

Caracterización fisicoquímica de la vinaza del *Agave cocui* y su posible uso agroindustrial

Iván Leal G, Elisabeth Chirinos, Mayra Leal, Héctor Morán y Wilmer Barrera

Laboratorio de Análisis Químico, Centro de Investigaciones de Ciencias Básicas y Departamento de Química de la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda.

Telefax (0268) 2528643. E-mail: ileal@unefm.edu.ve, labanq@unefm.edu.ve

Resumen

La vinaza constituye el desecho de mayor importancia en la destilación del licor de *Agave cocui*. En la actualidad se producen aproximadamente 80.000 litros por año de esta bebida pero la legalización de la misma conllevará a un aumento en su producción, lo cual podría generar un aumento significativo en el volumen de vinaza desechada. Esta investigación contempló la caracterización fisicoquímica de la vinaza del licor de cocuy afín de promover su uso industrial. Los análisis realizados mostraron los siguientes valores promedios: pH 4,09; D.Q.O. 1,8%; C.O.T. 29,3 mg/L. Las concentraciones promedios en base seca de los elementos mayoritarios analizados fueron Ca, 3,5%; Mg 0,67%; Na 0,14%; K 0,38% y Fe 1,29%, mientras que la de los minoritarios fueron Mn 28 mg/kg; Zn 76 mg/kg, y Cu 10 mg/kg. Se determinaron las concentraciones de elementos volátiles (etanol, 1-butanol, alcohol isoamílico, ácidos volátiles y furfural) remanentes en la vinaza. Debido a la alta DQO y bajo pH la disposición final de la vinaza no debe ser en suelos ni en los cuerpos de agua. La vinaza del cocui cumple con los requerimientos de algunos nutrientes y podría ser utilizada como complemento en la elaboración de fertilizantes, compost y alimentos para animales.

Palabras clave: Licor *Agave cocui*, vinaza, composición química.

Physico-chemical characterization of the *Agave cocui* vinasse for its agro-industrial use

Abstract

Vinasse is the principal waste product of *Agave cocui* liquor manufacture. Present production of cocui liquor is 80.000 litres year but its legalization could be arise the production of the liquor and the vinasse. In this study the physico- chemical composition of cocui vinasse was determined in order to evaluate its potential utilization in the

industry. The analysis showed the following mean values: were: pH 4.09 COD 1.8% organic carbon 29.3 %. The mean concentrations of the major elements were: Ca 3.5%; Mg 0.67%; Na 0.14%; K 0.38% and Fe 1.29%. The mean concentrations of trace elements were: Mn 28 mg/kg; Zn 76 mg/kg, y Cu 10 mg/kg. Ethanol, 1-butanol, isoamyl alcohol and furfural concentrations were also determined. The results suggest that cocui Vinasse should not be spilled to water and soils. Some of its chemical features indicate that vinasse could be used in the production of animal feed, organic fertilizer and compost.

Key words: *Agave cocui* liquor, vinasse, chemical composition.

Recibido: 29-06-2003. Aceptado: 03-10-2003.

Introducción

El *Agave cocui* Trelease es una planta autóctona de Venezuela, típica de las regiones desérticas. Tradicionalmente esta planta ha sido explotada para la elaboración de diversos productos artesanales (González, 2001) uno de los cuales es un licor denominado cocuy. Este es una bebida alcohólica que se obtiene a partir del destilado del mosto o jugo elaborado a partir del corno central o cabeza del *Agave cocui* Trelease. La vinaza constituye el desecho principal de la destilación del mosto fermentado, debido al gran volumen de producción. En promedio se producen 12 litros de vinaza por cada litro de cocuy obtenido (Ventura, 2001). De acuerdo con el número de productores de cocuy registrados se calcula que actualmente se producen unos 80.000 litros por año del licor, por lo cual se estarían produciendo unos 960.000 litros de vinaza anualmente. Es de suponer que la legalización de la bebida traerá como consecuencia un aumento significativo en la producción de la misma y por consiguiente un incremento en la producción de vinaza. De esta manera la disposición de la vinaza podría convertirse en un problema crítico, ya que no existen estudios para su aprovechamiento y/o disposición final adecuada, sin ocasionar problemas medio ambientales, de salud pública, económicos, estéticos, etc.

Los estudios realizados a la vinaza de caña de azúcar han mostrado que es un residuo altamente corrosivo y contaminante de las aguas, que presenta en su composición química altos contenidos de materia orgánica, potasio y calcio, así como cantidades moderadas de nitrógeno y fósforo (Orlando y Leme, 1984). Sin embargo, la composición química de la vinaza depende de la materia prima que se utilice, de las condiciones climáticas, del suelo y del proceso de elaboración del alcohol (Rodella, *et al*, 1981). Diversos trabajos han reportado las características fisicoquímicas de distintos tipos de

vinaza entre los cuales se puede mencionar el de Robertiello quién estudió la composición de vinazas de uvas, remolachas, caña de azúcar, y de frutas (peras y manzanas), obtenidas de distintas destilerías (Robertiello 1981).

La utilización de la vinaza de caña de azúcar como fertilizante de suelo (Gomez, 1985; Gomez, 1986; Rodella, 1977) y como materia prima en la elaboración de alimentos para animales (Gallo *et al*, 1986; Waliszewski, 1989), y en la producción de biomasa (Araujo, 1976) son algunos ejemplos de posibles uso para este desecho industrial. Ya que la vinaza del *Agave cocui* no ha sido caracterizada físico-químicamente, lo cual es el punto de partida para su posible disposición o reutilización, el presente estudio se planteó la caracterización fisicoquímica de la vinaza con el doble propósito de establecer que problemas podría traer al ambiente una disposición no adecuada de este desecho y proponer alternativas de usos como materia prima para la industria.

Materiales y Métodos

Recolección de muestras tratamiento preeliminar.

Las muestras de vinazas fueron recolectadas en la población de Pecaya, municipio Sucre del estado Falcón, Venezuela, directamente en la planta artesanal de tres productores del licor de cocuy durante un período de seis meses (agosto 2001 a enero 2002). Las muestras fueron tomadas en recipiente de polietileno, refrigeradas e inmediatamente transportadas al laboratorio.

Una vez filtradas, el residuo sólido y el líquido fueron guardados en el refrigerador a 4°C hasta su análisis.

Se analizaron 33 muestras: 13 muestras de vinaza de cocuy tipo I, aquel que se obtiene del mosto puro de *Agave cocui*, y 20 muestras de vinaza de licor de cocuy tipo II, obtenido al añadir azúcar de mesa al mosto.

Métodos analíticos

Las determinaciones de pH y el cloruro se realizaron potenciométricamente; mediante gravimetría se determinó el porcentaje de humedad. El nitrógeno orgánico total, se determinó por el método de kjeldahl; el nitrógeno amoniacal mediante destilación y posterior titulación con ácido sulfúrico; la demanda química de oxígeno (DQO) se determinó mediante el método de reflujos cerrado; el carbono orgánico total mediante oxidación húmeda; el fósforo con el método del cloruro estagnoso (APHA, AWWA, WPCF,

1995) Los ácidos volátiles se determinaron mediante destilación y posterior titulación con hidróxido de sodio (Mtissek *et al*, 1998). Los azúcares mediante método colorimétrico para azúcares totales. Los compuestos volátiles se determinaron mediante cromatografía de gases con un cromatógrafo de gases Chrompac CP 9001 con una columna capilar CP-SIL 57 CB. Los metales se determinaron mediante espectrometría de absorción atómica con llama, con un espectrofotómetro Varian Spectra 20 plus.

Resultados y Discusión

Las características fisicoquímicas de las vinazas de licor de cocuy analizadas se encuentran en las Tabla 1. Todas las muestras de vinazas analizadas presentaron un pH ácido por lo que el vertido de este desecho directamente al suelo, sin control alguno, puede ocasionar el deterioro del suelo o de cuerpos de agua. Los valores promedios de pH de los suelos de la zona de Pecaya están en torno a 8,5 (López y Moralés, 2000) por lo que la eliminación indiscriminada de este desecho podría alterar la composición de los suelos y el equilibrio biológico de los mismos. Está característica de la vinaza del *Agave cocui* es común en vinazas obtenidas de materia prima de otros tipos, como caña de azúcar, pH 4,2 (Gómez, 1996) o de remolacha, pH 5,1 (Robertiello, 1981).

Tabla 1. Principales Características Fisicoquímicas – Químicas de la Vinaza de *Agave cocui*. Los valores para cada parámetro representan el promedio obtenido del análisis de 13 muestras de vinazas de 1era y 20 muestras de vinazas de 2da con sus respectivas desviaciones estándares.

Parámetro	Vinaza de primera	Vinaza de segunda
pH	4,13 ± 0,15	4,05 ± 0,11
DQO(mg/L)	19065 ± 2780	17502 ± 3758
Densidad (g/mL)	0,96 ± 0,04	1,00 ± 0,04
Sólidos Totales (%)	8,3 ± 2,0	7,9 ± 1,3
Conductividad eléctrica (mhos/cm)	8236 ± 736	9028 ± 1135

Un parámetro importante para medir el grado de contaminación de un desecho es la demanda química de oxígeno (DQO). Los valores obtenidos para este parámetro para las vinazas tipo I y II fueron superiores a los permitidos para desechos líquidos vertidos directa o indirectamente a cuerpos de agua los cuales no deben exceder los 350 mg/L (Gaceta Oficial de Venezuela, N° 5021, 1995). El vertido de este desecho, sin tratamiento previo, en la única fuente de agua de la zona, causaría una desmejora en la calidad de la misma y por lo tanto un mayor empobrecimiento de los habitantes de Pecaya al ser este un recurso utilizado en la elaboración del mosto de *Agave cocui*.

El contenido de sólidos totales en vinazas puede variar de acuerdo con la materia prima utilizada para la elaboración del licor así como con el proceso de destilación usado; esto es, si el sistema es operado a presión atmosférica o bajo vacío, con los que se obtienen vinazas más concentradas (Araujo, 1976). El proceso de elaboración artesanal del licor de cocuy Pecayero es realizado a presión atmosférica por lo que los contenidos de sólidos totales, aproximadamente de el 8%, son inferiores a los encontrados en vinazas obtenidas de procesos de destilación realizados a bajas presiones, los cuales en promedio están por el orden del 50% (Robertiello, 1981).

En cuanto a los valores de conductividad específica se observan que estos son relativamente altos, lo que indica que la vinaza contiene una concentración relativamente alta de sales solubles. Esta característica podría ser consecuencia de la utilización de aguas naturales de la zona, ricas en sulfatos, en la elaboración del jugo de Agave, material de partida en el proceso de fermentación (López y Morales, 2001).

Composición Química de la vinaza del *Agave cocui*

Un parámetro relacionado con la DQO es el carbono orgánico total. Los altos contenidos de carbono orgánico (Tabla 2) encontrados en la vinaza del *Agave cocui* obligan a una adecuada disposición de este desecho, de manera que no genere perjuicio al medio ambiente. Por el contrario, el carbono orgánico presente en la vinaza podría favorecer su uso como un acondicionador de suelos pobres en materia orgánica (característicos de la zona), una vez corregido su pH. La incorporación de residuos orgánicos al suelo trae una serie de beneficios tales como: aporte de nutrientes, modificación de las características químicas del suelo (aumento del contenido de carbono orgánico), y de sus propiedades físicas (capacidad de retención de agua y estabilidad estructural) y de la actividad biológica del suelo, mediante la evolución de CO₂ (Rivero y Paolini, 1995; Rivero, 1997).

Tabla 2. Composición Química de la Vinaza de Agave cocui en base seca, Los valores para cada parámetro representan el promedio obtenido del análisis de 13 muestras de vinazas de 1era y 20 muestras de vinazas de 2da con sus respectivas desviaciones estándares, Parámetro Vinaza de primera Vinaza de Segunda.

Parámetro	Vinaza de primera	Vinaza de Segunda
Fósforo Total (mg/kg)	< 0,02	< 0,02
Nitrógeno amoniacal (mg/kg)	222 ± 3	185 ± 3
Nitrógeno (%)	0,55 ± 0,11	0,57 ± 0,08
Carbón Orgánico Total (%)	28,8 ± 2,4	29,8 ± 2,9
Relación C/N	52/1	53/1
Calcio (%)	3,1 ± 0,30	3,9 ± 0,4
Magnesio (mg/kg)	0,52 ± 0,02	0,82 ± 0,04
Sodio (%)	0,16 ± 0,010	0,11 ± 0,02
Potasio (%)	0,53 ± 0,03	0,23 ± 0,03
Hierro (%)	1,19 ± 0,04	1,39 ± 0,03
Manganeso (mg/kg)	24 ± 1	32 ± 2
Zinc (mg/kg)	75 ± 5	77 ± 4
Cobre (mg/kg)	8 ± 5	11 ± 5
Cloruro (mg/kg)	117 ± 28	154 ± 60
Azúcares Totales (%)	1,2 ± 0,9	5,7 ± 1,7
Etanol (g/L)	2,2 ± 2,5	1,6 ± 1,9
1-butanol (g/L)	2,0 ± 2,4	0,9 ± 0,5
alcohol isoamílico (g/L)	1,3 ± 1,1	2,1 ± 1,0
Furfural (g/L)	18,7 ± 9,7	18,8 ± 7,8
Ácidos volátiles (g/L)	3,2 ± 1,7	2,3 ± 0,9

Nitrógeno amoniacal, nitrógeno total y fósforo

El nitrógeno amoniacal (NH_4^+) es una de las formas de mayor interés del nitrógeno desde el punto de vista ambiental. En las muestras de vinaza analizadas se encontró que los valores para este parámetro fueron 222 ± 3 y 185 ± 3 mg/kg para las vinazas tipo I y tipo II respectivamente. En general estos valores pueden considerarse relativamente bajos debido probablemente a que las levaduras, responsables de la fermentación, sintetizan todos los compuestos nitrogenados que necesitan a partir del NH_4^+ .

El nitrógeno total incluye todos los productos naturales, como las proteínas y los péptidos, y aminoácidos entre otros; la importancia de la determinación de este parámetro radica en la posibilidad del uso de la vinaza del cocui como materia prima en la elaboración de compost o de alimentos para animales (Gallo *et al*, 1986; Gómez 1998), El contenido de nitrógeno total para los dos tipos de vinaza analizados fue de $0,55 \pm 0,11$ y $0,57 \pm 0,08$ % para las vinazas tipo I y II respectivamente. Estos valores son ligeramente inferiores a los obtenidos en vinazas de caña de azúcar, el cual se ha reportado entre 1,6 y 2 % pero similares a los obtenidos en vinazas de vino (Robertiello, 1981).

El valor máximo permisible de nitrógeno total para el vertido de desechos líquidos al agua, según la Gaceta Oficial de Venezuela es apenas de $4,0 \times 10^{-3}$ %, por lo que una disposición inadecuada de este desecho podría causar un gran impacto ambiental.

Los contenidos de fósforo fueron menores a 0,02 mg/kg, límite de detección de la técnica analítica utilizada para su determinación, este resultado está de acuerdo con el hecho de que los suelos de la zona son pobres en este elemento (López y Morales, 2001). Sin embargo, los altos contenidos de carbono orgánico y los moderados contenidos de nitrógeno pueden posibilitar que la vinaza del *Agave cocui* pueda ser utilizada en combinación con otros materiales, ricos en fósforo, en la elaboración de compost (Sánchez, 1994).

La relación C/N es un parámetro importante a considerar cuando se realiza el proceso de compostaje. En este estudio se encontró una relación C/N de 52/1 para los dos tipos de vinaza analizadas. Esta relación es alta con respecto al valor óptimo establecido (Gómez, 1998) de entre 25 a 35 partes de carbono por una de nitrógeno, rango que garantiza un proceso de compostaje eficiente. Sin embargo, al igual que para otros desechos agroindustriales con relaciones C/N similares al de la vinaza del *Agave cocui*, la deficiencia en nitrógeno puede ser compensada añadiendo materiales ricos en nitrógeno, hasta obtener la relación óptima (Gómez, 1998; Sánchez, 1994).

Análisis de otros elementos

Se determinaron también una serie de elementos, macro y micro nutrientes, cuyas concentraciones se muestran en la Tabla 2. Se encontraron altos contenidos de calcio ($3,1 \pm 0,3$ % y $3,9 \pm 0,4$ %), sodio, magnesio ($0,52 \pm 0,02$ y $0,82 \pm 0,04$ %) potasio ($0,53 \pm 0,03$ y $0,27 \pm 0,03$ %) y hierro ($1,19 \pm 0,04$ y $1,39 \pm 0,03$ %). Se encontraron además valores moderados de Mn (24 ± 1 y 32 ± 2 mg/kg) y zinc (75 ± 5 y 77 ± 4 mg/kg). Aunque deficiente en fósforo, la vinaza es rica en otros elementos necesarios para el desarrollo de especies animales (Maynard *et al*, 1981). Los requerimientos de calcio en ganado bovino se encuentran entre 0,18 y 1,04 % (Maynard *et al*, 1981), mientras que para ovinos se encuentran entre 0,21 y 0,52% y la vinaza puede aportar hasta 3 veces más estos requerimientos, por lo que la mezcla de harina producida con vinaza *Agave de cocui* con otra que aportara la deficiencia de fósforo podría ser una alternativa para el uso de este desecho. Maynard *et al*. (1981) reportan los requerimiento de algunos elementos para el crecimiento de ovinos: magnesio 0,08%, sodio 0,1%, manganeso, 40 mg/kg, zinc 32 mg/kg y cobre 5 mg/kg. La comparación de estos con los valores encontrados en la vinaza en estudio muestra que esta última tiene concentraciones apropiadas de tales

nutrientes lo cual confirma que la vinaza del *Agave cocui* podría ser utilizada como materia prima para la elaboración de alimentos para animales (Tabla 3).

Tabla 3. Requerimientos de algunos elementos para el crecimiento de bovinos, equinos, porcinos y ovinos. El porcentaje es expresado en base seca.

Elementos	Bovinos		Equinos	Porcinos	Ovinos
	Carne	Leche			
Calcio (%)	0,28-0,37	0,18-1,04	0,30-0,70	0,50-0,90	0,21-0,52
Magnesio (%)	0,10	0,16	0,04-0,09	0,04	0,08
Sodio (%)	0,06	0,1	0,35	0,1	0,1
Potasio (%)	0,6-0,8	0,8	0,5	0,26	0,5
Cloruro (%)	-	-	-	0,13	-
Manganeso (mg/kg)	10	40	40	20	40
Zinc (mg/kg)	20-30	40	-	50	32
Hierro (mg/kg)	10	50	50	80	50
Cobre (mg/kg)	4	10	9	6	5

Azúcares Totales

Se determinó el contenido de azúcares totales remanente en los dos tipos de vinazas, en promedio se obtuvo $1,29 \pm 0,92$ % y $5,69 \pm 1,74$ % de azúcar en las vinazas tipo I y II respectivamente. Cabe recordar que en la preparación de mosto para la obtención de cocuy tipo II, los productores añaden azúcar de mesa hasta obtener un jugo que contiene unos 25 kg de azúcar en 250 L de mosto antes de su fermentación, lo que representa un 10% en peso /volumen, esto con el fin de producir más licor a partir de menos materia prima (*Agave cocui*) lo que indica que no se está aprovechando más de la mitad del azúcar añadida.

Compuestos volátiles

Los compuestos volátiles que se identificaron y cuantificaron en la vinaza fueron: alcohol etílico, alcohol n-butílico, alcohol isoamílico y furfural, además se realizó la determinación de ácidos totales (Tabla 2). La mayor concentración de estos compuestos se encontró para el furfural ($18,7 \pm 9,7$ g/L y $18,8 \pm 7,8$ g/L, para la vinaza tipo I y II, respectivamente).

Por último los contenidos de ácidos orgánicos totales orgánicos totales fueron $3,2 \pm 1,7$ y $2,3 \pm 0,9$ g/L para los dos tipos de vinaza. Estos componentes orgánicos desaparecen debido a la degradación microbiana durante el proceso de compostaje y tendrían que eliminarse, debido a su toxicidad, mediante evaporación, en un posible proceso de elaboración de alimentos para animales.

Conclusiones

La vinaza del *Agave cocui* tiene un pH ácido y un alto contenido de carbono orgánico por lo cual no debería verterse directamente en el suelo o en los cuerpos de agua. Los resultados indican también que un posible aprovechamiento de este desecho sería la elaboración de compost en combinación con materiales ricos en fósforo y nitrógeno; sin embargo, el aprovechamiento como modificador de suelos pobres en materia orgánica, una vez corregido su pH, podría ser una alternativa inmediata para el uso de este desecho. La vinaza estudiada contiene una serie de elementos, tales como calcio, magnesio, sodio, potasio, manganeso, zinc y cobre en cantidades apropiadas para su aprovechamiento, en combinación con otras materias primas, en la elaboración de alimentos para animales.

Agradecimiento

Los autores agradecen al Sr. Yoel Medina (productor de cocuy) y a su familia su gran disposición para colaborar con la realización de este trabajo. Elizabeth Chirinos y Mayra Leal agradecen a FUNDACITE Falcón el financiamiento otorgado a su trabajo de grado. Iván Leal Granadillo agradece a FONACIT el financiamiento otorgado al Proyecto de Investigación N° S1-2001001063.

Referencias Bibliográficas

1. APHA, AWWA, WPCF, (1995). **Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales**. Editorial Díaz de Santos. Madrid. Secc. 4-5: 19-199.
2. ARAUJO, N. (1976). Produção de biomassa fungica do vinhíto. **Inf. Int.**, 10(14):12-19.
3. GALLO, B., OSPINA, P. ; SANTOS, V. (1986). Evaluación preeliminar de la vinaza, un desecho de destilería, como posible fuente de nutrientes en la alimentación de aves. **Acta Agronómica** 36: 207-220.
4. GUILLES, A., HAMILTON, J.K.; ROBERST, P.A., SMITH, F. (1956). Colorimetric Method for Determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*. 28(3): 350-356.
5. GÓMEZ, A. (1998). The evaluation of compost quality. **Trends Anal. Chem.** 17(5): 310-314.

6. GÓMEZ TORO, J.M. (1985). Efecto de la vinaza sobre la producción de caña de azúcar bajo tres regímenes de fertilización mineral. **Bioagro** 7(1): 22-28.
7. GÓMEZ TORO, J.M. (1996). Efecto de la aplicación de vinaza en la producción y la calidad de la caña de azúcar. **Caña de Azúcar** 14(1): 15-34.
8. GONZÁLEZ, C. (2001). Noticia Histórica sobre el cocuy (*Agave cocui*) en Falcón. **Croizatia** 2 (3): 173-186.
9. LÓPEZ PÉREZ, J.; MORALES R. (2000). **Evaluación Química Analítica de la calidad de la bebida alcohólica obtenida de la planta *Agave cocui*, a los fines de garantizar su consumo humano y su posible correlación con algunos parámetros de producción.** Informe final para Fundacite Falcón, Coro, Venezuela, pp. 57-68.
10. MAYNARD, L.; LOOSLI, J.; HINTZ, H.; WARNER, R. (1981). **Nutrición Animal.** McGraw-Hill, México pp. 487, 608-618.
11. MATISSEK, R.; SCHNEPEL, F.; STEINER G. (1998). **Análisis de los alimentos. Fundamentos, métodos y aplicaciones.** Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España, pp. 17-179.
12. ORLANDO, F.J.; LEME E.J. (1984). **Utilizacáo agricola dos residuos da agroindústria canaviera. Simposio sobre Fertilizantes na Agricultura Brasileira.** En Simposio sobre fertilizantes na Agricultura Brasileira. Brasília. Brasil, pp. 451-475.
13. RIVERO, C. (1997). Efecto del uso de residuos vegetales sobre algunas propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo de Turén. **Rev. Fac. Agron.** 23: 207-224.
14. RIVERO, C.; PAOLINI, J. (1995). Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre la evolución de CO₂ de dos suelos venezolanos. **Rev. Fac. Agron.** 21: 37-49.
15. ROBERTIELLO, A. (1981). Upgrading of Agricultural and Agroindustrial waste: The treatment of distillery effluents (vinasse) in Italy. **Agriculture Waste** 4: 387-395.
16. RODELLA, A.; FERRARI S. (1977). A composição da vinhança e efeitos de sua aplicação como fertilizante na cana-de-açúcar. **Brasil Acucareiro** 90 (1): 6-13.
17. RODELLA, A.; PARAZZI, C.; CARDOSO, A. (1981). A composição da Vinhaca. **Brasil**

Açucareiro 97(1): 25-33.

18. SÁNCHEZ E. (1994), Estudio de los Residuos de Algas Agarofitas para su Aprovechamiento Agroindustrial e Industrial. Departamento de Química UNEFM. (Trabajo de ascenso), pp. 100-105.
19. VENTURA, J. (2001). **Caracterización del proceso de Producción Artesanal del Cocuy Pecayero**. Área de Tecnología. UNEFM. Coro, Venezuela. (Trabajo de ascenso), pp. 65-70.
20. WALISZEWSKI, K. (1989). Valor nutritivo de las vinazas concentradas. Tecnología Avipecuaria, 2(19): 19-25.