

II Simposio de Residuos Agropecuarios y Agroindustriales del NOA y Cuyo

Trabajos completos y comunicaciones

Compiladores:

Pablo Monetta

Héctor Emilio Paroldi

Roberto Esteban Miguel



II Simposio de Residuos Agropecuarios y Agroindustriales del NOA y Cuyo

Trabajos completos y comunicaciones

Compiladores:

*Monetta, Pablo
Paroldi, Héctor Emilio
Miguel, Roberto Esteban*



Secretaría
de Agroindustria



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación

*Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Estación Experimental Agropecuaria San Juan*

2019

II Simposio de Residuos Agropecuarios y Agroindustriales del NOA y Cuyo: trabajos completos y comunicaciones / Matías Alancay ... [et al.]; compilado por Pablo Monetta; Héctor Emilio Paroldi; Roberto Esteban Miguel. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ediciones INTA. Estación Experimental Agropecuaria INTA San Juan, 2019. Libro digital, PDF

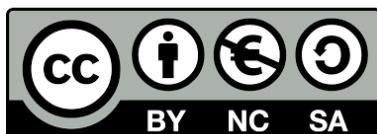
Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-521-982-3

1. Calidad del Medio Ambiente. 2. Residuo Agrícola. 3. Agricultura. I. Alancay, Matías. II. Monetta, Pablo, comp. III. Paroldi, Hector Emilio, comp. IV. Miguel, Roberto Esteban, comp.
CDD 631

Diseño:

Susana Beatriz Macías Vargas, Pablo Monetta
INTA EEA San Juan
Roberto Esteban Miguel
INTA EEA Chilecito

Las fotos del diseño de la tapa fueron extraídas de los trabajos que componen el libro. Arriba izquierda: Aplicación de enmiendas orgánicas en parcelas experimentales (Soto Miranda, D. et al.); Arriba derecha: Remoción mecanizada de las pilas de compost (Orden, L. y Ahualli, P.); Abajo izquierda: Panes elaborados con harina de cáscara de zapallo (Roman, M.C. et al.); Abajo derecha: Micrografía electrónica de escobajo (Navas, C.S. et al).



Contenidos

COMISION ORGANIZADORA DEL “II SRAyA NOA y Cuyo”	9
AGRADECIMIENTOS	12
PRÓLOGO	13
PALABRAS DE LA COMISIÓN ORGANIZADORA	15
BREVE DESCRIPCIÓN DEL EVENTO	16
TRABAJOS COMPLETOS	18
Aprovechamiento del subproducto de la industria del tomate como fuente de pectina	
Alancay, M.M. ¹ ; Lobo, M.O. ¹ ; Samman, N.N. ¹	19
Compostaje de residuos sólidos de matadero con tecnología de microorganismos eficientes desarrollados en Jujuy (MEJ)	
Altamirano, F.E.; Zankar G. del C.; Quintar, S.; Ortega, R.; Vidaurre, J.	24
Aplicación de té de compost de orujo de olivo sobre un suelo franco arcillo limoso	
Alurralde, A.L. ^{1,2*} ; Di Barbaro, G. ¹ ; Imhoff, S. ³ ; Gariglio, N. ³ ; González Basso, V. ¹ ; Rizo, M. ¹ ; Espeche, E. ¹ ; Manenti, L. ¹ ; Sasovsky, R. ¹	28
Orujos de vinos tintos de Cafayate como controladores del biofilm bacteriano	
Arreguez M.L. ² Viola C. M. ² Cartagena E. ^{1,2} Arena M. E. ^{1,2}	32
Caracterización de poliuretanos obtenidos a partir de fracciones oleosas de aceite de oliva	
Bagni, M.M. ^{1*} ; Granados, D.L. ¹ ; Reboredo, M.M. ²	36
Variación del contenido regional de Nitrato en el agua subterránea del Departamento Pocito- San Juan, durante los últimos 50 años	
Battistella, R.; Ortega, I.; Carelli, F.	41
Comportamiento de hongos en medios con vinaza de caña de azúcar	
Carbajo M.S. ^{1*} , Ojeda Feroselle, A.C. ³ , Meneguzzi N. ¹ , Canteros B. I. ² , Rodríguez G. ³	47
Revalorización del guano de gallina y alperujo de oliva, para la producción de biogás	
Carrasco, E. ¹ , Hidalgo, A. ¹ ; Butti, M. ²	51
Valorización de ceras de girasol recuperadas: elaboración de películas comestibles por casting y electrospinning ...	
Chalapud, M. ^{1*} ; Baumler, E. ¹ , Carelli, A. ¹ ; Salgado, M. de la P. ² , Calderón, G. ² , Morales, E. ³	56
Compost a base de alperujo como parte de un sustrato en plantinera de hortalizas	
de Bustos, M.E.; Carabajal, D.	61
Análisis cinético de la gasificación con vapor de residuos de la industria olivícola usando macro-TGA	
Fernandez, A. ¹ , Baldán, Y. ¹ , Rodriguez, R. ¹ y Mazza, G. ²	64
Producción de biodiesel a diferentes tiempos y temperaturas de reacción y consumo en motor	
García H.J. ¹ ; Saavedra, R.M. ¹ ; Sánchez de Pinto, M.I. ¹ ; Pappalardo, L.A. ²	68
Producción microbiológica de carotenos a partir de alperujo	
Ghilardi, C. ^{1,2} , Carelli Albarracín, A.A. ^{1,2} , Borroni, M.V. ³	73
Optimización de la producción de biogás de alperujo pretratado con H ₂ O ₂	
Gil, R.M.; Rodríguez, L.A.; Paroldi, H.E.; Vallejo, M.D.	77

Optimización estadística de la producción de biogás en la digestión anaeróbica seca de alperujo Gil, R.M.; Rodríguez, L.A.; Paroldi, H.E.; Vallejo, M.D.	81
Valorización energética de carozos de duraznos y damascos triturados Giordano, R. ¹ ; Vanin, N. ² ; Reynoso, M. ² ; Attorri, R. ³	85
Alternativas para el aprovechamiento integral de residuos agroindustriales en planta piloto de aceite de oliva Gómez P. ¹ , Ribotta P. ² , Lorenzo E. ³ , Segovia F. ¹ , González Vera C. ¹ , Werning L. ³ , Filippín A. ¹ , Severini H. ² , Alurralde A. ¹	90
Producción de ácido láctico por fermentación de escobajo de uva con <i>R. oryzae</i> Groff, M.C. ¹ , Albarracín, M. ¹ , Kassuha, D.E. ^{1,2} , Gaido, M. ² ; Noriega, S.E. ¹	95
Efecto de la aplicación de vinaza sobre la dinámica de poblaciones microbianas edáficas Hernández Guijarro, K. ¹ ; Portocarrero, R. ² ; Covacevich, F. ^{3,1}	100
Compostaje de estiércol de conejo con cama de gallina ponedora Herrera, A.C. ¹ ; Palavecino, A.C. ¹ ; Sánchez de Pinto, M.I. ¹	105
Bioetanol a partir de residuos de la actividad olivícola Herrero, L.; Mamaní, A.; Montoro, L.; Giménez, M.; Heredia, I.; Deiana, C.	110
Tableros con mezcla de residuos de madera y cáscara de maní Jiménez, P.V. ¹ , Gatani, M. ² , Pan, E. ¹ , Umlandt, M. ¹ , Brandán, R. ¹ , Medina, J.C. ¹	115
Rendimiento y actividad insecticida contra <i>Sitophilus zeamais m.</i> del aceite esencial de la paja de comino Mansilla, L.A. ¹ ; Quiroga, V. ²	119
Metodología de ensayos de generación de biogás a partir de residuos sólidos urbanos Maroto, C.; Indiveri, M.E; Llamas, S.	123
Valorización de orujo de uva: ensayos preliminares para obtención α -L-ramnosidasas y exopoligalacturonasas Martín, M.L.; Vallejo, M.; Gouiric, S.	127
Agregado de valor a un residuo de la industria cárnica Martínez, M. ¹ , Reñones, L. ¹ , Rodríguez, L.N. ¹ , Majul, L. ² , García Mansilla, M. ²	131
Fitotoxicidad en <i>Lactuca sativa l.</i> por aplicación de extractos acuosos de compost a base de alperujo Mascareño Varas, M. ¹ y de Bustos, M.E. ²	136
Bioindicadores de calidad de suelos vitícolas bajo diferentes tratamientos agronómicos Medina, E.M. ^{1*} ; Paroldi, H.E. ¹ ; Navas Kaluza, M.Da. ¹ ; Toro, M. E. ¹ ; Vázquez, F. ¹	140
Caracterización de residuos biotrasformados y efectos de diferentes estrategias de aplicación Moisés, J. ¹ ; Martínez, J.M. ^{1,2} ; Galantini, J.A. ^{2,3}	145
Utilización como enmienda de suelos del biosólido residual de la planta de tratamiento de efluentes de una industria tomatera Monetta, P. ¹ ; Sosa, C. ¹ ; Albors, A. ¹ ; Picca, C. ² ; Bustos, L. ¹ ; Mundaca S. ¹ Ruiz, R. ³ ; Babelis, G. ¹	150
Mapa de residuos sólidos y semisólidos de la industria aceitera olivícola de la provincia San Juan Monetta, P. ¹ ; Renzi, L. ² ; Suarez, E. ² ; Cornejo, V. ¹ ; Oviedo, A. ¹	155

Evaluación de la calidad y momento de aplicación al suelo de un efluente porcino crudo y digerido anaeróbicamente	
Mórtola, N. ¹ ; Beily, M.E. ² ; Brieva, M.A. ³ ; Soto, A. ¹ ; Eiza, M. ¹ ; Carfagno, P. ¹ ; Riera, N. ² ; Bres, P. ² ; Rizzo, P. ² ; Brutti, L. ¹	158
Formulación de emulsiones a partir de con agregado de biofenoles procedentes del alperujo	
Mussio, D.F.; Giacomozzi, A.; Palla, C.; Ceci, L.N.; Carrín, M.E.; Carelli Albarracín, A.A.	163
Caracterización de residuos de un mercado concentrador de frutas y hortalizas	
Muzlera Klappenbach, A., Mazzeo, N.M.	168
Caracterización de las partículas de alperujo para su empleo como relleno en material compuesto de matriz polimérica	
Navas, C.S.*; Bagni, M.; Pastor, P.	173
Escobajo para la síntesis de biocompuestos	
Navas, C.S. ¹ ; Bagni, M. ¹ ; Giménez, M. ¹ ; Ferrá, M. ¹ ; Granados, D.L. ^{1*} ; Reboredo, M. ²	177
Producción de biogás a partir de estiércol vacuno con gliserina y maíz como co-sustratos	
Palavecino, A.C. ¹ ; Herrera, C. ¹ ; Sánchez de Pinto, M.I. ¹ ; Farfán Torres, M. ²	181
Utilización de residuos olivícolas crudos como enmiendas de suelos de olivares	
Paroldi, H.E. ¹ ; Pierantozzi, P. ² ; Monetta, P. ²	186
Evaluación de carbones activados derivados de residuos agroindustriales usando KOH como agente de activación	
Ramírez, N.; Mamaní, A.; Giménez, M.; Caballero, N.; Sardella, F.; Deiana, C.	190
Determinación de residuos de agroquímicos en <i>Lactuca sativa</i> (lechuga) que se comercializa en Catamarca	
Rivero, C.; Vildoza, J.L.	195
Recuperación de compuestos fenólicos de residuos olivícolas: selección de variables relevantes y optimización del proceso	
Rodríguez, M. ¹ ; Gil, R. ² ; Rodríguez, L. ² ; Vallejo, M. ² ; Cornejo, V. ¹ ; Gines, L. ¹ ; Rodríguez Gutiérrez, G. ³ ; Monetta, P. ¹	200
Cinética del proceso de secado de semillas de zapallo y melón de descarte para obtener snacks	
Román, M.C. ^{1, 3} ; Riveros, M.A. ¹ ; Fabani, M.P. ^{2,3} ; Rodríguez, R. ¹	205
Valorización de la corteza de zapallo y sandía de descarte: obtención de harinas no tradicionales	
Román, M.C. ^{1,3} ; Riveros, M. ¹ ; López, S. ² ; Feresin, G. ^{2,3} ; Rodríguez, R. ¹ ; Fabani, M. ^{2,3}	210
Calidad de burlanda húmeda de maíz para su utilización en alimentación animal	
Rosso, M.C; Pérez, M.A.	215
Producción de energía a partir de aserrín en lechos fluidizados: modelado de la velocidad mínima	
Saffe, A. ¹ ; Rodríguez, R. ² ; Mazza, G. ³	218
Evaluación de la respuesta del cultivo de maíz a la aplicación de digerido en establecimiento de producción porcina	
Sosa, N.; Mathier, D.F.; Bragachini, M.A.	223
Efecto de la aplicación de guano y distintos tipos de compost sobre parámetros de suelo, variables de crecimiento y calidad comercial de un cultivar de lechuga	
Soto Miranda, D. ¹ ; Chumbita, N. ¹ ; Reta, M. ¹ ; Cuesta, G. ^{1,2} ; Monetta, P. ²	228

Perfil metabólico en conejos alimentados con orujo de uva usado en la producción de hongos comestibles Varas, M.M. ^{1*} ; Müller, N. ² ; Martínez, P. ¹ ; Valdez, K.L. ¹ ; Delgado, N. ³ ; Fracchia, S. ³	233
Caracterización de la fruta de kiwi de descarte como biorecurso para la obtención de productos de mayor valor agregado Velarde, A.J.; Quillehauquy, V.; Dal Lago, C.; Paz, C.D.....	237
Bioensayo de germinación para la evaluación de compost y lombricompost de producción local Vittar, L.; Fuentes, F.; Gonzales, C.C.....	242
Aplicación de índices de intensidad de uso para el análisis de la producción más limpia en efluentes de bodega: un estudio de caso Vuksinic, E. ¹ ; Miguel, R.E. ¹ ; Crespo, D.E. ²	246
Modelo de pirólisis de una partícula de residuos de pistacia vera Zalazar García, D. ¹ , Rodriguez Ortiz, L.A. ² , Rodriguez, R. ³ , Mazza, G. ⁴	250
Modelado termodinámico del proceso de extracción supercrítica de polifenoles a partir de los residuos derivados del procesado de <i>Pistacia vera</i> : evaluación exergética de los parámetros de operación y su performance Zalazar García, D. ¹ , Rodriguez Ortiz, L.A. ² , Rodriguez, R. ³ , Mazza, G. ⁴	254
COMUNICACIONES	259
Efluente de la industria láctea. Caracterización físico-química Argañaraz, M.; Peinetti, T.; Torales, C.; Serrano, G; Frau, F.; Pece, N.....	260
Determinación de la producción de extrapolisacárido en bacterias provenientes de residuos olivícolas Assad, F. ^{1a*} ; Soloaga, M.A. ^{1b} ; Córdoba, P.A. ^{1c} ; Rojas, N.L. ^{2a} ; Ghiringhelli, P.D. ^{2b}	262
Carbones activados obtenidos a partir de hueso de aceituna caracterizados por el tamaño del poro Barrionuevo Cabur, L.L.; Luna, N.S.; Filippin, A.J.	264
Evaluación preliminar del compostaje de cama profunda porcina Bonel, B. ¹ ; Santinelli, M. ² ; Guarnieri, G. ³ ; Juncos, H. ³ ; Kratochvil, F. ³ ; Mainini, C. ³ ; Varela, F. ³ ; Montico, S. ¹	265
Tratamiento de efluentes y residuos sólidos agroindustriales y agropecuarios con producción de biogás Borzacconi Vidal, L.V.....	267
Análisis de los productos digeridos provenientes de plantas de digestión anaeróbica de diferentes materias primas Bres, P. ¹ ; Prieto, M. ¹ ; Young, B.J. ¹ , Rizzo, P.F. ¹ , Karlanian, M. ² y Crespo, D. ¹	268
Alternativas para el aprovechamiento integral del alperujo Borroni, V. ¹ , Monetta, P. ² , Rodriguez-Gutierrez, G. ³	270
Análisis de los desperdicios vegetales del mercado concentrador Norchichas de Moreno, Buenos Aires Bruno, M. ¹ ; Grenoville, S. ²	272
Cuantificación del descarte y de la segunda calidad de la producción de kiwi del sudeste bonaerense David, M.Á. ¹ ; Yommi, A. ¹ ; Quillehauquy, V. ¹ ; Paz, C. ² ; Sánchez, E. ¹	274
Cooperación internacional para el agregado de valor del residuo olivícola Fabro, M.A.; Ocampo; E.Y.....	276
Desarrollo de un prototipo para deshidratación mecánica de alperujo	

Fabro, M.A.; Ocampo; E. Y.....	278
Producción de alimento para aves de corral a partir de algarroba, alfalfa y alperujo	
Fabro, M.A.; Ocampo; E.Y.....	279
Compostaje: una alternativa sustentable para el sector hortícola en Salta	
Fernández, I.D.; Zelarayan, A.....	281
Biomateriales fúngicos formulados con biomasa residual de cultivos del NOA	
Fracchia, S.; Barros, J.....	283
Biomasa residual lignocelulósica producida en la provincia de La Rioja	
Fracchia, S; Barros, J.; Miranda, V.; Rothen, C.	285
Compostaje de orujo de uva y guano caprino para la producción de plantines de lechuga	
Funes Pinter M.I. ^{1,2} ; Fernandez, A.S. ² , Martínez, L.E. ¹ , Aguado, G. ¹ , Uliarte, E.M. ¹	287
Composición físico-química de los residuos sólidos orgánicos recuperados de efluentes líquidos de tambo	
García, K. ¹ ; Martino, J. ² ; Picco, J. ¹ ; Gaggiotti, M. ¹ y Taverna, M. ¹	289
Densificado de residuos forestoindustriales de Caimancito, provincia de Jujuy	
Guari, S.R.; Tarifa, M.S., Sánchez, D.C.	291
Biogas hecho correctamente valorando residuos	
Hilbert, J.A.	293
Germinación y emergencia de plántula de rabanito tratadas con soluciones de detergente biodegradable	
Killian, S.; Paz, I; Morales, N.....	295
Efecto de sustancias de limpieza de uso cotidiano sobre la germinación y crecimiento de tomate	
Killian, S.; Morales, N.; Cancino, C.	297
Descomposición térmica del alperujo de aceite de oliva	
Luna, N.S.; Barrionuevo Cabur, L.L.; Filippin, A.J.	299
Tratamiento biológico en efluentes de aguas de maquinado de aceitunas	
Maldonado, M. ^{1,2,3} ; Affranchino, G. ¹ ; Legrottaglie, A. ¹ ; Lugones, F. ³ ; Ortega, V. ¹ ; Fernandez, I. ¹ ; Buzzacchi, F. ¹ ; de Castro, I. ¹ ; Taret, G. ¹	300
Tratamiento del alperujo en la escuela rural	
Martínez, M.L.; Heredia, M.....	302
Caracterización de residuos sólidos orgánicos de un tambo con sistema de ordeño voluntario (VMS)	
Martino; J. P. ¹ ; García, K. ² ; Cuatrín, A. ² ; Gaggiotti, M. ² y Taverna, M. ²	304
Salinización de pozos en el Valle Central Antinaco–Los Colorados (La Rioja). Aportes para su comprensión	
Miguel, R.E.1; Tálamo, E. 2; González, J.V.1; Vuksinic, E.1.....	306
Efecto de sustancias eventualmente tóxicas sobre la germinación y crecimiento de plantas de pimiento	
Morales, N.; Killian, S.; Vries, J.....	308
Evaluación del compostaje de un barro de la industria cervecera mediante pilas con remoción mecanizada	
Orden, L. ¹ y Ahualli, P. ²	310
Uso de compost de cama porcina en sistemas hortícolas	
Ortiz Mackinson, M. ¹ ; Borsini, G. ² ; Carignano, A. ² ; Grasso, R. ¹ ; Valenzuela, O. ³ ; Bonel, B. ⁴	312

Variación de las comunidades microbianas en función de las diferentes fases térmicas en el proceso de compostaje del alperujo Paroldi, H.E.1, Medina, E.M.1, Rodríguez, L.A.1; Monetta, P.2	314
Cadena de valor del alperujo, una oportunidad de innovación: obtención de biofenoles y su aplicación en alimentos balanceados Renzi, L. ¹ ; Monetta, P. ² ; Rodríguez-Gutiérrez, G. ³	315
Evaluación de compost de residuos porcinos como enmienda, para producción de flores de corte (<i>Helianthus annuus</i>) Riera, N. ¹ ; Barbaro, L. ² ; Karlanian, M. ² ; Cazorla, C. ³ ; Beily, M. ¹ ; Rizzo, P. ¹ ; Crespo D. E. ¹ ; Giuffré, L. ⁴	317
Efecto del té de compost sobre la germinación de semillas de alfalfa Rizo, M.; Espeche, E.; Manenti, L.; Sasovsky, R.; Alurralde, A.L.*; Di Barbaro, G	319
Factibilidad de uso de residuos sólidos tratados mediante el análisis integral de parámetros de calidad Rizzo, P.F. ¹ ; Prieto, M.F. ¹ ; Young, B.J. ¹ ; Bres, P.A. ¹ , Barbaro, L. ² y Crespo, D.E. ¹	321
Compostaje de estiércol en feed lot vacuno y costos relacionados Rodriguez, G.V. ¹ ; Sarmiento, M.A. ² ; Sánchez de Pinto, M.I. ¹ ; Paz Martin, D. ³	323
Evaluación de residuos industriales como potencial sustrato de biodigestión anaeróbica Rodriguez, R.; Bailat, F.; Farias, C.; Miño, A.	325
Remoción de compuestos fenólicos de la fracción líquida del alperujo Rodríguez, L.A.1; Gil, R.M.1,2, Vallejo, M.D1	327
Suero láctico caprino. Transformación de efluente en bebida láctea fermentada Serrano, G.; Argañaraz, M.; Torales, C.; Frau, F.; Pece, N.	329
Polifenoles antioxidantes de desechos de papa industrial: caracterización química y actividad biológica Silveyra, M.X.; Lobato, M.C.; Radicioni M.B.; Valiñas, M.A.; Lanteri, M.L.; Andreu, A.	331
Identificación molecular de bacterias nativas productoras de polihidroxialcanoatos en residuos olivícolas Soloaga, M.A. ¹ ; Rosso, M.C. ¹ ; Spano Cruz, M.A. ¹ ; Córdoba P. ¹ ; Rojas, N.L. ² ; Ghiringhelli, P.D. ²	333
Análisis exploratorio de la generación de residuos en un mercado concentrador de frutas y verduras Tarifa, M.S.; Guari S.R.; Sánchez, D.C.	335
Una experiencia de gestión colectiva para el tratamiento de los efluentes en la industria de vino Tornello, S.	337
Compostaje de la facultad de agronomía de la UNSE. Experiencia de producción, calidad y usos Torres, V.S.; Ybalo, B.; Ruiz, M.; Cabezas, A.; Cáceres, H.; Sánchez, M.C.; González, C.	339
Diversificación de la producción de alimentos: cultivo de hongos comestibles utilizando residuos locales (Valle Fértil, San Juan) Vitale Guardia, P.A. ¹ ; Fracchia, S. ² ; Rothen, C. ²	341

Bioetanol a partir de residuos de la actividad olivícola

Herrero, L.; Mamaní, A.; Montoro, L.; Giménez, M.; Heredia, I.; Deiana, C.

Instituto de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan
Av. Libertador 1109 (O)- San Juan
mlherrero@unsj.edu.ar

Introducción

En las últimas décadas razones ambientales, tales como la generación de grandes cantidades de residuos y el incremento de la demanda de combustibles fósiles, con el problema de contaminación que esto conlleva, han conducido a incentivar las investigaciones sobre la gestión de residuos y uso de fuentes renovables para producir combustibles líquidos a fin de reemplazar a los fósiles, causantes principales del calentamiento global. La obtención de energía a partir de biomasa proporciona una solución positiva para ambos problemas. Dicha biomasa puede ser convertida biológicamente en combustibles líquidos o gaseosos.

El bioetanol ha atraído el interés como combustible líquido, especialmente para el transporte, porque es fácilmente aplicable a los vehículos de combustión interna, incluso mezclado con naftas. Además, presenta varias ventajas sobre los combustibles fósiles convencionales, que incluyen su naturaleza renovable y sostenible y su facilidad de almacenamiento [1]

Los biocombustibles de segunda generación, como el bioetanol lignocelulósico, han cobrado gran interés como posible sustituto de las fuentes derivadas de combustibles fósiles. Su materia prima, los residuos lignocelulósicos de procesos agrícolas, forestales o industriales, tienen muy bajo costo y su utilización no conduce a la competencia por las fuentes de alimentos.

La biomasa lignocelulósica está compuesta principalmente de polisacáridos (celulosa, hemicelulosa) y lignina. La celulosa y hemicelulosa son polímeros de azúcares y, por lo tanto, una fuente potencial de azúcares fermentables [2]. La proporción de estos componentes varía de una especie vegetal a otra y también con la edad, etapa de crecimiento y otras condiciones de la planta [3].

El proceso de conversión de biomasa a bioetanol comprende las etapas básicas de hidrólisis de la celulosa para su transformación en azúcares y la posterior fermentación de estos compuestos para la producción de etanol. Los tratamientos para producir esta transformación son la hidrólisis ácida y la hidrólisis enzimática [4]. La presencia

de lignina dificulta la hidrólisis de la celulosa, por ello, es necesario aplicar a estos materiales pretratamientos adecuados que faciliten la accesibilidad de enzimas o reactivos químicos a la celulosa para su hidrólisis y posterior fermentación, esto es aumentar su biodigestibilidad. La etapa de preprocesamiento es crucial para lograr eficacia en la producción de bioetanol [5]. Por ello, son innovadores los estudios tendientes a aportar tecnologías para la producción de bioetanol de segunda generación. El objetivo de este trabajo fue aumentar la biodigestibilidad de residuos generados en grandes cantidades en la provincia de San Juan por la actividad olivícola, alperujo y restos de poda de olivo, para la producción de bioetanol, aplicando pretratamiento con hidróxido de calcio. Este agente químico fue elegido por su fácil disponibilidad en la provincia y debido que se ha demostrado su eficacia para el pretratamiento de materiales lignocelulósicos, siendo de bajo costo, de manejo seguro [6] y porque es posible recuperar el calcio del sistema de reacción como carbonato insoluble [7]. Además, el pretratamiento con hidróxido de calcio puede evitar una pérdida significativa de carbohidratos en comparación con un pretratamiento alcalino más severo [8].

Materiales y Métodos

En primer lugar, se llevó a cabo la recolección de los residuos utilizados en este estudio. El alperujo es un residuo de la fabricación de aceite de oliva por el sistema de extracción de dos fases. Debido a que este material es un residuo generado por un proceso industrial de carácter estacional, debió ser fraccionado y conservado a temperaturas de -15°C , con la finalidad de preservar sus propiedades para los ensayos a realizar durante el año. Con respecto a los restos de poda de olivo se recogieron ramas y hojas de la poda del olivo (*Olea europea* L.) variedad Manzanilla. El material fue conservado a temperatura ambiente, posteriormente molido y tamizado hasta alcanzar la granulometría deseada en una proporción 60% de ramas y 40% de hojas. La Figura 1 presenta imágenes de los materiales antes de su procesamiento.

Estos residuos fueron caracterizados sometiéndolos a un conjunto de determinaciones de interés para este estudio.



Figura 1. Alperujo y restos de poda antes del pretratamiento.

La humedad fue determinada siguiendo la norma AOAC 930.15. Los contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina se obtuvieron analizando el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) por medio de un analizador de fibra ANKOM 200; y lignina insoluble en ácido (LIA) siguiendo el método ASTM 1106–96. Las concentraciones de hemicelulosa y celulosa fueron estimadas por las diferencias entre FDN-FDA y FDA-LIA, respectivamente. Los azúcares totales fueron determinados por el método de Dubois o método de fenol-sulfúrico [9]. Los azúcares reductores por la técnica de Miller [10].

Es difícil establecer un proceso de pretratamiento universal debido a la naturaleza diversa de la biomasa, por tal motivo el programa experimental involucrado en este trabajo fue establecido luego del estudio bibliográfico y de ensayos preliminares que permitieron obtener los rangos de trabajo, dentro de los cuales era factible incrementar la biodigestibilidad de los residuos. Se evaluaron las variables relevantes del pretratamiento para cada material. En este caso se estudió la influencia de la carga de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ por gramo seco de residuo, temperatura y tiempo. Dichas variables fueron optimizadas recurriendo a diseños experimentales usando herramientas estadísticas.

Para encontrar las condiciones óptimas de pretratamiento se aplicó un diseño experimental de Box-Behnken para alperujo. Las variables optimizadas fueron carga de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, temperatura y tiempo. En el caso de los restos de poda de olivo las variables relevantes resultaron ser la temperatura y la carga de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, las mismas fueron optimizadas por medio de un diseño central compuesto.

El software Statistica™ versión 10 fue usado para el diseño experimental y análisis de datos en la optimización de las variables.

La metodología consistió en tratar los residuos

con hidróxido de calcio en condiciones de operación fijadas por el diseño experimental. Los ensayos se llevaron a cabo en un reactor Parr de acero inoxidable de 1 litro de capacidad con agitación y control automático de temperatura (Figura 2). Posteriormente se efectuó una etapa de hidrólisis enzimática en un agitador orbital termostatzado Lab. Companion SI-600 con control automático de temperatura (ver Figura 3), usando celulasa de *Trichoderma reesei* ATCC 26921 y hemicelulasa de *Aspergillus niger* comercial, marca Sigma Aldrich.

Los ensayos se llevaron a cabo por triplicado en frascos erlenmeyers de 250 ml, a 45°C, pH 4,9, relación sólido:líquido de 100 g/l y carga de enzimas de 20 unidades por g de sustrato. Las muestras fueron agitadas a 150 rpm. Estas variables fueron seleccionadas teniendo en cuenta trabajos expuestos en la bibliografía [11, 12].

La variable respuesta utilizada para evaluar el efecto de las variables de operación fue el contenido de azúcares reductores, determinado en el extracto acuoso. En todos los casos ésta determinación se llevó a cabo por triplicado por el método de Miller.



Figura 2. Reactor Parr.

Hasta el momento se han hecho estudios preliminares de la etapa de fermentación. Luego de pretratar los residuos en las condiciones óptimas e hidrolizarlos enzimáticamente, el líquido fue separado del sólido para ser fermentado utilizando levadura *Saccharomyces cerevisiae*.



Figura 3. Agitador orbital termostatzado.

Resultados y Discusión

El alperujo constituye una muestra heterogénea. Es una la mezcla de aguas de vegetación o alpechines, orujo (que corresponde a la parte sólida de las aceitunas, es decir, una mezcla de huesos, pieles y pulpas) y también restos grasos. Tiene consistencia de lodo, lo que justifica su elevado contenido de humedad, caso contrario a lo que ocurre con los restos de poda. Estos y otros resultados de la caracterización de los residuos son presentados en la Tabla 1.

Tabla 1. Caracterización de los residuos.

	Alperujo	Poda
Humedad (%)	68,0	7,6
Celulosa (%p/p)	17,7	31,9
Hemicel. (%p/p)	11,6	17,3
Lignina (%p/p)	10,2	9,26
Az. Tot. (mg/g seco)	25,8	66,0
Az. Red. (mg/g seco)	14,3	18,9

Los restos de poda de olivo tienen una gran concentración de celulosa y hemicelulosa frente al alperujo. El alto contenido de carbohidratos y baja concentración de lignina, en relación a los polímeros azucarados, lo convierte en un material con un gran potencial para ser usado en la producción de bioetanol.

En la optimización de la etapa de pretratamiento se obtuvo, para cada uno de los materiales, un punto óptimo en la región experimental bajo estudio que maximiza el contenido de azúcares reductores y un modelo polinómico a partir del cual se obtuvieron gráficas de superficie de respuesta (ver Figuras 4 y 5).

Para el alperujo las condiciones óptimas que maximizan la respuesta determinada por el software fueron: carga de Ca(OH)_2 : 0,27 g/g seco, temperatura: 56°C y tiempo: 74 min. El contenido de azúcares reductores predicho por el modelo

fue de 25 mg/g seco de alperujo. Trabajando en estas condiciones el incremento de azúcares reductores fue de 75%.

Las condiciones que maximizaron el contenido de azúcares en los restos de poda de olivo fueron: carga de Ca(OH)_2 : 0,002 g/g seco y temperatura: 160°C. El tiempo no resulto ser una variable relevante en este material y fue fijado en 120 minutos. El incremento de azúcares en los restos de poda de olivo fue de 1.064%, alcanzando una concentración de 220 mg/g seco de residuo.

El requerimiento de temperatura más elevada en los restos de poda de olivo podría estar relacionado a que este residuo tiene una gran concentración de carbohidratos superiores, especialmente celulosa, un polímero que presenta zonas con estructura cristalina que le confieren gran resistencia, haciendo difícil su hidrólisis.

El alperujo requirió temperatura más baja pero mayor carga de hidróxido de calcio.

Luego de aplicar el pretratamiento en las condiciones óptimas a los dos residuos se determinaron los contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina en los mismos. Estos resultados son mostrados en la Tabla 2.

A diferencia de la celulosa, los polímeros presentes en las hemicelulosas son fácilmente hidrolizables [13]. Esto se vio reflejado en el pretratamiento de los dos residuos, donde la hemicelulosa fue reducida en mayor medida que la celulosa.

Con la finalidad de evaluar el comportamiento de ambos residuos para producir etanol. Se realizaron algunos ensayos de fermentación en condiciones consideradas normales para este proceso.

Como era de esperar se obtuvo una importante cantidad de etanol a partir de los restos de poda, alcanzando 277,6 ml/kg de residuo, mientras que a partir de alperujo sólo se consiguió 6,4 ml por kg material.

Hasta el momento los trabajos realizados estuvieron orientados principalmente al pretratamiento de los residuos. Actualmente se trabaja en la profundización de los estudios de la etapa de fermentación.

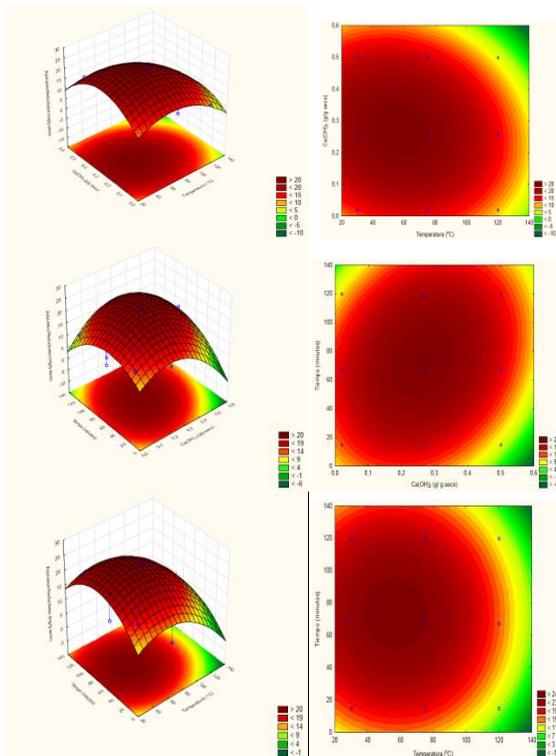


Figura 4. Superficies de respuesta y sus gráficas de contorno, para cada par de variables, que presentan los efectos de las variables significativas en la región experimental bajo estudio del pretratamiento básico de alperujo.

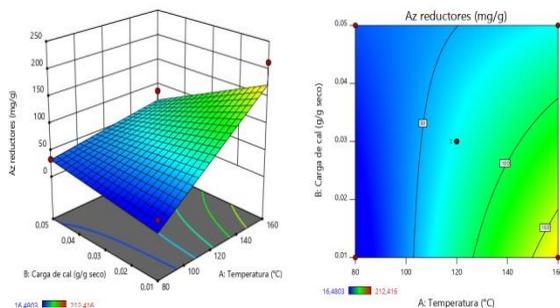


Figura 5. Superficie de respuesta y gráfica de contorno para el par de variables relevantes del pretratamiento de restos de poda de olivo.

Tabla 2. Contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina de los materiales pretratados.

	Alperujo	Poda
Celulosa (%p/p)	9,1	27,0
Hemicelulosa (%p/p)	3,8	3,4
Lignina (%p/p)	6,7	9,0

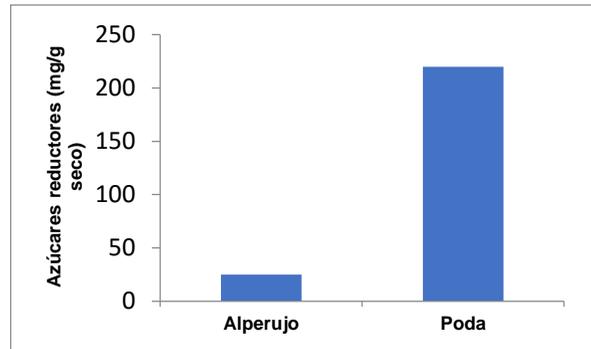


Figura 6. Azúcares reductores en los residuos luego de ser pretratados.

Conclusiones

Este trabajo ha permitido estudiar la influencia del método de pretratamiento alcalino de dos residuos abundantes de la actividad olivícola, alperujo y restos de poda, de la provincia de San Juan para su uso en la producción de bioetanol de segunda generación. Para ello, fue empleado un reactivo muy abundante en la provincia, hidróxido de calcio.

La combinación de pretratamiento alcalino e hidrólisis enzimática incrementó el contenido de azúcares reductores en ambos residuos, siendo este aumento muy superior en los restos de poda, hecho justificable en la mayor cantidad de polisacáridos en este residuo. Esto se vio reflejado en una gran producción de etanol a partir de este residuo.

Este estudio aporta alternativas que permiten incrementar la potencialidad de dos residuos generados por la actividad olivícola de la región, por medio de la aplicación de pretratamiento alcalino, método que requiere bajo costo energético frente a otros procesos. Estos estudios tienen a aportar al sector productivo alternativas de aprovechamiento y valorización de residuos de la región, en este caso, para la producción de etanol de segunda generación, lo que aporta beneficios ambientales y económicos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de San Juan, por la infraestructura puesta a disposición para la realización de este trabajo, y a CONICET, por las becas de María Laura Herrero y Arminda Mamaní.

Referencias

- [1] Sewsynker-Sukai Y.; Gueguim Kana E. B. (2018). Simultaneous saccharification and bioethanol production from corn cobs: Process optimization and kinetic studies. *Bioresource Technology*, Volume 262, 32-41.
- [2] Hassan S.S.; Williams G. A.; Jaiswal A. K. (2018). Emerging technologies for the pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*. In press.
- [3] Jorgensen H.; Kristensen J.B.; Claus F. (2007). Enzymatic conversion of lignocellulose into fermentable sugars: challenges and oportunities. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, Volume 1(2), 119-134.
- [4] Ishizawa C. I.; Davis M. F.; Schell D. F.; Johnson D. K. (2007). Porosity and Its Effect on the Digestibility of Dilute Sulfuric Acid Pretreated Corn Stover. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Volume 55, 2575–2581.
- [5] Galbe M.; Zacchi G. (2012). Pretreatment: the key to efficient utilization of lignocellulosic materials *Biomass and Bioenergy*, Volume 46 (70), 78-2012.
- [6] Sierra R.; Granda C.; Holtzapple M.T. (2009). Short-term lime pretreatment of poplar wood. *Biotechnology Progress*, Volume 25 (2), 323-332.
- [7] Kaar W. E.; Holtzapple T. (2000) Using lime pretreatment to facilitate the enzymic hydrolysis of corn stover. *Biomass and Bioenergy*, Volume 18(3), 189-199.
- [8] Danping J. ; Xumeng G.; Quanguo Z.; Xuehua Z.; Zhou C.; Harold Keener Y. (2017). Comparison of sodium hydroxide and calcium hydroxide pretreatments of giant reed for enhanced enzymatic digestibility and methane production. *Bioresource Technology*, Volume 244 (1) 1150-1157.
- [9] Dubois M.; Gilles K.; Hamilton J.; Rebers P.; Smith F. (1951). A colorimetric method for the determination of sugars. Division of Biochemistry University of Minnesota, St. Paul, Minn.
- [10] Miller G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical chemistry*, Volume 31 (3), 426-428.
- [11] Xing Y.; Bu L.; Sun D.; Liu Z.; Liu S.; Jiang J. (2015). High glucose recovery from direct enzymatic hydrolysis of bisulfate-pretreatment on non-detoxified furfural residues. *Bioresource technology*, Volume 193, 401-407.
- [12] Haagensen F.; Skiadas I.V.; Gavala H.N.; Ahring B.K. (2009). Pretreatment and ethanol fermentation potential of olive pulp at diferent dry matter concentrations. *Biomass and bioenergy*, Volume 33 (11), 1643-1651.
- [13] Kumar P.; Barrett V.M.; Delwiche J.; Stroeve P. (2009). Methods for pretreatment of lignocellulosic biomass for efficient hydrolysis and biofuel production. *Industrial and engineering chemistry research*, Volume 48 (8), 3713-3729.