I.1. Residuos agrícolas y agroindustriales

Los residuos agrícolas provienen de cultivos leñosos o herbáceos, que se caracterizan por una marcada estacionalidad, tanto por razón del momento de su producción como por la necesidad de retirarlos del campo en el menor tiempo posible para no interferir en otras tareas agrícolas y evitar la propagación de plagas e incendios. También dentro de este tipo de residuos están los residuos de industrias agrícola agroalimentarias, tales como la fabricación de aceite de oliva, elaboración de frutos secos, industrias vitinícolas, entre otros.

Debido al rápido crecimiento de la agroindustria y a la extensión de terrenos cultivados en algunas regiones agrícolas a nivel mundial y la cantidad de residuos generados provocan dificultades en el manejo adecuado.

Las prácticas de quemas de residuos agrícolas son aplicadas en varios países, tales como tallos, pastos, hojas y cáscaras, entre otros, considerándose el modo más económico y accesible para eliminar o reducir el volumen de materiales combustibles producto de las actividades agrícolas.

Se estima que la quema de biomasa, como madera, hojas, árboles y pastos incluidos los residuos agrícolas, produce 40 % del dióxido de carbono (CO_2), 32 % del monóxido de carbono (CO), 20 % de la materia particulada o partículas de materia suspendidas (PM) y 50 % de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) emitidos al ambiente a escala mundial (Kambis & Levine, 1996). Por este motivo resulta importante su tratamiento como materia prima de nuevos productos para disminuir la polución ambiental (Eliche Quesada *et al.*, 2017).

Además, contribuyen al cambio climático, ya que entre los compuestos emitidos se encuentran gases de efecto invernadero y contaminantes climáticos de baja permanencia en la atmósfera, como es el caso del carbono negro que perturban la visibilidad en zonas y rutas aledañas (Lemieux *et al.*, 2004).

La quema de biomasa proveniente de prácticas agrícolas es considerada una fuente importante de dioxinas. Las condiciones ambientales que generan la emisión de dioxinas son la combustión, el contenido de cloro y la presencia de plaguicidas adsorbidos en los residuos agrícolas. En China se produce mayor cantidad de dioxinas en las provincias con mayor producción agrícola, entre 10 y 20 por ciento de las emisiones totales de estas sustancias, en comparación con las provincias de menor producción agrícola. Ciertos estudios realizados determinaron que las dioxinas se pueden llegar a formar durante el proceso de combustión debido a la presencia de plaguicidas clorados, como el fungicida pentaclorofenol (PCF) y el herbicida ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), (Zhang *et al.*, 2008), además se considera, que las emisiones de dioxinas pueden ser 150 veces mayores si se quema biomasa tratada con el herbicida 2,4-D amina 6 (CCA, 2014; Carrillo *et al.*, 2010).

El crecimiento vertiginoso de la agroindustria y la ampliación de la frontera agrícola favorecieron la generación de grandes cantidades de residuos orgánicos lo cuales se han convertido en fuente de contaminación ambiental. Los grandes volúmenes generados superan la capacidad de biodegradación natural, de manera que estos desperdicios se pueden acumular llegando a convertirse en un riesgo para el equilibrio del ecosistema, ya sea porque son depositados en terrenos sin ningún tratamiento o bien quemados en el sitio generándose de esta manera contaminación ambiental.

Por esta razón resulta importante erradicar la quema y considerar el creciente interés en la utilización de estos residuos en procesos productivos que permitan emplear estos materiales con los consecuentes beneficios económicos y ambientales.

I.2. Valorización de los residuos de la agroindustria

Los avances en la industrialización producen ventajas indiscutibles tales como el aumento en la calidad de vida de las poblaciones, pero a la vez se convierte en una sociedad de consumo donde la industria debe ofrecer nuevos productos haciendo más complejos sus procesos, generando paulatinamente

mayores cantidades de residuos, pero también provocando problemáticas relacionadas con la aplicación de tratamientos adecuados (Hanssen, 2000).

Aunque estos residuos no representen el valor principal de la transformación pueden ser la materia prima para otro producto (Saval, 2012). Se procura con este fin que los diseños de las plantas de transformación incorporen tecnologías que permitan su utilización para darle un valor agregado (Galanakis, 2012).

La cantidad en toneladas de materia orgánica derivadas de procesos fotosintéticos en la tierra, es aproximadamente de 155 billones de t/año, y solo una mínima fracción puede ser utilizada por el hombre y/o animales como alimento. Una gran proporción de esta materia orgánica se transforma en residuo es decir en una fuente de contaminación ambiental (Cury *et al.*, 2017).

Aún no existen suficientes alternativas, desde el punto de vista económico, social y nutricional, para el aprovechamiento de los residuos agroindustriales, asociado a la falta de conciencia en la protección del medio ambiente, provoca que sean mal manejados y se conviertan en fuentes de contaminación de los recursos naturales suelo, agua y aire. (CPTS, 2003).

I.3. Situación actual de la problemática de los residuos agrícolas y agroindustriales en Argentina y en la provincia de Catamarca.

Argentina posee todas las condiciones y posibilidades para la producción de biomasa con fines energéticos a partir de los residuos existentes. La oferta de biomasa es amplia, se compone de residuos provenientes de las actividades de desarrollo económico de las distintas provincias y de la silvicultura. La cantidad de biomasa aportada por residuos de la industria forestal y agroindustrial es relevante, como es el caso del potencial de biomasa residual que tiene la provincia de Mendoza de acuerdo a sus actividades económicas resultante de la vitivinicultura que genera un importante volumen de residuos producidos por la poda y reposición de los viñedos como así también del procesamiento de la uva para elaborar el vino.

Las diferentes biomasas disponibles en la Argentina (Trossero *et al.*, 2009) provienen de las siguientes fuentes consideradas principales: fuentes

boscosas directas, poda de cítricos, poda de vid, poda de olivo, poda de otros frutales, residuos de caña, bagazo de caña de azúcar, residuos de pajilla de arroz, residuos de molinos arroceros, residuos de algodón, orujo de olivo, residuos de aserraderos.

Los volúmenes de biomasa disponible como consecuencia de la poda se calcularon asumiendo 5.4 t de biomasa seca por hectárea por año, ponderadas por un factor de accesibilidad del 75 % para cuantificar la biomasa potencialmente disponible para usos energéticos, que se estima en 376 mil t/año (Pinasco, 2017).

En particular la provincia de Catamarca tiene como principales actividades agro-productivas la cadena del olivo, poroto y vid, y en ganadería la caprina y bovina. Igualmente, entre otras cadenas productivas cobra importancia la generación de energía renovable con potencial el uso de la biomasa para este fin, como son los cultivos de soja y maíz (Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas, 2016).

En los últimos años, en el caso concreto de la actividad productiva del olivo, la elaboración de aceite de oliva se incrementó un 23.9 % y la producción de aceitunas de mesa un 89,7 %. En la campaña 2011, el sector alcanzó un volumen cercano a las 20.000 t de aceite de oliva y 110.000 t de aceitunas de mesa, según datos de la Dirección de Competitividad e Inclusión de Pequeños Productores del Ministerio de Agricultura de la Nación (Matías *et al.*, 2012) y considerando el panorama olivícola mejoro aún más en el 2017 ya que las exportaciones de aceite de oliva, que ocupan el 1 % del mercado mundial, son el gran ingreso económico de la cadena nacional, pues el 90 % del aceite que se realiza en la Argentina se exporta a dos grandes destinos: EE.UU. y Brasil.

De las líneas productivas principales de Catamarca se concluye que la generación de residuos agrícolas y agroindustriales más abundantes son los residuos de poda del olivar (59.006 t/año), en forma conjunta con las fuentes boscosas directas (1.492.529 t/año) y el orujo de oliva (25.561 t/año), (Gallino, 2015).

I.4. Gestión Ambiental de los residuos agrícolas y agroindustriales

En la actualidad las agroindustrias son valoradas por su desempeño productivo, económico y además por su compromiso con el medio ambiente y su protección, es una exigencia sujeta a multas o sanciones que representa amenazas, oportunidades y hasta condiciona su permanencia o salida del mercado, de manera que la utilización eficaz, de bajo costo y ecológicamente racional de estos materiales son cada vez más significativos, sobre todo por las restricciones legales en muchos países incluyendo el nuestro (Wadhwa & Bakshy, 2013).

La agroindustria incluye en su agenda los temas ambientales, procurando el desarrollo creciente de una conciencia social de producir sin impactar sobre los recursos naturales, considerando que los subproductos agroindustriales generados en las cadenas productivas constituyen un serio problema debido principalmente a que se han experimentado aumentos en la producción (Yepes *et al.*, 2008). Por lo tanto, deben tratarse para su transformación en un producto útil y de mayor valor agregado, que además de solucionar un problema genere ingresos económicos adicionales; de allí la importancia del estudio de alternativas tecnológicas tendientes al aprovechamiento de los residuos agroindustriales (Cury *et al.*, 2017).

I.5. Gestión ambiental de los residuos olivícolas y oleícolas.

En los tradicionales países productores de aceite de oliva, el alpechín y el orujo son transformados en sub productos. El orujillo, o pulpa de aceituna, es también un residuo que es utilizado, a partir de plantas especializadas, para la elaboración de energía térmica y eléctrica (Moya, A. & Mateo, 2013).

A nivel internacional se les da mucha importancia a los subproductos del olivar, los investigadores del grupo Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad de Jaén (UJA), junto a investigadores de la Universidad de Santiago de Compostela y del Laboratorio Nacional de Energía y Geología de Lisboa, han aislado sustancias de restos del olivar beneficiosas para el organismo y para la producción agrícola (Ruiz *et al.*, 2017). El mismo grupo fabrica ladrillos a partir de las cenizas de quema de MO ya que presentan una mayor porosidad y menor

conductividad térmica en comparación con los tradicionales de arcilla y el empleo de materiales de desecho reduce el impacto medioambiental durante su producción

La diferencia entre los procesos llevados a cabo en Argentina en comparación con España se manifiesta particularmente en la etapa de tratamiento de los residuos. En Argentina, en general, es poco lo que se hace con los residuos, tanto en lo referido a su tratamiento para la obtención de subproductos, como en la generación de energía a partir de estos. En su mayoría, el orujo es utilizado como materia prima de compost y lombricompuestos para la elaboración de enmendantes para suelo (Sánchez & De Angelis, 2013).

La cadena olivícola Argentina se concentra fundamentalmente en las provincias de Catamarca, La Rioja, San Juan, Mendoza y Córdoba, según los datos del año 2008, Catamarca y La Rioja son los principales productores. Estas provincias son las que tienen mayor superficie implantada de olivo: 65 % de la misma son varietales aceiteras y el restante 35 %, variedades para conserva o multipropósito (Matías *et al.*, 2012).

Desde el 2004 en adelante en la provincia de Catamarca con el mayor desarrollo de cadena productiva del olivo se tomó conciencia de los grandes volúmenes de residuos de poda y de la industria extractiva del olivo (alperujo) generados y depositados en los suelos, sin ningún tratamiento previo. Esto ocasionó serios problemas de contaminación de los suelos especialmente aquellos destinados al uso agrícola, la contaminación atmosférica con olores nauseabundos y la contaminación paisajística con la consecuencia evidente sobre la flora y fauna de las áreas de influencia.

En el procesamiento de la aceituna para la obtención del aceite de oliva se genera en el proceso 20 % de aceite de oliva y el otro 80 % es alperujo. Es decir que el volumen de los residuos formados al final de una campaña que comienza en marzo y termina en junio es realmente importante.

El cambio de concepto, de residuos industriales a materias primas completamente renovables, no sólo contribuye en la prevención de problemas ambientales, sino que también le otorga rentabilidad a un material

desaprovechado, abriendo simultáneamente nuevas vetas comerciales al sector ya que estos se pueden aplicar como aditivos en la industria alimenticia y para preservar la sanidad vegetal de los cultivos (Gómez *et al.*, 2009).

La biodegradación de sustancias contenidas en el alperujo y hojas del olivo conjuntamente con estiércoles de ganado caprino y caballar propició la obtención de enmiendas orgánicas de calidad aceptable para su utilización como mejoradores de las propiedades de los suelos de uso agrícola (Filippin *et al.,* 2015).

Otras investigaciones se focalizan en el aprovechamiento del alperujo y de los residuos de la poda del olivar como nuevas fuentes naturales de antioxidantes. (Reales *et al.*, 2010; Gómez & Salim Rosales, 2009).

A nivel mundial la utilización de residuos agroindustriales, como materia prima para la preparación de carbón activado ha aumentado notablemente en los últimos años (Rincón Silva, 2016; Tejada Tobar *et al.*, 2015; Solís Fuentes *et al*, 2012; Cagnon *et al.*, 2009; Gómez *et al.*, 2004; Tsai *et al.*, 2001; Aggarwal & Dollimore, 1997)

En este sentido existen estudios preliminares sobre la utilización directa del hueso de aceituna (Román Suero, 2009; Martínez Nieto *et al.*, 2010; Filippin *et al.*, 2017; Nieto *et al.*, 2010) para la producción de carbón activo a partir de este subproducto (Barreto Pío, 2013).

La potencial vía de aprovechamiento de los residuos de poda en la producción de carbón activado se realiza por medio de tratamientos termoquímicos (vía seca) como procesos de combustión, pirólisis, gasificación o licuefacción, y mediante vía bioquímica, principalmente utilizando procesos de metanización o bien por hidrólisis y fermentación, (Mateo *et al.*, 2013).

El uso energético de la poda ha estado ligado tradicionalmente al empleo de leña como combustible doméstico. En la última década el uso de la poda de olivo como combustible industrial (poder calorífico superior, PCS, igual a 17.936 kJ/kg) en forma de astilla creció en forma exponencial.