

RESIDUOS VEGETALES PROCEDENTES DE LOS INVERNADEROS DE ALMERÍA

1. INTRODUCCIÓN

La provincia de Almería ha experimentado en las tres últimas décadas un espectacular desarrollo económico. El motor de ese crecimiento es el sector primario y más concretamente la agricultura intensiva bajo plástico, representando la principal zona de producción hortícola intensiva de España y una de las más importantes a nivel mundial.

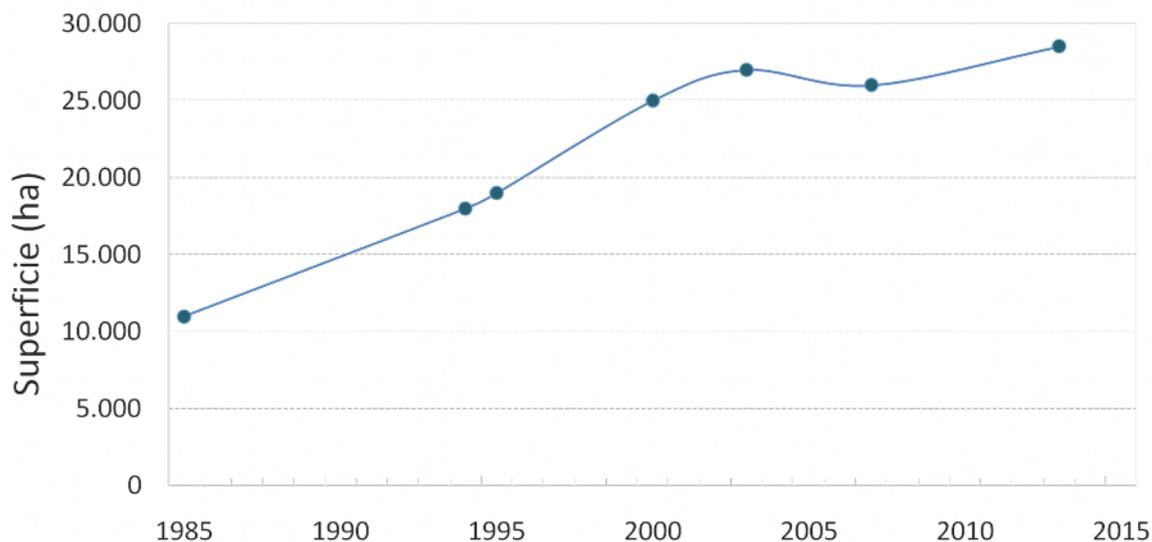
El modelo de producción almeriense se caracteriza por el empleo de estructuras de invernadero artesanales y de bajo coste, con cerramiento plástico y escaso control climático, denominadas parrales, los cuales representan aproximadamente un 94 % de la superficie en invernadero (Céspedes *et al*, 2009).

La provincia de Almería cuenta en la actualidad, de acuerdo con los últimos trabajos en los que se han analizado imágenes de satélite, con una superficie cubierta por invernaderos de 28.576 ha (CAPMA, 2013), constituyéndose en la zona con mayor densidad de invernaderos del mundo. En la Figura 1 se muestra cómo en los últimos veinte años se ha multiplicado la superficie invernada, pasando de las 11.000 ha iniciales de la campaña 1984/85, a las casi 29.000 ha en la actualidad.

Imagen 1. Vista aérea del poniente almeriense y sus invernaderos



Figura 1. Evolución de la superficie de los invernaderos en la provincia de Almería desde el año 1985 hasta el 2013. Fuente: Sanjuan, 2007, CAPMA 2013 . Elaboración propia



El sector hortícola almeriense es estratégico para la economía nacional y andaluza tanto por su aportación a la producción final agraria como por su clara vocación exportadora, jugando un papel fundamental en el equilibrio de la balanza comercial.

Se constata un crecimiento en superficie de invernaderos en Almería durante los últimos años, lo que lleva asociado un incremento de la producción comercializada, siendo de 3.272.923 t para la campaña 2014/2015 (Cajamar Caja Rural, 2015).

El valor de la producción total del sector para las ocho principales productos hortícolas (tomate, pimiento, pepino, calabacín, berenjena, judía verde, melón y sandía) fue de 1.638 millones de euros, incrementándose un 125 % respecto a la media de las diez últimas campañas (Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, CAPDR, 2015).

2. PRODUCCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE RESIDUOS VEGETALES PROCEDENTES DE LOS INVERNADEROS EN ALMERÍA

Los residuos vegetales pueden ser definidos como las materias generadas en las actividades de producción y consumo que no han alcanzado, en el contexto que se producen, ningún valor económico debido a la falta de tecnología adecuada para su aprovechamiento o a la inexistencia de un mercado para los productos que se recuperan (Costa *et al.*, 1991).

Uno de los graves problemas que ha tenido la agricultura intensiva, desde su inicio hasta nuestros días, es el volumen de residuos vegetales que genera. Además de estar sancionado el abandono de los residuos en ramblas y solares puede tener muchas consecuencias negativas, como ser foco de propagación de enfermedades y plagas, que puede afectar gravemente a los cultivos colindantes; puede degenerar en putrefacciones con el consiguiente mal olor y contaminación de los acuíferos; así como tener un impacto visual negativo (Parra, 2004).

El manejo de los residuos resulta complejo, debido entre otros a los siguientes aspectos:

1. Heterogeneidad de los residuos que proceden de cultivos muy diversos y que además incluyen otros materiales como los hilos de polietileno, clips, etc.
2. Elevada dispersión de los residuos vegetales que encarece y dificulta las operaciones de transporte y almacenamiento.
3. Generación de residuos vegetales durante todo el año, aunque muy concentrados en volumen en momentos puntuales.

Superficie de invernaderos

El volumen de residuos es mayor en aquellas zonas de la provincia de Almería donde se concentra la mayor parte de la superficie de invernaderos. En la provincia de Almería se distinguen cuatro comarcas importantes en la agricultura bajo plástico (CAPMA, 2013):

1. Campo de Dalías, situado en el suroeste almeriense, representa el 71,7 % de la superficie cubierta por los invernaderos en la provincia de Almería. Está constituido por los términos municipales de Adra, Berja, Dalías, El Ejido, Enix, Felix, La Mojonesa, Roquetas de Mar y Vícar.
2. Campo de Níjar, situado en el sureste almeriense, representa el 17,3 % de la superficie de los invernaderos en la provincia de Almería. Está compuesto por los municipios de Lucainena de las Torres y Níjar.
3. Bajo Andarax, situado en el sur almeriense, representa el 9 % de la superficie cubierta por invernaderos en la provincia de Almería. Formada por los municipios de Alhama de Almería, Almería capital, Benahadux, Gádor, Huércal de Almería, Pechina, Rioja, Santa Fé de Mondújar y Viator.
4. Levante almeriense representa el 2 % de la superficie cubierta por los invernaderos y engloba a los municipios de Antas, Bedar, Carboneras, Cuevas de Almanzora, Garrucha, Huércal Overa, Los Gallardos, Lubrín, Mojacar, Pulpí, Sorbas, Turre y Vera.

Para estimar el total de residuos vegetales que genera la agricultura bajo plástico en la provincia de Almería es necesario conocer la superficie de invernaderos por término municipal, la distribución de los cultivos en la provincia de Almería, así como, la cantidad de residuo vegetal fresco (peso fresco) que se genera con cada cultivo hortícola al final de su ciclo de cultivo.

Según trabajos en los que se han analizado imágenes de satélite, el 95 % de la superficie de invernaderos de la provincia de Almería (Figura 2) se concentran principalmente en los municipios de El Ejido con 12.215 ha (43 %), seguidos de los municipios de Níjar con 4.941 ha (17 %), Almería con 2.208 ha (8 %), Roquetas de Mar con 1.899 ha (7 %), Vícar con 1.834 ha (6 %), Berja con 1.473 ha (5 %), La Mojonesa con 1.356 ha (5 %), Adra con 1.336 ha (5 %) y Dalías con 340 ha (1 %) (CAPMA, 2013).

Figura 2. Distribución porcentual de la superficie de invernaderos en la provincia de Almería. Fuente: CAPMA, 2013. Elaboración propia

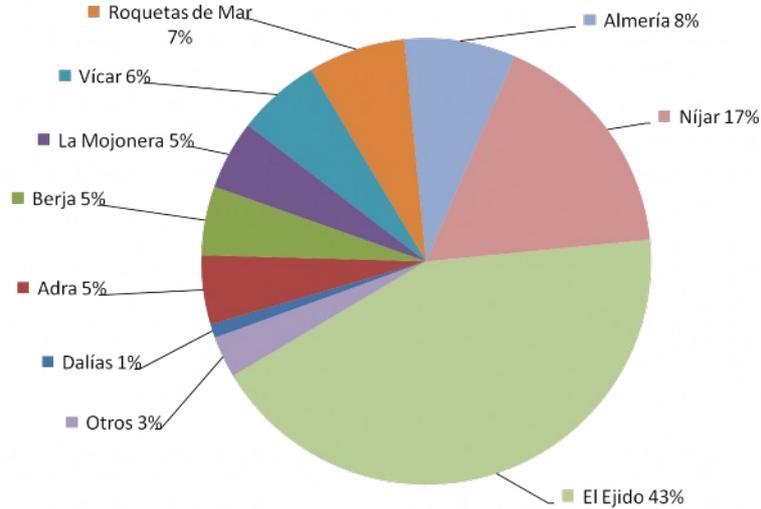
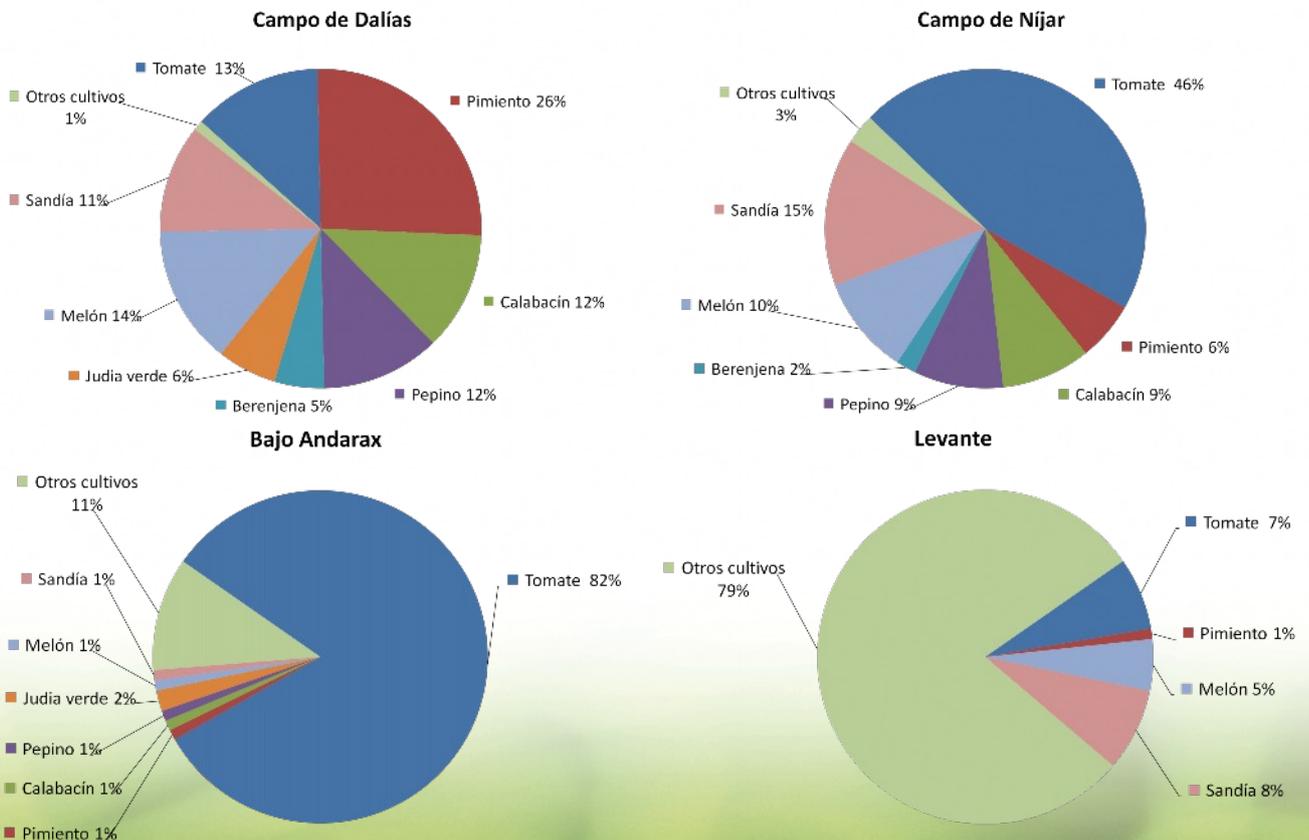


Figura 3. Distribución porcentual del tipo de cultivo sobre la superficie cultivada en las comarcas del Campo de Dalías, Campo de Níjar, Bajo Andarax y Levante almeriense. Fuente: Delegación en Almería de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Elaboración propia.



Distribución espacial de invernaderos por cultivos en Almería

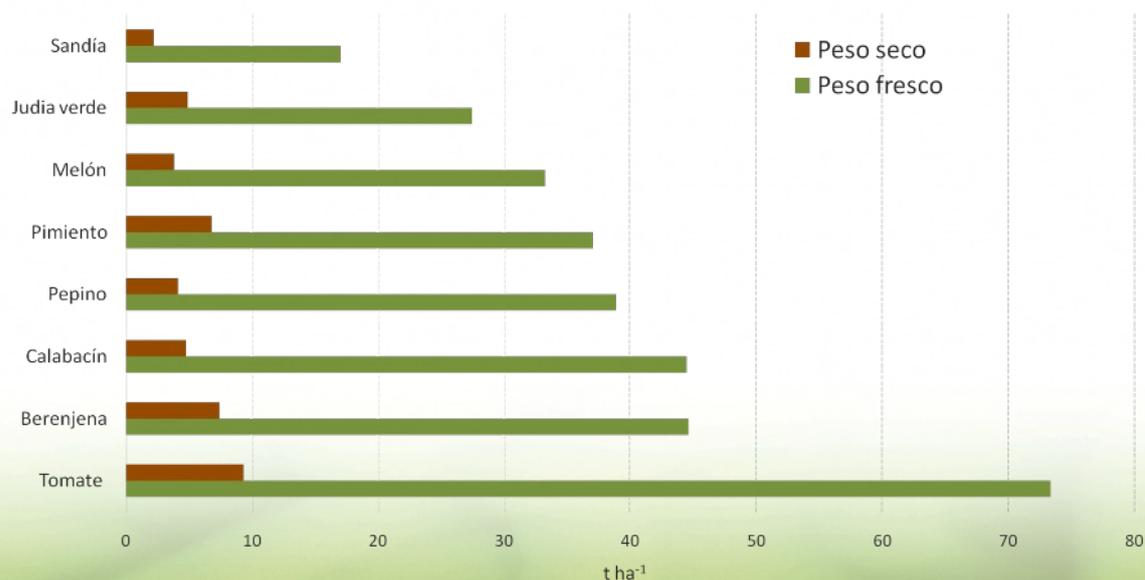
Los principales cultivos hortícolas de Almería en cuanto a superficie, según datos de la CAPDR (2015) son tomate, pimiento, pepino, calabacín, berenjena, sandía, melón y judía verde; y su distribución por comarca o zona, se muestra en la Figura 3. En el Campo de Dalías se cultivan las ocho principales hortalizas, destacando el cultivo de pimiento con el 26 % de la superficie de cultivo. En el Campo de Níjar y Bajo Andarax destaca principalmente el cultivo de tomate con un 46 % y 82 % de la superficie de cultivo, respectivamente. En el Levante almeriense predominan otros cultivos hortícolas como la lechuga, alcachofa, coliflor, escarola, etc mientras que la superficie de cultivo de tomate, sandía, melón, pepino, berenjena, calabacín, judía verde y pimiento apenas es apreciable.

Distribución de peso fresco y seco

Los datos de peso fresco y seco de cada cultivo hortícola se han obtenido de estudios en la Estación Experimental Cajamar Las Palmerillas desde el 1998 hasta el final de la campaña 2007/08. Para la determinación de materia fresca, las plantas se separaron en hojas, tallos y frutos, según la técnica descrita por Beadle (1985) y se pesaron en una balanza de precisión ($\pm 0,1$ g). Para la determinación de materia seca de cada uno de éstos órganos se tomó una muestra de cada componente, secándose en estufa (modelo S-374, Selecta, England) de desecación con ventilación forzada a 65 °C, hasta peso constante. La materia seca total engloba la materia seca eliminada en las operaciones culturales (deshojados, destallados, etc.), así como la obtenida al final del cultivo.

Para el cálculo de los residuos vegetales sólo se han considerado los órganos vegetativos (hojas y tallos) y los frutos que no se comercializan. Según los datos de la Fundación Cajamar, el residuo fresco puede oscilar entre 73 t ha⁻¹ para tomate y 17 t ha⁻¹ en sandía. Al considerar el residuo vegetal seco, las cantidades varían entre 2 y 9 t ha⁻¹, dependiendo del cultivo (Figura 4).

Figura 4. Residuo vegetal de los principales cultivos hortícolas de invernadero de Almería, en el momento del corte (peso fresco) y seco, en estufa a 65 °C. Fuente: Estación Experimental Cajamar Las Palmerillas.



La estimación de residuo vegetal en fresco que se genera por cultivo en la provincia de Almería se muestra en la Tabla 1. En la provincia de Almería se estiman unos residuos vegetales en fresco de 2.013.210 t (sin incluir elementos externos como arena, tierra, rafia, clips, etc.). Los dos principales cultivos de la provincia de Almería (tomate y pimiento) generan el 55 % del total de los residuos vegetales en fresco.

Tabla 1. Estimación de los residuos vegetales en fresco (hojas, tallos y frutos de destrío) para los ocho principales cultivos hortícolas de la provincia de Almería (CAPDR 2015).

CULTIVOS	Residuos medios en fresco (t ha ⁻¹)	Superficie (ha)	Residuos en fresco (t)
Tomate	73,3	10.345	758.288,5
Berenjena	44,6	2.446	109.091,6
Calabacín	44,5	7.369	327.920,5
Pepino	38,8	4.979	193.185,2
Pimiento	37,0	9.326	345.062,0
Melón	33,2	2.946	97.807,2
Judías verdes	27,4	1.439	39.428,6
Sandía	17,0	8.378	142.426,0
TOTAL			2.013.209,6

Una vez finalizado el cultivo, el tiempo que los restos vegetales deben permanecer en el interior de los invernaderos debería ser inferior a una semana para evitar la propagación de enfermedades (Parra, 2004). El peso fresco de los cultivos que llega a las plantas de tratamiento está condicionado por el contenido de humedad, influyendo la temperatura ambiente, los días transcurridos desde la finalización del cultivo, así como el intervalo de tiempo entre el último riego y el corte de la planta.

Los valores de peso seco total alcanzados, secado en estufa a 65 °C hasta peso constante (condiciones de laboratorio), se reducen hasta 269.770 t de residuos vegetales (Figura 5).

El calendario para la generación de los residuos está ligado a los ciclos de producción de los diferentes cultivos. Los cultivos de tomate, pimiento y berenjena normalmente se consideran de ciclo largo, y en caso de cultivar especies de ciclo corto en invernadero es común la práctica de llevar a cabo rotaciones en la misma campaña, de las cuales son representativas la rotación pimiento-sandía, pimiento-melón, tomate-tomate, tomate-sandía, tomate-melón, calabacín-calabacín, pepino-sandía y pepino-melón), calabacín-melón, calabacín-melón (Céspedes *et al*, 2009).

Figura 5. Residuo vegetal fresco en el momento del corte y seco en condiciones de laboratorio

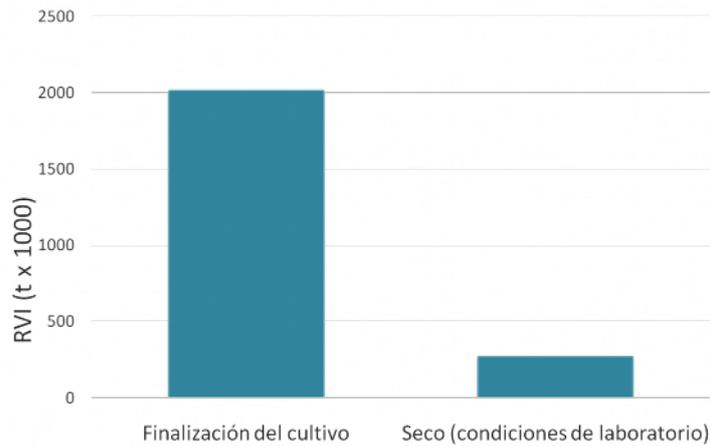
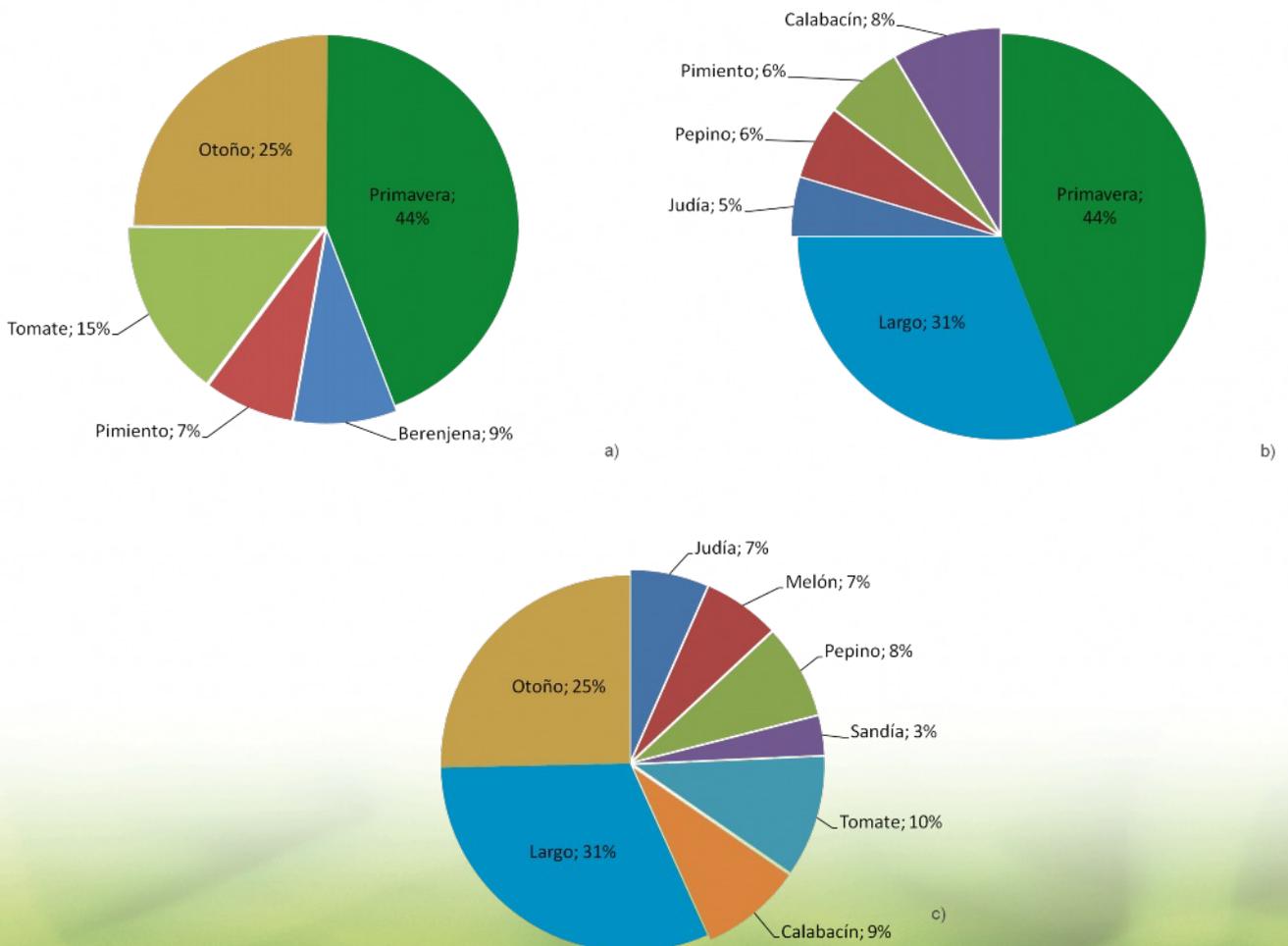


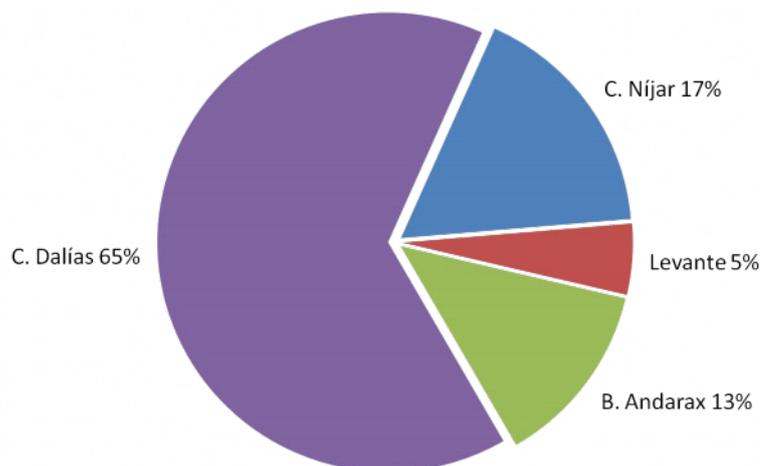
Figura 6. Reparto porcentual por cultivo y ciclo de los residuos vegetales: ciclo largo (a), otoño (b) y primavera (c)



La generación de los residuos vegetales se produce durante todo el año (destallados, deshojados, eliminación de frutos de destrío...), con picos en enero-febrero, y mayo-junio. El primer pico corresponde con el final de los cultivos de otoño con un 25 % de los residuos vegetales y el segundo pico coincide con la finalización de los cultivos de primavera y de ciclo largo, representando el 75 % de los residuos (31 % de los cultivos de ciclo largo y 44 % de los de primavera respectivamente).

La distribución de residuos frescos generados a nivel de comarca se muestra en la Figura 7. La comarca de Dalías genera 1.145.866 t, el 65 % de los residuos vegetales de la provincia de Almería, seguido del campo de Níjar y del bajo Andarax con el 17 % y 13 % respectivamente.

Figura 7. Distribución porcentual de los residuos generados en cada comarca agrícola



El manejo de los residuos de la agricultura intensiva deberá de ser una obligación más para el futuro sostenible de los invernaderos. En este sentido la reducción de éstos, su reciclaje y reutilización deberán considerarse áreas prioritarias (Muñoz *et al.*, 2003; Antón *et al.*, 2005). La fuerte intensificación de estos sistemas de cultivo precisan de una adecuada gestión global para evitar problemas medioambientales. Existen diversas tecnologías capaces de reducir el impacto medioambiental de los residuos, tales como: el compostaje, uso en alimentación animal (Moreno, 1998; Barroso *et al.*, 2002; Moyano, 2004), gasificación (Aguilar, 2004; Manzano, 2007), incineración, fabricación de tableros de aglomerado (Parra, 2004), etc; siendo el reto hoy día el hacerlas sostenibles, tanto medioambiental como económicamente.

¹Juan Carlos López Hernández, ¹Corpus Pérez Martínez y ²F. Gabriel Acien Fernández

¹FUNDACION CAJAMAR – GRUPO COOPERATIVO CAJAMAR

juancarloslopez@fundacioncajamar.com, corpusperez@fundacioncajamar.com

²Departamento de Ingeniería - UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

facien@ual.es

3. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, J. 2004. Proyecto de Planta de tratamiento de residuos vegetales de invernadero por gasificación en el TM de la Mojonera (Almería). Retema: Revista técnica de medio ambiente, 17(102), 40-48.
- Antón, M. R. G. 2005. Evolución del concepto de residuos de plástico en el período 1995-2005. In Gestión del medio ambiente:(1996-2005) (pp. 307-326). Ediciones Universidad de Salamanca.
- Barroso, F., Murillo, M., Martínez, T., y Moyano, F. 2002. Aceptación de silos de subproductos vegetales de invernadero (SVI) por ovinos.
- Beadle, C. L., 1985. Plant growth analysis. En: Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis. (ed): J. Coombs; D. O. Hall; S.P. Long y J. M. O. Scurlock. Pergamon Press, pp. 20-25.
- Cajamar Caja Rural, 2015. Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2014/2015. 82 pp.
- CAPMA 2013: Cartografía de invernaderos en el litoral de Andalucía Oriental. Campaña 2012. Consejería de Agricultura Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía, Andalucía (España), p. 21.
- Céspedes, A. J., García, M. C. Pérez-Parra, J. J, 2009. Caracterización de la explotación hortícola protegida de Almería. Ed. Cuadrado, I. M. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería (FIAPA), Almería, 178 pp. Consejería de Agricultura y Pesca, 2015. Avance de superficie y producciones. Junta de Andalucía
- Costa, F. García, C., Hernández, T, Polo, A. 1991. Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. Caja Murcia.
- Manzano, F. R. 2007. Gasificación de residuos de invernadero para la obtención de energía eléctrica en el sur de España: ubicación mediante SIG. Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América, 32(2), 131-136.
- Moreno, A. 1988. Potencial del aprovechamiento ganadero de los subproductos hortícola de la Comarca del Campo de Dalías. Proyecto Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad de Córdoba.
- Moyano, F. 2004. Estudio sobre el aprovechamiento de los subproductos de cultivos bajo plástico en alimentación animal.. Resúmenes divulgativos de proyectos de investigación. FIAPA
- Muñoz, P., Antón, A., Montero, J. I. Castells, F., 2003. Using lca for the improvement of waste management in greenhouse tomato production. 4th International Conference: LCA in the agri-food sector, Ministry of Food Agriculture and Fisheries, Horsens, Denmark.
- Navarro, J. C. 1998. Tratamiento y reciclado de residuos agrícolas en el municipio de El Ejido. Trabajo Fin de Carrera. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.
- Parra, S., 2004. Análisis económico de la valoración de residuos agrícolas orgánicos. Tesis doctoral. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería. 206 pp.
- Sanjuan, J. F. 2007. Detección de la superficie invernada en la provincia de Almería a través de imágenes Aster. Ed. Cuadrado, I. M. FIAPA. Almería. 65 pp