

CARACTERIZACION Y VALORIZACION DEL BAGAZO DE *Agave tequilana* Weber DE LA INDUSTRIA DEL TEQUILA

Alonso M., S.; L. Rigal

Laboratorio de Chimie Agro-industrielle, Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Toulouse (ENSCT), Institut National Polytechnique de Toulouse (INPT), 118, route de Narbonne, 31077 Toulouse Cedex, France

RESUMEN: El bagazo del *Agave tequilana*, residuo agroindustrial del tequila, fue caracterizado físico-químicamente. Las características físicas indicaron que este residuo está compuesto de material fibroso heterogéneo y de un material orgánico no fibroso en forma de partículas finas. El análisis químico indicó un contenido de celulosa de 43%, lignina 15%, hemicelulosas 19%, materia nitrogenada total 3%, pectinas 1%, grasas y aceites 1%, azúcares reductores totales 5%, cenizas 6%. De acuerdo a estos análisis, se estudiaron varios procesos de extracción a diferentes condiciones operatorias (temperatura, tiempo de extracción). Las extracciones fueron: acuosas para la separación de azúcares residuales; alcalinas (NaOH 5%) para las hemicelulosas y ácidas para las holocelulosas y hemicelulosas (H₂SO₄ 4%) y para las pectinas (HCL pH = 2); las pectinas se extrajeron también con oxalato de amonio. Las vías potenciales de valorización del bagazo de agave son: obtención de azúcares para la producción de alcohol, polyalcoholes, ácidos orgánicos, etc., por vía biotecnológica; obtención de pulpa para la industria del papel; medio de cultivo para la producción de hongos alimenticios (*Pleurotus*), producción de aglomerados, carbón activado y complemento para forrajes. Por medio de microscopía óptica se observó el efecto de los diversos tratamientos en la fibra.

PALABRAS CLAVE: *Agave tequilana*, bagazo, aprovechamiento de desechos.

CHARACTERIZATION AND VALORATION OF *Agave tequilana* Weber BAGASSE OF THE TEQUILA INDUSTRY

SUMMARY: The agro-industrial *Agave tequilana* Weber bagasse was physically and chemically characterized. The physical characteristics indicated that this residuo to be composed of heterogeneous fibrous and not fibrous organic material in the form of fine particles. The chemical analysis showed a content in cellulose of 43%, ligning 15%, hemicellulose 19%, total nitrogen matter 3%, pectin 1%, fatty and oil 1%, total reducing sugar 5% and ashes 6%. In accordance with this results we studied several extraction process under various operative conditions (temperature and extraction time). We have tested three procedures: 1) Aqueous extraction for residual sugar separation; 2) alkaline extraction (NaOH 5%) for hemicellulose separation and acid extraction for hemicellulose and cellulose (H₂SO₄ 4%) and 3) pectin (HCL pH = 2). The pectin was extracted also with ammonium oxalate. Optical microscopy photographs revealed to differentiate between this treatments. In this work the appraisal potential identified was: Alcohol, polyalcohol and organic acids production from residual sugar via biotechnology, pulp for paper industry, for growing mushroom (*Pleurotus*), agglomerate, activated carbon and forage complements production.

KEY WORDS: *Agave tequilana*, bagasse, waste utilization.

INTRODUCCION

El tequila es una bebida alcohólica originaria de México, cuya materia prima es el *Agave tequilana* Weber. Durante su fabricación, se obtiene como residuo el bagazo del *Agave* después de la extracción del jugo. Este residuo se genera y es aproximadamente 0.78 kg de bagazo por litro de tequila (Anónimo, 1996) y su disposición final es problemática, por lo cual existe el interés de su transformación y valorización a través de tecnologías adecuadas que sean factibles desde un punto de vista técnico-económico. El objetivo principal

de este trabajo fue encontrar las vías más apropiadas para la valorización de este residuo. Para elegir la mejor tecnología, es necesario conocer las características físicas y químicas del bagazo y desarrollar los procesos de extracción o separación de los componentes más importantes que tengan un potencial de valorización.

MATERIALES Y METODOS

El material usado para la caracterización físico y química, fue una mezcla de bagazo de *Agave* procedente de diversas industrias tequileras, con una humedad de 5%, molido a malla 1.5.

Caracterización química

Los análisis que se realizaron para la caracterización química del bagazo de agave fueron los siguientes: humedad, cenizas, materia orgánica total, celulosa, hemicelulosas, ligninas, materia nitrogenada total, grasas y aceites, azúcares reductores y pectinas.

Los métodos de análisis empleados para la determinación de estos constituyentes fueron: métodos gravimétricos para humedad, cenizas y materia orgánica (E.N.S.A.T., 1992); celulosa, hemicelulosas y ligninas por el método de Van Soest y Wine (ADF-NDF) y materia nitrogenada total por el método de Kjeldhal (E.N.S.A.T., 1992); grasas y aceites por extracción con éter en un reactor tipo soxhlet; para los azúcares reductores se usó el método de Fehling (Prat, 1993) y las pectinas se determinaron por extracción con ácido clorhídrico diluido a pH 2, precipitadas con etanol y cuantificadas por método gravimétrico (Monties, 1982). Todos los análisis se realizaron por triplicado.

Caracterización física

Textura: Se realizó directamente por su contacto y apariencia física.

Color: Se hizo por la observación directa del bagazo.

Largo de la fibra: El bagazo es muy heterogéneo con respecto al largo de las fibras, por lo que primero se separaron las diversas fibras y se procedió a medirlas directamente con un estereomicroscopio.

Diámetro de la fibra: En un portaobjetos se colocaron diversas fibras separadas del bagazo, y por medio de un estereomicroscopio se midió su diámetro.

Absorción de agua: En un vaso de precipitado se colocaron 10 gramos de bagazo, y se le fue agregando agua previamente medida en una probeta graduada, hasta saturación del bagazo, es decir hasta el momento en que el agua adicionada ya no se absorbió; se hicieron los cálculos respectivos tomando los mililitros de agua utilizados en relación al peso del bagazo y se reportó en ml de agua por g de bagazo.

Procesos de extracción de los principales componentes químicos del bagazo

La caracterización química del bagazo del agave (Cuadro 1), dio una idea de cuáles eran sus principales componentes químicos mayoritarios y minoritarios, con lo cual, se eligieron: las hemicelulosas, la celulosa, las pectinas y los azúcares libres como los más importantes desde un punto de vista económico y de su posible aplicación industrial.

Procesos de extracción de los azúcares libres:

La extracción acuosa se efectuó en 100 g de bagazo molido (malla 0.5), con una dilución de líquido a sólido (L:S) de 30, a dos temperaturas 70 y 90 °C, respectivamente durante 3 horas con agitación; posteriormente se llevó a cabo una filtración al vacío, separándose el residuo sólido y el líquido filtrado; el filtrado se concentró por medio de un rotavapor a temperatura de 50 °C y se analizaron los azúcares por medio de cromatografía líquida, usando un cromatógrafo y una columna tipo DIONEX. El residuo se secó y se analizó por medio del método de Van Soest y Wine (E.N.S.A.T., 1992).

Procesos de extracción de las pectinas:

Se eligieron dos métodos de extracción, el primero con ácido clorhídrico diluido (Itoua, 1990) y el segundo con oxalato de amonio. En ambos métodos el bagazo de agave utilizado para esta extracción fue el residuo seco obtenido después de la extracción acuosa, en una relación L:S de 30.

La extracción con ácido clorhídrico se realizó con HCl diluido a pH de 2, a dos temperaturas 50 °C durante 4 horas y 85 °C durante una hora. En ambos casos después de la extracción, se filtró al vacío y las pectinas fueron precipitadas con etanol, separados por filtración al vacío, secadas y pesadas.

La extracción de las pectinas por medio de oxalato de amonio, se realizó con una solución de oxalato de amonio al 2%, acidulada a un pH de 3.5 con ácido oxálico 1 N, y a una temperatura de 70 °C durante una hora. La separación y precipitación se hizo de la misma forma que en el método con HCl.

Proceso de extracción básica:

Para la extracción básica de las hemicelulosas en el bagazo de agave, se utilizó hidróxido de sodio al 5% y bagazo después de la extracción de las pectinas en una relación L:S de 30. La extracción se realizó a 70 °C durante 1.5 horas con agitación.

Posteriormente, el extracto básico se filtró, y el filtrado resultante se concentró por medio de un rotavapor, el concentrado se llevó a un pH de 6.5 por medio de ácido acético y las hemicelulosas fueron precipitadas con etanol. El precipitado obtenido se separó por medio de filtración al vacío, se secó y se pesó.

Proceso de extracción ácida:

La extracción ácida se realizó con bagazo de agave seco y molido (malla 0.5) y ácido sulfúrico al 4 % a una dilución de L:S de 30; las condiciones de operación

fueron a 130 °C, durante 1.5 horas con agitación, el hidrolizado fue separado por medio de filtración al vacío, y se llevó a cabo su análisis de azúcares por cromatografía líquida, usando una columna DIONEX. El contenido del residuo fue analizado por el método de Van Soest et Wine (E.N.S.A.T., 1992).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos de la caracterización química y física del bagazo de agave se muestran en los Cuadros 1 y 2, respectivamente.

En general, se puede decir que el bagazo de *Agave* es un residuo fibroso heterogéneo (Figura 1), sus características físicas dependen en gran parte del tipo de molienda y del proceso de extracción del jugo, sus fibras son de dimensiones y formas diversas (Figura 2), cubiertas de una capa de material heterogéneo (Figura 4), las cuales forman parte principalmente de la estructura de la parte central ("cabeza" o "piña") del *Agave* (Figura 3).

La caracterización química del bagazo de *Agave* dio una idea de cuáles eran los componentes mayoritarios más importantes, con posibilidad de ser valorizados, entre éstos tenemos, las hemicelulosas, la celulosa, lignina y los azúcares. Entre los componentes minoritarios se tienen las pectinas, las grasas y los compuestos inorgánicos.

CUADRO 1. Composición química del bagazo de agave seco (5 % de humedad)

	Porcentaje de materia
Celulosa	43
Lignina	15
Hemicelulosa	19
Nitrógeno total	3
Pectinas	1
Grasas	1
Azúcares reductores	5
Cenizas	6
Otros	2

CUADRO 2. Composición física del bagazo de agave seco (5 % de humedad)

Textura	Poco rígida
Color	Café - amarillo
Largo de la fibra	5 - 10 cm
Diámetro	0.3 - 0.4 mm
Absorción de agua	6 ml·g ⁻¹

Extracción de azúcares libres

Los azúcares libres se determinaron en el bagazo fresco (Cuadro 3) y en el bagazo seco (Cuadro 4), en el primero, la concentración de azúcares varió de acuerdo al tipo de extracción utilizado por cada fábrica, siendo altos los valores de azúcares reductores residuales, en cambio, en el bagazo seco, la cantidad de azúcares determinados fue menor, debido posiblemente a la fermentación de ellos en los procesos fermentativos que se realizaron durante el secado del bagazo al ambiente; ambos resultados nos dan una idea general sobre los tipos de azúcares que contiene el bagazo de agave.

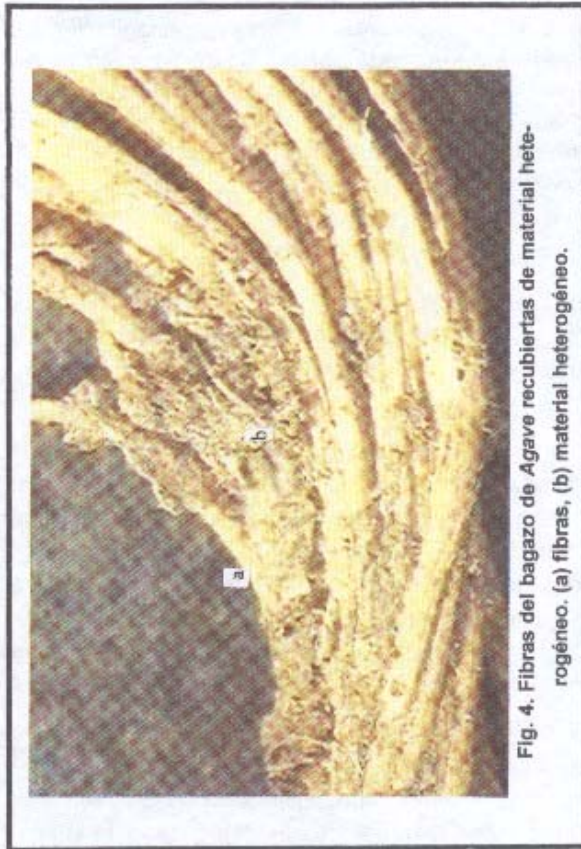
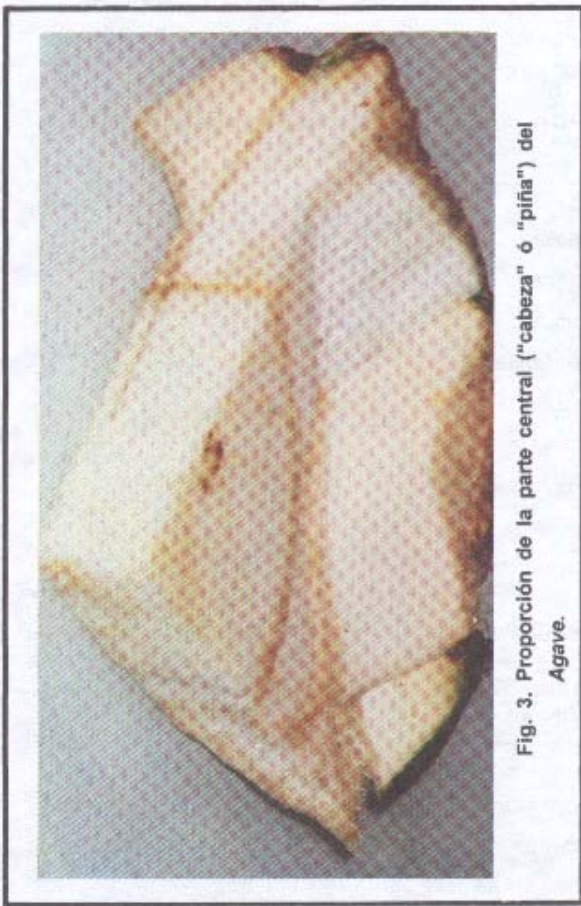
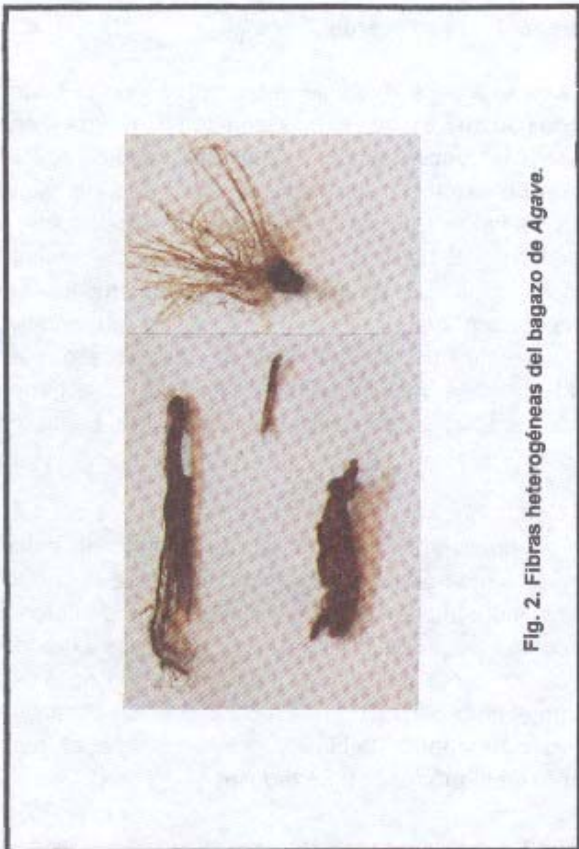
Con lo que respecta al bagazo fresco, los azúcares que se analizaron indicaron el rendimiento en extracción de azúcares del *Agave*, característica importante para la industria de tequila, ya que, estos repercuten en los costos de producción, es decir, a mayor extracción de los azúcares del agave (menor cantidad de azúcares en el bagazo), el jugo va a contener mayor cantidad de azúcares fermentables y por tanto, mayor rendimiento de la producción de tequila.

CUADRO 3. Análisis de los azúcares extraídos del bagazo de agave fresco

	Azúcares Red. (porcentaje de materia seca)	Fructosa (porcentaje de materia seca)	Glucosa (porcentaje de materia seca)
Tequilera 1	5	3	0.4
Tequilera 2	8	4	0.4
Tequilera 3	10	5	0.5
Tequilera 4	12	7	0.5

CUADRO 4. Análisis de los azúcares libres extraídos del bagazo seco de agave.

	Extracción 70 °C 3 h (porcentaje de materia seca)	Extracción 90 °C 3 h (porcentaje de materia seca)
Fructuosa	1.00	1.20
Arabinosa	0.02	0.04
Glucosa	0.02	0.02
Galactosa	0.02	0.02



En el bagazo seco se extrajeron y analizaron los azúcares (Cuadro 4). Estos azúcares residuales después de la extracción del jugo y de la fermentación durante el secado del bagazo, provienen posiblemente de azúcares que se encontraban poco hidrolizados, por lo cual, no fueron consumidos por los microorganismos; además, las condiciones de extracción de los azúcares libres, a 70 y 90°C no fueron tan drásticas como para poder extraer azúcares estructurales de las otras estructuras existentes en el bagazo, como es el caso de las celulosas, hemicelulosas y pectinas; posiblemente los azúcares extraídos del bagazo seco, sean en gran parte de residuos de inulina que no fueron totalmente hidrolizados y de algunos residuos de azúcares hidrolizados durante el tratamiento al vapor de agua del agave. Los azúcares analizados fueron principalmente: glucosa, fructosa y en menor cantidad galactosa y arabinosa.

La fructosa y la glucosa pueden provenir de la inulina residual que aún se encontraba en el bagazo y que no alcanzó a ser hidrolizada y extraída del Agave durante el proceso de extracción del jugo y también puede ser de residuos de fructosa que no fueron fermentados durante el tiempo que el bagazo quedó secándose a la intemperie. La glucosa, podemos decir que es parte de la estructura de los polisacáridos del agave, la cual posiblemente quedó en uniones débiles durante el proceso de extracción de azúcares del agave y también por los procesos fermentativos naturales efectuados durante su secado al ambiente, y que durante la extracción acuosa con las condiciones de temperatura y pH, se logró separar del sitio donde se encontraba.

Los azúcares encontrados en menor cantidad, posiblemente provengan de la macromolécula formada por las hemicelulosas, celulosa, lignina, pectina, almidón e inulina (Monties, 1982).

En la Figura 6, se muestra el bagazo después de la extracción acuosa, en la cual se observa que el residuo orgánico no fibroso que recubría la fibra (Figura 5) fue completamente separado.

Extracción de pectinas

Las pectinas en general, son macromoléculas formadas por cadenas de unidades de ácido galacturónico; su extracción de las materias vegetales puede realizarse por medio de agentes químicos como son, los quelantes como el EDTA, CDTA, oxalato de amonio, etc.; los ácidos diluidos principalmente el ácido clorhídrico y el ácido nítrico, llevándose a cabo la extracción en condiciones de temperatura elevada; y con sosa diluida a temperatura baja (Itoua, 1990).

La extracción de pectinas se realizó por medio de dos procesos, usando oxalato de amonio y HCl diluido respectivamente, en el primer caso, la cantidad de pectinas obtenidas fue de 6 % con base a materia seca, pero al ser analizadas y comparadas con otras pectinas puras, había una gran diferencia, lo cual indicó que las pectinas extraídas contenían impurezas en gran cantidad, posiblemente compuestos formados con el oxalato de amonio o con el ácido oxálico empleados en el proceso de extracción.

Las pectinas obtenidas con el oxalato de amonio, pueden ser purificadas, pero debido a su bajo contenido en el bagazo, se consideró que una purificación no era interesante a nivel industrial, puesto que esto implicó aumentar los costos de su extracción y la cantidad de producto obtenido no justificó una gran inversión para su obtención ya que esto aumentaría los costos de las pectinas, haciéndolas poco competitivas económicamente con otras pectinas existentes actualmente en el mercado. Además, durante los procesos de purificación de las pectinas extraídas, hay pérdidas, reduciendo aún más la cantidad de pectinas extraídas.

El proceso de extracción usando agua acidulada (pH 2) con ácido clorhídrico, proceso que es utilizado industrialmente para la extracción de pectinas (Itoua, 1990), se realizó a dos condiciones operatorias: a temperatura de 85 °C durante un tiempo de 1 h con agitación, y a 50 °C durante 4 h con agitación. En el primer caso, se obtuvo 1 % (materia seca) de pectinas, en cambio en el segundo caso, la cantidad extraída fue de 0.2 % (materia seca).

En conclusión, el mejor método de extracción de las pectinas, fue el del ácido clorhídrico en las condiciones operatorias de 85 °C y 1 h de extracción.

La cantidad de pectinas extraídas, fue relativamente muy baja, pero eso es posible de explicar, puesto que el proceso para la extracción del jugo de agave, implica una extracción a un pH de 4.5 aproximadamente, a temperaturas altas (dependiendo del proceso de la fábrica), lo cual, da posiblemente las condiciones para que durante este proceso, las pectinas del agave sean extraídas y separadas con el jugo, quedando solamente los residuos que no pudieron extraerse en esas condiciones.

En general, las pectinas son importantes desde un punto de vista económico, utilizadas principalmente en la industria alimentaria, por lo cual sería interesante la extracción de ellas en el bagazo de agave, pero debido a la poca cantidad en la que ellas se encuentran, no



Fig. 5. Fibra del bagazo de *Agave* recubierta de material heterogéneo. (a) Fibra, (b) Material heterogéneo.

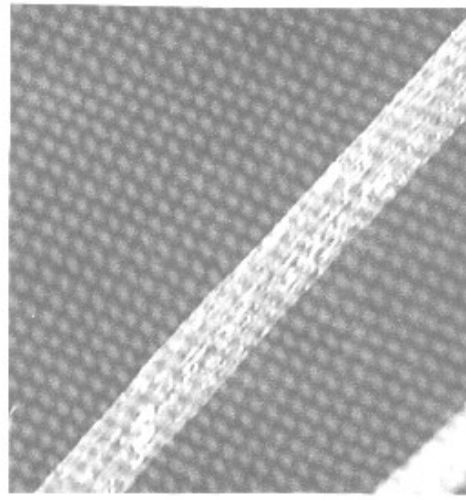


Fig. 6. Fibra del bagazo de *Agave* después de la extracción acuosa.

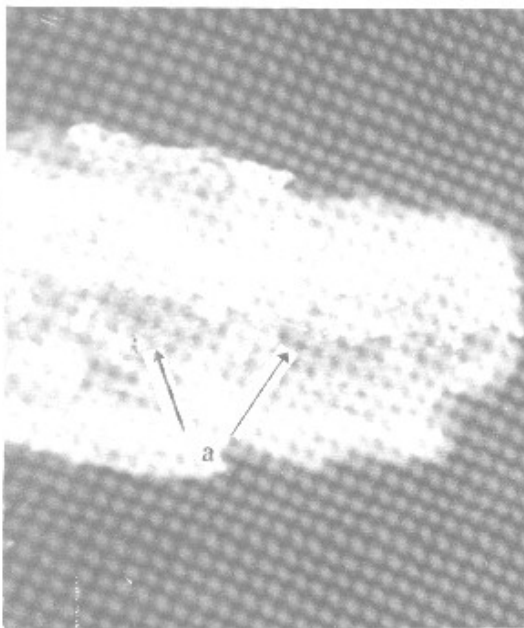


Fig. 7. Fibra del bagazo de *Agave* después del tratamiento con sosa. (a) Canales producidos por el tratamiento.



Fig. 8. Fibra del bagazo de *Agave* después del tratamiento con ácido sulfúrico. (a) Fibras.

resultaría rentable su extracción para su industrialización.

Extracción alcalina

La extracción alcalina del bagazo se realizó con la finalidad de extraer hemicelulosas, para investigar las posibilidades de su valorización. La extracción de hemicelulosas fue de 3 % de materia seca. Los resultados obtenidos del análisis de los residuos (Cuadro 5) y los de la extracción de las hemicelulosas, indicaron que la extracción de las hemicelulosas por este proceso, a la concentración de 5 % de sosa utilizada en la extracción, no se obtuvieron altos rendimientos de hemicelulosas; además, las hemicelulosas después de su extracción y lavado, al secarse, se ennegrecían debido a los procesos de oxidación al contacto con el aire de los compuestos que estaban como impurezas en ellas, lo cual implicó de un lado utilizar concentraciones mayores de reactivo y por otro lado, un proceso anexo para la purificación de las hemicelulosas, provocando en ambos casos un aumento en los costos de producción, desde un punto de vista industrial.

Tabla 5. Análisis del residuo del bagazo de agave después de la extracción básica (NaOH 5 %, 70°C, 1.5 h)

	Residuo (%)
Lignina	14.5
Celulosa	48.0
Hemicelulosa	15.5
Cenizas	22.0

Posiblemente una investigación más amplia en este proceso de extracción de las hemicelulosas, utilizando otros compuestos alcalinos u oxidantes menos costosos y con mayor reactividad, y con otras condiciones operatorias, pueda dar la pauta para hacerlo más rentable y sea interesante su valorización. La extracción de las hemicelulosas es interesante desde un punto de vista económico, puesto que tienen aplicación en la industria alimentaria y en la industria química.

En la Figura 7, se observa el efecto que tiene en la fibra la extracción alcalina con sosa. En comparación con la fibra de bagazo sin tratamiento (Figura 5), la fibra tratada con sosa (Figura 7) muestra canales que posiblemente son los sitios en que se encontraban las hemicelulosas y algunos otros compuestos de estructura de la fibra extraídos durante el proceso de extracción alcalina.

Extracción ácida

La extracción ácida es usada generalmente para la separación de los componentes membranarios de la materia vegetal en función de sus solubilidades, así, utilizando ácidos fuertes concentrados se solubilizan las hemicelulosas, la celulosa, los taninos y las pectinas; en cambio usando ácidos diluidos, se solubilizan las hemicelulosas, los taninos y las pectinas. En nuestro caso utilizamos ácido sulfúrico al 4 %.

La extracción ácida del bagazo realizada con ácido sulfúrico diluido, dio un residuo con un contenido de 0.3 % de hemicelulosas, 52.6 % de celulosa, 31.3 % de lignina y 2.1 % de materia seca, el cual puede ser aprovechado para encaminar la investigación a la obtención de celulosa comercial. Los azúcares extraídos durante el proceso, xilosa (4 %), glucosa (8 %), galactosa (1 %) y arabinosa (1 %), no fueron en gran cantidad como pudiera esperarse después de una hidrólisis de las hemicelulosas extraídas, esto pudo haber sido por la transformación de estos azúcares en furfural y otros compuestos, a causa de las condiciones de operación de 120 °C y ácido sulfúrico en concentración de 4 % que provocaron reacciones de oxidación. Sin embargo, si las condiciones operatorias fueron más suaves, a temperaturas y concentración de ácido sulfúrico menores, y con tiempos de reacción mayores, se podrían obtener soluciones de azúcares más concentrados, los cuales podrían ser fermentados para la obtención de productos de interés industrial, como por ejemplo, alcoholes, xylitol, ácido acético, etc. Por otra parte, los azúcares analizados (xilosa, glucosa, galactosa y arabinosa) en el filtrado de la extracción ácida, dan una idea de los azúcares constitutivos de las hemicelulosas del bagazo de agave.

En la Figura 8, se observa que la fibra del bagazo después de la extracción ácida, en comparación con la fibra del bagazo sin tratamiento (Figura 5), está formada por fibras cristalinas, sin la cubierta heterogénea que contenía el bagazo original, su composición química está constituida principalmente de celulosas y lignina.

Grasas y compuestos inorgánicos

Aun cuando estos compuestos minoritarios, no sean importantes en cantidad (1 %) pueden ser interesantes en su composición, es decir, una investigación más puntual sobre su composición pudiera dar resultados de componentes interesantes para la industria química o farmacéutica.

Valorización

De acuerdo con las características físico-químicas del bagazo de agave, dos tipos de valorización pueden ser realizados: valorización directa y valorización indirecta.

La valorización directa es aquella en la cual sólo se requieren transformaciones fisicoquímicas o biológicas simples, (Alais y Linden, 1987) como son: tratamientos térmicos, básicos o biológicos para el mejoramiento de la digestibilidad del bagazo enfocado a la alimentación animal. Con respecto a este tipo de valorización, el bagazo de agave se ha utilizado como medio de cultivo para el crecimiento de hongos (*Pleurotus*) a nivel laboratorio, para la alimentación humana (Cedano *et al.*, 1993; Guzmán-Dávalos *et al.*, 1987).

La valorización indirecta es cuando se efectúan operaciones de refinamiento de los componentes de los residuos lignocelulósicos, por medio de extracciones fraccionadas y secuenciales, para la obtención separada de los constituyentes valorizables (Alais y Linden, 1987). En el caso del bagazo de agave, sería la extracción secuencial de: azúcares libres, en particular las fructanas residuales o los azúcares en general para fermentaciones de interés industrial; las hemicelulosas, como base de la producción de productos químicos o como fuente de azúcares para fermentaciones de interés industrial; la fibra celulósica, para aplicaciones químicas o para la obtención de materiales celulósicos; la pulpa después de un tratamiento químico para la fabricación de papel (Kurita *et al.*, 1982; Kurita y Mitsuhashi, 1982; Mendiola y Macedo, 1983); tratamiento fisicoquímico para la obtención de carbón activado

(Kurita *et al.*, 1983; Mitsuhashi *et al.*, 1982; Mitsuhashi y Kurita, 1982).

En el esquema siguiente se muestra un resumen de las posibilidades de valorización del bagazo de agave.

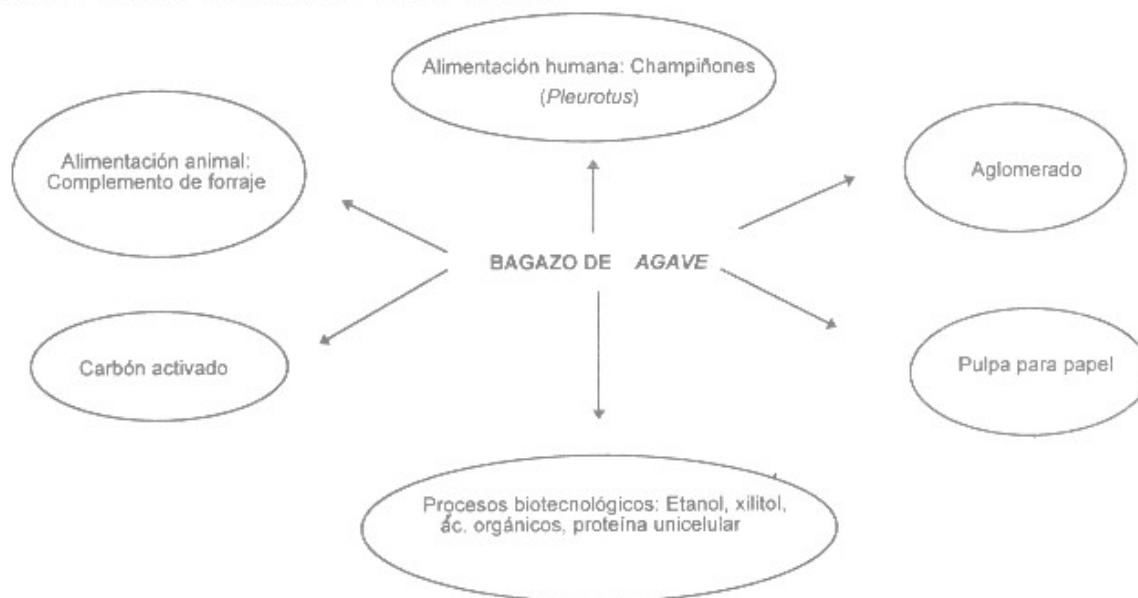
CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos de la extracción acuosa de los azúcares libres, podemos concluir que éstos pueden ser valorizados por medio de procesos biotecnológicos, para la obtención de subproductos de interés económico.

El proceso de extracción alcalina del bagazo de agave, dio un residuo con características físico y químicas, que puede ser utilizado como subproducto para la industria de papel o de la celulosa y para la fabricación de aglomerados.

De la extracción ácida del bagazo, podemos concluir que el residuo puede ser utilizado para la obtención de subproductos de celulosa y el hidrolizado para obtener productos de interés económico (alcoholes, polioles, ácidos orgánicos, etc.) por vía biotecnológica.

En forma general podemos concluir que el bagazo de agave de la industria del tequila, es un residuo vegetal que por sus características físicoquímicas puede ser utilizado para la elaboración de diversos productos de interés económico, entre los cuales tenemos: complemento de forraje animal, medio de cultivo para hongos alimenticios (*Pleurotus*), complemento lignocelulósico en la industria del papel; hemicelulosas para la industria química y alimentaria, fuente de azúcares para la



obtención de productos químicos por vía biotecnológica, aglomerados y carbón activado.

Las extracciones del bagazo de agave que se realizaron en esta investigación, pueden servir de base como referencia para investigaciones más profundas en las diferentes vías de valorización encontradas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con el apoyo económico (beca de estudios de doctorado) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) del gobierno de México.

LITERATURA CITADA

- ANONIMO. 1996. La industria del tequila. (Reporte interno).
- ALAIS C.; G. LINDEN. 1987. Biochimie Alimentaire, Edit. Masson, Paris, France.
- CEDANO, M.; M. MARTINEZ; C. SOTO-VELAZCO; L. GUZMAN-DAVALOS. 1993. *Pleurotus ostreatoroseus* (*Basidiomycotina, Agaricales*) in Mexico and its growth in agroindustrial wastes. *Cryptogamic Botany* 3(4):297-302.
- .N.S.A.T. 1992. Analyse Fourragere. Laboratoire de Productions Animales. Document de Travaux Practiques. Toulouse, France.
- GUZMAN-DAVALOS, L.; D. MARTINEZ-CARRERA; P. MORALES; C. SOTO. 1987. Edible mushroom cultivation *Pleurotus* on maguey bagasse of tequila industry. *Rev. Mex. Micol.* 3:47-50.
- ITOUA-GASSAYE, S. 1990. Etude de la Retention des Constituants a caracteres Organoleptiques au Cours de la Filtration Tangentielle du jus d' Ananas. Thèse de Doctorat, INPT. Toulouse, France.
- KURITA, T.; S. MITSUHASHI; H. KANETSUNA; M. IGUCHI; T. SHIROTA; J.J. TRUJILLO; T. HERRERA. 1982. Pulping and papermaking of the leaf fiber and fibrous residue from *Agave tequilana*. *Kami Pa Gikioshi* 36 (2):301-10.
- KURITA T.; S. MITSUHASHI. 1982. Utilization of Mexican *Agave tequilana* fibers. 1. For paper. *Sen'i Kobunshi Zairyo Kenkyu Happiokai Shiryo* 128: 47-53.
- KURITA, T.; S. MITSUHASHI; H. KANETSUNA; M. IGUCHI; M. KATO; T. SHIROTA; T.E. HERRERA. 1986. Preparation of activated carbon from fibrous residue of tequila manufacturing process. *Kenkyu Kokoku- Sen'i Kobunshi Zairyo Kenkyusho* 150: 39-43.
- MENDIOLA S.; C. MACEDO. 1983. Production of cellulosic pulp for the paper industry using tequila-yielding maguey (*Agave tequilana*) as raw material. *Industry and Environment* 6(1): 23-24.
- MITSUHASHI, S.; T. KURITA; T.E. HERRERA. 1982. Preparation of activated carbons from de fibrous residues of tequila manufacturing process. *Sen'i Kobunshi Zairyo Kenkyusho* 133: 63-67.
- MITSUHASHI, S.; T. KURITA. 1982. Utilization of Mexican *Agave tequilana* fibers. 2 For activated carbon. *Sen'i Kobunshi Zairyo Kenkyu Happiokai Shiryo* 128: 54-61.
- MONTIES, B. 1982. Les polymères vegetaux. Ed. Gautuier-Villars. Paris, France.
- MURAT, M. 1981. Valorisation des déchets et des Sous-Produits Industrielles. Paris, France.
- PRAT, R. 1993. L'experimentation en physiologie végétale. Ed. Herman Editeurs des Sciences et des Arts. Paris, France.