

TRANSFORMACIÓN DE ASERRÍN DE *Pinus elliottii* (Engelm) PARA SU POTENCIAL UTILIZACIÓN FORRAJERA

TRANSFORMATION OF SAWDUST OF *Pinus elliottii* (Engelm) FOR USING AS FORAGE

Celso Camusso ¹
Mónica Dorado ²
María Elena Rustán ³
Patricio Bustos Zuñiga ⁴

1. Dr. en Bioquímica. Química Orgánica. Fac. Cs. Agropecuarias y FCEFyN. Univ. Nac. de Córdoba. email: camusso@agro.uncor.edu
2. M. Sc. Silvicultura. Fac. Cs. Agrop. Univ. Nac. Córdoba. Email: mdorado@agro.uncor.edu
3. Lic. Bioq. Micología. Fac. Cs. Químicas. Univ. Católica de Córdoba email: rustanfungus@sinectis.com.ar
4. Ing Civil Mención Agroalimentos Pasante Univ. Adventista de Chile. email: patenri@hotmail.com

SUMMARY

The problem of the forest-industrial residuals has high social, economic and environmental impact. In Córdoba exist more than fifty sawmills that generate residuals of the order from the 40 to 50% of the sawed wooden volume, being the sawdust one of the most important. This study evaluated the degradation of ligninocelulosic material (sawdust) into sugar reducers. Chemical methods were used: acid and alkaline hidrolisis. In a second experimental phase, we will study of the sawdust biotransformation using both ligninolytic fungi and enzymes. In a complementary way, we were carried out a screening of ligninolytic fungi in the pinegroves of Calamuchita - main forest area of the state - which were cultivated in different conditions. Experimental results gave 40 to 50% -yield in soluble substances. This suggests that pine sawdust saccharification process is worthwhile to study in detail; for the volumes of residuals that the timber industry generates and for the great value to incorporate transforming it in forage.

Key words: sawdust, animal feed, forest industry, ligninolytic fungi, lignin degradation

RESUMEN

La problemática de los residuos foresto-industriales tiene alto impacto socio económico-y ambiental. En Córdoba existen más de cincuenta aserraderos que generan residuos del orden del 40 al 50% del volumen de madera aserrada, siendo el aserrín uno de los más importantes. Este estudio evaluó la degradación de materiales lignocelulósicos (aserrín) en azúcares reductores. Se emplearon métodos químicos: hidrólisis ácida y alcalina. En una segunda fase experimental, se prevé valorar la biotransformación del aserrín usando hongos y enzimas ligninolíticas. De forma complementaria, se realizó un screening de hongos ligninolíticos habituales en los pinares de Calamuchita- principal área forestal de la provincia -, los que se cultivaron bajo distintas condiciones. Los resultados experimentales producen un rendimiento del 40 al 50% en sustancias solubles. Esto sugiere que la sacarificación del aserrín de pino es un proceso que vale la pena estudiar en detalle; por los volúmenes de residuos que genera la industria maderera y por el valor agregado a incorporar transformándolo en forraje.

Palabras clave: aserrín, alimentación animal, foresto-industria, hongos ligninolíticos, degradación de lignina

INTRODUCCIÓN

Mucho se habla de sustentabilidad de los sistemas productivos. En este marco, sostener y sustentar los bosques, conlleva la idea de un uso racional de sus múltiples recursos, ya sean maderas (PM) o productos no madereros (PFNM). Se sabe que éstos últimos, son valiosos "per se", no obstante un mejor destino tendrían, si se conociera en profundidad su naturaleza como materia prima. El aprovechamiento correcto, el procesamiento, su conservación y uso, como así también aquellos procesos involucrados en darle un mayor valor agregado, contribuyen a una completa sustentabilidad y racionalidad de los sistemas involucrados.

Las etno-culturas locales han hecho un uso tradicional de los productos del bosque, tales como los frutos -para alimento-, y de su follaje, esencialmente como forraje para animales, y para realizar infusiones y/o generar diversos extractos vegetales. Por su parte, la foresto-industria no ha explotado esta potencial fuente de ingresos. En efecto, el follaje de los árboles talados representa una importante fuente de biomasa aprovechable para la obtención de aceites esenciales, ceras, extractos vegetales (derivados de clorofilas y concentrados alimenticios) y forrajes. (Díaz, 1998, Vidal 1995). Se ha registrado en coníferas una producción entre 2 a 4 toneladas de follaje por hectárea y que luego de la tala suele quedar como residuos entre el 35 al 45% de dicho follaje. Si bien éste, aporta ciertos beneficios como reciclaje de nutrientes y protección del suelo contra la erosión, su acumulación excesiva en los bosques puede generar problemas como un mayor riesgo de enfermedades e incendios forestales.

Extraer este remanente y transformarlo en subproductos se vincula con la idea de uso múltiple del bosque y se cimenta en principios silvícolas de racionalidad. Esta idea se desarrolla actualmente bajo el marco del proyecto de investigación avalado por la Universidad Nacional de Córdoba, denominado: "Aprovechamiento de subproductos de la foresto-industria de la provincia de Córdoba".

Se sabe que los preparados realizados a partir del follaje de especies forestales contienen altos niveles de clorofilas y carotenoides, por lo que poseen una amplia gama de aplicación en diferentes campos como la farmacéutica, la cosmética y la medicina veterinaria.

Entre las especies con potencial para este tipo de extracción citaremos a los pinos. Estudios realizados sobre *Pinus caribaea* dieron rendimientos relativamente altos de distintos subproductos del follaje (Díaz, 1998) por lo que esta metodología podría aplicarse a los pinos resiníferos implantados comercialmente en Córdoba, la que posee aproximadamente 40 mil hectáreas implantadas con *P.elliottii*, *P.taeda*, *P.radiata* y *P.patula*, siendo las dos primeras el 83% del total. (Dorado, 1997).

El incremento en las áreas forestadas y la evolución de la cosecha de madera de bosques cultivados ha permitido el crecimiento de la industria de transformación de la madera. De hecho, en Córdoba existen más de cincuenta aserraderos que generan entre un 50-70% de residuos madereros en relación al total de madera que procesan. Algunos de ellos desperdician hasta 15 Tn/día y simplemente lo queman (Dorado, 2001). La generación media de residuos en la elaboración de madera aserrada, para el procesamiento de coníferas, es de alrededor del 30% de la biomasa del tronco utilizado, lo que incluye aserrín (5 al 8%) y corteza (10 al 14%). Por ello, el reciclaje de los mismos y su transformación en subproductos aprovechables mejoraría la sustentabilidad de dichos sistemas. (Alvarez Godoy, 2001)

La foresto-industria local ha sido tradicionalmente una empresa de baja rentabilidad en comparación con la rentabilidad potencial de este tipo de actividad en la mayoría de las áreas forestales del país.

Córdoba y su foresto-industria están llamadas a crecer, a desarrollarse aún más, pues poseen un serie de ventajas competitivas que aún no han sido explotadas, tales como, la disponibilidad de masa critica generadora del Know How para optimizar procesos- como en este caso al de aserrío.

Los residuos de la madera se han definido según sus usos como: “Madera en rollo que queda después del procesamiento en la industria de elaboración forestal y que no ha sido reducida a astillas y partículas . Se incluyen los desechos de aserradero, tapas, despuntes, recortes, duramen de trozas para chapas, desechos de chapa, aserrín, corteza, residuos de carpintería y de ebanistería, etc . ” (FAO, 2000)

Existen usos adicionales para los residuos forestales: ellos pueden resumirse en combustible,(Bintley y Gowen, 1994), elemento de aseo para pisos industriales, en granjas avícolas como cama para aves y otros animales de cria (Oconnell y Meaney, 1997) y para diferentes productos artesanales o industriales (Arends y Donkersloot, 1985). Principalmente utilizan residuos madereros la industria químico-forestal y la de tableros. La primera utiliza como materia prima astillas y aserrín para producir alcohol, levadura forrajera, furfural y mas recientemente suplementos alimenticios carbohidratados, minerales y/o proteicos para animales. En la industria de tableros,se utilizan los residuos para hacer tableros de partículas, enlistonados y de fibra de densidad media, por citar algunos ejemplos.

Aspectos no menores tienen que ver con la diversificación de usos de subproductos foresto-industriales (aserrín y PFNM), actividad que permitirá agregar valor , bajar costos, ensayar insumos alternativos a los convencionales, dándole a cada elemento su verdadero valor.

En esta última línea se enmarca un nuevo concepto de nutrición animal que consiste en alimentar al ganado con raciones ricas en grano incorporando la posibilidad de utilizar residuos de madera, tales como aserrín y virutas. (Sundstol, 1988; Walker, 1984; Zadrazil, 1984) Se prevé revalorizar el aserrín empleándolo como suplemento dietario para ganado. Existen diversas posibilidades: desde aquellas que utilizan aserrín sin tratar a los que realizan una hidrólisis y/o fermentación de la lignina con diversos métodos (por el uso de hongos y bacterias o por métodos químicos de los más variados.)(Ward, 1989 , Weyman, 1990)

En Chile se estudiaron 60 cepas de hongos para degradar la lignina y generar así suplementos forrajeros. La digestibilidad del aserrín se incremento de 0,8 a 14% y el contenido de proteínas paso del 2 al 30%. (Donoso, 1990) . Estudios similares, se desarrollaron en Cuba, donde se seleccionaron cepas de hongos de pudrición blanca que aumentan el nivel proteico y la digestibilidad de masas sacarificada de aserrín de pino. (Alvarez Godoy, 2001)

Saparrat et al. (2002a) estudiaron la producción de diferentes enzimas ligninolíticas extracelulares en cepas fúngicas autóctonas de Argentina aisladas a partir de materia orgánica de sitios contaminados con hidrocarburos y basidiocarpos desarrollados sobre restos leñosos de bosques .

Bacterias, levaduras y hongos pueden crecer sobre sustratos sólidos y encuentran aplicación en procesos de fermentación en fase sólida. Los hongos filamentosos son los que mejor se adaptan y dominan en trabajos de investigación. El crecimiento de las hifas y su buena tolerancia a baja actividad de agua y alta presión osmótica hace a ellos eficientes y competitivos en la microflora natural para la bioconversión de sustratos sólidos. La forma de crecimiento de los hongos filamentosos les da la posibilidad de penetrar en los sustratos sólidos. (Raimbault, 1998; Toumela, et al, 2000).

Existen evidencias, desarrolladas con el género Pinus y Eucalyptus, que una masa sacarificada de aserrín como suplemento para la alimentación animal se produce transformado

por hidrólisis al complejo lignocelulósico. Otras experiencias incorporaron bacterias para fermentar la masa de aserrín (Alvarez Godoy, 2001; Pessoa, et al, 1997)).

Queda en claro la importancia económico social de la revalorización de los residuos foresto industriales tornándolos en subproductos y dotándolos de valor agregado.

MATERIALES Y MÉTODOS

a. Transformaciones químicas: Hidrólisis ácida del material lignocelulósico

Mezcla de reacción: se preparan mezclas utilizando 10 gramos de aserrín de Pino (*Pinus elliottii*), ácido sulfúrico de concentraciones variables con respecto a la masa de sustrato y 30 ml. de agua.

Sistema de reacción # 1: Se utilizan matraces erlenmeyer de 250 ml con la mezcla de reacción que es tratada en autoclave, a 120°C y 2,0 atm. de presión

Sistema de reacción # 2: Se utiliza un reactor tipo batch construido en acero para trabajar en un amplio rango de presiones y a una temperatura máxima de 120 °C.

Sistema de reacción # 3: Es un reactor de hierro que permite colocar en un interior la mezcla de reacción en una ampolla de vidrio y se calienta en estufa a 180 °C.

Procedimiento: la mezcla de reacción es calentada en los distintos sistemas durante 4 horas. Se lleva a volumen total de 180 ml. y se filtra. En el filtrado se analizan azúcares reductores, según el método volumétrico general de Lane-Eynon (Horwitz, 1975)

b. Transformaciones biológicas:

Medios de Cultivo: sólido: Sabouraud, (Laboratorio W.Brizuela) en cajas de Petri; líquido: lixiviado de papa y glucosa (Dhingra y Sinclair, 1985) en erlenmeyers de 250 ml.

Procedimiento: Se realizó un muestreo en pinares representativos del Valle de Calamuchita(Córdoba). Durante el mismo se colectaron ejemplares de *Picnoporis sanguineus*; *Trametes* y otros.

El material se conservó en tres ambientes distintos: a temperatura ambiente, en heladera y en freezer. Otras muestras se localizaron en tortas de madera y en aserrín de *Pinus elliottii*.

Los hongos crecen en forma óptima en el laboratorio a temperaturas entre 20 y 25° C. La mayoría prioriza los medios ácidos para su crecimiento. No es indispensable la presencia de luz .

Para el aislamiento y cultivo de hongos que degradan la lignina se siguió la metodología descripta (Considine,et al. 1989; Griffin, 1994; López, et al.2002 y Wright y Albertó, 2002)

Determinaciones enzimáticas: (en el medio de cultivo líquido)

Manganeso Peroxidasa fue determinada por el método del Rojo de Fenol (Paszczynski et al. 1988); Lignino Peroxidasa por oxidación del alcohol veratrílico(Tien y Kirk, 1988) y Lacasa usando guayacol como sustrato (Saparrat et al. 2002b).

c) Diseño de experimentos y Tratamiento de los resultados:

Se ajustarán modelos matemáticos usando técnicas de regresión no lineal basadas en la estimación iterada por método de Marquat (Velleman, 1980, Perpiñal et al,1993). La

valoración de la bondad de ajuste se efectuará con la suma de cuadrados residuales. Los ajustes de los modelos se realizarán por medio de un estimador robusto M-estimador de la familia de Tukey (Huber, 1981) considerando las variaciones de la varianza en los materiales en estudio (Carroll and Ruppert, 1982). De forma complementaria se utilizará también la metodología de superficie de respuesta cuya aplicación ha sido exitosa recientemente (Haltrich et al, 1994)

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados de las experiencias de transformación química se resumen en la tabla 1. Se obtuvo una recuperación de aserrín entre el 64% (tratamiento 7) y el 72%(tratamiento 6), y un correlativo aumento en la cantidad de azúcares reductores en el líquido de dilución.

Tabla 1: Azúcares reductores obtenidos mediante sacarificación ácida de muestras de aserrín de *Pinus elliottii* en tres sistemas de reacción

Tratamiento	Masa aserrín remanente	Porcentaje ácido sulfúrico	Tiempo	Presión	Temperatura	Sistema de reacción	Azúcares reductores
1	7,1	0,3	1 h	2 atm	120° C	1	1,10 g
2	7,0	0,6	1 h	2 atm	120° C	1	1,06 g
3	6,9	0,9	1h	2 atm	120° C	1	1,25 g
4	8,80	0	1 h	2 atm	120° C	1	0,11 g
5	6,9	0,9	1 h	10 atm	120° C	2	0,80 g
6	7,2	0,9	1 h	20 atm	120° C	2	0,70 g
7	6,4	5	4 h	1 atm	180° C	3	0,92 g

El tratamiento del sustrato sin el agregado de ácido sulfúrico (tratamiento 4) permitió obtener un 88% de recuperación de aserrín. El contenido de azúcares reductores es el más bajo de la serie, 0,11g.

Se ha producido una transformación en azúcares reductores de la masa total del material tratado de alrededor del 10% para todos los tratamientos ensayados. No se han determinado aún cuales son los otros compuestos que justifiquen la pérdida de masa del material de partida.

En todos los casos, el producto resultante es lignocelulosa enriquecida en azucares, mono y oligosacaridos, Es una masa suave de color pardo que conserva el aspecto del material inicial y tiene olor agradable.

Para la selección de hongos que degradan la madera, se cultivaron seis inóculos extraídos de una colonia de hongos ligninolíticos desarrollados sobre madera de *Pinus elliottii*. Los trozos de micelio de superficie circular de 0,20 cm² ,fueron clasificados según su grado de desarrollo, determinado este por morfología externa y color.(tabla 2) Adicionalmente se extrajeron dos fuentes de inóculo de *Picnoporus sanguineus* conservadas en freezer.

Tabla 2: Tipología de incóculo

Tratamiento	Apariencia micelio	Origen micelio
1	Esporulado gris	Madera de pino
2	Esponjoso blanco	Madera de pino
3	Esponjoso verde	Madera de pino
4	Filamentoso blanco	Aserrín de pino
5	Esponjoso verde	Aserrín de pino
6	Rojo	Picnoporus freezer

La siembra se efectuó en medio sólido en cajas de Petri y se mantuvo a temperatura constante.

Se realizaron mediciones de superficie media del micelio para valorar la dinámica de crecimiento poblacional. Durante la primera semana de cultivo se efectuaron observaciones a 2 días; 3 días, 6 días (Tabla 3).

Tabla 3: Crecimiento en superficie de hongos ligninolíticos

Tratamiento	Repetición	2 días	3 días	6 días	9 días	11 días	13 días
1	1	1.875 cm ²	3.75 cm ²	10.5 cm ²			
	2	3.9 cm ²	12.56 cm ²	28.12 cm ²			
2	1	0.071 cm ²	2.84 cm ²	10.17 cm ²			
	2	1.767 cm ²	3.14 cm ²	20.42 cm ²			
3	1	1.13 cm ²	2.54 cm ²	7.065 cm ²			
	2	1.87 cm ²	3.52 cm ²	25.50 cm ²			
4	1	7.06 cm ²	19.63 cm ²	71 cm ²			
	2	7.06 cm ²	38.46 cm ²	71 cm ²			

Los cultivos en medio líquido se desarrollaron a la misma temperatura indicada antes, durante una semana, y luego de separar por filtración la masa fúngica se determinaron enzimas en el filtrado, con resultado positivo.

Si bien los datos obtenidos todavía son escasos para obtener conclusiones relevantes, indican la factibilidad de obtener resultados valederos, los cuales tendrán dimensiones sociales, económicas y ambientales potencialmente importantes, ya que abren nuevas perspectivas para el uso sostenible de los recursos forestales, en diversos sistemas productivos. Al respecto, los sistemas silvopastoriles ocupan una fracción productiva importante en las zonas marginales de Córdoba. Estos se caracterizan por la escasa producción forrajera en invierno y primavera, lo que limita la producción animal debido a que la cantidad anual de forraje disminuye. La suplementación estratégica utilizando alimentos regionales no convencionales se presenta como una herramienta muy importante para mantener y aumentar la productividad y sustentabilidad de los sistemas ganaderos.

Los residuos lignocelulósicos como el aserrín se encuadran dentro de los subproductos de alto contenido en fibra y bajo en nitrógeno: estas características limitan su utilización como alimento, incluso para los rumiantes; sin embargo su producción excedentaria y la tendencia, cada vez mayor, a utilizar alimentos no convencionales, justifican el interés por optimizar su empleo en dietas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte de un proyecto aprobado por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Córdoba.(2003-4)

BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ GODOY, E. 2001. Utilizacion racional de los residuos forestales En:Revista.Unasylya 206 .Vol. 52
- ARENDS, G.J. y Donkersloot, S.S 1985 -An overview of possible uses of sawdust. Amsyterdam. Centre for International Cooperation and Appropriate Technology.
- BINTLEY, W.R. y M.M.Gowen 1994. Forest resources and wood-based biomass energy as rural development assets. Science Publ., Inc. USA
- CAROLL, R. and D.Ruppert. 1982 Robust estimation in heterocedastic linear models. Ann.Stat.,10(2): 439-441.
- CONSIDINE P.J. ; R.J.Buckley, T.O.Griffin, M.G.Tonhy and M.P.Coughilan. 1989. A simple and inexpensive method of solid state cultivation. Biotechnol. Techn. 3 , 85:90.
- DIAZ, S. 1998, Comportamiento del follaje de *Pinus caribaea* var. *caribaea* y *Pinus tropicalis* en el desarrollo de una metodología para la obtencion de cera conifera, pasta clorofila-caroteno y residuo forrajero a escala de banco, Tesis. Universidad de Pinar del Río.-Cuba.
- DHINGRA, D. and J. Sinclair 1985. Culture media and their formulas, in Basic Plant Pathology Methods, CRC Press, USA
- DONOSSO, J. 1990. Transformación del aserrín en forraje .Chilean Forest News Citado en Unasylya - No_ 163 - Los bosques y el medio ambiente - El mundo forestal.htm
- DORADO, M., E.Astini, G.Verzino, J. DiRienzo y E.Perpiñal 1997. Growth curves for *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* and *Pinus radiata* in two areas of the Calamuchita Valley (Cordoba.Argentina) . Forest Ecology Management 95, 173/81.
- DORADO, M. 2001 Comportamiento silvicultural de *Pinus elliottii* (Engelm) en Valle de Calamuchita. TESIS MAESTRIA
- FAO,2000 -Anuario de productos forestales-Roma
- GRIFFIN D.H..1994. Fungal Physiology. Wiley Sciencia Paperback Series. Second Edition
- HALTRICH, D., B.Laussamayer, W.Steiner, B.Nidetzky and K.Kulbe 1994. Cellulolytic and Hemicellulolytic enzymes of *Sclerotium rolfsii*: Optimization of the culture medium and enzymatic hydrolysis of lignocellulosic material. Bioresource Technology 50, 43/50.
- HORWITZ, W. 1975. Official Methods of Analysis of AOAC, 12th Ed.-USA-
- HUBERT, J. 1981. Robust Statistic. John Wiley and Sons.
- LÓPEZ, M; M. Elorrieta, M. Vargas García, F. Suárez-Estrella and J. Moreno. 2002. The effect of aeration on the biotransformation of lignocellulosic wastes by white-rot fungi Bioresource Technology 81, 123-129

- CONNELL, J. y Meaney, W. 1997. Comparison of shredded newspaper and sawdust as bedding for dairy cows: behavioural, clinical and economic parameters. *Irish Veterinary Journal*, 50(3) p.167/70
- PASZCZYNSKI, A., R.L.Crawford and V.N.Huynh, 1988. Manganese peroxidase of *Phanerochaete chrysosporium*: purification. *Methods in Enzymology*, 161, 264-270.
- PERPIÑAL, E., M. Balzarini, L. Pietrarelli y L.Catalán 1993. Crecimiento de *Prosopis flexuosa* en mo tes naturales del Chaco árido. Modelización sobre series temporales de ancho de anillos de crecimiento. En *Actas VII Jornadas Técnicas Ecosistemas forestales nativos uso, manejo y conservación*. 37-47
- PESSOA, J. R. et al. 1997- Acid hydrolysis of hemicellulose from sugarcane bagasse- *Brazilian Journal of Chemical Engineering* 14, 25-28.
- RAIMBAULT, M, 1998. General and microbiological aspects of solid substrate fermentation *Journ. of Biotech.* Vol 1 (3) 174-188
- SAPARRAT, M.C.N., M. Martinez; M. Cabello y A. Arambarri. 2002a. Enzimas ligninolíticas de cepas fúngicas autóctonas de Argentina aisladas de diferentes sustratos. *Rev. Iberoam. Micol.* Vol 19 . 181-185.
- SAPARRAT, M.C.N., F.Guillén, A.M. Arambarri, A.T. Martínez y M. J. Martinez. 2002b. Induction, isolation, and characterization of two laccases from the white-rot basidiomycete *Coriopsis rigida*. *Appl Environ. Microbiol.*, 68, 1534-1540.
- SUNDSTOL, F. 1988- Improvement of low quality forages and roughages. En *World Animal Sc. B.* Chapter 10, 257/73 .
- TIEN, M. and T.K.Kirk, 1988. Lignin peroxidase of *Phanerochaete chrysosporium*. *Methods in Enzymology*, 161, 238-249.
- TOUMELA M., M. Vikman, A. Hatakka and M. Itävaara 2000. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. *Bioresource Technology* 72, 169-183
- VIDAL, A. 1995. Estudio de las posibilidades de aprovechamiento de la biomasa de copa de coníferas en la provincia de Pinar del Río. Tesis, Universidad de Pinar del Río/Cuba.
- WALKER, H.G. 1984- Physical treatment. En *Straw and other fibrous by products as feed* F.Sundstol y Owen, E. Elsevier 79-104 .
- WARD, O. 1989. *Fermentation Biotechnology*. Milton Keynes, Open University Press.
- VELLEMAN, P. 1980. Definition and comparison of Robust Nonlinear Data Smoothing algorithms, *JASA* , 75 (371) : 609-615
- WEYMAN M. 1990. *Biotechnology of biomass conversion*. M Milton Keynes, Open University Press.
- WRIGHT, J., y E. ALBERTÓ .2002. “Hongos: Guía de la Región Pampeana”. Ed. L.O.L.A.
- ZADRAZIL, F., 1984- Microbial conversion of lignocelulose into feed En *Straw and other fibrous byproducts as feed*. F.Sundstol y E.Owen. Elsevier 270-274 .