, Plana Baja Alto Palencia, Alto Mijares y Bajo Maestrazgo (Castellón).

OLEÍCOLA RESULTADOS

A continuación, en las tablas 19, 20 y 21, se muestran los datos obtenidos (Residuos generados en toneladas por origen) tras aplicar los valores porcentuales de las primeras columnas con los datos de destino de cultivo y superficie cultivada para el sector oleícola.

Tabla 19. Estimación residuos generados en la poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Alicante (Sector oleícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

ALICANTE	PODA (kg/árbol)	MARCO PLANTACIÓN (m ²)	DESTRÍO%	IND. TRANSFORMACIÓN%	SUPERFICIE (ha)	DESTINO CULTIVO		RESIDUOS GENERADOS EN TONELADAS POR ORIGEN				
						A.ADEREZO (ton)	A.ALMAZARA (ton)	PODA (ton)	DESTRÍO	INDUSTRIA	TOTAL	
OLIVAR DE ACEITUNA DE MESA	3	36	10%	Hueso	15%	386	700	-	322	70	105	497
OLIVAR DE ACEITUNA DE ALMAZARA	3	36	10%	Alperujo	75%	27.774	-	43.653	23.145	4.365	32.740	60.250
TOTAL									23.467	4.435	32.845	60.747

Tabla 20. Estimación residuos generados en la poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Valencia (Sector oleícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

VALENCIA	PODA (kg/árbol)	MARCO PLANTACIÓN (m ²)	DESTRÍO%	IND. TRANSFORMACIÓN%	SUPERFICIE (ha)	DESTINO CULTIVO		RESIDUOS GENERADOS EN TONELADAS POR ORIGEN				
						A.ADEREZO (ton)	A.ALMAZARA (ton)	PODA (ton)	DESTRÍO	INDUSTRIA	TOTAL	
OLIVAR DE ACEITUNA DE MESA	3	36	10%	Hueso	15%	-	-	-	-	-	-	-
OLIVAR DE ACEITUNA DE ALMAZARA	3	36	10%	Alperujo	75%	31.862	17	34.744	26.552	3.476	26.058	56.086
TOTAL									26.552	3.476	26.058	56.086

Tabla 21. Estimación residuos generados en la poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Castellón (Sector oleícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

CASTELLÓN	PODA (kg/árbol)	MARCO PLANTACIÓN (m ²)	DESTRÍO%	IND. TRANSFORMACIÓN%	SUPERFICIE (ha)	DESTINO CULTIVO		RESIDUOS GENERADOS EN TONELADAS POR ORIGEN				
						A.ADEREZO (ton)	A.ALMAZARA (ton)	PODA (ton)	DESTRÍO	INDUSTRIA	TOTAL	
OLIVAR DE ACEITUNA DE MESA	3	36	10%	Hueso	15%	45	28	-	38	3	4	45
OLIVAR DE ACEITUNA DE ALMAZARA	3	36	10%	Alperujo	75%	32.885	-	10.268	27.404	1.027	7.701	36.132
TOTAL									27.442	1.030	7.705	36.176

Considerando los (Kg/árbol) de podas de la segunda columna, el marco de plantación de la tercera y superficies en cada cultivo de la sexta columna se han obtenido las cantidades de residuos generados por la labor de las podas.

En la provincia de Alicante se produjeron aproximadamente 23.467 toneladas de residuo durante esta labor, siendo el cultivo de olivar de aceituna de almazara con 23.145 toneladas el que más residuo generó, esto se debe principalmente a la gran superficie ocupada por este cultivo 27.774 ha. Por su parte el cultivo de olivar de aceituna de mesa con 386 ha, generó una cantidad de 322 toneladas de residuo durante esta labor.

En la provincia de Valencia se produjeron aproximadamente 26.552 toneladas de residuo durante esta labor, perteneciendo este dato al cultivo del olivar de aceituna de almazara, su superficie cultivada fue de 31.862 ha.

En la provincia de Castellón se produjeron aproximadamente 27.442 toneladas de residuo durante esta labor, siendo el cultivo del olivar de aceituna de almazara con 27.404 toneladas el que más residuo generó, esto se debe a la gran superficie cultivada 32.885 ha. Por su parte el cultivo de olivar de aceituna de mesa con 45 ha, generó una cantidad de 38 toneladas de residuo durante esta labor.

Considerando que durante las labores previas de comercialización tanto para su destino en fresco como para la industria un 10 % de la producción se retira del proceso productivo, como así podemos extraer del estudio elaborado por Probiogas de “Clasificación de materias primas de origen vegetal”, ha sido aplicado y así lo podemos ver reflejado en las tablas en la columna de residuos generados en toneladas por origen (destrío), arrojando los siguientes datos:

En el año 2018 en la provincia de Alicante se generó 4.435 toneladas de residuo aproximadamente durante el proceso de destrío, siendo el cultivo del olivar de aceituna de almazara con 4.365 toneladas el que más residuo generó y el cultivo del olivar de aceituna de mesa por su parte generó 70 toneladas de residuo.

En la provincia de Valencia se generó 3.476 toneladas de residuo aproximadamente, correspondiendo este dato al cultivo del olivar de aceituna de almazara.

Por último, en la provincia de Castellón se generó 1.030 toneladas de residuo aproximadamente, siendo el cultivo del olivar de aceituna de almazara con 1.027 toneladas el que más residuo generó y el cultivo del olivar de aceituna de mesa generó 3 toneladas.

Por último, considerando los porcentajes de residuos generados durante los procesos de extracción del aceite por el sistema de 2 fases (0,75%) y del 15% para los residuos generados en la industria del aderezo, se han obtenido los siguientes datos.

En la provincia de Alicante se produjeron aproximadamente 32.845 toneladas durante el proceso de transformación industrial, destacando la industria de extracción del aceite de oliva con 32.740 toneladas generadas, por su parte la industria del aderezo generó 105 toneladas.

En la provincia de Valencia se produjeron aproximadamente 26.058 toneladas durante el proceso de transformación industrial, perteneciendo el dato a la industria de extracción del aceite de oliva.

En la provincia de Castellón se produjeron aproximadamente 7.705 toneladas durante el proceso de transformación industrial, destacando la industria de extracción del aceite de oliva con 7.701 toneladas generadas, por su parte la industria del aderezo generó 4 toneladas.

Por último, teniendo en cuenta al conjunto producido en las labores de poda, destrío y en industria, tenemos que, en Alicante con un total de 60.747 toneladas generadas, destaca con 60.250 toneladas producidas el cultivo de olivar de aceituna de almazara y el cultivo del olivar de aceituna de mesa generó por su parte un total de 427 toneladas.

En la provincia de Valencia se generaron un total de 56.086 toneladas correspondieron al cultivo de olivar de aceituna de almazara.

En la provincia de Castellón, contó con un total de 36.176 toneladas generadas, 36.132 toneladas corresponden al cultivo del olivar de aceituna de almazara y 45 toneladas al cultivo del olivar de aceituna de mesa.

En las siguientes figuras 36,37 y 38 vienen recogidas todas las cantidades totales generadas por cada cultivo, apreciando cuáles son los que más generan en cada provincia.

Figura 36. Estimación residuos generados en los procesos de poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Alicante (Sector oleícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

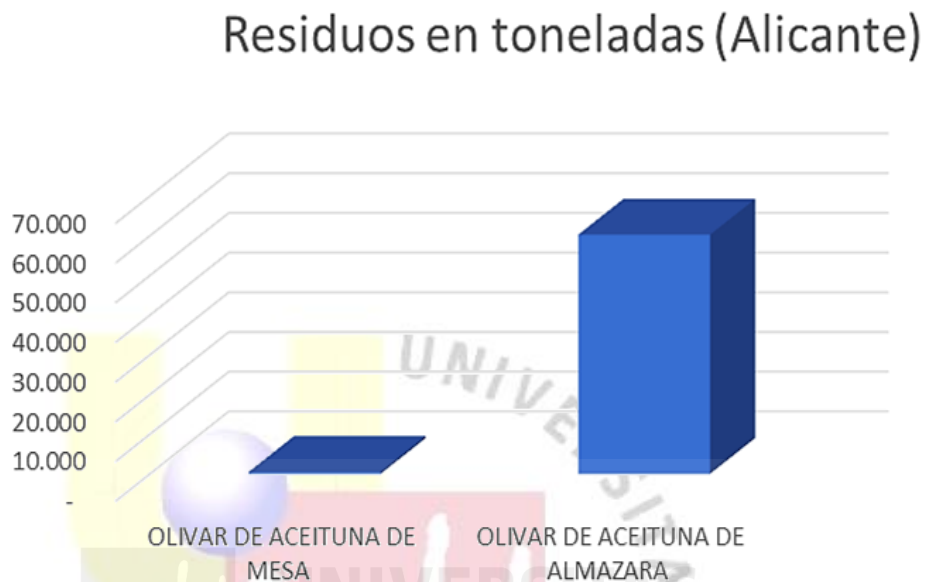


Figura 37. Estimación residuos generados en los procesos de poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Valencia (Sector oleícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

Residuos en toneladas (Valencia)



Figura 38. Estimación residuos generados en los procesos de poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Castellón (Sector oleícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

Residuos en toneladas (Castellón)



En la tabla 22 se muestran los datos obtenidos (Residuos generados en toneladas por origen) tras aplicar los valores porcentuales de las primeras columnas con los datos de destino del cultivo y la superficie cultivada para el sector oleícola en ECO.

Tabla 22. Estimación de los residuos generados en los procesos de poda, destrío y transformación industrial en la Comunidad Valenciana (Sector oleícola-ECO).

Fuente: (elaboración propia 2020).

C.Valenciana	ECO					DESTINO CULTIVO		RESIDUOS GENERADOS EN TONELADAS POR ORIGEN				
	PODA (kg/árbol)	MARCO PLANTACIÓN (m2)	DESTRÍO%	IND. TRANSFORMACIÓN%	SUPERFICIE (ha)	A.ADEREZO (ton)	A.ALMAZARA (ton)	PODA (ton)	DESTRÍO	INDUSTRIA	TOTAL	
OLIVAR DE ACEITUNA DE MESA	3	36	10%	Hueso	15%	-	-	-	-	-	-	
OLIVAR DE ACEITUNA DE ALMAZARA	3	36	10%	Alperujo	75%	4.301	-	3.218	3.584	322	2.414	
								TOTAL	3.584	322	2.414	6.320

Para el caso del sector oleícola en ecológico se han considerado los mismos valores de generación de poda que en la agricultura convencional, también de generación de residuos en los procesos de destrío (10%) y de transformación industrial, han sido aplicados y los datos obtenidos son los siguientes.

En este caso no hay superficie destinada en ecológico para el cultivo del olivar de aceituna con destino a mesa y por lo tanto los datos corresponden al cultivo del olivar de aceituna de almazara, así pues, tenemos los siguientes datos.

En la Comunidad Valenciana se produjeron aproximadamente 3.384 toneladas durante las labores de poda, en cuanto a las labores de destrío se produjeron aproximadamente un total de 322 toneladas de residuo y, por último, en las labores de transformación industrial se generaron un total de 2.414 toneladas de residuos.

De la suma total de estas labores tenemos que, en el sector oleícola ecológico se produjeron aproximadamente 6.320 toneladas de residuos sobre el cultivo del olivar de almazara.

En la siguiente figura 39 vienen recogidas las cantidades totales generadas.

Figura 39. Estimación residuos generados en los procesos de poda, destrío y transformación industrial en la Comunidad Valenciana (Sector oleícola-ECO).

Fuente: (elaboración propia 2020).

Residuos en toneladas (Comunidad Valenciana)



Una vez realizada la estimación se ha procedido a establecer las zonas de mayor afluencia de los cultivos estudiados para el sector oleícola, como resultado tenemos el MAPA 4 “mapa de aproximación de los residuos originados tras la actividad agrícola del sector oleícola” ir a ANEXO 1.

Con la ayuda de este mapa se ha podido establecer las zonas críticas donde se debería de actuar, así pues, tendríamos como resultado las comarcas de la Vega Baja, Bajo Vinalopó, Vinalopó medio, Alicante, El Combat, Alcoia y Alto Vinalopó (Alicante), Vall D’Albaida, La Safor, Ribera Baja, Valencia, Huerta Sur, Oeste y Norte, Camp de Morvedre, Camp de Turia, Plana de utiel, Valle de Cofrentes, Canal de Navarrés y Hoya de Buñol (Valencia), Plana Alta, Alto Palancia, Alto Mijares, Alcalaten y Bajo Maestrazgo (Castellón).

VITIVINÍCOLA RESULTADOS

A continuación, en las tablas 23, 24 y 25, se muestran los datos obtenidos (Residuos generados en toneladas por origen) tras aplicar los valores porcentuales de las primeras columnas con los datos de destino de cultivo y superficie cultivada para el sector vitivinícola.

Tabla 23. Estimación residuos generados en la poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Alicante (Sector vitivinícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

ALICANTE	PODA (kg/árbol)	MARCO PLANTACIÓN (m2)	DESTRÍO%	IND. TRANSFORMACIÓN%	SUPERFICIE (ha)	DESTINO CULTIVO		RESIDUOS GENERADOS EN TONELADAS POR ORIGEN				
						FRESCO	INDUSTRIA	PODA (ton)	DESTRÍO	INDUSTRIA	TOTAL	
UVA MESA	2	6	10%	Raspón, orujo, lias	25%	5.345	86.504	-	14.317	8.650	-	22.967
VINIFICACIÓN	2	4	10%	Raspón, orujo, lias	25%	10.597	-	29.930	37.846	2.993	7.483	48.322
TOTAL								52.163	11.643	7.483	71.289	

Tabla 24. Estimación residuos generados en la poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Valencia (Sector vitivinícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

VALENCIA	PODA (kg/árbol)	MARCO PLANTACIÓN (m2)	DESTRÍO%	IND. TRANSFORMACIÓN%	SUPERFICIE (ha)	DESTINO CULTIVO		RESIDUOS GENERADOS EN TONELADAS POR ORIGEN				
						FRESCO	INDUSTRIA	PODA (ton)	DESTRÍO	INDUSTRIA	TOTAL	
UVA MESA	2	6	10%	Raspón, orujo, lias	25%	91	172	30	244	20	8	271
VINIFICACIÓN	2	4	10%	Raspón, orujo, lias	25%	47.362	21.211	190.895	169.150	19.090	47.724	235.963
TOTAL								169.394	19.110	47.731	236.235	

Tabla 25. Estimación residuos generados en la poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Castellón (Sector vitivinícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

CASTELLÓN	PODA (kg/árbol)	MARCO PLANTACIÓN (m2)	DESTRÍO%	IND. TRANSFORMACIÓN%	SUPERFICIE (ha)	DESTINO CULTIVO		RESIDUOS GENERADOS EN TONELADAS POR ORIGEN				
						FRESCO	INDUSTRIA	PODA (ton)	DESTRÍO	INDUSTRIA	TOTAL	
UVA MESA	2	6	10%	Raspón, orujo, lias	25%	95	249	-	254	25	-	279
VINIFICACIÓN	2	4	10%	Raspón, orujo, lias	25%	770	-	1.432	2.750	143	358	3.251
TOTAL								3.004	168	358	3.531	

Considerando los (Kg/árbol) de podas de la segunda columna, el marco de plantación de la tercera y superficies en cada cultivo de la sexta columna se han obtenido las cantidades de residuos generados por la labor de las podas obteniendo los siguientes datos:

En la provincia de Alicante se produjeron durante el año 2018 aproximadamente 52.163 toneladas de residuo durante esta labor, siendo el cultivo de uva de vinificación con 37.846 toneladas el que más residuo generó, esto se debe principalmente a la gran

superficie ocupada por este cultivo que cuenta con 10.597 ha, además hay que añadir que su marco de plantación más reducido tanto para uva de vinificación como de mesa hace que haya más planta por hectárea y por tanto aunque la labor de poda genere poco residuo 2 Kg/árbol la generación del total por hectárea aumente. Por su parte el cultivo de uva de mesa con 5.345 ha, generó una cantidad de 14.317 toneladas de residuo durante esta labor.

En la provincia de Valencia se produjeron aproximadamente 169.394 toneladas de residuo durante esta labor, siendo el cultivo de uva de vinificación con 169.150 toneladas el que más residuo generó, esto se debe principalmente a la gran superficie ocupada por este cultivo que cuenta con 47.362 ha y como hemos comentado antes por el marco de plantación reducido. Por su parte el cultivo de uva de mesa con 91 ha, generó una cantidad de 244 toneladas de residuo durante esta labor.

En la provincia de Castellón se produjeron aproximadamente 3.004 toneladas de residuo durante esta labor, siendo el cultivo de uva de vinificación con 2.750 toneladas el que más residuo generó, esto se debe a la gran superficie cultivada con la que cuenta 770 ha. Por su parte el cultivo de olivar de aceituna de mesa con 95 ha, generó una cantidad de 254 toneladas de residuo durante esta labor.

Considerando que durante las labores previas de comercialización tanto para su destino en fresco como para la industria un 10 % de la producción se retira del proceso productivo, como así podemos extraer del estudio elaborado por Probiogas de "Clasificación de materias primas de origen vegetal", ha sido aplicado y así lo podemos ver reflejado en las tablas en la columna de residuos generados en toneladas por origen (destrío), arrojando los siguientes datos:

En el año 2018 en la provincia de Alicante se generó 11.643 toneladas de residuo aproximadamente durante el proceso de destrío, siendo el cultivo de la uva de mesa con 8.650 toneladas el que más residuo generó y el cultivo de uva de vinificación generó 2.993 toneladas de residuo.

En la provincia de Valencia se generó 19.110 toneladas de residuo aproximadamente, 19.090 toneladas por parte del cultivo de la uva de vinificación y 20 toneladas por parte de cultivo de la uva de mesa.

Por último, en la provincia de Castellón se generó 168 toneladas de residuo aproximadamente, siendo el cultivo de uva para vinificación con 143 toneladas el que más residuo generó y el cultivo de la uva de mesa generó 25 toneladas.

Por último, considerando los porcentajes de residuos generados durante los procesos industriales de obtención de vino, mosto y alcohol del 25 %, se han obtenido los siguientes resultados.

En la provincia de Alicante se produjeron aproximadamente 7.483 toneladas durante el proceso de transformación industrial, perteneciendo este dato al cultivo de la uva de vinificación.

En la provincia de Valencia se produjeron aproximadamente 47.731 toneladas durante el proceso de transformación industrial, siendo el cultivo de la uva para vinificación con 47.724 toneladas el que más residuo produjo y en el caso del cultivo de uva de mesa con destino a vinificación generó 8 toneladas.

En la provincia de Castellón se produjeron aproximadamente 358 toneladas durante el proceso de transformación industrial, perteneciendo este dato al cultivo de la uva de vinificación.

Por último, teniendo en cuenta al conjunto de cantidad producida en las labores de poda, destrío y en industria, tenemos que, en Alicante con un total de 71.289 toneladas generadas, 48.322 toneladas fueron producidas por el cultivo de uva de vinificación y el cultivo de uva de mesa generó por su parte un total de 22.467 toneladas.

En la provincia de Valencia se generaron un total de 236.234 toneladas, 235.963 toneladas fueron producidas por el cultivo de uva de vinificación y el cultivo de uva de mesa generó por su parte un total de 271 toneladas.

En la provincia de Castellón, contó con un total de 3.531 toneladas generadas, 3.251 toneladas corresponden al cultivo de la uva de vinificación y 279 toneladas al cultivo de uva de mesa.

En las siguientes figuras 40, 41 y 42 vienen recogidas todas las cantidades totales generadas por cada cultivo, apreciando cuáles son los que más generan en cada provincia.

Figura 40. Estimación residuos generados en los procesos de poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Alicante (Sector vitivinícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

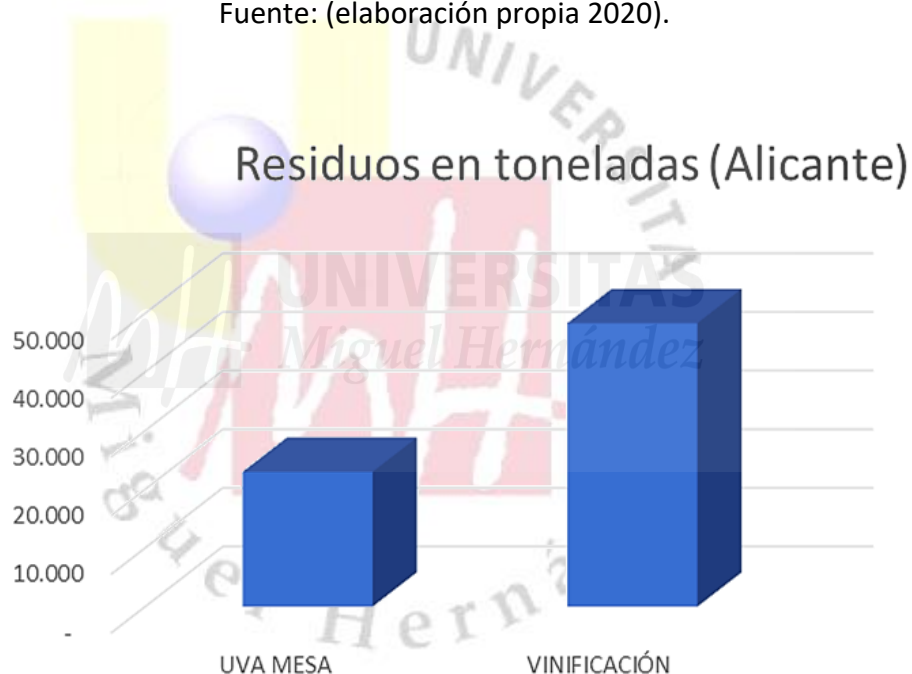


Figura 41. Estimación residuos generados en los procesos de poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Valencia (Sector vitivinícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

Residuos en toneladas (Valencia)

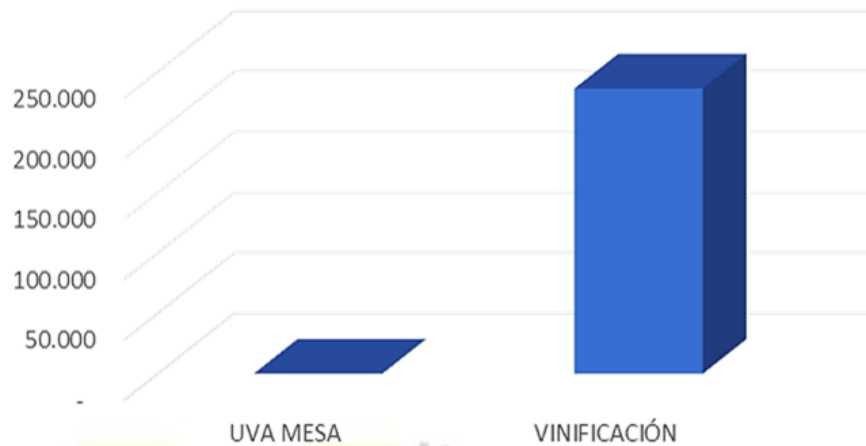
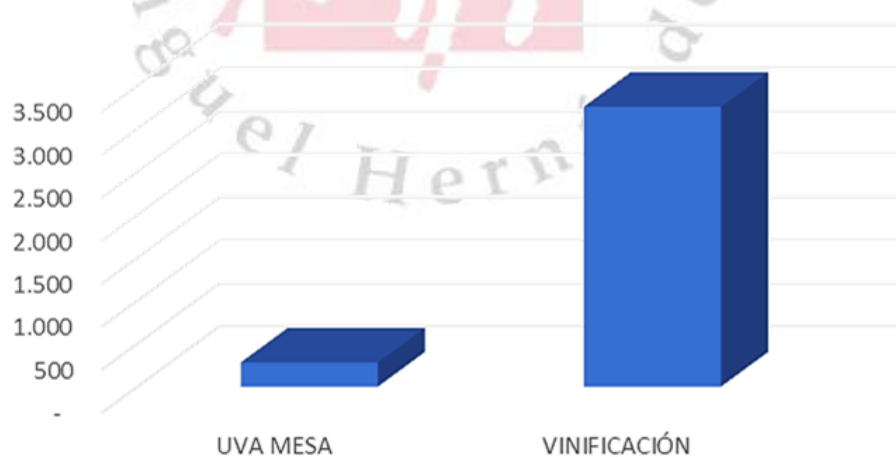


Figura 42. Estimación residuos generados en los procesos de poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Castellón (Sector vitivinícola).

Fuente: (elaboración propia 2020).

Residuos en toneladas (Castellón)



En la tabla 26 se muestran los datos obtenidos (Residuos generados en toneladas por origen) tras aplicar los valores porcentuales de las primeras columnas con los datos de destino del cultivo y la superficie cultivada para el sector vitivinícola en ECO.

Tabla 26. Estimación de los residuos generados en los procesos de poda, destrío y transformación industrial en la Comunidad Valenciana (Sector vitivinícola-ECO).

Fuente: (elaboración propia 2020).

ECO													
C.Valenciana	PODA (kg/árbol)	MARCO PLANTACIÓN (m2)	DESTRÍO%	IND. TRANSFORMACIÓN			DESTINO CULTIVO		RESIDUOS GENERADOS EN TONELADAS POR ORIGEN				
				Raspón, orujo, lias	%	SUPERFICIE (ha)	FRESCO	INDUSTRIA	PODA (ton)	DESTRÍO	INDUSTRIA	TOTAL	
UVA MESA	2	6	10%	Raspón, orujo, lias	25%	72	192	34	194	23		9	225
VINIFICACIÓN	2	4	10%	Raspón, orujo, lias	25%	10.934	-	29.003	39.050	2.900		7.251	49.201
							TOTAL		39.244	2.923		7.259	49.426

Para el caso del sector vitivinícola en ecológico se han considerado los mismos valores de generación de poda que en la agricultura convencional, también de generación de residuos en los procesos de destrío (10%) y de transformación industrial, han sido aplicados y los datos obtenidos son los siguientes.

En la Comunidad Valenciana se produjeron aproximadamente 39.244 toneladas durante las labores de poda, en cuanto a las labores de destrío se produjeron aproximadamente un total de 2.923 toneladas de residuo y, por último, en las labores de transformación industrial se generaron un total de 7.259 toneladas de residuos.

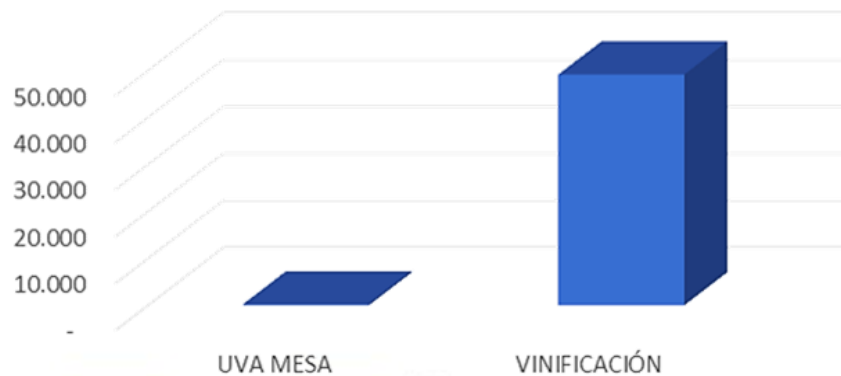
De la suma total de estas labores tenemos que, en el sector vitivinícola ecológico se produjeron aproximadamente 49.426 toneladas de residuos sobre el cultivo del olivar de almazara.

En la siguiente figura 43 vienen recogidas las cantidades totales generadas.

Figura 43. Estimación residuos generados en los procesos de poda, destrío y transformación industrial en la provincia de Castellón (Sector vitivinícola-ECO).

Fuente: (elaboración propia 2020).

Residuos en toneladas (Comunidad Valenciana)



Una vez realizada la estimación se ha procedido a establecer las zonas de mayor afluencia de los cultivos estudiados para el sector vitivinícola, como resultado tenemos el MAPA 5 “mapa de aproximación de los residuos originados tras la actividad agrícola del sector vitivinícola” ir a ANEXO 1.

Con la ayuda de este mapa se ha podido establecer las zonas críticas donde se debería de actuar, así pues, tendríamos como resultado las comarcas del Bajo Vinalopó, Vinalopó medio, Marina Alta, Alicante, El Combat y Alcoia (Alicante), Vall D’Albaida, Serrans, Camp de Morvedre, Canal de Navarrés y Costera (Valencia), Alcalatén y Alto Maestrazgo (Castellón).

Para concluir se ha realizado la siguiente tabla 27 con el fin de obtener una visualización global de los datos obtenidos en cada provincia, se han incluido los datos totales en el ámbito de la Comunidad Valenciana y se ha representado porcentualmente la importancia del sector sobre el total.

Tabla 27. Tabla resumen de residuos generados por provincia, sector y total.

Fuente: (elaboración propia 2020).

Tabla resumen	Alicante	% Sobre el total	Valencia	% Sobre el total	Castellón	% Sobre el total	ECO C.VALENCIANA	% Sobre el total	COMUNIDAD VALENCIANA	% Sobre el total
HORTÍCOLA	30.008	6,0	12.826	1,0	4.729	1,5	1.651	2,3	49.214	2,4
FRUTÍCOLA	71.435	14,3	218.560	17,4	39.726	12,9	7.848	10,8	337.569	16,4
CITRÍCOLA	264.939	53,2	734.856	58,4	223.315	72,6	7.270	10,0	1.230.380	59,6
OLEÍCOLA	60.747	12,2	56.086	4,5	36.176	11,8	6.320	8,7	159.329	7,7
VITIVINÍCOLA	71.289	14,3	236.235	18,8	3.531	1,1	49.426	68,2	360.481	17,5
TOTAL	498.418		1.258.563		307.477		72.515		2.064.458	

En la Comunidad Valenciana se generaron un total aproximado de 2.064.500 toneladas de residuos tal y como podemos ver en la última columna, el sector más importante en la generación de residuos fue el citrícola representando casi el 60% del total, le siguen de lejos el vitivinícola con el 17,5% y el frutícola con el 16,4%. Si hablamos del sector ECO de la comunidad tenemos otra visión, pues en este caso el sector que más representación tiene es el vitivinícola con el 68,2%, le siguen de lejos el sector frutícola con el 10,8% y el citrícola con el 10%.

Por provincias Valencia es la que en total genera más residuos con un total aproximado de 1.258.600 siendo por orden el sector citrícola, vitivinícola y frutícola los más representativos. Alicante es la segunda provincia en cuanto a generadora de residuos se refiere con una cantidad total de 498.400 toneladas, los sectores más representativos son el citrícola, vitivinícola y frutícola. Por último, tenemos Castellón con 307.477 toneladas generadas, los sectores más representativos fueron el citrícola, frutícola y oleícola.

4.2. ANÁLISIS DE FLUJOS RESIDUALES VEGETALES EN LOS SECTORES CLAVES

VALENCIANOS

En este apartado vamos a mostrar los resultados de los análisis obtenidos de los diferentes flujos residuales en los sectores clave valencianos estudiados.

SECTOR HORTÍCOLA

En primer lugar, estudiaremos el sector hortícola donde hemos analizado las diferentes partes no productivas de múltiples cultivos. En la tabla 1.a se muestran los contenidos de humedad, densidad aparente, pH, conductividad eléctrica, materia

orgánica total y carbono los de diferentes cultivos hortícolas analizados. Las muestras analizadas son: alcachofa, con dos muestras analizadas; apio-lechuga-brócoli (mezcla), con una muestra; calabaza, con una muestra; cebolla, con una muestra; colirrábano, con una muestra; maíz-brócoli (mezcla), con dos muestras; pimiento rojo, con una muestra; planta de pimiento, con una muestra; sandía y tomate, con una mezcla para cada uno.

Materias primas residuales de origen agrícola

Tabla 1.a. Análisis de los flujos residuales vegetales del sector hortícola valenciano.

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados del laboratorio GIAAMA (2020).

Denominación	Descripción	Nº muestras	Humedad (%)	DA (Kg/l)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)
	01 hortícolas							
Alcachofa	Fruto	2	86,5	0,201	5,6	2,04	86,7	41,9
Apio>lechuga>brócoli	-	1	90,9	0,197	8,1	2,04	75,6	38,2
Calabaza	-	1	82,8	0,358	5,8	2,06	84,4	42,4
Cebolla	-	1	90,7	0,349	4,7	2,08	91,6	41,8
Colirrábano	-	1	86,6	0,292	5,4	5,90	70,6	33,9
Lechuga>apio	-	1	90,5	0,138	6,4	2,05	72,6	35,3
Maíz>brócoli	-	2	46,6	0,191	8,2	2,04	55,9	27,2
Pimiento rojo	Fruto rojo	1	88,5	0,88	5,2	6,77	82,1	67,1
Pimiento plantas	Plantas	1	17,9	0,051	6,9	2,06	90,0	44,5
Sandía	-	1	81,8	0,21	8,3	2,08	77,2	41,5
Tomate, Cherry	-	1	92,1	1,02	5,6	11,35	74,8	55,8

Como podemos observar en esta tabla la humedad promedio de los residuos a excepción de la planta de pimiento está por encima del 80%, cuanta más humedad menos materia seca habrá y por tanto menos cantidad de nutrientes por unidad de masa. La densidad aparente es el cociente entre la masa y volumen aparente, nos indica la voluminosidad del residuo y cómo podemos ver los residuos hortícolas contienen una densidad aparente baja o muy baja, en la mayoría de los casos por debajo de 0,2 (Kg/litro), únicamente los restos de cebolla y calabaza se sitúan por encima de esta cifra. El pH de los residuos hortícolas es variado, de 4,7 como en el caso de los restos de cebolla y 8,2 para la mezcla maíz-brócoli, en general se sitúan en un rango adecuado para su posterior valorización en procesos de compostaje. La conductividad eléctrica de estos residuos se sitúa en la mayoría de los casos por debajo de 2 (ms/cm) por lo que no supone una limitación para procesos biológicos de tratamiento, restos de cultivos como el colirrábano y el pimiento rojo presentan una conductividad más elevada (5,9-6 ms/cm). El contenido de materia orgánica supera en todos los casos el 70% indicando una naturaleza orgánica y poco mineralizada de estos materiales. Por último, el contenido de carbono orgánico se sitúa entre los valores mínimos del 27% para la mezcla de maíz-brócoli y del 55,8%, para el tomate Cherry, el contenido de carbono es un indicativo de la potencialidad en la generación de metano de interés para el tratamiento biológico mediante la digestión anaerobia.

En la siguiente tabla 1.b se muestran los contenidos de N, P, K, así como la relación C/N, junto al contenido de sodio y polifenoles hidrosolubles, estos últimos a tener en cuenta, ya que son parámetros limitantes en su uso agronómico o de su tratamiento biológico (compostaje o digestión anaerobia).

Tabla 1.b. Análisis de los flujos residuales vegetales del sector hortícola valenciano.

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados
del laboratorio GIAAMA (2020).

Denominación	Descripción	NT (%)	Ratio C/N	P (g/kg)	K (g/kg)	Na (g/kg)	PH (mg/kg)
	01 hortícolas						
Alcachofa	Fruto	2,8	15,0	3,08	44,7	11,4	10598
Apio>lechuga> brócoli	-	3,1	12,3	5,63	33,7	26,2	6182
Calabaza	-	3,3	12,8	6,00	55,1	3,40	9563
Cebolla	-	2,3	18,6	6,16	33,6	6,05	26630
Colirrábano	-	2,1	16,3	3,32	39,5	10,4	24390
Lechuga>apio	-	2,9	12,1	3,27	58,9	16,3	8057
Maíz>brócoli	-	2,5	10,8	10,76	27,2	7,3	2403
Pimiento rojo	Fruto rojo	3,6	18,6	3,30	35,3	3,73	3401
	1						
Pimiento plantas	Plantas	2,2	19,8	7,33	10,6	6,97	711
Sandía	-	3,8	10,8	10,4	36,1	4,16	3866
Tomate, Cherry	-	3,6	15,3	5,35	31,4	5,81	1689

Podemos observar que el contenido de nitrógeno total en la mayoría de los casos supera el 2% sobre materia seca, esto nos indica que estos residuos tienen una capacidad fertilizante nitrogenada importante si consideramos que tras su compostaje la concentración de nitrógeno puede aumentar en torno a un 40-50% debido a la concentración que se produce en los procesos de compostaje, además es otro elemento precursor de las bacterias de transformación de metano. Es de destacar el elevado contenido en nitrógeno en los restos de sandía, así como los de tomate tipo Cherry. La relación C/N nos indica la capacidad o la tendencia que tiene un material orgánico respecto a su evolución hacia la mineralización (cuando la relación C/N por debajo de 15) o hacia la humificación (cuando la relación C/N está por encima de 25). En el caso de

los residuos hortícolas estudiados la relación C/N es en general baja <20. Muchos de estos materiales tienen una relación C/N cercanas al 10-12, por lo que su biodegradabilidad es muy elevada siendo muy fácilmente compostados y degradados por procesos de digestión anaerobia.

El contenido en fósforo de estos residuos oscila entre el 3,08 (g/Kg) para el cultivo de la alcachofa y el valor de 10,76 (g/Kg) para la mezcla maíz-brócoli. El fósforo es un elemento esencial cuya disponibilidad en fertilizantes inorgánicos está siendo escasa, por lo que su presencia en residuos orgánicos es de interés para su posterior uso agrícola. El potasio es un elemento que se suele acumular en las partes comestibles o frutos, en este caso los contenidos de este nutriente oscilan entre 10 y 58 (g/Kg). Esta elevada variabilidad pasa de los niveles más bajos para el caso de los restos de la planta de pimiento y los más elevados para el resto. El contenido en sodio en residuos hortícolas se puede decir que es muy variable, oscilando desde un valor de 3 (g/Kg) y un máximo de 16,3 (g/Kg) en la muestra de lechuga-apio. Es importante tener controlado el contenido de sodio al no ser un elemento esencial para el desarrollo vegetal y debemos de tener en cuenta que en cualquier valorización que fomente su concentración, ya que puede salinizar las muestras. Los polifenoles hidrosolubles son compuestos presentes de forma natural en los materiales que, en procesos de transformación biológica como el compostaje y digestión anaerobia, constituye un factor limitante debido a su carácter antibiótico microbicida. En los materiales analizados, destacan los elevados niveles en alcachofa, cebolla y colirrábano por encima de los 10.000 (mg/Kg), mientras que partes más lignificadas como en el caso de la planta de pimiento se sitúa en valores mínimos de 711 (mg/Kg) y los demás materiales por debajo de los 10.000 (mg/Kg), siendo por lo tanto no limitantes para procesos de compostaje.

Materias primas residuales de origen agroalimentario

En la tabla 1.c se muestra los análisis de apio, con una muestra; puerro-apio y puerro-calabaza, con una muestra para cada caso. Estos materiales son procedentes de

la industria de la transformación en fresco situada en Villena y nos ha parecido interesante analizarlos de forma separada.

Tabla 1.c. Análisis de los flujos residuales vegetales del sector hortícola valenciano.

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados del laboratorio GIAAMA (2020).

Denominación	Descripción	Nº muestras	Humedad (%)	DA (Kg/l)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)
Apio	Rechazo/destrío	1	94,6	0,250	6,2	26,0	76,4	36,8
Puerro-apio	Rechazo/destrío	1	90,0	0,18	6,4	6,73	73,5	38,7
Puerro-calabaza	Rechazo/destrío	1	89,0	0,48	6,5	12,00	50,0	22,6

La humedad de estos materiales es elevada, situándose por encima del 90%. La densidad aparente es realmente diferencial, la mezcla puerro-apio se observa una densidad aparente media-baja, mientras que en la de puerro-calabaza la densidad aparente aumenta considerablemente. Esto significa que los materiales residuales de la calabaza tienen una densidad aparente elevada con lo cual la presencia de materia seca es mayor lo que hace que el contenido de nutrientes está más concentrado que en otros materiales. El pH de los materiales se sitúa en torno a la neutralidad, pero levemente ácidos. La conductividad eléctrica del apio es muy elevada comparada con las otras muestras. El contenido de MO se sitúa por encima del 70%, para apio y la mezcla de puerro-apio, pero la presencia de la calabaza reduce significadamente el contenido de MO. Por último, el carbono orgánico total se sitúa en valores normales en torno a 35-40 % para apio y puerro-apio, sin embargo, la mezcla puerro-calabaza hace que la presencia de carbono orgánico total se reduzca casi a la mitad.

En la tabla 1.d, se muestran los nutrientes primarios N, P, K, sodio y polifenoles presentes en los materiales analizados.

Tabla 1.d. Análisis de los flujos residuales vegetales del sector hortícola valenciano.

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados del laboratorio GIAAMA (2020).

Denominación	Descripción	NT (%)	Ratio C/N	P (g/kg)	K (g/kg)	Na (g/kg)	PH (mg/kg)
Apio	Rechazo/ destrío	0,72	51,0	2,51	56,6	40,7	15022
Puerro-apio	Rechazo/ destrío	2,22	8,19	4,96	47,6	14,0	7054
Puerro-calabaza	Rechazo/ destrío	1,75	12,9	3,30	26,5	8,67	4439

Cabe destacar el bajo contenido nitrogenado del apio, frente al resto de las otras dos muestras de puerro-apio y puerro-calabaza. El comportamiento de mineralización de estos tres materiales es variado el apio tiene una relación C/N de 51 por lo tanto tendera a la humificación y su compostaje sería problemático, mientras que las otras dos muestras presentan una relación C/N baja o muy baja que favorece su mineralización y transformación. El contenido de fósforo es alto o muy alto en las muestras, destacando de la mezcla puerro-apio de 5 (g/Kg). El contenido en potasio en general es alto, destacando la del apio y puerro-apio, siendo las concentraciones menores la del puerro-calabaza. El contenido de sodio es medio salvo para el apio que presenta una concentración de las más altas de los materiales observados siendo un valor a tener en cuenta para monitorizar y seguir investigando. Por último, los polifenoles hidrosolubles analizados se sitúan en valores bajos para puerro-calabaza,

medios para puerro apio y elevados o muy elevados para apio, por tanto, su compostaje podría provocar alteraciones en el proceso de compostaje.

SECTOR FRUTÍCOLA

A continuación, en la tabla 2.a vamos a analizar los flujos de materias residuales vegetales de origen frutícola, en este apartado vamos a analizar fundamentalmente la biomasa procedente de níspero, con dos muestras analizadas; granada fruto y poda, con 2 y 6 muestras analizadas respectivamente; caqui y almendro, con 2 y 1 muestras analizadas respectivamente.

Materias primas residuales de origen agrícola

Tabla 2.a. Análisis de los flujos residuales vegetales del sector frutícola valenciano.

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados del laboratorio GIAAMA (2020).

Denominación	Descripción	Nº muestras	Humedad (%)	DA (Kg/l)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)
	03 frutal de pepita							
Poda níspero	-	2	13,6	0,137	5,7	2,25	91,7	43,3
Granada	Fruto	2	67,1	0,515	5,5	3,66	87,3	41,1
Poda granada	-	6	20,2	0,246	5,5	2,02	94,4	46,2
Poda caqui	-	2	17,1	0,173	6,8	1,61	93,2	46,8
	05 frutal de fruto seco							
Poda almendro	-	1	24,1	0,02	5,2	3,64	94,1	46,1

A niveles de humedad son materiales que salvo el fruto de granada procedente de destrío contienen una humedad baja al ser de procedencia de podas situándose entre el 20-24% y en muchos casos en torno al 15%. La densidad aparente es baja o muy baja, salvo para el fruto de la granada situándose en valores de 0,5 (Kg/l) mientras que el resto está por debajo de 0,3 (Kg/l). El pH de estos materiales es levemente ácido, a excepción de la poda del caqui que se sitúa en torno a la neutralidad. La conductividad eléctrica de estos materiales menos para el caso de la granada (fruto), se sitúa en niveles bajos, ya que son materiales estructurales y con poca actividad de metabolismo basal. El contenido en MO y carbono orgánico total es elevado o muy elevado, debido a que estos materiales están compuestos principalmente por materia orgánica no existen acumulaciones de elementos inorgánicos y casi todo el material es estructural sobre fibras de carbono.

En la siguiente tabla 2.b se muestran los demás valores obtenidos tras el análisis de estos.

Tabla 2.b. Análisis de los flujos residuales vegetales del sector frutícola valenciano.

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados del laboratorio GIAAMA (2020).

Denominación	Descripción	NT (%)	Ratio C/N	P (g/kg)	K (g/kg)	Na (g/kg)	PH (mg/kg)
	03 frutal de pepita						
Poda níspero	-	0,73	60,0	1,00	14,6	1,0	13304
Granada	Fruto	1,04	43,1	1,69	22,4	3,10	40915
Poda granada	-	1,01	51,6	1,35	6,47	1,11	23732
Poda caqui	-	0,96	49,0	1,29	5,2	0,9	4439
	05 frutal de fruto seco						
Poda almendro	-	1,75	26,3	0,35	19,8	1,35	12510

El contenido de nitrógeno total es bajo en comparación con los materiales de origen hortícola, situándose en menos de la mitad o por debajo de sus valores. Una de las características más destacadas de estos materiales es que poseen una relación C/N elevada o muy elevada siempre por encima de 20-25, por tanto, tienen una inercia a la degradabilidad elevada. Esto significa que no tienen una tendencia a biodegradarse o transformarse, sino más bien que tienen una naturaleza inerte en su interacción con los tratamientos biológicos. Por ello son muy buenos elementos estructurantes que confieren elevada esponjosidad debido a su baja densidad en las mezclas de compostaje. El contenido de fósforo es muy bajo comparado con los restos hortícolas, así mismo el contenido de potasio solo es significativo en el material procedente de la granada al tratarse de un fruto, si se habla de podas por su parte la concentración de este es menor. En estos materiales no existen valores significativos de sodio debido a la baja presencia de sales y su configuración a base de carbono. Los polifenoles hidrosolubles son muy elevados tanto en la poda del níspero, como el fruto de la granada y almendro, para las podas del caqui esta concentración es baja y no supone un factor limitante en su posterior uso en tratamientos biológicos.

Materias primas residuales de origen agroalimentario

En esta tabla 2.c hemos analizado los flujos residuales asociados al almendro (cáscara y piel) con 1 y 2 muestras analizadas respectivamente, también hemos analizado los restos del estrujado de la manzana después de la obtención de puré de manzana.

Tabla 2.c. Análisis de los flujos residuales vegetales del sector frutícola valenciano.

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados del laboratorio GIAAMA (2020).

Denominación	Descripción	Nº muestras	Humedad (%)	DA (Kg/l)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)
Almendra Cáscara	Molida	1	12,9	0,39	4,6	1,70	97,5	71,4
Almendra piel	-	2	37,5	0,063	5,5	2,65	91,9	50,6
Puré de manzana	Restos estrujado	1	81,9	0,914	5,0	5,67	92,8	47,3

Estos materiales están asociados a la industria de la transformación y como tenemos capacidad de disponer de este residuo para su valorización lo hemos incluido en el apartado del sector frutícola. Estos materiales al estar vinculados a frutos presentan una humedad variable, muy diferente la del puré de manzana frente a la cáscara de almendra o la piel que están más lignificadas por lo que esta es inferior. La densidad aparente de la cáscara y piel de almendra es baja o muy baja, mientras que el puré de manzana debido a su elevada humedad al ser compuesta principalmente por agua 82% presenta una densidad similar del agua de 0,91 (Kg/l). Los tres materiales presentan un pH ácido destacando la de la cáscara de almendra con un pH de 4,6. La conductividad eléctrica es proporcional al contenido de humedad, así el puré de manzana presenta una CE de 5,67 (mS/cm) frente a una CE de 1,170 (mS/cm) de la

cáscara de almendra. En todos los casos la MO se observa que son niveles altos superando el 90%, así como los de CO superando el 50%.

En la siguiente tabla 2.d se muestran los valores obtenidos de los nutrientes primarios N, P, K, ratio C/N y contenidos en sodio y polifenoles hidrosolubles.

Tabla 2.d. Análisis de los flujos residuales vegetales del sector frutícola valenciano.

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados del laboratorio GIAAMA (2020).

Denominación	Descripción	NT (%)	Ratio C/N	P (g/kg)	K (g/kg)	Na (g/kg)	PH (mg/kg)
Almendra Cáscara	Molida	0,88	81,4	0,54	6,70	0,57	780
Almendra piel	-	2,30	22,0	4,31	12,9	1,97	3932
Puré de manzana	Restos estrujado	2,37	19,9	2,59	18,1	0,63	4968

El contenido N, P, K de estos productos del sector frutícola son variables, la cáscara de almendra presenta niveles inferiores al 1%, mientras que la piel de almendra y el puré de manzana superan el 2% siendo materiales con una capacidad fertilizante nitrogenada elevada. La relación C/N en la cáscara de almendra es muy elevada pudiéndose utilizar como material corrector de la relación C/N en procesos de compostaje. La relación C/N de la piel de almendra este entorno a los niveles óptimos en los que se puede compostar de manera única o con la mezcla de otra materia, al igual que el puré de manzana. El contenido de fósforo en cáscara de almendra es prácticamente nulo o muy bajo no llegando a 1 (g/Kg), mientras que la piel de almendra sí que contiene una cantidad de fósforo mayor, al igual que la del puré de manzana con 2,6 (g/Kg). El contenido en potasio en la piel de almendra y puré de almendra son elevados por encima de 10 (g/Kg), mientras que la cáscara de almendra no supera los 7

(g/kg). Ninguno de estos tres materiales tiene un contenido considerable de sodio todos ellos se sitúan por debajo de 2 (g/Kg) y tanto la cáscara de almendra como el puré se sitúa por debajo de 1 (g/Kg). El contenido de polifenoles hidrosolubles de la cáscara de almendra es prácticamente nulo siendo por lo tanto un magnifico agente corrector la relación C/N sin incluirlo como factor limitante. Por otro lado, la piel de almendra y el puré de manzana presentan unos valores medios por lo que no supone un factor inhibidor de procesos de tratamiento biológico.

SECTOR CITRÍCOLA

Materias primas residuales de origen agrícola

En la tabla 3.a se analizan los flujos residuales vegetales del sector cítrico. En este sector hemos identificado los flujos residuales directos propios de la propia explotación agrícola como son el destrío con una muestra, así como las podas con 6 muestras y biomásas del naranjo con 1.

Tabla 3.a. Análisis de los flujos residuales vegetales del sector cítrico valenciano.

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados del laboratorio GIAAMA (2020).

Denominación	Descripción	Nº muestras	Humedad (%)	DA (Kg/l)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)
	04 frutal cítrico							
Naranja	Destrío fruto	1	82,8	0,531	3,9	3,1	96,1	41,8
Naranjo	Naranjo joven entero triturado	1	26,5	0,07	7,4	2,84	94,0	45,5

Poda de cítrico	-	6	17,7	0,097	6,1	2,27	85,2	44,3
------------------------	---	---	------	-------	-----	------	------	------

Por lo tanto, tenemos tres elementos que presentan porcentajes de humedad dispares cuando se tratan de podas o destríos, teniendo por ejemplo una humedad por encima del 80% en el caso del destrío y del 26-17% para el caso del naranjo triturado y podas de cítricos respectivamente. La densidad aparente de las podas se sitúa por debajo 0,1 (Kg/l) mientras que la de destrío es más elevada 0,53 (Kg/l). La naranja por su propia naturaleza rica en ácidos cítricos hace que este se sitúe en 4, mientras que las podas se sitúan en torno a 6-7 dependiendo del origen. La conductividad eléctrica es más o menos similar oscilando en 2,3 y 3,1 (mS/cm). La naturaleza de estos materiales es altamente orgánica con unos valores del 85 y 96 % para el caso del destrío. El contenido en carbono se sitúa por encima del 40%.

En la tabla 3.b se muestran los valores restantes relacionados con los nutrientes primarios, la relación C/N, contenido en sodio y polifenoles hidrosolubles.

Tabla 3.b. Análisis de los flujos residuales vegetales del sector cítrico valenciano.

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados del laboratorio GIAAMA (2020).

Denominación	Descripción	NT (%)	Ratio C/N	P (g/kg)	K (g/kg)	Na (g/kg)	PH (mg/kg)
	04 frutal cítrico						
Naranja	Destrío fruto	1,0	41,9	1,1	13,4	1,7	19476
Naranjo	Naranjo joven entero triturado	1,0	46,1	0,76	9,54	1,29	6402
Poda de cítrico	-	1,14	41,3	2,34	9,16	2,54	9272

Se tratan de materiales poco enriquecidos en nitrógeno con unos valores que rondan el 1% la diferencia de otros materiales como los vistos en el sector hortícola. El fósforo contenido en estos es alto en la poda de cítrico 2,34 (g/Kg), mientras que en los demás materiales se sitúan en 1 (g/Kg) o por debajo. El potasio en estos materiales es significativo en el fruto de naranjo y para las partes estructurales esta cifra es menor 9 (g/Kg). La ratio C/N es elevado por lo que es necesario de otros materiales para su adecuado tratamiento. En ningún caso se pueden considerar materiales ricos en sodio y por lo tanto su transformación en tratamientos biológicos no suponen una salinización del medio. Por último, hay que señalar que a nivel de polifenoles hidrosolubles únicamente el fruto de la naranja presenta valores elevados por encima de los 20.000 (mg/Kg) y los demás por debajo de los 10.000 (mg/Kg).

Materias primas residuales de origen agroalimentario

Es interesante analizar los flujos residuales vinculados al sector cítrico y más los vinculados a la obtención de zumos. Este es uno de los más importantes como ya hemos visto tras su cuantificación por su volumen generado. Estos materiales o subproductos son utilizados por diferentes sectores, pero la concentración estacional y la tipología de los materiales hace que no se gestionen de forma eficiente.

Vamos a analizar específicamente el residuo generado de cáscara y pulpa de Limón como representativo de este sector, contando con una muestra analizada. En la tabla 3.c se muestran los parámetros obtenidos para los subproductos del zumo cítrico.

Tabla 3.c. Análisis de los flujos residuales vegetales del sector cítrico valenciano.

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados
del laboratorio GIAAMA (2020).

Denominación	Descripción	Nº muestras	Humedad (%)	DA (Kg/l)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)
Subproducto zumo cítrico	Cáscara y pulpa de limón	1	89,3	0,787	3,6	3,97	94,3	43,3

Los datos obtenidos son de una humedad cercana del 90%. La densidad aparente es elevada, puesto a que consideramos que el material analizado solo es cáscara y pulpa de limón. El pH de este subproducto es inferior a lo propio que la fruta de naranja siendo este del 3,6. La conductividad eléctrica, por lo tanto, la presencia de sales solubles es elevada entrono a 4 (mS/cm). Siendo la naturaleza orgánica de este material prácticamente del 95%, con un carbono orgánico total del 43,3 %.

La tabla 3.d muestra los valores restantes relacionados con la cantidad de nutrientes primarios, la relación C/N, contenido en sodio y polifenoles hidrosolubles.

Tabla 3.d. Análisis de los flujos residuales vegetales del sector cítrico valenciano.

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados del laboratorio GIAAMA (2020).

Denominación	Descripción	NT (%)	Ratio C/N	P (g/kg)	K (g/kg)	Na (g/kg)	PH (mg/kg)
Subproducto zumo cítrico	Cáscara y pulpa de limón	1,51	28,6	1,37	13,4	2,57	19770

El contenido en nutrientes de este es medio con un contenido de nitrógeno total es de 1,5 %, de fósforo 1,37 (g/Kg) y de potasio 13,4 (g/Kg). Podemos considerar que este material tiene una relación N, P, K equilibrada donde todos los nutrientes se

encuentran en unos contenidos similares. La relación C/N de este material se sitúa en torno a 28,6, por lo que es un material fácilmente compostable si se mezcla con otros mariales de una naturaleza con unos pH mayores. El contenido en sodio de estos materiales es medio o bajo, sin embargo, debemos de tener en cuenta los altos contenidos en polifenoles hidrosolubles de 19.000 (mg/Kg) muy parecidos a los del fruto del naranjo.

SECTOR OLEÍCOLA

Materias primas residuales de origen agrícola

En la tabla 4.a se muestran los contenidos de humedad, densidad aparente, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica total y carbono, obtenidos de las 6 muestras del análisis hoja de olivo y para las 4 de la poda de oliva.

Tabla 4.a. Análisis de los flujos residuales vegetales del sector oleícola valenciano.

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados del laboratorio GIAAMA (2020).

Denominación	Descripción	Nº muestras	Humedad (%)	DA (Kg/l)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)
	02 frutal de hueso							
Hoja de olivo	-	6	12,0	0,221	5,8	1,47	87,9	48,5
Poda olivo	-	4	17,9	0,154	5,6	1,62	93,9	48,6

El contenido de humedad de los residuos es baja o muy baja son un 18% para el caso de la poda de olivo y de un 12% para el de la hoja de olivo. La densidad aparente es baja o muy baja por debajo de 0,2 (Kg/litro). El pH de los residuos se sitúa en valores óptimos, ya que comprenden la neutralidad. La conductividad eléctrica de estos

residuos se sitúa por debajo de 1,6 (mS/cm) por lo que no supone una limitación para procesos biológicos de tratamiento. El contenido de materia orgánica ronda el 90% indicando una naturaleza orgánica y poco mineralizadas de estos materiales. Por último, el contenido de carbono orgánico es similar siendo del 48,5 y 48,6 % para la hoja de olivo y poda respectivamente.

La tabla 4.b muestra los valores restantes relacionados con la cantidad de nutrientes primarios, la relación C/N, contenido en sodio y polifenoles hidrosolubles.

Tabla 4.b. Análisis de los flujos residuales vegetales del sector oleícola valenciano.

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados del laboratorio GIAAMA (2020).

Denominación	Descripción	NT (%)	Ratio C/N	P (g/kg)	K (g/kg)	Na (g/kg)	PH (mg/kg)
	02 frutal de hueso						
Hoja de olivo	-	1,51	32,2	1,09	6,95	1,28	13317
Poda olivo	-	1,00	50,4	0,72	6,98	1,04	13402

En cuanto al contenido N, P, K de estos subproductos del sector oleícola, tanto la hoja de olivo como la de poda presenta niveles bajos de concentración de nitrógeno 1,5 y 1% respectivamente, asimismo para el caso del contenido en fósforo de estos que se sitúa por debajo de 1 (g/Kg), el potasio se sitúa en unos valores de 7 (g/Kg) por lo que podemos decir que no son materiales muy ricos en concentración de nutrientes y se deberían de mezclar con otros materiales para mejorar su capacidad fertilizante. La relación C/N es de 32,2 para el caso de la hoja de olivo y de 50,4 para la poda, por lo que será necesario su mezcla con otro material para mejorar la relación. Ninguno de estos tres materiales tiene un contenido considerable de sodio ambos se sitúan por debajo de

1,5 (g/Kg). El contenido de polifenoles hidrosolubles supera los 10.000 (mg/Kg) por lo que debería de tener en cuenta en los procesos de valorización.

Materias primas residuales de origen agroalimentario

En la industria del producto de aceite de oliva se generan una serie de residuos que son de interés por el volumen que generan y por lo que supone su tratamiento, ya que se tratan de materiales que tienen un gran impacto sobre el medioambiente si su gestión se hace de manera incorrecta. Para ello se han analizado 17 muestras de alperujo, 2 de orujo y 2 de restos de olivo. En la tabla 4.c se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 4.c. Análisis de los flujos residuales vegetales del sector oleícola valenciano.

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados del laboratorio GIAAMA (2020).

Denominación	Descripción	Nº muestras	Humedad (%)	DA (Kg/l)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)
Alperujo	-	17	53,0	0,974	5,7	3,72	92,0	52,8
Orujo	-	2	39,6	0,354	7,1	1,76	91,1	50,2
Restos olivo	Hojuela de almazara	2	15,9	0,086	6,2	1,95	80,3	43,6

De ellas se ha obtenido una humedad elevada para el caso del alperujo con un 53%, media-alta para la del orujo y baja para la hojuela de almazara 16%. La densidad aparente es elevada para el caso del alperujo debido a la cantidad de agua y por parte del orujo y de la hojuela esta es menor de 0,35 y 0,08 (Kg/l) respectivamente. El pH de este subproducto es idóneo situándose en valores de entorno del 5,7 y 7,1. La conductividad eléctrica es media para el caso del alperujo con unos 3,72 (ms/cm) y baja para el caso del orujo y hojuela, por lo que no suponen un factor que pueda afectar en

su aplicación posterior. Siendo la naturaleza orgánica de estos materiales muy elevada superiores al 80%. En el caso del carbono orgánico este se sitúa por encima del 40%.

La tabla 4.d muestra los valores restantes relacionados con la cantidad de nutrientes primarios, la relación C/N, contenido en sodio y polifenoles hidrosolubles.

Tabla 4.d. Análisis de los flujos residuales vegetales del sector oleícola valenciano.

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados del laboratorio GIAAMA (2020).

Denominación	Descripción	NT (%)	Ratio C/N	P (g/kg)	K (g/kg)	Na (g/kg)	PH (mg/kg)
Alperujo	-	1,35	44,0	1,36	24,4	2,85	8830
Orujo	-	2,37	21,2	2,33	25,3	1,61	2233
Restos olivo	Hojuela de almazara	1,47	29,6	0,87	9,62	1,56	6243

En cuanto a los contenidos de los nutrientes N, P, K cabe destacar la alta capacidad nitrogenada del orujo y valores por encima del 1 % de los demás materiales, el fósforo por su parte también es elevado en el caso del orujo y bajo para los de hojuela de almazara y medio para el alperujo, el potasio por su parte presenta valores muy elevados para el caso del orujo y del alperujo y bajos para la hojuela de almazara. El ratio de relación C/N para el caso del orujo es óptima por lo que su aptitud para el compostaje es bastante buena así como por su baja presencia en polifenoles hidrosolubles, los restos de hojuela de almazara y de alperujo presentan una relación C/N más elevada por lo que sería necesario incorporar otros materiales para mejorar la relación, en cuanto a los polifenoles hidrosolubles los niveles se sitúa por debajo de los 10.000 (mg/Kg) y por lo tanto no suponen un factor limitante.

SECTOR VITIVINÍCOLA

A continuación, vamos a analizar los flujos de materias residuales vegetales de origen vitivinícola, en este apartado vamos a analizar la biomasa procedente de las podas de 12 muestras diferentes. Los resultados los mostramos en la siguiente tabla 5.a:

Materias primas residuales de origen agrícola

Tabla 5.a. Análisis de los flujos residuales vegetales del sector vitivinícola valenciano.

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados del laboratorio GIAAMA (2020).

Denominación	Descripción	Nº muestras	Humedad (%)	DA (Kg/l)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)
Poda vid	-	12	15,8	0,152	6,5	1,74	90,1	45,5

Los niveles de humedad presentes son bajas del 16%. La densidad aparente es baja o muy baja. El pH de estos materiales es óptimo, por lo que sería un buen agente estructurante. La conductividad eléctrica de este material se sitúa en niveles bajos, ya que es un material estructural y con poca actividad de metabolismo basal. El contenido en MO y carbono orgánico total es elevado o muy elevado, debido a que estos materiales están compuestos principalmente por materia orgánica no existen acumulaciones de elementos inorgánicos y casi todo el material es estructural sobre fibras de carbono.

La tabla 5.b muestra los valores restantes relacionados con la cantidad de nutrientes primarios, la relación C/N, contenido en sodio y polifenoles hidrosolubles.

Tabla 5.b. Análisis de los flujos residuales vegetales del sector vitivinícola valenciano.

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados del laboratorio GIAAMA (2020).

Denominación	Descripción	NT (%)	Ratio C/N	P (g/kg)	K (g/kg)	Na (g/kg)	PH (mg/kg)
Poda vid	-	0,74	62,7	0,82	6,73	1,29	5901

En cuanto a los contenidos de los nutrientes N, P, K estos niveles se sitúan bajos o muy bajos para el caso del nitrógeno y del fósforo, y medios para los del potasio con una cantidad de 6,7 (g/Kg). Las ratios de relación C/N es elevada por lo que tiende a la humificación y sería necesario añadir un elemento más en su compostaje, en cuanto a los polifenoles hidrosolubles los niveles se sitúan bajo y por lo tanto no suponen un factor limitante.

Materias primas residuales de origen agroalimentario

Para el análisis de flujos residuales de origen agroalimentario se cuenta con 1 muestra de orujo desalcoholizado y 11 muestras de raspón, tras su procesado en la obtención de vino, obteniendo los siguientes datos de la tabla 5.c:

Tabla 5.c. Análisis de los flujos residuales vegetales del sector vitivinícola valenciano.

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados del laboratorio GIAAMA (2020).

Denominación	Descripción	Nº muestras	Humedad (%)	DA (Kg/l)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)
Orujo	Desalcoholizado	1	24,5	0,23	7,0	1,64	89,3	43,6
Raspón	Vitivinícola	11	30,7	0,094	6,1	2,95	89,0	45,8

La humedad de estos no es muy elevada situándose en torno al 30%. La densidad aparente es baja y especialmente baja para los restos de raspón de 0,09 (Kg/l). El pH se encuentra en valores óptimos por lo que su tratamiento posterior será facilitado.

Asimismo, para el caso de la conductividad eléctrica, ya que esta es baja especialmente para el orujo desalcoholizado y media para el caso del raspón. El contenido de MO de estos materiales es elevado debido a que proceden de partes formadas principalmente por materia orgánica, de la misma manera su contenido en carbono que presentan es alta por esta condición.

La tabla 5.d muestra los valores restantes relacionados con la cantidad de nutrientes primarios, la relación C/N, contenido en sodio y polifenoles hidrosolubles.

Tabla 5.d. Análisis de los flujos residuales vegetales del sector vitivinícola valenciano.

Fuente: Elaboración propia a través de datos tomados del laboratorio GIAAMA (2020).

Denominación	Descripción	NT (%)	Ratio C/N	P (g/kg)	K (g/kg)	Na (g/kg)	PH (mg/kg)
Orujo	Desalcoholizado	2,39	19,4	1,92	14,5	1,39	3404
Raspón	Vitivinícola	1,05	46,4	0,84	23,8	3,29	6272

De los elementos primarios N, P, K decir que el orujo desalcoholizado presenta una capacidad fertilizante nitrogenada interesante del 2,39% y baja para el caso del raspón, el fósforo llega a situar de en torno a 2 (g/Kg) en el caso del orujo y del 0,84 (g/Kg) en el caso del raspón, los contenidos en potasio por ambas partes son elevados presentando una elevada cantidad de ese en los restos de raspón llegando a 23,8 (g/Kg). El contenido en sodio y polifenoles hidrosolubles de estos materiales no presentan ningún problema por lo que no provocan problemas asociados a estos en las mezclas de compostaje o su uso en digestión anaerobia.

4.3. SELECCIÓN DE LAS MEJORES OPCIONES DE GESTIÓN SOSTENIBLE APLICADAS A LOS FLUJOS RESIDUALES VEGETALES EN LOS SECTORES CLAVE VALENCIANOS

Una vez estimados y analizados los flujos residuales de origen vegetal de los sectores claves valencianos nos hemos dispuesto a seleccionar las mejores opciones de gestión sostenible, basándonos en las características del residuo analizado para ver qué medida se adapta mejor intentando aprovechar el valor añadido asociado a estos y por otro lado con la ayuda de los mapas (ANEXO 1) teniendo en cuenta factores geográficos en los que determinadas medidas pueden llegar a tener mayor aceptación y eficacia.

Se han optado por las siguientes opciones de gestión orientadas a la reducción de los gases de efecto invernadero (GEI) por orden de prioridad:

1. Incorporación de los materiales triturados al suelo en modo de acolchado o mulch.
2. Aplicación de los residuos como fertilizantes para los cultivos, bien directamente o después de haber sido tratados mediante procesos de compostaje.
3. Aplicación como alimento animal mediante el ensilado u otras prácticas como el deshidratado, serán contempladas para el caso de los residuos originados de producciones ecológicas.
4. Aprovechamiento de la energía contenida en los residuos mediante la producción de biogás, conseguido mediante la fermentación anaerobia de la materia orgánica, bien para la obtención de calor y/o electricidad.

Las dos primeras se muestran de especial interés, ya que se tratan de medidas que fomentan el secuestro de carbono en el suelo, no requieren grandes inversiones y su desarrollo es sencillo, reduciendo el volumen de residuos considerablemente y además son las más estudiadas e implementadas que hay hoy en día, aportando a su vez una multitud de beneficios al medio agrícola.

Las dos últimas propuestas se consideran medidas útiles al hacer frente a la problemática de la generación masiva, pero su implementación requiere grandes superficies e inversión que para ser viable requiere un aporte lineal de residuos (difícil por la estacionalidad), no suponen un ahorro considerable de gases de efecto invernadero a la atmósfera y además presentan muchos problemas si no se hace de

manera adecuada. No obstante, en algunas zonas geográficas de la Comunidad Valenciana podrían ser útiles y de gran valor.

A su vez las medidas escogidas presentan la ventaja de que pueden ser aplicadas con la combinación de varios flujos no productivos, haciendo que la gestión de estos sea más sencilla. También debemos tener en cuenta que, dentro de los diferentes sectores estudiados, existen flujos residuales diferentes (Sector oleícola, podas de olivo y alperujos) que requieren manejos y destinos diferentes, por lo que en todo caso se recomiendan las medidas de gestión de forma general que mejor cuadran con los criterios establecidos.

Así pues, ateniendo a los factores antes comentados en el sector hortícola hemos optado como medida de gestión por la aplicación directa de los residuos o el compostaje, debido a que la producción se concentra en la provincia de Alicante (6%), en la cual la actividad ganadera es notoriamente menor que en otras provincias, lo que las otras opciones se hacen inviables, ya que el ensilado estaría aceptado en zonas con una fuerte demanda de alimento animal, al igual que los procesos de digestión anaerobia en los que la co-digestión en zonas con alta producción de biomasa ganadera, junto la biomasa vegetal harían de esta una medida interesante.

No obstante, el ensilado de los mismos en explotaciones ecológicas se presenta de gran interés, ya que el alimento generado estaría exento de productos fitosanitarios que pudieran pasar al metabolismo animal.

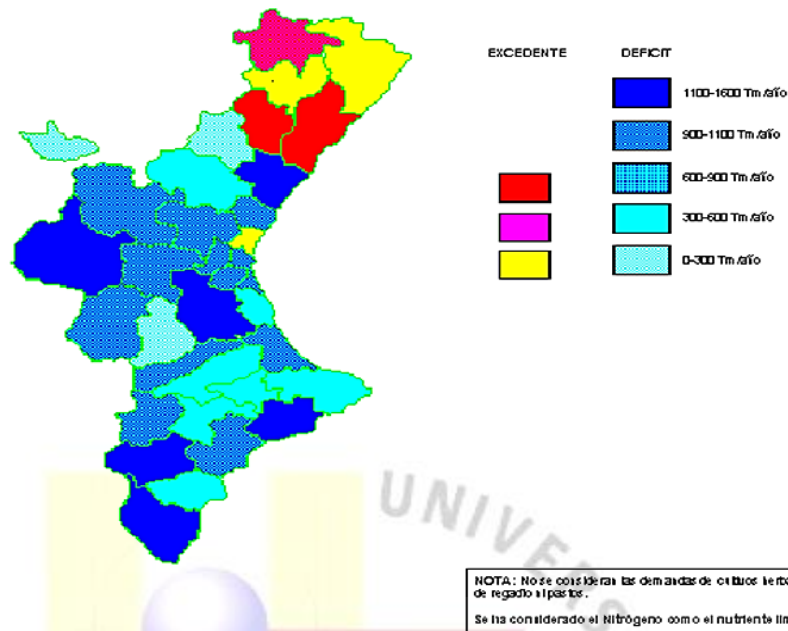
Otra de las razones por las que se ha optado por estas medidas es por la fuerte demanda de nutrientes que requieren estas zonas, como podemos ver en la siguiente figura 44:

Figura 44. Mapa geográfico comarcal de la Comunidad Valenciana de déficit de nutrientes.

Fuente: Conselleria d'Agricultura, Desenvolupament Rural, Emergència
Climàtica i Transició Ecològica.

PROGRAMA DE RESIDUOS
AGROPECUARIOS DE LA
COMUNIDAD VALENCIANA

BALANCE DE NUTRIENTES EN LA COMUNIDAD VALENCIANA



Los suelos de las comarcas provinciales de Alicante y Valencia sufren déficits nutricionales por lo que medidas como las que hemos tomado serian positivas.

En el caso del sector frutícola, este se encuentra distribuido por toda la superficie valenciana y nos encontramos con una gran variedad de flujos no productivos por lo que se han optado por diferentes medidas de gestión. Al tratarse principalmente de residuos procedentes de las podas se han escogido medidas como la trituración in situ o el compostaje de estas, en provincias como las de Alicante donde la precipitación anual media es baja el acolchado debidamente controlado proporcionaría un ahorro de los recursos hídricos.

Por otro lado, los flujos no productivos originados en los procesos de destrío o de industrialización, se ha optado por el compostaje, el ensilado o la deshidratación y la co-digestión anaerobia. Por territorios, en la provincia de Alicante la medida que puede llegar a tener una mayor eficacia es la aplicación directa al suelo o su compostaje, por las mismas razones comentadas en el sector hortícola, siendo el ensilado otra opción de interés en el caso de residuos de procedencia eco. La provincia de Valencia por su parte, todas las medidas serian aceptadas, ya que cuenta con una actividad ganadera notoria

y con amplias hectáreas dedicadas al sector. De la misma forma en la provincia de Castellón estas medidas tendrían un impacto positivo en su área geográfica.

El sector citrícola se encuentra al igual que el frutícola bastante distribuido por la geografía valenciana, añadiendo su gran producción de residuos (59,6%) hace que la implementación de todas las medidas tenga un impacto positivo. En la provincia de Alicante las medidas que tendrían mayor impacto serían las de su aplicación directa o compostaje, su uso como acolchado, el ensilado o deshidratado e incluimos, aunque no haya una actividad ganadera importante la de su uso en procesos de co-digestión, ya que los grandes volúmenes producidos hacen que sea viable transportar los residuos a otras áreas donde estas tecnologías estén implantadas. Por su parte en las provincias de Valencia y Castellón todas las medidas adoptadas son viables.

El sector oleícola por su parte no es de los más distribuidos en la superficie valenciana, pero los residuos generados en este presentan unas características que si no son gestionadas de manera correcta suponen un gran impacto al medio ambiente y por lo tanto se han seleccionado las siguientes medidas:

En la provincia de Alicante los residuos procedentes de este sector podrían usarse en la aplicación directa al suelo o compostaje, como acolchado y debido a los grandes volúmenes generados en las almazaras también destinados a la co-digestión. De la misma manera en las provincias de Valencia y Castellón estas medidas tendrían un gran efecto, sobre todo las de acolchado y de co-digestión.

Por último, tenemos el sector vitivinícola que en provincias como las de Alicante y Valencia la producción de residuos es considerable y por lo tanto deben ser objetivo de implementar diferentes medidas para su gestión. En la provincia de Alicante, las medidas adoptadas son la aplicación directa o el compostaje, el acolchado para los materiales lignocelulósicos y debido a un gran volumen generado en el sistema ecológico el ensilado o deshidratado. En la provincia de Valencia por su parte se puede incluir la co-digestión.



5. CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

Con el trabajo realizado sobre la identificación, cuantificación y análisis de los flujos residuales de origen vegetal de los sectores más influyentes en la Comunidad Valenciana (hortícola, frutícola, cítrica, oleícola y vitivinícola), hemos podido establecer aproximadamente la cantidad de residuos generados en las labores agrarias e industriales, obteniendo además los nutrientes y parámetros de interés que los integran.

El sector hortícola valenciano compuesto por los cultivos de calabaza, sandía, melón, tomate, pimiento, alcachofa, apio, brócoli, col, lechuga y cebolla, produjo un total de 49.214 toneladas/anuales de residuo, representando únicamente el 2,4%. La provincia de Alicante es la que más residuo de este origen sectorial produjo con unas 30.000 toneladas, le sigue la provincia de Valencia donde se produjo en total unas 12.800 toneladas y la provincia de Castellón que produjo en total unas 4.700 toneladas. En cuanto al sector ECO hortícola de la Comunidad Valenciana este generó unas 1.600 toneladas de residuo.

De los materiales que hemos analizado podemos deducir que se tratan de residuos con una elevada humedad superando el 80%, unos valores de densidad aparente bajos o muy bajos, unos valores de pH y CE variados, una materia orgánica elevada superando el 70%, un carbono orgánico no muy elevado (30%), una relación C/N baja por lo que su biodegradabilidad es alta, un contenido en nutrientes N, P, K elevados incluso muy elevados para el caso del potasio, el contenido en sodio situándose en valores medios y de polifenoles variados.

El sector frutícola valenciano compuesto por los cultivos de melocotón, níspero, albaricoque, manzana, cerezo y guinda, almendro, granada, caqui y ciruelo, produjo un total de 337.569 toneladas de residuo, siendo el 16,4% de la producción total. La provincia de Valencia es la que más residuo de este origen produjo con unas 218.500 toneladas, le sigue la provincia de Alicante donde se produjo en total unas 71.400 toneladas y la provincia de Castellón con una cantidad total de 39.700 toneladas. Del

sector ECO frutícola se puede extraer, excepto para los cultivos de níspero, granado y caqui que se produjeron un total de 7.800 toneladas.

De los materiales analizados hay que decir que contienen una humedad baja <25% debido a que se tratan mayormente de partes lignificadas (podas, cáscaras, etc.) la humedad es más alta cuando los materiales analizados fueron frutos, así mismo la densidad aparente de los materiales más lignificados fue menor y por el contrario de los frutos fue más alta, el pH se presenta ligeramente ácido para ambos casos, la MO presente es muy elevada superando el 90%, de la misma manera el CO supera el 40%. La cantidad de nutrientes primarios N, P, K son bajos en las muestras de origen lignificado y mayor para las muestras tomadas de frutos, la relación C/N es elevada para los materiales lignificados y media para el caso de los frutales, el sodio presente es bajo y la cantidad de polifenoles es muy elevada, excepto para los de origen industrial.

El sector citrícola es el sector clave en la Comunidad Valenciana en el que la generación de residuos supuso el mayor volumen produciendo 1.230.380 toneladas con respecto a los demás sectores suponiendo el (59,6%) de la producción total, con una distribución provincial: Valencia 735.000 toneladas> Alicante 264.900 toneladas>Castellón 223.300 toneladas. El sector citrícola ECO generó por su parte 7.300 toneladas de residuos de origen vegetal.

El contenido en humedad de los materiales analizados es baja para los de origen lignocelulósico y elevada o muy elevada en el caso de los frutos llegando al 90%, la densidad aparente es baja para el caso de los materiales lignificados y elevada para los frutos, el pH es ácido en los frutos, pero en los de origen lignocelulósico el valor se sitúa en la neutralidad, la CE está en valores adecuados menos en el caso de los materiales analizados de origen industrial, tienen altos contenidos de MO (90%) y de CO (40%). Contienen poca cantidad de nitrógeno y fósforo, sin embargo, en potasio los valores se incrementan, la relación C/N es elevada para el caso de los materiales de origen lignocelulósico y en valores intermedios para los demás, el contenido en sodio es adecuado y presentan valores altos de polifenoles en restos que proceden del fruto.

El sector oleícola dedicado principalmente al destino de la obtención de aceite en almazara y aceituna para aderezo produjo un total de 159.329 toneladas de residuo y supuso el 7,7% del generado total. Se generó un total de 60.700 toneladas en la provincia de Alicante, en la provincia de Valencia un total de 56.000 toneladas de residuo y en la provincia de Castellón unas 36.100 toneladas de residuo. Respecto al sector ECO oleícola este generó unas 6.300 toneladas.

La humedad presente en los materiales analizados es en muchos casos baja, solamente el alperujo ronda el 50% de humedad, de la misma forma para la densidad aparente siendo más elevada en el alperujo, el pH se sitúa en valores óptimos, al igual que la CE, la MO y CO se sitúan en valores elevados del 90% y 50% respectivamente, son materiales que contienen poca riqueza en nutrientes excepto para el caso del orujo, de la misma forma presentan una relación C/N elevada, pero dentro de los valores óptimos para el caso del orujo, el sodio se sitúa en valores bajos y los de polifenoles se sitúan altos en el caso de los materiales de origen agrario pero bajos para los industriales.

El sector vitivinícola es uno de los sectores más importantes en cuanto la generación de residuos, la uva de mesa y sobre todo para la vinificación son las vertientes más influyentes, este produjo un total de 360.481 toneladas y supuso el 17,5% del generado total. Valencia es la provincia que más residuo de este origen produjo con unas 236.200 toneladas, en la provincia de Alicante se generaron un total de 71.200 toneladas y por su parte en Castellón se generaron en total unas 3.500 toneladas. El sector ECO vitivinícola es el de más importancia tuvo en cuanto a generación en ECO con unas 49.400 toneladas.

Los materiales analizados mostraron una cantidad de humedad baja situándose en torno al 30% o incluso a la mitad dependiendo su procedencia, una densidad aparente baja, unos valores de pH y CE óptimos, elevados contenidos en MO y CO del 90% y 45% respectivamente. Los contenidos en N, P, K fue menor para el caso de la muestra tomada de las partes más lignificadas y mayores para las de procedencia industrial, el sodio y polifenoles contenidos se sitúan en valores óptimos por lo que no suponen un factor limitante para su posterior gestión.

Además, se ha podido extraer otros datos o conclusiones con este estudio y es que el sistema utilizado para la producción agrícola (convencional o ecológico) interfiere en la generación de residuos. Así pues, podemos decir que el sistema convencional con respecto al ecológico supone un aumento de estos, debido a que se centra en producir la mayor cantidad de producto por unidad cultivada dejando de lado los aspectos ambientales a diferencia del ecológico, que al tenerlos en cuenta supone una menor presión ambiental y al no centrarse tanto en maximizar la producción genera menos residuos.

Respecto a la gestión de estos flujos residuales agroalimentarios cuantificados, la diferente naturaleza, composición y ubicación de las zonas de generación, hace difícil su correcto manejo, pero se ha puesto de manifiesto que la gestión de estos flujos puede servir para la recuperación de nutrientes en comarcas deficitarias, así como para la mejora del contenido de materia orgánica para los suelos, ya sea mediante enmienda, compostaje o mulching. En los casos que sea posible, el uso en alimentación animal de estos flujos permite la realización de círculos virtuosos de economía circular incluyendo la generación de productos secundarios como serían los estiércoles. En aquellos emplazamientos con exceso de nutrientes y con disponibilidad de materiales específicos se puede plantar aprovechamientos energéticos.



6. BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso, D., Brines N., Peñalvo, E., Vargas C.A., Pérez, A., Gómez, P., Pascual, A., Ruiz, B. (2010). Cuantificación de materias primas alimentarias de origen vegetal. PSE PROBIOGAS. 11-35.
- Angelidaki, I. and Ahring, B. K. (1993). Appl. Microbiol. Biotechnol. 38, 560–564.
- Barres, T. (2012). Producción y consumo sostenibles y residuos agrarios. MAPA. 11-23.
- Bernal, M.P., Clemente, R., Walker, D.J. 2006. The role of organic amendments in the bioremediation of heavy metals polluted soils. En: Gore, R.B. (Ed.), Environmental Research at the Leading Edge. Nova, New York. pp 1–57.
- Bolzonella, D. Pavan, P. Mace, S. Cecchi, F. 2006. Dry anaerobic digestion of differently sorted organic municipal solid waste: a full-scale experience. Volume 53, Issue 8.
- Conesa, C. (2018). Aprovechamiento de residuos en la industria hortofrutícola. Poscosecha.
- Dalzell, H.W., K.R. Gray and A.T. Biddlestone, 1981. Composting in Tropical Agriculture. The International Institute of Biology Husbandry, Review paper Series No 2: 480.
- De Lucas, A.I., Del Peso, C., Rodríguez, E., Prieto, P. (2012). Biomasa, biocombustibles y sostenibilidad. Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario. ITAGRA.CT. 15-100.
- García-Ortiz, A., J.V. Giráldez, P. González y R. Ordóñez. 1993. El riego con alpechín. Una alternativa al lagunaje. Agricultura, 730, 426-431.
- Gómez, X. Cuetos, M.J. Cara, J. Morán, A. García, A.L. 2006. Anaerobic co-digestion of primary sludge and the fruit and vegetable fraction of the municipal solid wastes: Conditions for mixing and evaluation of the organic loading rate. Volume 31, Issue 12. Pages 2017-2024.

- Kalscheuer, R. Stölting, T. Steinbüchel, A. (2006). Microdiesel: Escherichia coli engineered for fuel production. *Microbiology* 152:2529–2536
- Londoño, J., Sierra, J., Álvarez, R., Restrepo, A.M., Pássaro, C. (2012). Aprovechamientos de los subproductos cítricos. Capítulo 12. 10-23.
- M. R. Chaudhry, Aziz A. Malik, and M. Sidhu. 2004. Mulching Impact on Moisture Conservation–Soil Properties and Plant Growth. *Pakistan Journal of Water Resources*, Vol.8(2).
- Manterola, H., Cerda, D., Mira, J. Los residuos agrícolas y su uso alimentario en rumiantes. 25-50.
- MAPAMA (2018). Agricultura ecológica estadísticas. www.mapama.es consultado en nov 2020.
- MAPAMA (2020). Anuario estadístico. www.mapama.es consultado en nov 2020.
- Moreno, J. Moral, R. (2015) ed. Compostaje. Capítulo 21. Editorial Mundiprensa, Madrid.
- Moreno, J. Moral, R. García-Morales, J.L. Pascual, J.A. Bernal M.P. 2015. De residuo a recurso. Vol III. Residuos orgánicos y agricultura intensiva. Editorial Mundiprensa.
- MTMA. Centro de descargas CNIG. www.centrodedescargas.cnig.es consultado en nov 2020.
- Paredes, C. (1997). Compostaje del alpechín mediante el sistema rutgers y valorización agronómica de los compost. Tesis doctoral.
- Pyrénées, M. (2012). Guía para la selección de las mejores técnicas disponibles en la región del sudoe. Proyecto value. 30-40.
- Rahman, M.J., M.S. Uddin, M.J. Uddin, S.A. Bagum, N.K. Halder and M.F. Hossain. 2004. Effect of different mulches on potato at the saline soil of Southeastern Bangladesh. *J. Biol. Sci.*, 4: 1-4.

- Reddy, N. Yang, Y. 2011. Completely biodegradable soyprotein–jute biocomposites developed using water without any chemicals as plasticizer. *Industrial Crops and Products*. Volume 33, Issue 1. Pages 35-41.
- Rico Hernández, J.R. Navarro Pedreño, J. Gómez Lucas, I. 2016. Evaluation of plant waste used as mulch on soil moisture retention. Department of Agrochemistry and Environment. Miguel Hernández.
- Romero E, Benitez E, and Nogales R. 2005. Suitability of wastes from Olive-Oil Industry for Initial Reclamation of a Pb/Zn Mine Tailing. *Water, Air, and Soil pollution* 165 (1-4), 153-165.
- Rowena. Romano, T. Ruihong Zhang. Co-digestion of onion juice and wastewater sludge using an anaerobic mixed biofilm reactor. 2008. *Bioresource Technology* Volume 99, Issue 3. Pages 631-637.
- Torrijos, M. y Moletta, R. (2000). Efluentes vinícolas y procedimientos de tratamiento. En: *Enología: fundamentos científicos y tecnológicos*. Ed. C. Flanzy. AMV Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 768-783.
- Turney, J. & Menge, J. 1994. Root health: mulching to control root diseases in avocado and citrus. University of California, Riverside circular CAS 94/2.
- Uclés, D. Fórmulas de valorización de los cítricos. *Innovación agroalimentaria Cajamar*. 5-12.
- Vogt, J. y Lemperle, W. (1986). *El vino: obtención, elaboración y análisis*. Ed. Acribia S.A. Zaragoza.
- Witter, E. and Lopez Real, J. (1998) Nitrogen losses during the composting of sewage sludge, and the effectiveness of clay soil, zeolite, and compost in adsorbing the volatilized ammonia. *Biological Wastes* 23, 279– 294.

Zhang, Q.T. Inoue, M. Inosako, K. Irshad, M. Kondo, K. Qui, G.Y. Wang, S.H. 2008.
Ameliorative effect of mulching on water use efficiency of swiss chard salt
accumulation under saline irrigation. J Food Agric Environ 3-4: 480-485.

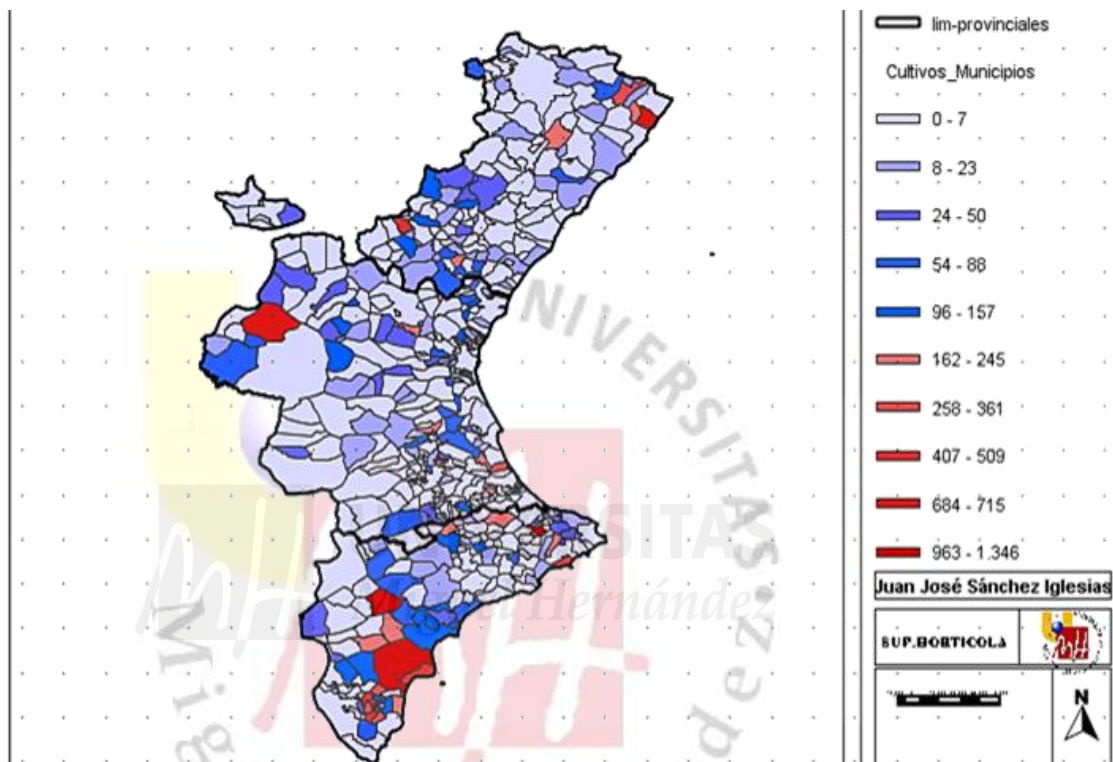




ANEXO 1 MAPAS APROXIMACIÓN

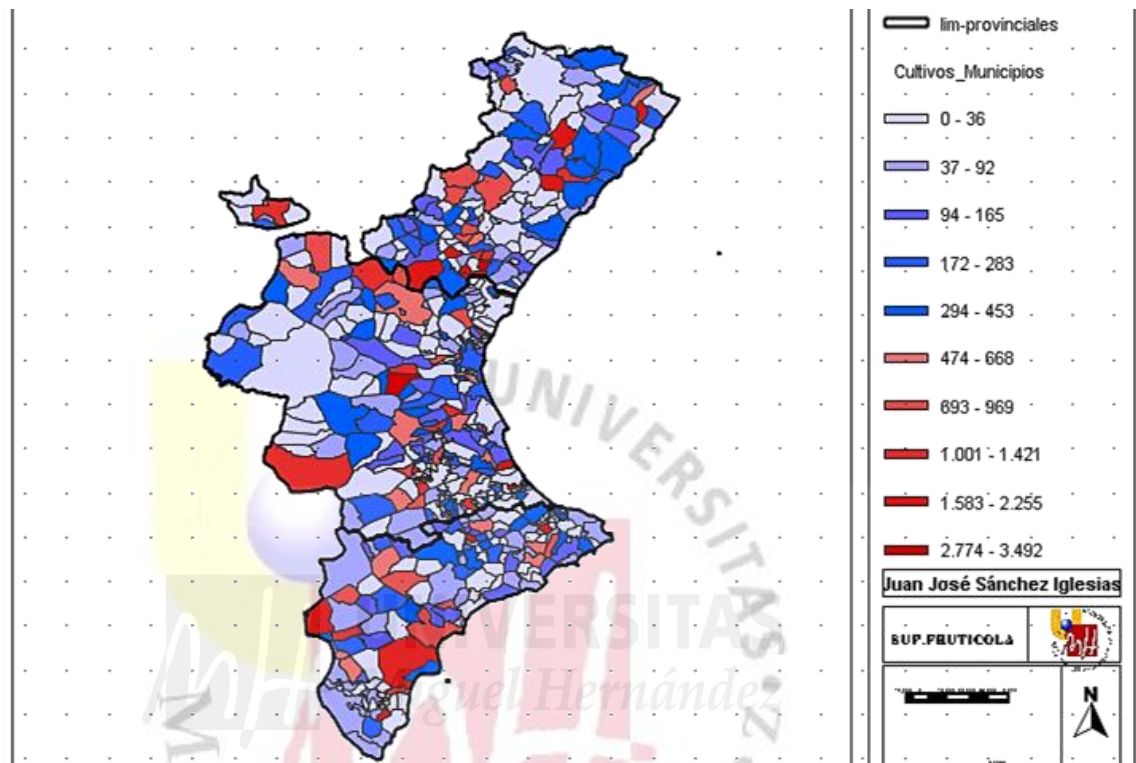
MAPA 1. Mapa de aproximación de los residuos originados tras la actividad agrícola (SECTOR HORTÍCOLA).

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos del Instituto Geográfico Nacional.



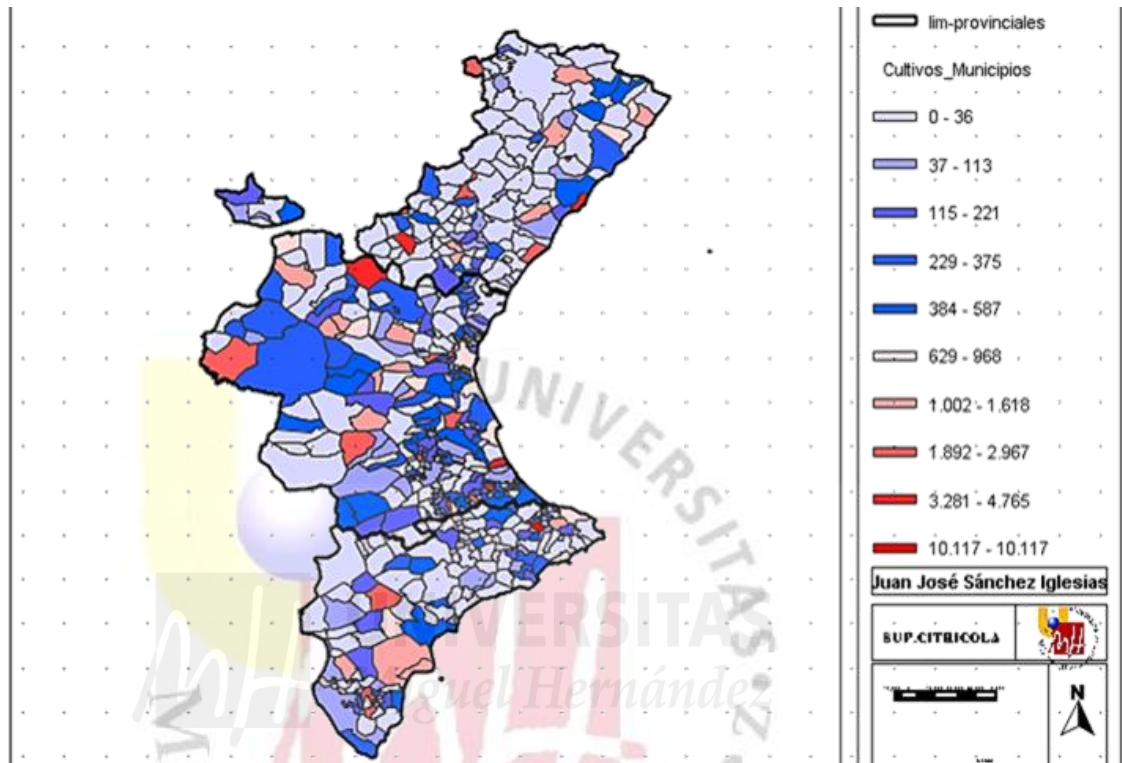
MAPA 2. Mapa de aproximación de los residuos originados tras la actividad agrícola (SECTOR FRUTÍCOLA).

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos del Instituto Geográfico Nacional.



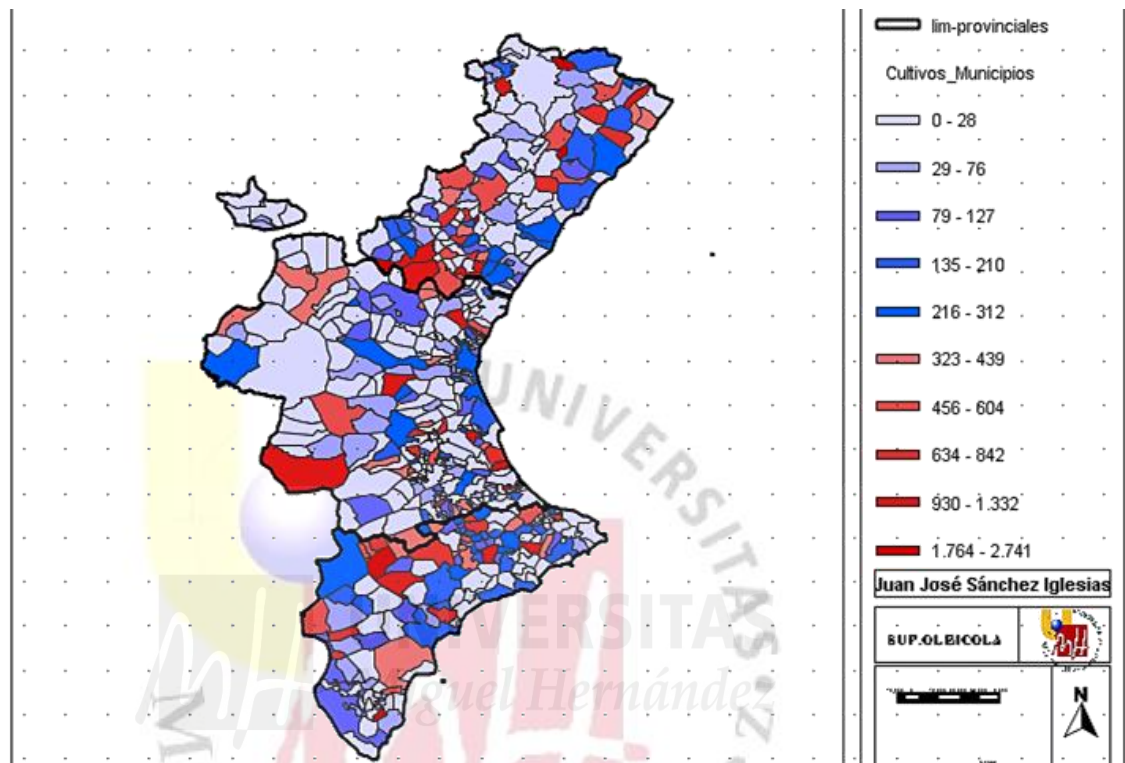
MAPA 3. Mapa de aproximación de los residuos originados tras la actividad agrícola (SECTOR CITRÍCOLA).

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos del Instituto Geográfico Nacional.



MAPA 4. Mapa de aproximación de los residuos originados tras la actividad agrícola (SECTOR OLEÍCOLA).

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos del Instituto Geográfico Nacional.



MAPA 5. Mapa de aproximación de los residuos originados tras la actividad agrícola (SECTOR VITIVINÍCOLA).

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos del Instituto Geográfico Nacional.

