

RENDIMIENTO DE ALCOHOL DE MUCÍLAGO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) DE LOS CLONES CCN-51 E IMC-67 CON EL USO DE LEVADURA COMERCIAL (*Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E.C. Hansen).

ALCOHOL REDUCTION OF COCOA MUCILAGE (*Theobroma cacao* L.) OF THE CLONES CCN-51 AND IMC-67 WITH THE USE COMMERCIAL YEAST (*Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E.C. Hansen).

Yean Ciro Cardenas Hinostroza¹.; Edgardo García Saavedra².; Caleb Leandro Laguna³.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la producción de alcohol del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) de los clones CCN-51 e IMC-67 con el uso de levadura comercial (*Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E. C. Hansen), el tiempo de fermentación y la variación de °Brix y pH en el proceso de fermentación. Las características fisicoquímicas del mucílago de cacao al inicio de la fermentación fueron: 15 °Brix y 3,08 pH del clon CCN-51; y 17 °Brix y 3,01 pH del clon IMC-67. El diseño estadístico empleado fue DCA con arreglo factorial 2x4 con tres repeticiones. Los tratamientos del clon CCN-51 en donde se obtuvo mayor rendimiento alcohólico fue el tratamiento T2 (con 0,5% de levadura), que terminó el proceso de fermentación en un tiempo de 84 horas, con 6 °Brix y 3,25 pH y se obtuvo 13,00 °GL (grado Gay-Lussac); y el tratamiento T4 (con 2% de levadura), que terminó el proceso de fermentación en un tiempo de 48 horas, con 6 °Brix y 3,33 pH y se obtuvo 13,00 °GL. Los tratamientos del clon IMC-67 en donde se obtuvo mayor rendimiento alcohólico fue el tratamiento T6 (con 0,5% de levadura), que terminó el proceso de fermentación en un tiempo de 84 horas, con 6,5 °Brix y 3,31 pH y se obtuvo 13,00 °GL; y el tratamiento T8 (con 2% de levadura), que terminó el proceso de fermentación en un tiempo de 48 horas, con 6,5 °Brix y 3,35 pH y se obtuvo 13,00 °GL.

¹ Tesista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias- Escuela de Ingeniería Agroindustrial- Universidad Nacional de Ucayali.

² Docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias- Universidad Nacional de Ucayali.

³ Docente de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia.

Palabras clave: Clon, mucílago, fisicoquímicas, fermentación, °GL (grado Gay-Lussac).

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the alcohol production of cocoa mucilage (*Theobroma cacao* L.) from the CCN-51 and IMC-67 clones using commercial yeast (*Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex EC Hansen), the time of fermentation and the variation of ° Brix and pH in the fermentation process. The physico-chemical characteristics of the cocoa mucilage at the beginning of the fermentation were: 15 ° Brix and 3.08 pH of the CCN-51 clone; And 17 ° Brix and 3.01 pH of the IMC-67 clone. The statistical design employed was DCA with 2x4 factorial arrangement with three replicates. The treatments of the CCN-51 clone where the highest alcohol yield was obtained was the T2 treatment (with 0.5% yeast), which ended the fermentation process in 84 hours with 6 ° Brix and 3,25 pH And 13.00 ° GL (Gay-Lussac grade) was obtained; And the treatment T4 (with 2% yeast), which finished the fermentation process in a time of 48 hours, with 6 ° Brix and 3.33 pH and obtained 13.00 ° GL. The treatments of the IMC-67 clone where the highest alcohol yield was obtained was the T6 treatment (with 0.5% yeast), which ended the fermentation process in 84 hours with 6.5 ° Brix and 3, 31 pH and 13.00 ° GL was obtained; And the treatment T8 (with 2% yeast), which terminated the fermentation process in a time of 48 hours with 6.5 ° Brix and 3.35 pH and obtained 13.00 ° GL.

Key words: Clone, mucilage, physicochemical, fermentation, ° GL (Gay-Lussac grade).

INTRODUCCION

En la región de Ucayali existen varios centros de acopio dedicados al beneficiado de cacao. Los clones CCN-51 e IMC-67 son los que mayormente se siembran, esto se

debe a su fácil manejo y alto rendimiento, en el caso del clon IMC-67 por tener mejores características de sabor y olor (Ministerio de Agricultura, MINAG PROAMAZONIA, 2012).

En el proceso de beneficio de cacao, para la obtención del grano, pasa por una serie de etapas (cosecha, partido del fruto, fermentación, secado, selección y empaque), siendo en la etapa de fermentación en donde se deja drenar una gran cantidad de líquido mucilaginoso o exudado procedente de las semillas frescas de cacao. Según Mejía & Argüello (2010), menciona que se obtiene aproximadamente 50 mL de mucílago por cada kilo de grano fresco. Según (Rodríguez, 2006), el mucílago de cacao contiene sólidos solubles de 12-20 °Brix variando según el tipo de clon.

Los productores de la región trabajan como mínimo a partir de 500 kg de semilla fresca, por lo que existe volúmenes de mucílago que se deja escurrir libremente en donde realizan el beneficiado del cacao (en algunos casos cerca al área de cultivo) y este al descomponerse libera CO₂ produciendo olores astringentes atrayendo a insectos o plagas que además de contaminar su producto pueden perjudicar su cultivo por la cercanía en la que se encuentran.

Se planteó realizar una fermentación del mucílago de cacao con tres diferentes concentraciones de levadura comercial (0,5%; 1% y 2%), para evaluar su rendimiento y expresar en términos de alcohol (útil para la industria alimentaria, farmacéutica y biocombustible) los grandes volúmenes de desperdicio de mucílago de cacao, para así darle la debida importancia y también el manejo de este residuo orgánico permitirá controlar el incremento de insectos o plagas, y cuidar el medio ambiente.

MATERIALES Y METODO

Se Cosechó 500 Kg del fruto de cacao de cada clon (CCN-51 e IMC-67) con el uso de tijeras de poda, luego se seleccionó los frutos sanos y se transportó con sacos y carretilla hasta el lugar de acopio para el beneficio. Se partió manualmente los frutos seleccionados utilizando machetes cortos para la extracción de los granos y se colocó en una caja de fermentación (para ambos clones) en la que se acondicionó debajo un plástico en forma de canaleta que desemboca en baldes desinfectados

para la recolección de la muestra de mucilago.

Transcurrida las 12 horas la muestra recolectada se transportó hasta el laboratorio, se filtró el mucilago con un tamiz de 1mm, y se pasteurizó a 85°C por 10 min (excepto la muestra que se utilizó como testigo). Se midió 1000 mL de la muestra y se trasvasó en una botella plástica de 2 L y después se adicionó la levadura comercial (*Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E. C. Hansen) en diferentes porcentajes de acuerdo a los tratamientos (0% muestra testigo, 0,5%, 1% y 2%) pesados en una balanza analítica luego se cerró las botellas para realizar el proceso de fermentación como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Equipo para fermentación

Una vez iniciado el proceso de fermentación se extrajo cada 12 horas 5mL de muestra para medir el °Brix y el pH. La medición se realizó hasta la obtención de valores constantes para dar término al proceso de fermentación.

Para evaluar el rendimiento de alcohol se trabajó según la Norma Técnica Peruana NTP 319.229:2014 Alcohol Etilico Para Bebidas Alcohólicas. Determinación del grado alcohólico volumétrico.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Análisis del fruto

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Composición del fruto de Cacao.

Descripción	CCN-51	IMC-67
	%	%
Grano fresco	26,1%	25,1%
Cáscara-placenta	73,5%	74,5%
Fruto entero	100%	100%

Se observa que el 73,5% y 74,5% representa el porcentaje de cáscara y placenta del clon CCN-51 y IMC-67 respectivamente con relación al fruto entero, según (Luzuriaga, 2012), menciona que el mayor porcentaje de

la composición del fruto de cacao representa la cáscara y placenta 68,5% en relación al peso del fruto entero. La diferencia en los valores obtenidos se debe a la zona en la que se cultiva una planta como lo afirma (Muñoz, 2014).

Rendimiento del mucílago de cacao

En la tabla 2 se muestra el mucílago obtenido por clon.

Tabla 2. Rendimiento del mucílago de Cacao.

Descripción	CCN-51	
	cantidad	%
Grano Fresco	139 Kg	100,00%*
Mucilago	17 L	12,23%*
Descripción	IMC-67	
	cantidad	%
Grano Fresco	130 Kg	100,00%*
Mucilago	14 L	10,77%*

*: % en relación a la cantidad de grano fresco Mucilago recolectado por 30 horas.

Según (Mejía & Argüello, 2000), menciona que por cada kilo de semilla fresca se produce 50 ml de pulpa. Con respecto a nuestro resultado deducimos que por cada kilo de grano fresco se obtiene 114 ml de mucílago (se promedió con ambos clones); la variación de la

composición química de las plantas se deben a factores como: las prácticas agrícolas, el clima y el tipo de suelo (Espin, Villacrés, & Brito, 2006).

Obtención del mucílago en el tiempo

En las primeras horas el escurrido del mucílago es mayor, y conforme pasa el tiempo gradualmente disminuye hasta dejar de escurrir en su totalidad.

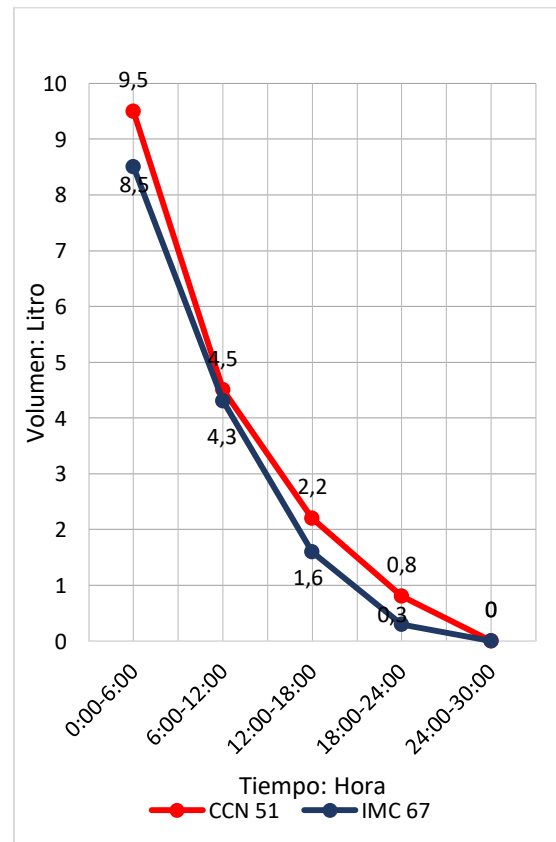


Figura 2. Escurrido del mucílago de Cacao.

Variación de °Brix del mucílago de cacao

En la figura 3, la variación de °Brix en el proceso de fermentación son iguales en ambos clones, CCN-51 e IMC-67, pero diferentes en la cantidad de concentración de levaduras. La velocidad de Variación de °Brix esta influenciado con la concentración de Levadura, a mayor concentración (2%) reducimos el tiempo de variación de °brix (24 horas), y a menor concentración (0%) aumentamos la variación de °Brix (54 horas).

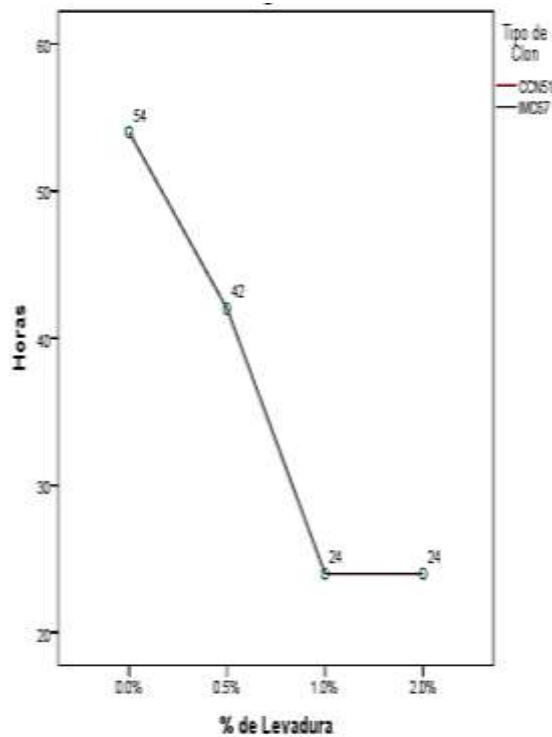


Figura 3. Variación de °Brix por el tiempo de fermentación.

Variación de pH del mucílago de cacao

En la Figura 4, observamos que hay una diferencia significativa con la concentración de 0% de levadura, tenemos el tratamiento T1 del clon CCN-51 con 3,64 de pH y el tratamiento T5 del clon IMC-67 con 3,21 de pH, existe una diferencia de valores de 0,43, estos son los tratamientos que variaron diferente en comparación con los tratamientos con concentraciones de 0,5%, 1% y 2% de levadura, su comportamiento son similares. Esto nos indica que la utilización de levaduras comerciales (excepto el tratamiento T5 del clon IMC-67) alcaliniza ligeramente el medio donde se desarrollan, porque hay un aumento de los valores de pH en comparación con el tratamiento T1 del clon CCN-51 que tiene un aumento de valor de pH elevado.

El tipo de clon no influye en el tiempo de Fermentación pero si influye ligeramente en la variación de pH. El porcentaje de levadura (0%, 0,5%, 1% y 2%) influye significativamente en la variación de pH y en el tiempo de fermentación

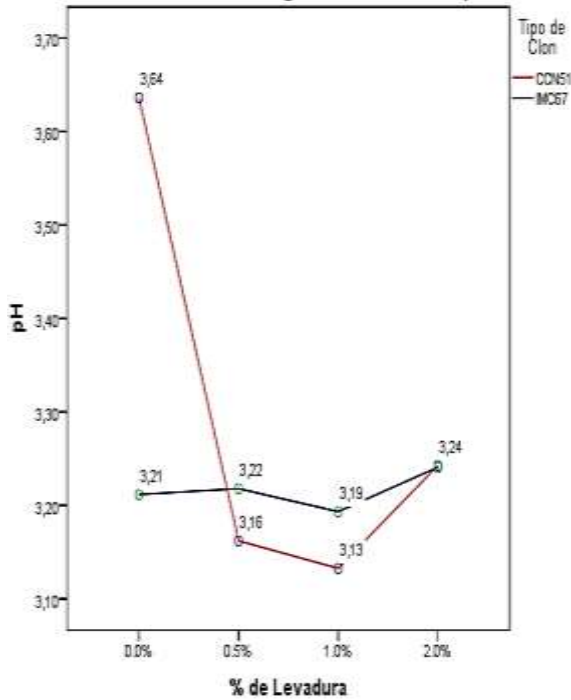


Figura 4. Variación de pH por el tipo de Clon.

Produccion de Alcohol

La menor producción de grado alcohólico está con las concentraciones de 0% y 1% de levadura con una ligera diferencia de 0.83 grado alcohólico entre ellos; esta prueba de comparación múltiple Tukey nos indica que se obtiene una misma cantidad de grado alcohólico con una diferencia mínima utilizando concentración de 0% y 1% de levadura.

La mayor producción de grado alcohólico está con la concentración

de 0,5% y 2% de levadura; esta prueba de comparación múltiple Tukey nos indica que se obtiene la misma cantidad de 13 °GL (13ml en 100ml de muestra) utilizando concentraciones de 0,5% y 2% de levadura.

Tabla 3. Comparación múltiple de Tukey en la producción de grado alcohólico por la concentración de levadura.

% de Levadura	N° de Muestra	Subconjunto	
		1	2
0,0%	6	11,17	
1,0%	6	12,00	
0,5%	6		13,00
2,0%	6		13,00
Sig.		,21	,11

Comparación Múltiple Tukey HSD

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

En la figura 5, observamos que la mayor producción es 13 °GL en las concentraciones de 0.5% y 2% de levadura que pertenece a los tratamientos T2: 0,5%, T4: 2% y T6: 0,5% y T8: 2% de los clones CCN-51 e IMC-67 respectivamente. La menor producción de grado alcohólico pertenecen al clon CCN51 con 10,33 °GL en el tratamiento T1: 0% y 11.67

°GL en el tratamiento T3: 1%. La producción media de grado alcohólico pertenecen al clon IMC67 con 12 °GL en el tratamiento T5: 0% y 12,33 °GL en el tratamiento T7: 1%.

Ambos clones tienen el mayor rendimiento de 13 °GL (equivale a 13 ml de alcohol en 100 ml de muestra), pero el clon donde todos los tratamientos (0, 0.5, 1 y 2 % de levadura) tienen un buen rendimiento (12, 13, 12,33 y 13 °GL) pertenecen al clon IMC-67.

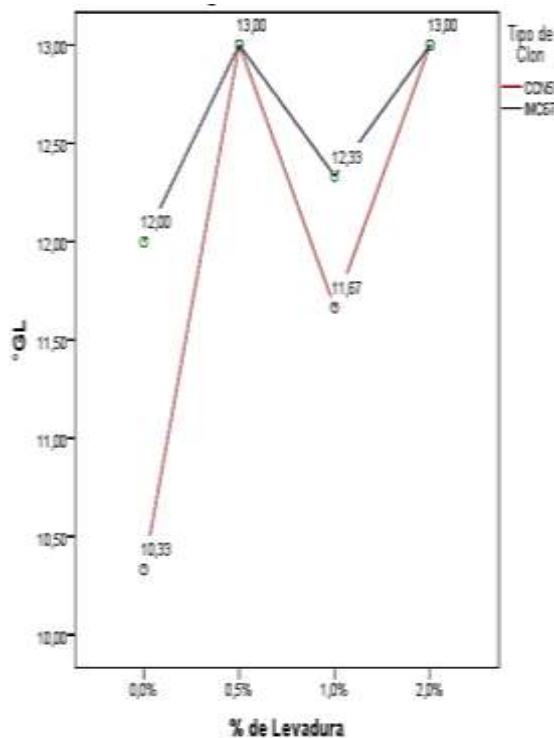


Figura 5. Producción de grado alcohólico por el tipo de Clon.

Análisis de varianza de grado alcohólico y tiempo

En la tabla 4, observamos el análisis de varianza del grado alcohólico °GL y tiempo de fermentación en los clones y concentración de levadura.

El resultado en el tipo de clon, nos indica que no existe diferencia significativa en el tipo de clon y la producción de grado alcohólico; no existe diferencia significativa en el tipo de clon y tiempo de Fermentación (horas). Los tipos de clones CCN-51 y IMC-67 no influye significativamente en la producción de grado alcohólico y el tiempo de fermentación (horas).

El resultado en la concentración de levaduras, nos indica que existe diferencia significativa en la concentración de levaduras y la producción de grado alcohólico; existe diferencia significativa en la concentración de levaduras y tiempo de fermentación (horas). Las concentraciones de levadura (0%, 0.5%, 1% y 2%) influye significativamente en la producción de grado alcohólico y altamente significante en el tiempo de fermentación (horas).

Tabla 4. Análisis de Varianza de grado alcohólico y tiempo de fermentación.

Fuente de Variable	Variación dependiente	suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
CLON	°GL	2,04	1	2,04	4,08	,06
	Horas	60,17	1	60,17	1,11	,31
%	°GL	14,12	3	4,71	9,42	,00
LEVADURA	Horas	14088,50	3	4696,17	86,69	,00
CLON * %	°GL	2,79	3	,93	1,86	,18
LEVADURA	Horas	156,50	3	52,17	,96	,43
Error	°GL	8,00	16	,50		
	Horas	866,67	16	54,17		
Total	°GL	26,96	23			
	Horas	15171,83	23			

CONCLUSIONES

El rendimiento en la producción alcohol del clon CCN-51 fue de 10,33; 13; 11,67 y 13 °GL y del clon IMC-67 fue de 12; 13; 12,33 y 13 °GL con los tratamientos de 0%; 0,5%; 1% y 2% de levadura respectivamente utilizado en la inoculación para el mucilago. Se obtuvo el mayor rendimiento en la producción de alcohol (13 °GL) en los tratamientos con 0,5% y 2% de levadura de ambos clones.

El tiempo de fermentación en ambos clones está en relación directa con la concentración de levadura, los

tratamientos T4 y T8 con mayor concentración levadura utilizada (2%) realizaron la fermentación en un menor tiempo de 47,67 horas; y los tratamientos T1 y T5 que no utilizaron levadura comercial (0%) realizaron la fermentación en un mayor tiempo de 108 horas.

Los valores de °Brix fueron descendiendo en el proceso de fermentación por el consumo de azúcares por parte de las levaduras. El mucílago de clon CCN-51 inicio con 15 °Brix y culmino con 6,1 °Brix (promedio de los 4 tratamientos) y el mucílago del clon IMC-67 inicio con

17°Brix y culminó con 6,7 °Brix (promedio de los 4 tratamientos). La disminución de valor de °Brix está en relación con el porcentaje de levaduras, a mayor concentración de levaduras (2%) es rápido el proceso de degradación de °Brix.

La variación de pH en el proceso de fermentación aumento ligeramente. En el mucílago del clon CCN-51 no hubo variación significativa en los tratamientos T2, T3 y T4, inicio el proceso 3,08 pH y culminó con 3,26 pH a diferencia del T1, inicio el proceso con 3,08 pH y culminó el proceso con 4,07 pH. En el mucílago del clon IMC-67 se graficó una curva aumento de valores de pH en los 4 tratamientos, iniciando el proceso de fermentación con 3,01 y culminando el proceso con 3.3 pH.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali por el financiamiento del trabajo de investigación y a los docentes quienes me brindaron su apoyo.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Alvarin (2007). El cacao: Plantaciones, Producción, Polinización, Plagas, Variedades, Composición y Efectos del Cacao.

Blouin J., & Peynaud É. (2004). ENOLOGÍA PRÁCTICA: Conocimiento y Elaboración del Vino (4th ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa.

El Universo. (Martes 19 de julio del 2005). Economía: Cacao CCN-51 se reconoce como de alta productividad. Recuperado el 14 de noviembre de 2010, de <http://www.eluniverso.com/2005/07/19/0001/9/2D498EAC6A2C48F5B794AFA40F1F83E0.html>

Espin, S., Villacrés, E., & Brito, B. (2006). Caracterización fisicoquímica, nutricional y funcional de raíces y tubérculos andinos. Raíces y tubérculos andinos, 92-93.

Espinosa, José, Mite, Francisco, Cedeño, Sergio, Barriga, Sandra & Andino, Javier. (s.f.). Informaciones agronómicas No. 60. Manejo por sitio específico del cacao basado en sistemas de información geográfica. Recuperado el 13 de octubre de 2011, de

www.ipni.net/ppiweb/.../Manejo%20por%20Sitio%20Especifico.pdf.

FAO. (Abril, 2010). G36 Theobroma cacao L. Recuperado el (9 de noviembre del 2010), de <http://www.fao.org/AG/aga/AGAP/FRG/afris/es/Data/521.HTM>. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Cacao. El Cultivo del Cacao, 1, 3, 22-27.

García, G. (2010). Elaboración de Sake o Vino de Arroz, por medio de la Fermentación con el uso de *Saccharomyces Cerevisae* y Arroz ecuatoriano. Tesis de Grado, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.

García, J. (2008). Maridaje, Enología y Cata de vinos. Antequera, Málaga: Innovación y Cualificación Ediciones, S.L.

García-Lozano, J., Romero-Carrascal, M. & Ortiz, L. A. 2006. Evaluación edafoclimática de las tierras del trópico bajo colombiano para el cultivo de cacao. CORPOICA. Cundinamarca (Colombia), 58p.

Grupo Vilbo (1999). La Levadura. Recuperado el 13 de noviembre de

2010, de www.panaderia.com/informes/levadura.html

León, J. (1997). Botánica de los cultivos tropicales. San José, Costa Rica.

Luzuriaga P., (2012). Extracción y Aprovechamiento del Mucílago de Cacao (*Theobroma Cacao*) como materia prima en la Elaboración de Vino. Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador.

Mejía, L.A. & Argüello O. (2000). Tecnología para el Mejoramiento del Sistema de Producción de Cacao. Publicaciones CORPOICA. Regional 7. Bucaramanga. Colombia.

Ministerio de Agricultura (2012). MINAG – PROAMAZONIA. Sede Ucayali.

Montero, Al. (2007). Estudio de la multiplicación asexual de las plantas de cacao (*Theobroma cacao*). Universidad Estatal de Bolívar. (p. 6).

Monsalve J., Medina I., Ruiz C. (2006). Producción de Etanol a partir de la Cascara de Banano y de Almidón de Yuca. Universidad

- Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Muniesa, Javier. Gastronomía & Cía. (Septiembre, 2009). Levadura para pan. Recuperado el 11 de enero de 2011, de <http://www.gastronomiaycia.com/2009/09/10/levadura-para-pan/>
- Muñoz, M. (2014). La oca un tubérculo andino. Consejo nutricional, 1-2.
- Navarro, Melba & Mendoza, Isidro. (2009). Cultivo de Cacao en Sistemas Agroforestales. San Juan, Nicaragua.
- Nieto, H. (2009). Evaluación de las condiciones de la fermentación alcohólica utilizando *Saccharomyces Cerevisae* y jugo de caña de azúcar como sustrato para obtener etanol. Tesis de Grado, Escuela Politécnica del Ejército, Quito, Ecuador.
- Norma Técnica Peruana, (2014). NTP 319.229:2014 ALCOHOL ETÍLICO PARABEBIDAS ALCOHÓLICAS. Determinación del grado alcohólico volumétrico. 4ª Edición. Reemplaza a la NTP319.229:2012, Lima, Perú.
- Nosti, J. (1963). Cacao, Café y Té (2th ed.). Barcelona, España: SALVAT S.A.
- Pérez E., Patricia, (2004). La Baba de Cacao se convierte en un Herbicida Natural.
- Programa de Capacitación en la Cadena del Cacao, PCCCA, (2005).
- Quimbita F., Rodríguez P., Vera E. (2013). Uso del Exudado y Placenta del Cacao para la Obtención de Subproductos. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Rica, (2009). INTE CTN. Recuperado el 07 de 10 de 2010, de http://www.econegociosforestales.com/ena/files/INTE_23-02-04-09.pdf.
- Rodríguez, Nilda. (2006). Beneficio del cacao (*Theobroma Cacao L*). Recuperado el 09 de noviembre de 2011, de <http://www.docstoc.com/docs/3170963/BENEFICIO-DEL-CACAO-Theobroma-cacao-L-Cosecho-solo-mazorcas-maduras>.
- Villacrés, (1985). Elaboración de Vino de Mora (*RubusGlaucus*). Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

