

EFLUENTES Y RESIDUOS DE LA INDUSTRIA OLIVÍCOLA DE CÓRDOBA: UN DESAFÍO DESDE LA INTERACCIÓN UNIVERSIDAD- EMPRESA-ESTADO

Álvarez, Dolores María Eugenia, CITeQ-CONICET-UTN, dalvarez@frc.utn.edu.ar

Labuckas, Diana Ondina, ICTA-FCEFyN-UNC, dilabuckas@unc.edu.ar

Bálsamo, Nancy Florentina, CITeQ-CONICET-UTN, nbalsamo@frc.utn.edu.ar

Modesti, Mario Roberto, CIII-UTN, mmodesti@frc.utn.edu.ar

Mendieta, Sivia Nazaret, CITeQ-CONICET-UTN, smendieta@frc.utn.edu.ar

Crivello, Mónica Elsie, CITeQ-CONICET-UTN, mcrivello@frc.utn.edu.ar

Resumen— En el noroeste de la Provincia de Córdoba existe una problemática recurrente referida al tratamiento de efluentes y residuos procedentes de la elaboración de aceitunas. El interés en encontrar respuestas motivó a un grupo de docentes-investigadores de los Centros de Investigación y Tecnología Química y de Investigación en Informática para la Ingeniería, de la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Córdoba y del Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, y estudiantes de la UTN-FRC, conjuntamente con representantes de la empresa Cuenca del Sol S.A., a desarrollar un proyecto para encontrar alternativas para los residuos líquidos y sólidos remanentes del proceso. La propuesta, avalada por autoridades del Municipio de Cruz del Eje y subsidiada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Córdoba, permitió que estudiantes avanzados de Ingeniería Química, luego de estudiar el proceso y normativas vigentes, participaran en el diseño experimental, tomaran muestras y realizaran una caracterización cuali-cuantitativa de los efluentes y residuos generados; de esta manera, tuvieron la oportunidad de insertarse en problemáticas de procesos regionales poniendo en práctica los conocimientos adquiridos durante la carrera. Este bagaje de información se constituye en el punto de partida para el diseño de estrategias a seguir para solucionar una problemática relevante del sector olivícola local.

Palabras clave— *efluentes y residuos, aceitunas, interacción Universidad-Empresa-Estado.*

1. Introducción

En el país, el sector olivícola ha evolucionado notablemente en las últimas décadas, como consecuencia de la aplicación de la ley de diferimientos impositivos (Ley Nacional 21.021). En este sentido, las exportaciones de aceitunas realizadas durante el año 2016 ascendieron a 65.681 toneladas [1], por lo que, en el contexto internacional, Argentina ocupa el octavo puesto en cuanto a la producción [2].

El Noroeste de la provincia de Córdoba se caracteriza por su excelente condición agroclimática para el cultivo del olivo y una larga tradición en la elaboración de aceitunas de mesa y aceite de oliva, generando empleo en la cosecha, el transporte y en los establecimientos elaboradores. A pesar de esto, en el sector se pueden reconocer necesidades de diversas características, tal es el caso de la falta de alternativas para el tratamiento y disposición de los residuos sólidos y líquidos, denominados residuos del sector olivícola (RSO) [3]. En este sentido, la actividad olivícola genera grandes caudales de agua que se transforman en efluentes con importante carga orgánica, sales con un pH fuertemente alcalino y alta concentración de polifenoles, los que, al ser vertidos sin tratamiento previo en el suelo, ponen en peligro de contaminación al recurso hídrico subterráneo. Por otra parte, los residuos sólidos del proceso (carozos, trozos de frutos, gajos y hojas), requieren de su correcta disposición o valorización en nuevos productos o energía indispensables para una producción sustentable [4,5].

Por otro lado, actualmente existe una marcada tendencia a capacitar incorporando competencias en ciertas especialidades de las carreras de Ingeniería. La actividad práctica para adquirir una adecuada experiencia en ambientes reales de trabajo, en relación directa con el sector académico, es una herramienta fundamental para consolidar la formación experimental y evaluar resultados que permitan medir el proceso educativo. Así, dos de las funciones esenciales de la Universidad, como la enseñanza y la producción de conocimientos pueden converger para desarrollar proyectos de investigación de transferencia tecnológica y generar una actividad de colaboración exitosa.

Por esto, desde un grupo de docentes-investigadores de los Centros de Investigación y Tecnología Química (CITeQ) y de Investigación en Informática para la Ingeniería (CIII), de la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Córdoba (UTN-FRC) y del Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA), de la Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (UNC, FCEFyN) y estudiantes de la UTN-FRC, conjuntamente con representantes de la empresa Cuenca del Sol S.A., surge la idea de establecer un vínculo entre la universidad y el sector productivo olivícola, a través de la integración de diversas disciplinas de la carrera de Ingeniería Química. La propuesta es avalada por autoridades del Municipio de Cruz del Eje y subsidiada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Córdoba, a través de un proyecto integrador conjunto.

El objetivo del presente trabajo es proponer y llevar a cabo actividades de transferencia tecnológica integrando la docencia, la investigación y el análisis de problemas de aplicación en una industria específica. Se pretende contribuir al desarrollo sostenible del sector productivo olivícola de la región noroeste de la provincia de Córdoba desde una perspectiva medioambiental, económica y social.

2. Materiales y Métodos

En el noroeste de la provincia de Córdoba, la industria olivícola genera gran cantidad de efluentes, con características que varían de acuerdo al proceso de elaboración. En el caso de las aceitunas verdes, el principal objetivo es la remoción, al menos parcial, del amargor natural del fruto para tornarlo aceptable como alimento o aperitivo, para lo cual se las expone a un tratamiento alcalino con NaOH, denominado “Cocido” [6] y posteriormente a “Lavados” estacionarios o dinámicos, con agua y solución de NaCl al 10% p/v, antes de ser fermentadas. Tanto el Cocido como los Lavados se llevan a cabo

en un tanque de 3,20 m de diámetro y 1,80 m de altura. Es así como grandes caudales de agua se transforman en efluentes de naturaleza diversa, tóxicos para vegetales, animales y microorganismos.

Ante la falta de alternativas para dar respuesta a esta situación, una empresa del sector se contactó con los docentes-investigadores participantes del proyecto. A partir de la elaboración de una propuesta conjunta para la presentación a una convocatoria a subsidio no reembolsable del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la provincia de Córdoba denominado “Proyectos de investigación y desarrollo: orientados a la demanda y a las oportunidades (PIODO)”, se ajustaron los objetivos y los alcances del proyecto, previendo la participación de alumnos de la carrera de Ingeniería Química de la UTN (Tabla 1). Como requisito para la incorporación de éstos, se consideró la aprobación de las materias consideradas relevantes para el desarrollo del estudio.

Tabla 1: Actividades desarrolladas y unidades ejecutoras

| | Descripción de la actividad | Unidad ejecutora |
|---|---|-------------------------|
| 1 | Relevar cuantitativa y cualitativamente, los puntos de generación de efluentes en el proceso de elaboración de aceitunas. | Cuenca del Sol S.A. |
| 2 | Caracterizar los aspectos físico-químicos de los RSO generados en cada punto del proceso. | ICTA UNC-FCEfYN |
| 3 | Ensayar diferentes tratamientos posibles, de acuerdo a la composición de los efluentes (polifenoles, cloruros, etc.), mediante el empleo de materiales catalíticos y adsorbentes. | CITeQ UTN-FRC |
| 4 | Relevar, cuantitativa y cualitativamente, la generación de residuos sólidos en el proceso de elaboración de aceitunas. | CITeQ UTN-FRC |
| 5 | Modelar matemáticamente a los procesos de tratamiento de RSO derivados de la industrialización de aceitunas. | CIII UTN-FRC |

Fuente: elaboración propia

El proceso para la inclusión de los alumnos pasó por varias fases, iniciando con la etapa de inducción general. La presentación de las organizaciones intervinientes (laboratorios de las Universidades y planta de producción de la empresa) y sus políticas, la integración al ambiente científico, la dinámica de producción y orientación sobre aspectos específicos y relevantes de las tareas a desempeñar. Posteriormente se abordó la búsqueda y recopilación de bibliografía específica (elaboración de aceitunas, caracterización, normativas y tratamientos aplicados a RSO), la organización y análisis de la información, para posteriormente iniciar el trabajo de campo.

Se determinaron los puntos del proceso desde donde tomar las muestras de efluentes y del material sólido remanente. En ambos casos, se consideraron los RSO generados a partir de frutos de olivo de la variedad Arauco.

Las muestras de efluentes se tomaron durante y al finalizar las etapas de Cocido y Lavado estacionario con agua (tiempos inicial, medio y final). Se recolectaron muestras de los líquidos contenidos en el tanque a diferentes profundidades; zonas superior, central y baja (20, 90 y 180 cm, respectivamente).

Las muestras relativas a los Lavados dinámicos con agua se colectaron en recipientes contenedores colocados en la boca de salida del tanque, a los 30 minutos del drenado. Las provenientes del Lavado dinámico realizado con solución salina fueron tomadas a los 2,5 y 5 minutos de su evacuación.

Las muestras sólidas consideradas fueron hojas remanentes, tanto las obtenidas de la línea de proceso en curso como las acumuladas de procesos anteriores en el terreno, a la intemperie.

Tanto para la recolección de muestras como para su acondicionamiento, transporte y análisis, se siguió el protocolo indicado por el Decreto 847/16 de la Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Córdoba [7].

Dentro de los parámetros exigidos por la norma vigente para evaluar efluentes generados en este tipo de industrias se analizaron la Demanda Química de Oxígeno (DQO [8, 5220-D]); Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO, [8, 5210-B]); sustancias solubles en éter etílico [8, 5520-B]; sólidos disueltos totales, sedimentables en 10 min y suspendidos totales [8, 2540-D, F]; contenido de fósforo orgánico y total [8, 4500 P-C], de sulfuros [8, 5520-E]; de Nitrógeno total (Kjeldhal) y pH.

Así como también se determinó el oxígeno consumido [8]; porcentaje de NaCl (Volhard); contenido de azúcares reductores (Lane Eynon [9]); contenido en fenoles totales, por reacción con Folin-Ciocalteu y lectura mediante espectrofotómetro Lambda 25, a 760 nm, correspondiente a la del color desarrollado [10] y porcentaje de NaOH [8, 2320-B].

Las muestras sólidas fueron caracterizadas mediante la determinación de biomasa seca, lípidos, cenizas y compuestos polifenólicos totales.

La caracterización de los aspectos físico-químicos de los RSO generados en cada punto del proceso se llevó a cabo en el ICTA. Dicho Instituto presenta una vasta experiencia en aspectos relativos a la obtención y calidad de productos derivados de la industria olivícola. El equipo de trabajo del CITEQ presenta una amplia trayectoria en el diseño, síntesis y caracterización de catalizadores sólidos y su aplicación en diversos procesos catalíticos de interés industrial aplicados en procesos sustentables y tratamientos de efluentes. El modelado de los procesos de tratamiento de RSO derivados de la industrialización de aceitunas es llevada a cabo en el CIII. Tanto los ensayos inherentes a los tratamientos de los RSO como la etapa de modelado se encuentran aún en desarrollo.

La participación de los estudiantes en todo el proceso hizo posible la integración y convergencia de las materias cursadas en una situación profesional real, dando sentido a los contenidos de las distintas asignaturas. En este sentido, las materias de Ingeniería Química mayormente vinculadas a la propuesta fueron: Probabilidad y estadística, Química analítica y Química analítica aplicada, puestas en práctica para la recolección de muestras; Ingeniería ambiental, Química general, Química analítica y Biotecnología, para la caracterización de RSO; Ingeniería Ambiental se aborda la problemática y evalúa el impacto ambiental de la contaminación de suelo y agua; en Biotecnología se incluyen contenidos teóricos y procedimentales relativos al tratamiento de efluentes. Además, a partir de la asignatura Catálisis se abordan las características de los distintos catalizadores y procesos catalíticos que se emplearán para obtener los materiales a emplear en el proyecto.

3. Resultados y Discusión

En el marco del presente proyecto, en primera instancia, se obtuvo un conocimiento preciso cuali-cuantitativo en relación a los puntos generadores de efluentes del proceso productivo de la elaboración de aceitunas en conservas, como así también de la composición de los residuos sólidos generados.

A partir de los ensayos realizados se logró determinar que los líquidos efluentes del proceso de elaboración de aceitunas verdes de un establecimiento representativo de Cruz del Eje se caracterizan por presentar valores de pH y de concentraciones de fenoles y fósforo totales, sólidos en suspensión y disueltos, que superan a los máximos previstos por la Norma vigente (Decreto 847/16 de la Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Córdoba [7]), tanto para las etapas de Cocido como para la de Lavado. Asimismo, los valores de DBO, DQO se encuentran por encima de los límites regulados para ambas operaciones.

Por otro lado, se evidenció que la concentración de sustancias solubles en éter etílico, tanto en el Cocido como en el Lavado, es inferior a la prevista; y en el caso de los sulfuros, solo la concentración evidenciada en la etapa de Cocido se encuentra dentro de los límites permitidos por la Normativa.

Los resultados de la caracterización de las muestras sólidas (Hojas de línea de producción en curso, al momento de la toma de muestra y Hojas residuales de procesos previos) indican que las Hojas de línea del proceso actual presentaron menor biomasa, mayores contenidos de aceite y compuestos polifenólicos y similar concentración de cenizas, que las Hojas residuales obtenidas de anteriores procesos (acumuladas a la intemperie).

Esta información se constituye como el punto de partida para la toma de decisiones de los tratamientos a seguir y así acercar al sector productivo olivícola soluciones viables para el tratamiento de RSO. Posteriormente, los datos experimentales obtenidos se emplearán también para el desarrollo de modelos matemáticos que representen el proceso a implementar para los tratamientos de los efluentes y residuos sólidos, con vistas a trazar políticas de control a futuro.

Para los estudiantes avanzados de la carrera de ingeniería química, el trabajo realizado representó un nexo entre la teoría y la práctica, a través de la integración de materias pertenecientes a la carrera de grado. En este sentido, lograron reconocer un vínculo entre el currículum académico, los problemas técnicos y las relaciones humanas en la realidad, aumentando la motivación hacia situaciones problemáticas novedosas. Los docentes-investigadores pudieron transpolar el ámbito de enseñanza a una empresa, haciendo que el proceso de aprendizaje adquiera mayor significancia.

Los representantes de la Industria, en tanto, posibilitaron la formalización de las relaciones con la Universidad, abriendo un camino de colaboración conjunta para lograr soluciones a sus demandas, desde el ámbito académico.

4. Conclusiones y recomendaciones

La experiencia desarrollada puede percibirse como una estrategia efectiva para fomentar la interacción entre la Universidad y la Industria.

El desarrollo del proyecto contribuye al fortalecimiento del trabajo conjunto de los tres centros de investigación participantes y la empresa Cuenca del Sol S.A., lo que redundará en beneficios directos en la industria, el sector olivícola y el medio ambiente. Esto colaborará en la preservación del agua, recurso renovable pero limitado, y en el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad.

5. Referencias

- [1] NIMO, M.; GARCIARENA, I. (2017). I reunión Comisión Regional cuyo 2017. Ministerio de Agroindustria, Presidencia de la Nación Argentina. http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_alimentos_y_bebidas/
- [2] CONSEJO OLEÍCOLA INTERNACIONAL (COI). (2017). Boletín del Mercado. http://www.internationaloliveoil.org/news/view/697-year-2017-news/837-market-newsletter-may-2017?lang=es_ES
- [3] MEHMET Ş., ANIL Y. (2016). Cero vertidos: uso de los residuos del sector olivícola como energía limpia. *Olivae*, España, v.123, p.37.
- [4] FILICIOTTO, L.; BALU, A.M.; VAN DER WAAL, J.C.; LUQUE, R. (2018). Catalytic insights into the production of biomass-derived side-products methyl levulinate, furfural and humins. *Catalysis Today*, v.302, p.2.
- [5] CALZADO, M.; VALERO-ROMERO, M.J.; GARRIGA, P.; CHICA, A.; GUERRERO-PÉREZ, M.O; RODRÍGUEZ-MIRASOL, J.; CORDERO, T. (2015). Lignocellulosic waste-derived basic solids and their catalytic applications for the transformation of biomass waste. *Catalysis Today*, v.257, p. 229.
- [6] GARRIDO FERNÁNDEZ, A.; FERNÁNDEZ DIEZ, M.J.; ADAMS M.R. (1997). *Table Olives. Production and Processing*. London: Chapman and Hall, London. 210p.
- [7] SECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA. Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos. Gobierno de la Provincia de Córdoba. *Decreto 847/16*.
- [8] APHA (1995) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters, 19th Edition. Washington D.C, USA.
- [9] SÁNCHEZ GÓMEZ, A.; MONTAÑO ASQUERINO, A.; ROMERO BARRANCO, C.; GARCÍA GARCÍA, P.; DE CASTRO, A.; GÓMEZ MILLÁN, A. (2000). Prácticas de Química y Microbiología. In: *XII Curso de elaboración de aceitunas de mesa*. Departamento de Biotecnología de Alimentos. Sevilla: Ed. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). p. 187-213.
- [10] OTHMAN, N.B.; ROBLAIN, D.; CHAMMEN, N.; THONART, P.; HAMDÍ, M. (2009). Antioxidant phenolic compounds loss during the fermentation of Chétoui olives. *Food Chemistry*. 116: 662-669.