CAPÍTULO VIII: **Conclusiones**

VIII.1. Conclusiones

La Química Verde promueve la utilización de materias primas renovables procedente de actividades agrícolas y agroindustriales para la obtención de productos con valor agregado o su valorización desde el punto de vista energético, en este contexto, la presente tesis enfocada en el estudio de la obtención de carbones activados para su aplicación en diferentes campos, ha permitido arribar a las siguientes conclusiones:

1. Se logró caracterizar los residuos agrícolas y agroindustrial de la cadena productiva del olivo de la provincia de Catamarca como madera de olivo, hueso de aceituna y alperujo. Las dos materias primas que reunieron las mejores características como precursores de los carbones activados fueron HA y MO, quedando excluido el alperujo por su elevado contenido de cenizas y humedad

   Las materias seleccionadas mostraron las siguientes características significativas al momento de evaluar un posible precursor para CA:

   - Porcentajes elevados en carbono fijo y en materia volátil resultando mayor para HA, lo que favorecería una combustión completa en menor tiempo de reacción. El HA a pesar de tener alto contenido en materia volátil, por lo que es considerado un combustible biomásico de alta demanda, también tiene un alto contenido en carbono fijo convirtiéndolo en un excelente precursor del CA.
   - Por otra parte, el análisis elemental presenta valores altos de carbono y porcentajes de N, S y Cl mínimos, lo que contribuiría en la baja probabilidad de generar gases contaminantes durante su procesamiento.
   - Los valores de PCI se encuentran dentro de los valores aceptables según norma ISO 17225-2. En el análisis termogravimétrico se obtuvieron temperaturas muy ventajosas para el proceso de pirólisis similares a la descomposición de otros tipos de biomasa.

2. Los procesos de activación establecidos bajo condiciones de mínimo impacto ambiental, emplearon metodologías de activación física con gases: aire, dióxido de carbono y vapor de agua, modificando temperaturas y tiempos de activación que no superen 2hs.

- Los mejores procesos que utilizaron HA como precursor en las condiciones experimentales señaladas fueron los siguientes ensayos:

  4: HA-CO_2-900°C-30'

  5: HA-CO_2-900°C-60'

  6: HA-CO_2-900°C-120'

  9: HA-H_2O-650°C-30'

  10: HA-H_2O-650°C-60'

  11: HA-H_2O-650°C-120'

  12: HA-H_2O-850°C-30'

  13: HA-H_2O-850°C-60'

  14: HA-H_2O-850°C-120'

- Los CA en general mostraron una superficie específica por encima de los 500 m^2/g con un máximo 920 m^2/g), mayor volumen de microporos y escasa mesoporosidad, densidades aparentes superiores a 0,3 g/cm^3, algunos de los carbones activados mostraron índices de yodo superiores 1000 mg/g y un rendimiento máximo de 30,5 %. Se caracterizaron por una capacidad de adsorción de N_2 importante, compatible con los índices de Yodo hallados.
- Los tratamientos que usaron madera de MO como precursor en las condiciones experimentales detalladas con mejores resultados son los que se enumeran a continuación

  15: MO-CO_2-750°C-30'

  16: MO-CO_2-750°C-60'

  20: MO-CO_2-800°C-120'

  24: MO-H_2O-800°C-30'

25: MO-H_2O-800°C-60'

26: MO-H_2O-800°C-120'

- En su mayoría los CA evidenciaron una superficie específica por encima de los 500 m^2/g y con mayor volumen de microporos y escasa mesoporosidad, con rendimientos superiores al 15 % y densidades aparentes bajas 0,096 y 0,207 g/cm^3 y una superficie específica superior a 700 m^2/g. En 9 de los 12 ensayos valores índice de yodo), superan los 500 mg/g los cuales son compatibles con la capacidad de adsorción de N_2
- Los mejores resultados se obtuvieron con la activación física con vapor de agua y dióxido de carbono en un rango de temperatura entre 650 y 900 °C. En las aplicaciones los CA de HA arrojaron mejores resultados respecto de los CA de MO.
- En resumen, respecto a las diferencias entre los precursores, tratamiento y condiciones nuestros resultados prueban que las metodologías aplicadas fueron alternativas adecuadas para la obtención de CA

3. La caracterización de los CA obtenidos de acuerdo a las normativas vigentes, reportadas para los diferentes campos de interés constituyen un aporte significativo en el perfil de las siguientes potencialidades de aplicación.

- Electrodos para baterías de Litio (BILs)

Mediante Difracción de rayos X a los CA, se determinaron características similares al grafito, para ser utilizado como materiales de electrodos. Las muestras de CA de HA dieron mejores valores para esta aplicación respecto de los carbones activados de MO, revelaron valores óptimos, adecuados respecto de su cristalinidad

- Purificación y potabilización de agua

  El estudio comparativo de los parámetros y valores que exigen las normas para CA que se utilizan en procesos de potabilización y purificación de aguas para consumo humano, permitieron establecer la potencialidad de los CA obtenidos para ser empleados con la finalidad de purificar y potabilizar aguas. Los mejores CA son de hueso de aceituna y exhibieron valores semejantes a al tipo de carbones activados existentes en el mercado para estas aplicaciones en particular.

- Adsorción de oro en aplicaciones mineras

  El CA que se emplea frecuentemente para las aplicaciones en minería es el carbón activado granular (CAG), con granulometría entre 3,36 mm - 0,85 mm y entre 2,38 mm - 0,85 mm. En referencia a los CA producidos en este estudio tienen en su mayoría esta granulometría, particularmente los generados a HA ya que poseen características similares por su dureza a los carbones activados usados con este fin.

- En conclusión, los resultados obtenidos indican que los usos de los residuos de la cadena productiva del olivo pueden ser precursores de interés en la producción de CA de buena calidad con un amplio espectro de aplicaciones posibles dentro de los procesos productivos más relevantes de la provincia de Catamarca y de las zonas olivareras de Argentina.

4. Finalmente, el estudio de factibilidad económica y técnica realizado en base a datos de laboratorio, condiciones ambientales y funcionales de la planta para llevarlo a escala piloto, mediante el cálculo del VAN, se puede concluir que este proyecto tiene viabilidad técnica y económica para su ampliación de escala laboratorio a semi-industrial.

VIII.2. Proyecciones

Los resultados obtenidos a escala laboratorio, la aproximación del análisis de factibilidad económica y técnica en la presente investigación permiten proponer acciones futuras de interés en el progreso a escala piloto de producción de CA, para complementar y continuar con el avance de esta investigación aplicada.

- En este aspecto se tiene como proyección prioritaria en base a los resultados de los ensayos en laboratorio, el desarrollo a escala piloto de un horno para generar CA a partir de los precursores estudiados, mediante un trabajo en conjunto con la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNC , la Facultad de

Ciencias Exactas y Naturales y Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCA a través de un proyecto presentado, aprobado ante la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de la Nación Argentina) en la Convocatoria PFIP-MAE Jurisdicción Catamarca con financiamiento, titulado: "Aprovechamiento de la biomasa residual de la cadena productiva del olivo para obtención de carbón activado y extractos con actividades antioxidantes".

- Considerando los resultados de los CA logrados en relación a las potencialidades de su uso se propone continuar con una investigación más específica a escala laboratorio con los productos logrados en sus posibles aplicaciones, tales como construcción de electrodos para baterías de litio, aplicaciones en minería y procesos de potabilización y purificación de agua y efluentes.

- Asimismo, resultaría interesante avanzar hacia la investigación de otros residuos agropecuarios y agroindustriales disponibles, como precursores alternativos para la obtención de nuevos tipos de materiales adsorbentes.