

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

CURSO DE POSGRADO:

EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS DE VALOR AGREGADO DE RESIDUOS FORESTALES

Profesor responsable:

DRA. ROSA RODRÍGUEZ

Colaborador:

DRA. PAULA FABANI

julio de 2025

Nombre del Curso: Extracción de Compuestos de Valor Agregado de Residuos Forestales

Profesor Responsable: Dra. Rosa Rodriguez

Profesores Colaboradores: Dra. Paula Fabani

Carga Horaria: 40hs a distancia

Fecha: 3 y 4, 10 y 11 (jueves y viernes) de Julio

Horario: 8 a 13 hs

Modalidad: Híbrido

1. Marco conceptual e importancia actual/Fundamento

Las clases son teórico-prácticas desde una aproximación constructivista. El proceso de enseñanza aprendizaje se centra en una fluida interacción entre docentes-alumnos y alumnos-alumnos. La idea central es que los alumnos tengan un papel activo y autónomo, promoviendo: (i) el análisis crítico, (ii) distintas capacidades a través de la indagación, discusión y exposición de problemas o trabajos; (iii) actividades cooperativas, intentando poner en relieve la importancia del análisis grupal sobre el individual; (iv) habilidades de selección, valoración y asociación de ideas que les permitan establecer relaciones conceptuales y algunas conclusiones generales.

Este curso aborda el aprovechamiento de biomasa lignocelulósica para la obtención de moléculas de alto interés comercial, como pectinas, polifenoles, licopeno, microcelulosa cristalina y moléculas plataforma. En el contexto actual de bioeconomía y sostenibilidad, la valorización de residuos forestales mediante tecnologías de extracción eficientes y ambientalmente responsables contribuye a la reducción de residuos, la generación de productos innovadores para las industrias alimentaria, cosmética, farmacéutica y química, y el desarrollo de procesos alineados con normativas ambientales.

2. Objetivos

Conocer los principales compuestos con valor agregado extraíbles de residuos forestales y agroindustriales. con potencial para la obtención de compuestos bioactivos de alto valor.

Comprender los principios fisicoquímicos de los procesos de extracción, purificación y estabilización de polifenoles, pectinas, licopeno y moléculas plataforma.

Aplicar tecnologías innovadoras y sostenibles para la extracción de compuestos con valor agregado, maximizando su rendimiento y minimizando el impacto ambiental.

Explorar aplicaciones industriales de los biocompuestos extraídos en sectores como la agroindustria, cosmética, farmacéutica, bioenergía y biomateriales.

Evaluar la viabilidad técnica y económica de los procesos de valorización de residuos, considerando estrategias de biorrefinería y economía circular.

3. Contenidos

Módulo 1: *Introducción a la Valorización de Residuos Forestales y Agroindustriales.* Principales compuestos con valor agregado en residuos forestales: polifenoles, flavonoides, taninos, terpenos, lignina, flavonoides, carotenoides, pectinas, moléculas plataforma (furfural, ácido levulínico y sus derivados) y celulosa microcristalina. Estructura, propiedades fisicoquímicas y aplicaciones. Estrategias de biorrefinería y bioeconomía circular para la valorización de residuos. Normativas y certificaciones ambientales para la comercialización de biocompuestos.

Módulo 2: *Métodos de Extracción y Purificación de compuestos con valor agregado.* Métodos convencionales de extracción: Maceración y percolación. Extracción Soxhlet. Destilación por arrastre de vapor. Métodos avanzados y sostenibles: Extracción con líquidos iónicos y solventes eutécticos profundos. Extracción asistida por ultrasonido y microondas. Extracción con CO₂ supercrítico. Biocatálisis y uso de enzimas en la extracción de polisacáridos y flavonoides. Métodos de obtención de microcelulosa cristalina: Hidrólisis ácida controlada (uso de ácido sulfúrico y clorhídrico). Hidrólisis enzimática de celulosa. Procesos mecánicos y físicos para la reducción de tamaño de fibra. Factores que afectan la cristalinidad y estabilidad de la MCC. Variables operativas que afectan cada proceso de extracción.

Módulo 4: *Estabilidad y Funcionalidad de los compuestos extraíbles.* Factores que afectan la estabilidad: pH, temperatura, luz y oxidación. Microencapsulación y formulaciones para mejorar la estabilidad de polifenoles y carotenoides. Modificación química y funcionalización de MCC para mejorar su compatibilidad con matrices poliméricas y biomateriales. Interacción de los compuestos bioactivos y MCC con matrices alimentarias, cosméticas y farmacéuticas.

Módulo 5: *Aplicaciones Industriales y Modelos de Biorrefinería.* Uso de polifenoles como antioxidantes naturales en alimentos y cosméticos. Aplicaciones de pectinas en la industria alimentaria y biomateriales. Carotenoides en la industria nutracéutica y como colorantes naturales. Moléculas plataforma como precursores para bioplásticos y bioenergía. Microcelulosa cristalina en bioplásticos, papel, recubrimientos y nanocompuestos. Análisis de viabilidad económica y escalado industrial de los procesos.

4. Evaluación

Mecanismos de seguimiento de los aprendizajes. Formas y criterios de evaluación de las actividades y de aprobación (Evaluación permanente, mediante estudio de casos, o evaluación con trabajo final escrito u oral, en grupo o individual, etc.).

En caso de dictado a distancia, detallar las estrategias de evaluación en el anexo, de acuerdo con los criterios establecidos.

Los requisitos de evaluación para la aprobación del curso son los siguientes: Lectura previa de algunos trabajos para su discusión en clase (habrá clases específicas en las que los alumnos discutirán estas lecturas).

Presentación de una "pregunta/ idea/ objetivo de investigación".

Exposición en clase de esa pregunta/objetivo de investigación y/o participación en las discusiones cuando exponen otros asistentes.

Autoevaluación final sobre la idea de investigación presentada, sobre la que el docente le hará una devolución personalizada.

Criterios para la evaluación: presentar la idea/pregunta de investigación, familiaridad con las lecturas, participación en clase, defensa del proyecto individual y profundidad teórico metodológica alcanzada a través de la autoevaluación cuando participa en las discusiones grupales.

"Idea de investigación" (se debe presentar impresa el segundo día de clase indicando el nombre del autor)

- Desarrollo en 1-2 carillas a doble espacio de una pregunta-idea-proyecto de investigación.
- Presentación del problema (por ejemplo, pregunta, objetivo, hipótesis) a investigar con alguna justificación.
- Propuesta de solución del problema, mencionando su contexto teórico. Justificación: ¿por qué es plausible y original?
- Puesta a prueba de la idea de investigación. Cite cuáles resultados espera y cómo se obtendrán. Haga una mención breve al "diseño experimental", sin referir a técnicas específicas.
- Para exponer la idea de investigación de manera oral durante la semana del curso, los alumnos se podrán ayudar de un power point de no más de 5-6 diapositivas. Esto es porque la exposición debe realizarse en no más de 15 minutos.

Formas y criterios de evaluación de las actividades y de aprobación: Evaluación permanente, mediante estudio de casos y evaluación con trabajo final escrito individual; asistencia a las clases.

5. Infraestructura necesaria

Detallar los requisitos infraestructurales respecto a los diferentes módulos del curso, según la modalidad de dictado.

En caso de dictado a distancia, detallar las diferentes herramientas tecnológicas y su forma de uso en el apartado 7.

6. Bibliografía

Listado alfabético de referencias. Indicar la accesibilidad de los textos citados.

1. Badii, S. S., Jamshidi, M. M., & Sadeghi, A. Z. (2019). Advances in pectin extraction: A review. *Food Hydrocolloids*, 90, 156-167. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.01.001>. Acceso mediante suscripción a Elsevier.
2. Clark, J. H., & Macquarrie, D. J. (2012). *Handbook of Green Chemistry and Technology*. Wiley Blackwell. Disponible mediante compra o suscripción a Wiley.
3. García, M. S., Ruiz, J. L., López, A. R., & Sánchez, J. (2020). Extraction of polyphenols from agricultural and forest waste using green solvents. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120- 134. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120134>. Acceso Abierto.
4. Hernández, L. J., González, C., & Martínez, A. P. (2021). Valorization of forest residues through biorefinery processes: Sustainable pathways and technological innovations. *Bioresource Technology*, 329, 124-137. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.124137>. Acceso mediante suscripción a Elsevier.
5. Martínez, D. R., López, R., & Navarro, P. D. (2021). Optimization of extraction processes of bioactive compounds from plant and forest residues. *Food and Bioproducts Processing*, 12, 79-91. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.11.003>. Acceso mediante suscripción a Elsevier.
6. McIntosh, J. A. D., & Neitzel, M. H. V. M. (2016). *Biomass to Biofuels: Strategies for Global Industries*. Elsevier. Acceso mediante suscripción a Elsevier.
7. Nunes, R. M. P. J., & Ramos, A. R. V. B. P. (2017). *Valorization of Biomass: Sustainable Chemical Processes*. Elsevier. Acceso mediante suscripción a Elsevier.
8. Prins, M. W. A., & van den Brink, J. W. R. (2020). *Sustainable Biorefinery: From Biomass to Biochemicals*.

Elsevier. Acceso mediante suscripción a Elsevier.

9. Rojas, E. D., Salazar, M. C., & Rodríguez, R. M. (2018). Cellulose nanocrystals from lignocellulosic biomass: Advances in extraction and applications. *Carbohydrate Polymers*, 184, 399-414. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.02.080>. Acceso mediante suscripción a Elsevier.
10. Yadav, S. K., & Shukla, A. R. R. (2015). *Biorefinery: From Biomass to Chemicals and Fuels*. Elsevier. Acceso mediante suscripción a Elsevier.

7. Estrategias de enseñanza (obligatorio p/ educación a distancia o con estrategias de hibridación)

En caso de que el curso contenga componentes de dictado a distancia, por favor describir las estrategias de enseñanza, en base a los aspectos que figuran a continuación, de acuerdo con lo estipulado por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU).

Cabe aclarar, que la Universidad Nacional de Santiago del Estero tiene implementado un Sistema de Educación a Distancia (SIED), regulado por Res. Ministerial E2641 (2017) y creado mediante CS 178 (2018).

Aspectos a considerar en la descripción de las estrategias de enseñanza:

- ● Plan de actividades que defina una secuencia de aprendizaje (el plan puede figurar dentro del programa o como documento complementario).
- ● Distinción entre actividades obligatorias y sugeridas / individuales y grupales. ● Consignas de aprendizaje, interacciones previstas (docente-alumno, docente-alumnos, alumnos entre sí) y herramientas tecnológicas que se utilizarán.
- ● Cuando las características de la carrera lo requieran, detalle de las prácticas profesionales a realizar, escenarios en los que se llevarán a cabo (presenciales o virtuales), el procedimiento para acceder a esos escenarios por parte de alumnos que residen en localidades alejadas de la unidad académica, el modo de supervisión y de la forma en que se evaluarán.
- ● Especificación de la metodología de enseñanza y de aprendizaje.
- ● Mecanismos de seguimiento de los aprendizajes en la unidad curricular. ● Formas y criterios de evaluación de las actividades y de aprobación de la asignatura.

Anexo

Extracto de la nota técnica **“Consideraciones sobre las estrategias de hibridación en el marco de la evaluación y la acreditación universitaria frente al inicio del ciclo lectivo 2024”** (Comisión de Evaluación y Acreditación Universitaria, 2024):

“4. Carreras presenciales que emplean estrategias combinadas o híbridas

En el marco del regreso a la presencialidad, las instituciones universitarias que han decidido emplear estrategias combinadas en carreras presenciales establecerán las disposiciones específicas para esas instancias a los fines de asegurar la institucionalidad de los espacios y de las condiciones que garantizan las interacciones sincrónicas entre docentes y estudiantes. Con el objetivo de delinear las disposiciones antes mencionadas, resulta necesario que la institución precise las estrategias que desarrollará. En este sentido, corresponderá especificar si la estrategia responde a un modelo alternado (períodos con presencia simultánea de docentes y estudiantes en el espacio-aula localizado en una sede de la institución y períodos en el espacio- aula de audiovideocomunicación) o a la estrategia de aula híbrida, en la que convergen simultáneamente algunos actores en el espacio-aula localizado en sede y la presencia sincrónica remota de otros actores a través de un espacio-aula de audiovideocomunicación. En este último caso, deberá existir un aula en la sede institucional equipada para facilitar la videocomunicación sincrónica, a la que podría asistir cualquiera de los participantes de la actividad. Por su carácter híbrido, la estrategia permitirá que docentes y estudiantes participen parcial o totalmente con una presencia remota sincrónica, para lo cual la estrategia y el uso de recursos deberán estar debidamente fundamentados. En este modelo, corresponderá definir institucionalmente si se exige la presencia de

alguno de los actores en el espacio-aula localizado en sede. Para esta definición y fundamentación, convendrá tener en cuenta, entre otras consideraciones, el nivel de formación de la carrera (grado o de posgrado), el perfil de los estudiantes y el tipo de actividades que se desarrollarán. Respecto del perfil de los estudiantes, la estrategia podría distinguir entre los de nivel inicial o avanzado dentro del plan de estudio, considerando a la vez las asignaturas y las actividades correspondientes (una asignatura inicial de una carrera de grado con estudiantes haciendo sus primeros pasos en la vida universitaria o una asignatura de ciclo avanzado con estudiantes entrenados en la vida universitaria), y podría contemplar el potencial desarrollo laboral de los estudiantes durante la carrera.

Se describen a continuación tres escenarios básicos de hibridación:

Estrategia de Alternancia (secuencial): Las clases se realizan alternando, dentro de una secuencia regulada normativamente, entre períodos en el espacio-aula en sede y períodos en el espacio-aula de videocomunicación bajo protocolos y disposiciones específicas que aseguran las interacciones sincrónicas de los participantes de una forma análoga a como se producen presencialmente. En cada período, sólo existe una única presencialidad posible para todos los actores sociales.

Estrategia Híbrida (optativa): Las clases se realizan en el espacio-aula en la sede institucional pudiendo uno o más de los actores sociales participar de modo presencial u, optativamente, en modo remoto a través de un espacio-aula de videocomunicación bajo protocolos y disposiciones específicas que aseguran las interacciones sincrónicas entre todos los participantes independientemente de su localización y de una forma análoga a como se producen presencialmente. En cualquier instancia los actores sociales pueden optar por una presencialidad u otra.

Estrategia Mixta (parcialmente optativa): Las clases se realizan de manera alternada y regulada normativamente entre períodos obligatorios en el espacio-aula en sede y períodos durante los cuales los participantes pueden optar entre el espacio-aula en sede o el modo remoto a través de un espacio aula de videocomunicación bajo protocolos y disposiciones específicas que aseguran las interacciones sincrónicas entre todos los participantes independientemente de su localización y de una forma análoga a como se producen presencialmente. Sólo en las instancias del período que ofrece optativamente un espacio-aula de videocomunicación, los actores sociales pueden optar por una presencialidad u otra.

En todos los casos, para las carreras presenciales que empleen una estrategia híbrida deberán establecerse condiciones de institucionalidad de los espacios-aulas de audiovideocomunicación sincrónica. Entre esas condiciones, corresponde contemplar pautas y protocolos en relación con la programación, la administración y la gestión de las aulas de audiovideocomunicación (gestión de la plataforma que permite la videocomunicación sincrónica a partir de una licencia/cuenta de la institución y habilitación por parte de la misma para la práctica áulica; gestión de la forma y los medios para el acceso y la admisión al aula por una autoridad institucional competente o por el docente a cargo de la clase por delegación de la institución), el registro de asistencia de docentes y estudiantes, las exigencias en cuanto a las condiciones de presencia mediatizada o remota que permitan la interacción bidireccional permanente (cámara encendida, cantidad máxima de participantes audiovisualizables de forma inmediata y directa sin desdoblamientos o partes invisibles del espacio aula), la identificación de los participantes, las condiciones de suficiencia de la audiovisualización y las posibilidades de interacción, las previsiones metodológicas, pedagógicas, comunicacionales y tecnológicas, que garanticen la realización de las actividades (prácticas experimentales en la institución y prácticas pre-profesionales realizadas fuera de la institución). También deberán

preverse las disposiciones integrales para que todos los actores, cualquiera sea el modo en que participen de la clase, puedan intervenir en condiciones similares. Estas pautas deberán ser conocidas y aceptadas por todos los actores que la institución permita que se comuniquen de manera remota y sincrónica. En el mismo sentido, si las evaluaciones pudieran adoptar una alternativa híbrida, deberán establecerse protocolos específicos que aseguren las condiciones institucionales de confiabilidad y transparencia que la instancia evaluativa requiere.