



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**“INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA AMBIENTE Y HUMEDAD
RELATIVA EN LOS VALORES DE PH Y TEMPERATURA EN LA
MASA FERMENTATIVA AL ELABORAR SACCHARINA
RÚSTICA.”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

P R E S E N T A:

MITZEL MONTSERRAT DEL RIO ANAYA

**ASESORES: M.V.Z MARÍA DE LOS ÁNGELES RUÍZ RIVERA
DR. JUAN JESÚS RUÍZ CERVANTES**

Cuatitlán Izcalli, Estado de México 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

**ATN: M. en A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán.**

EXÁMENES PROFESIONALES

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos **La Tesis:**

"Influencia de la temperatura ambiente y humedad relativa en los valores de pH y temperatura en la masa fermentativa al elaborar Saccharina rústica"

Que presenta la pasante: **MITZEL MONTSERRAT DEL RIO ANAYA**

Con número de cuenta: **30433783-5** para obtener el Título de: **Médica Veterinaria Zootecnista**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 20 de abril de 2015.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

| | NOMBRE | FIRMA |
|---------------------|---|-------|
| PRESIDENTE | M.V.Z. María de los Ángeles Ruiz Rivera | |
| VOCAL | Dra. Deneb Camacho Morfin | |
| SECRETARIO | Dr. Jesús Alberto Guevara González | |
| 1er SUPLENTE | Dra. Ma de los Ángeles Ortiz Rubio | |
| 2do SUPLENTE | M. en C. Carlos Jovito Álvarez Alonso | |

NOTA: Los sindcales supientes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

En caso de que algún miembro del jurado no pueda asistir al examen profesional deberá dar aviso por anticipado al departamento.
(Art 127 REP)

IHM/yrf

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar quiero agradecer a mis padres **Blanca Estela Anaya Santillán** y **José de Jesús del Río González** y dedicarles este trabajo ya que sin su apoyo y sin su constancia simplemente hoy yo no estaría aquí. Gracias por darme la vida y más, los amo con todo mi corazón. Por Ustedes, tengo una vida y la maravillosa experiencia de haber estudiado en la máxima casa de estudios en donde he aprendido no solo la temática de la carrera, mi carrera tan hermosa **MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA** si no también la temática de la vida, ya que dentro y fuera de las aulas hay mil y un experiencias de vida que contar. A mis abuelos **Francisco Anaya Zamora, Victoria Santillán flores, J. Jesús del Río QEPD** y **Rosaura González Eufrasio** gracias por siempre estar ahí*

*A mi hermano **Luis Pedro del Río Anaya** que me ha acompañado a lo largo de esta hermosa etapa de mi vida, porque a pesar de los conflictos y diferencias siempre será mi mitad .contraria.*

*A la persona que hizo que me diera cuenta de cual era en realidad mi pasión dentro de la carrera, que a pesar de todo confió en mi, me dio la gran oportunidad de mi vida y lo sigue haciendo, que mas que un maestro es un gran ejemplo de vida **Dr. Jesús Valdez Miranda.***

*A mis asesores y profesores de carrera que supieron llevarme de la mano por este camino para poder ver culminado esta etapa de mi vida **Dra. María de los Ángeles Ruíz Rivera** y el **Dr. Juan Jesús Ruíz Cervantes.***

*Al hombre que ha sido mi compañero por a casi seis años **Iván Aguilar Chávez** que a pesar de todos los obstáculos hemos sabido seguir delante de la mano.*

A todos mis profesores que con sus aciertos y errores lograron formar en mí la conciencia que tengo en este momento.

A mis amigos que siempre tuvieron la paciencia de estar ahí riendo, jugando, peleando, conversando, intercambiando opiniones y luchando por un ideal
Moisés Eduardo Valderrama Saborío, Carlos Manzo Arenas, Itzel Citlalli Bahena Bustamante, Carlos Ceciliano, Vilma Barrita, Michel Flores Rojas, Esteban Vega Granados.

Muchas gracias por ser parte de mi vida

ÍNDICE GENERAL.

| | |
|---|----|
| I. Resumen..... | 1 |
| II. Introducción..... | 2 |
| III. Revisión Bibliográfica..... | 4 |
| 3.1. Fermentación..... | 4 |
| 3.1.1. Tipos de fermentación..... | 4 |
| 3.1.2. Fermentación en Estado Sólido..... | 5 |
| 3.1.3. Ventajas de proceso de Fermentación en estado solido..... | 6 |
| 3.1.4. Factores que pueden afectar los procesos de Fermentación en Estado Sólido..... | 7 |
| 3.2. Saccharina | 9 |
| 3.2.1. La caña de azúcar como componente principal de la Saccharina..... | 9 |
| IV. Hipótesis..... | 11 |
| V. Objetivo (s)..... | 12 |
| VI. Materiales y Métodos..... | 13 |
| VII. Resultados y Discusión..... | 18 |
| VIII. Conclusiones..... | 24 |
| IX. Bibliografía..... | 25 |

ÍNDICE TABLAS.

1. Tabla 1. Porcentaje de inclusión de aditivos a cada tratamiento en base fresca. Según los autores correspondientes.....14
2. Tabla 2. Comparación de los valores del pH entre cada uno de los tratamientos ensayados. Las literales diferentes en la última columna denotan una $P \leq 0.05$19
3. Tabla 3. Estadígrafos de las variables humedad relativa (HR) y temperatura de la masa (TM) observados en varios sitios y por diferentes autores.....2
4. Tabla 4.- Índices de correlación entre los indicadores HR y TMF acorde a cada tratamiento utilizado22
5. Tabla 5. Comparación de los valores de alguno de los principales indicadores encontrados en los AQP, de los diferentes tratamientos y los detectados por otros autores.....23

ÍNDICE GRAFICAS.

| | |
|--|----|
| Gráfica 1. Comparación de los valores de las temperaturas en promedio según el tratamiento en cuestión y la temperatura ambiente durante el proceso de la elaboración de SR..... | 18 |
|--|----|

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Fig. 1.- Aspecto de la caña recién molida y a punto de ser pesada..... | 13 |
| Fig. 2.- Aspecto de los lotes durante el proceso de fermentación de la SC..... | 14 |
| Fig.3.- Mezclado y volteo del material fermentativo durante el periodo de la elaboración de la SC..... | 15 |
| Fig. 4.- Recolección de los valores de las variables respuesta pH y temperatura de la masa fermentativa..... | 16 |

I. RESUMEN

Con el propósito de determinar la probable influencia de factores externos tales como Temperatura Ambiente (TA) y Humedad Relativa (HR) sobre la Temperatura de la Masa Fermentativa (TMF) presentes durante el proceso de elaboración de Saccharina Rústica (SR), se utilizaron 100 kg de Caña de azúcar (CA) (*Saccharum officinarum*) molida a un tamaño de partículas de entre 20 -30 mm, enseguida se dividieron en 4 parcelas de 25 kg cada una, y de manera aleatoria se les agregó uno de los cuatro diferentes tratamientos, correspondientes a T1 (0.5% de mezcla mineral, 1.5% de urea y 0.75% de sulfato de amonio grado fertilizante), T2 (0.5% de mezcla mineral y 1.5% de urea), T3 (1% de inoculo artesanal) y T4 (0.5% de mezcla mineral, 1.5% de urea, 0.75% de sulfato de amonio grado fertilizante y 1% de inoculo artesanal). Cada parcela con su tratamiento respectivo fue sometida a un proceso de fermentación en estado sólido por 16 h totales, se tomaron datos de pH, TMF, HR y TA, y muestras de cada uno de los tratamientos empleados, las cuales se enviaron para su estudio Q.P al laboratorio de bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria de la UNAM. Los resultados fueron para: T1: TMF ($19.98 \pm 2.29^{\circ}\text{C}$), pH (6.57 ± 0.38) T2: TMF ($20.03 \pm 2.58^{\circ}\text{C}$), pH (5.74 ± 0.44) T3: TMF ($20.06 \pm 1.96^{\circ}\text{C}$), pH (5.63 ± 0.48) T4 una TMF de ($19.96 \pm 2.26^{\circ}\text{C}$), pH de (6.20 ± 0.38). No se detectaron diferencias $P < 0.05$ entre las TMF pero si hubo diferencias entre los valores del pH. Respecto de las correlaciones entre TA y TMF para T1 (0.09), T2 (-0.113), T3 (-0.065) y T4 (-0.033). Basados en los resultados de los valores obtenidos en los AQP se puede decir que ninguna de las variables medidas tuvo efecto en la TMF y que el Fibra Cruda (FC) no mostró mejorar la calidad del producto final en la concentración usada.

Palabras clave: Saccharina, fermentación en estado sólido, temperatura, pH, proteína, humedad.

II. INTRODUCCIÓN

Las fermentaciones microbianas, cuya función en procesos domésticos son muy antiguas y representan una proporción muy importante de los métodos biotecnológicos de la utilización de microorganismos, dado que, su uso ha permitido modificar el sabor de los productos así como su valor nutricional. Esto siempre ha sido de gran interés en la industria de los alimentos, el que aumentó durante la década de los 90's con especial atención en el desarrollo de bioprocesos y productos obtenidos mediante Fermentación en Estado Sólido (FES). (Elías *et al.*, 1990; Carrasco *et al.*, 1997).

Bajo este principio de la FES, se planteó el enriquecimiento proteico de residuos agroindustriales de la producción azucarera sometidos a un proceso de FES generando una línea de diferentes investigaciones, en particular dada la necesidad de contar con alimento de mayor contenido proteico para el ganado. Fueron Elías *et al.*, (1990) del Instituto de Ciencia Animal en Cuba quienes obtuvieron un nuevo producto de la CA al cual llamaron "Saccharina" (SC), su objetivo fue elevar los tenores de proteína de la CA, lo que se consiguió al moler los tallos de esta gramínea y agregar una mezcla mineral más urea y someterla a un proceso de FES, el resultado fue SC con concentraciones de 12-14% de Proteína Cruda (PC). En la actualidad se han seguido haciendo esfuerzos para incrementar y homogeneizar el valor proteico de la SR (Ramos *et al.*, 2006; Aranda *et al.*, 2012).

Por otra parte, se ha observado en los últimos cinco años que el principal problema de la industria ganadera de México y de otros países que forman el grupo que hoy se conoce como América Tropical, son los periodos de estiaje, en donde la falta de alimento y agua para el ganado se ha agudizado provocando un elevado número de muertes en el ganado y de ventas de pánico (Rudiño., 2011; Cabildo., 2012).

Ruiz, 2013, comenta que en México no se ha terminado de estudiar las posibilidades de utilizar recursos que podrían paliar dicha insuficiencia alimentaria, siendo una alternativa la CA, gramínea capaz de mantenerse verde aun en la época de estiaje, momento en que alcanza su máxima producción en términos de Materia Seca (MS) y energía por unidad de superficie. Estas características la posibilitan para ser empleada como alimento en el ganado; sin embargo su bajo contenido proteico y elevado contenido de fibra constituyen sus principales limitantes (Martín, 2005). Esta ha sido la razón principal por la cual se ha dedicado esfuerzo a modificar estos indicadores buscando además la forma de abaratar y facilitar la producción de SC (Carrasco *et al.*, 2000). Entre los factores que pueden intervenir sobre el contenido proteico y que no han sido estudiados de manera intensa, están la TA y HR por lo que se hace necesario el estudio de su probable influencia. Se busca con ello, tener mayor certidumbre en conocer cuáles son las mejores condiciones para elaborar SR.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

3.1.- Fermentación.

Este proceso lo encontramos en las bebidas fermentadas que fueron consumidas por las principales civilizaciones que existieron siglos antes de nuestra era, y no es sino hasta entrado el siglo XVII cuando se comenzó a estudiar la naturaleza de estas fermentaciones y a partir de entonces fueron incontables los descubrimientos científicos alcanzados que permitieron definir las como aquellos procesos metabólicos que se caracterizan por la degradación incompleta de los hidratos de carbono en las cuales intervienen mohos, bacterias y/o levaduras como resultado de la descomposición de sustancias complejas en sustancias más simples caracterizándose por el menor rendimiento de energía comparado con los procesos respiratorios (Rodríguez, 2004).

En la actualidad existe una proporción importante de procesos biotecnológicos donde se utilizan microorganismos cuya capacidad de biosíntesis mediante procesos de fermentación relativamente simples, se orienta a la producción de determinadas sustancias útiles a la alimentación del hombre y de los animales (Elías *et al.*, 1990).

3.1.1 Tipos de Fermentación.

Los diferentes tipos de fermentación se han clasificado acorde al estado físico en que se presenta su principal sustrato energético que constituye la matriz sobre la cual ocurre el crecimiento y desarrollo microbiano siendo estos:

- ❖ Fermentación líquida: El crecimiento microbiano se da en un medio líquido donde los sustratos están completamente disueltos en él.
- ❖ Fermentación sólida sumergida: El sustrato es sumergido en pequeñas partículas en un medio líquido, a través del cual se transportan los microorganismos. La cantidad de sustrato sólido raramente sobrepasa la concentración de 50 g/L. (Mitchell *et al.*, 2002).

- ❖ Fermentación en Estado Sólido (FES): es un proceso en el cual se produce un crecimiento microbiano, comúnmente ocurre en la superficie de los materiales sólidos caracterizada por la ausencia de agua libre en los espacios entre las partículas de la matriz sólida (Rodríguez, 2004; Rodríguez, 2005; Julián *et al.*, 2007; Díaz 2009).

3.1.2 Fermentación en Estado Sólido (FES)

Para la elaboración de SR se utiliza la FES cuyo objetivo es el de preservar o desarrollar nuevos alimentos a partir de la utilización de carbohidratos mediante su uso por parte de microorganismos, en donde el sustrato deber ser un material con ausencia de líquidos libres para que exista un crecimiento y desarrollo de los microorganismos epifíticos, que al hacer uso de los mencionados carbohidratos estructurales nos darán un alimento con los valores de proteína mas elevados (Carrasco *et al*, 1998; Robinson *et al* , 2002).

Una característica especial en los alimentos sometidos a un proceso de FES es que los metabolitos de la actividad microbiana se quedan en el alimento y constituyen vitaminas, aminoácidos, Ácidos Grasos Volátiles (AGV) y enzimas principalmente los cuales servirán de nutrientes a los consumidores del producto (Elías *et al.*, 1990).

El proceso de FES es considerado como una alternativa económica para el tratamiento de residuos orgánicos sólidos tales como trigo, centeno, arroz y maíz, y subproductos agroindustriales Costa *et al.*, 2010, mencionan que estos subproductos agroindustriales son considerados los mejores sustratos y proporcionan los nutrientes necesarios para el crecimiento del microorganismo, ejemplo de ello son los residuos de manzana, plátano, uva, cítricos, CA, entre otros, los cuales al ser ricos en azúcares y celulosa, proporcionan energía que junto con la adición de urea como fuente de nitrógeno (N) son utilizados para el crecimiento de la flora epifítica de los subproductos, duplicándose la biomasa en 5.2 minutos (Valiño *et al.*,1994), se mejora el balance de

aminoácidos y la digestibilidad de las materias primas empleadas como fuente de alimento animal, de manera que constituye una vía alternativa para el empleo de fuentes más económicas que las tradicionales (Dustet e Izquierdo, 2004).

3.1.3. Ventajas de proceso de FES.

Pastrana, 1996 menciona que: como cualquier proceso en la FES también existen inconvenientes y ventajas. A continuación se mencionan algunos de los aspectos más observados por el autor ya mencionado

Ventajas:

- ✓ Los medios de cultivo son simples, y con un alto contenido de nutrientes necesarios para el crecimiento de flora epifítica.
- ✓ La baja actividad del agua es de gran ayuda para evitar las contaminaciones, por bacterias y/o levaduras.
- ✓ La aireación es facilitada por la porosidad del soporte, lo que permite una alta transferencia de oxígeno al microorganismo.
- ✓ Los procesos se consideran generalmente como tecnologías limpias.

Desventajas:

- Por la naturaleza del sustrato, frecuentemente existe la necesidad de darle un pre-tratamiento (molienda).
- Su aplicación se limita a microorganismos que crecen en bajos contenidos de humedad por la dificultad que existe de mantener este parámetro constante durante la fermentación .
- Carencia de métodos para la medición de crecimiento bacteriano.
- La naturaleza sólida del sustrato, al medir los parámetros de la fermentación tales como pH, temperatura, humedad y oxígeno libre que solo pueden medirse con determinado tipo de instrumentos.

3.1.4. Factores que pueden afectar los procesos de FES.

Existen diferentes componentes que pueden modificar el resultado al final del proceso de FES capaces de modificar los parámetros de las variables estudiadas como:

- ✓ **pH:** Este valor puede verse modificado por la actividad metabólica o la capacidad amortiguadora de cada sustrato, estas variaciones se producen debido a causas diversas, como son:
 - a) oxidación incompleta del sustrato.
 - b) liberación de ácidos orgánicos.
 - c) consumo o liberación de iones amonio (el consumo provocan el descenso del pH, mientras que la liberación provoca un aumento en el mismo).

Cabe mencionar que específicamente en la FES es un tanto difícil controlar los valores de pH por lo cual, se requiere de organismos que no sean tan estrictos en este sentido y tengan un rango amplio de adaptación a los cambios de pH (Rodríguez, 2004).

- ✓ **Temperatura de la masa fermentativa:** como consecuencia de la actividad metabólica de los microorganismos los niveles de temperatura pueden elevarse dentro del sustrato. Su interacción con componentes como el agua pueden determinar su crecimiento y actividad ya que estos tienen niveles óptimos para su crecimiento y producción de metabolitos, dependiendo del tipo de bacterias con las que se esté tratando. Así es necesario conocer estas condiciones para saber en dónde se alcanza la máxima velocidad de crecimiento bacteriano (Pastrana, 1996).
- ✓ **Microorganismos:** En los procesos de FES la temperatura óptima está en el rango de 20 a 40 °C la cual dependerá de los microorganismos empleados y cuya clasificación está en dependencia con la temperatura y su desarrollo y se clasifican de la siguiente manera:

- ❖ **Termófilos:** aquellos microorganismos que crecen en temperaturas por encima de 65°C, la temperatura para un crecimiento óptimo se encuentra entre 70 - 80°C y la máxima entre 80 – 113°C. La mayoría de las bacterias mesófilas crecen más rápidamente entre 25 y 40°C.

 - ❖ **Psicrófilos:** los microorganismos así nombrados son aquellos que crecen en temperaturas que van por debajo de los 5°C, aunque su crecimiento puede ir desde los 20°C hasta menos de 0°C, estos han desarrollado mecanismos diferentes de adaptación para realizar sus funciones metabólicas a bajas temperaturas incorporando características únicas en sus proteínas (disminución en interacciones iónicas y enlaces de hidrogeno) y membranas (poseen muchos menos grupos hidrófobos y más grupos cargados en su superficie) (Ramírez *et al*, 2006). Muchos psicrófilos viven en los biotopos que tienen baja temperatura y alta presión (Gómez y Steiner, 2004).
- ✓ **Humedad relativa:** este factor es de suma importancia, debido a que es responsable de la disolución de los nutrientes y permite el ingreso de los mismos a las células, ayuda a purificar y extraer los productos del metabolismo una vez que son excretados al medio, además de que mantiene homogénea a la mezcla. Debido a que los sustratos tienen diferente capacidad para retener agua, la cantidad de ésta puede variar de forma considerable. El valor mínimo de humedad en el proceso de FES debe ser igual al 12 %, debajo de este valor se corre el riesgo de que no se puede dar ninguna actividad metabólica (Robinsón *et al*, 2001).

3.2.- Saccharina.

Es un nuevo producto alimenticio, el cual contiene compuestos nitrogenados proteicos y no proteicos, que se obtienen a través de someter a la CA limpia (sin hojas, cogollos y tallos) a un proceso de FES (Elías, *et al.*, 1990; Carrasco *et al.*, 1997; Elías *et al.*, 2001).

3.2.1.- La caña de azúcar como componente principal de la Saccharina.

La CA, es el principal ingrediente de la SC. Esta es una gramínea perenne que se ha utilizado tradicionalmente para la producción de azúcar. Sin embargo, también se le ha considerado como un recurso forrajero importante para satisfacer la escasez de pasto durante la época de sequía y de contingencias ambientales, debido a su capacidad de permanecer verde todo el año y producir cantidades extraordinarias de forraje, tan solo en México se han llegado a producir alrededor de 150 T/ha. (Aranda *et al.*, 2012). No obstante, su principal problema es el bajo tenor de proteína y alta concentración de fibra bruta. (Ruíz *et al.*, 2002; Rodríguez, 2005; Monroy *et al.*, 2006).

Se ha demostrado que si se somete a la CA adicionada con urea y minerales a un proceso de FES se produce una disminución de los carbohidratos solubles, además de la transformación del nitrógeno no proteico en nitrógeno precipitable, al ácido tricloroacético es decir hay crecimiento microbiano, especialmente de levaduras y se obtiene una caña enriquecida a la que se le ha nombrado SC. Por sus características nutritivas y por su composiciones química y física es capaz de sustituir cereales (el maíz y el trigo) en las dietas para rumiantes.(Elías *et al.*, 1990; Elías *et al.*, 2001; Aranda *et al.*, 2002; Ruiz *et al.*, 2002, Nelson *et al.*, 2004; Ramos *et al.* 2006).

La SC ha demostrado tener varias ventajas entre las que sobresalen:

- ❖ Un bajo costo de producción.
- ❖ Presenta un riesgo mínimo de intoxicación.
- ❖ Se puede elaborar en las mismas instalaciones de la producción

- ❖ Periodo de almacenamiento sin perder propiedades bromatológicas de seis meses.
- ❖ El proceso de recobrado es simplificado, se puede incorporar como alimento animal inmediato. (Elías *et al.*, 1990, Carrasco *et al.*, 1997; Julián y Ramos, 2007).

De acuerdo al procedimiento empleado para la fermentación y secado de la CA durante la elaboración de este producto se producen tres tipos diferentes de SC:

- Industrial: se obtiene al fermentar y secar el producto en condiciones controladas en fermentadores.
- Semindustrial: se fermenta en condiciones controladas (fermentadores) y se seca directa al sol.
- Rústica: todo el proceso ocurre en superficies de cemento, solo se evita que durante la FES los rayos del sol contacten la masa fermentativa, y hasta el final será sometida a un secado directo al sol (Nelson y Carvajal 2004).

IV. HIPÓTESIS.

Las variaciones de la temperatura y humedad ambientales provocan cambios en los niveles de pH de la masa fermentativa de tal manera que se pueden ver modificados los valores de proteína y energía metabolizable al elaborarse Saccharina Rústica en condiciones diurnas y bajo techo.

V. OBJETIVO (S).

- ❖ Analizar los probables efectos de la temperatura ambiente y humedad relativa sobre los valores del pH en el seno de la mezcla utilizada, durante el proceso de fermentación al elaborar Saccharina Rústica.
- ❖ Comparar los valores de: proteína cruda y energía metabolizable conforme a los diferentes tratamientos propuestos en este ensayo y su probable relación con respecto de los efectos provocados por la temperatura ambiente y la humedad ambiental.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS.

Este trabajo experimental fue realizado en el taller de alimentos del Centro de Enseñanza Agropecuaria (CEA), perteneciente a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, ubicada en la Carretera Cuautitlán -Teoloyucan km 2.5, San Sebastián Xhala, C.P. 54714, Estado de México, cuyas coordenadas geográficas son 19° 41' 35" de latitud Norte y de 99° 11' 38" longitud Oeste, su clima está tipificado como templado sub húmedo con lluvias en verano, (Cw1) humedades relativas de entre 27.7 hasta 72.3% (INEGI, 2009).

Se utilizaron un total de 100 kg de CA limpia, (sin hojas y sin puntas), de una variedad comercial.

El proceso de elaboración de (SR) dio inicio con la molienda de la CA (8:00 am) hasta obtenerse un tamaño de partícula de entre 20 y 30 mm de grosor, (Fig 1) con una maquina forrajera tradicional. El material se colocó en una superficie de cemento sobre bolsas negras de plástico para evitar una posible contaminación del material experimental, en seguida se formaron cuatro parcelas de 25 kg cada una y se les adicionó de manera aleatoria uno de los tratamientos propuestos para este ensayo los cuales se describen en la Tabla 1.



Fig. 1.- Aspecto de la caña recién molida y a punto de ser pesada.

Tabla 1. Porcentaje de inclusión de aditivos a cada tratamiento en base fresca. Según los autores correspondientes.

| | % de inclusión de los aditivos | | | |
|--------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------|------------------------------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 |
| | Ruíz, 2004 | Elías <i>et al</i> , 1990. | Fermento casero. | Ruíz, 2004 + Fermento casero |
| Inóculo artesanal (1) | ----- | ----- | 1.00% | 1.00% |
| Urea | 1.50% | 1.50% | ----- | 1.50% |
| SAF (2) | 0.75% | ----- | ----- | 0.75% |
| Minerales (3) | 0.50% | 0.50% | ----- | 0.50% |

1. Composición del inóculo artesanal: 10% melaza, 0.5% urea, 5.0% pollinaza, 1.0% leche de búlgaros (*Lactobacillus bulgaricus*), completando el resto con hasta el 100%. Acto seguido la mezcla se mantiene en reposo por 24 h tiempo suficiente para ser utilizado como aditivo.

2. SAF (sulfato de amonio grado fertilizante).

3. Minerales, la composición fue: fosforo 10%, calcio 12%, hierro 0.5%, magnesio 0.1%, cobre 0.15%, zinc 0.12%, manganeso 0.55%, cobalto 0.05%, yodo 0.02%, selenio 200 ppb.

Una vez adicionados los tratamientos en forma manual, se formaron unidades similares de 80 cm de largo x 35 de ancho y 15 cm de alto (Carrasco *et al.*, 1997). En la figura 2, puede observarse el material depositado sobre las cubiertas de plástico.



Fig. 2.- Aspecto de los lotes durante el proceso de fermentación de la SC.

Como sugirieron Carrasco *et al.*, (1997); Ruiz *et al.*, (2002); Ruiz, (2004) para el correcto proceso de FES, se revolvieron los productos del montículo cada 2 h, durante un periodo de 16 h, (Figura 3) sin modificar las proporciones antes mencionadas.



Fig. 3.- Mezclado y volteo del material fermentativo durante el periodo de la elaboración de la SC.

De manera simultánea se registraron los valores de HR y TA durante el día además de medir de valores del pH y TMF Fig 4 en cada una de las parcelas (las medidas de estos últimos indicadores se tomaron tres veces en diferentes lugares de cada uno de las parcelas y se anotaron en una matriz de datos para su análisis correspondiente) en los casos del pH y TMF se utilizó un potenciómetro marca Oakton modelo 3561480, para el resto de las variables se tomaron los datos computarizados por el centro meteorológico de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.



Fig. 4.- Recolección de los valores de las variables respuesta pH y temperatura de la masa fermentativa.

Terminado el periodo de fermentación, el material de cada uno de las cuatro parcelas fue sometido a un proceso de secado sobre una superficie asfaltada, y expuesto a los rayos solares realizando un volteo manual hasta que la mezcla de cada tratamiento estuvo seca al tacto. Para evitar la contaminación durante el proceso este se llevó a cabo en el área de secado cubierta por bolsas de poliéster sobre las cuales se extendió cada uno de los productos de las diferentes SC de acuerdo a su tratamiento. Concluida esta etapa se dio por terminado la elaboración de la SC, acto seguido, se tomaron cuatro muestras aleatorias de cada parcela mismas que se enviaron para su análisis bromatológico al laboratorio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Los resultados obtenidos de los cuatro experimentos se analizaron con base a un modelo completamente aleatorizado, cuyo diseño matemático corresponde a la siguiente modelo.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento (T1, T2, T3 y T4 respectivamente).

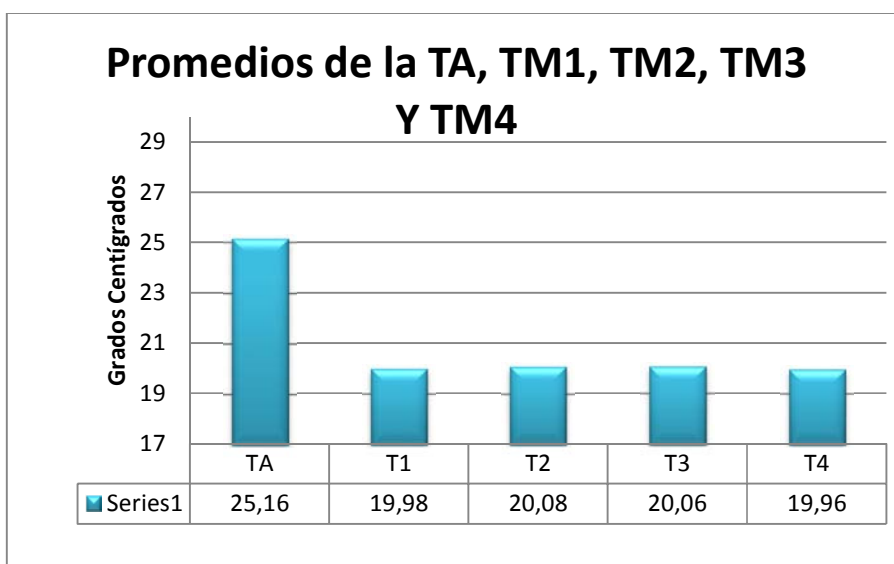
ε_{ij} = Error aleatorio normal (Rodríguez, 1991; Ruiz 2004)

Los datos de las variables se sometieron a las técnicas estadísticas de comparación entre medias y correlación con el programa de computadora Matlab 16, a las diferencias entre medias se les aplicó una prueba de Pearson.

Los datos de TA y HR y los valores bromatológicos se trataron con la técnica de correlación utilizando para ello datos de autores que hicieron SC bajo condiciones diferentes de HR y TA.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En el caso de las temperaturas en el interior de las masas fermentativas (TMF), las cifras observadas para cada uno de los tratamientos fueron en promedio para T1 (19.98 ± 2.29), T2 (20.03 ± 2.58), T3 (20.06 ± 1.96) y T4 (19.97 ± 2.26), al efectuarse la comparaciones entre medias y someterse a la prueba de confianza de Pearson a cada uno de los tratamientos, no se detectaron diferencias $P < 0.05$, como se muestra en la Gráfica 1.



Gráfica 1. Comparación de los valores de las temperaturas en promedio según el tratamiento en cuestión y la temperatura ambiente durante el proceso de la elaboración de SR.

Estos resultados coinciden con lo observado por Ruiz *et al.*, (2002) quienes al utilizar diferentes niveles de inclusión de SAF que iban de 0.00% hasta 1.00% no encontraron diferencias significativas en cuanto a los promedios de las TMF, concluyendo que existe una tendencia natural a mantener una estabilidad, de tal manera que los rangos observados para las TMF oscilaron entre 19.9 - 20.1 °C. En otro ensayo, Ruiz, (2004) encontró que las medidas de TMF tuvieron rangos de 17 a 23°C que como puede observarse son muy similares a las encontradas para este experimento mismo que coincide con el hecho de que en los casos de

T1 y T4 se utilizó como ingrediente SAF en las proporciones sugeridas por Ruiz, (2004), así que al ser sometidas a una comparación como se nota que en este ensayo, las TMF fueron muy similares 19.98 para T1 y 19.96 °C para T4 no obstante los valores observados, se asemejan a la cifra de 19.6°C TMF registrada para una inclusión de 0.75% de SAF cuando elaboró SR en condiciones nocturnas y con una TA promedio de 21.0° C.

Por otra parte en el trabajo realizado por Elías, *et al.*, (1990), consiguieron mantener una temperatura constante de 40.0°C esto gracias a las condiciones controladas en un laboratorio; sin embargo Rodríguez (2009) acepta que la TA pareciera tener una ligera influencia sobre la TMF.

En la literatura consultada, cab abstrac de 2005 - 2012 no se detectaron otros autores que hubieran considerado a la TMF como un factor importante en el proceso de elaboración de SR con capacidad para influir en la calidad de este producto. No obstante por haber utilizado nuevos ingredientes (inóculo) se esperaba una probable modificación dentro de la TMF y una mejora en el índice de su calidad nutritiva.

Tabla 2.- Comparación de los valores del pH entre cada uno de los tratamientos ensayados. Las literales diferentes en la última columna denotan una $P \leq 0.05$

| Tratamiento | pH rango | pH \pm DE |
|-------------|-------------|------------------------------|
| T1 | 6.04 - 7.29 | 6.57 ^a \pm 0.38 |
| T2 | 5.04 – 6.51 | 5.74 ^b \pm 0.44 |
| T3 | 5.01 – 6.93 | 5.63 ^b \pm 0.48 |
| T4 | 5.73 – 7.21 | 6.20 ^a \pm 0.38 |

En la Tabla 2, se observan los valores promedio para los valores de pH obtenidos según el resultado de la comparación entre medias y la prueba de confianza de Tukey. Se detectó una diferencia significativa $P \leq 0.05$ entre tratamientos. Siendo los valores de T1 y T4 los que tuvieron los valores más elevados que comparados con T2 y T3 tuvieron diferencias $P \leq 0.05$. Estos últimos tratamientos mencionados no mostraron diferencias entre sí ($P \leq 0.05$).

Al ser confrontados con el resultado obtenido por Elías *et al.*, (1990) el cual es de 4.5 ± 2 creemos que habiendo trabajado en el laboratorio estos autores tuvieron un mayor control sobre otras variables que pudieran haber incidido en sus resultados. En tanto que (Ruiz, 2004) obtuvo 5.90 ± 0.32 y como ya se mencionó este autor trabajó durante la noche y las temperaturas observadas en periodos de dos horas presentaron un rango en cual se detectó hasta 10 grados de diferencias entre las temperaturas extremas aun cuando al final del experimento se haya determinado como temperatura promedio $21 \pm 4.4^\circ\text{C}$.

No obstante Rodríguez *et al.*, (2006) utilizaron una mezcla de CA y boniato (*Ipomea batata lam*) refieren haber detectado un valor para el pH de 5.9 ± 0.10 , por lo que al comparar los resultados obtenidos en el presente trabajo con los de otros autores se determinó que T1 está 0.67 por encima de los niveles obtenidos para esta variable, mientras que la variación para los demás tratamientos es mínima concluyendo que cuando los índices del pH están por debajo de 7.0 serán óptimos para el proceso de FES y para el crecimiento de la flora epifítica.

Se ha dicho, que el incremento en los valores del pH están relacionados directamente con la producción de NH_3 aunque al mismo tiempo se ha detectado una menor producción de ácidos orgánicos (Elías *et al.*, 1990; Rodríguez *et al.*, 2006). También se ha atribuido este aumento de NH_3 con el alza del contenido total de aminoácidos y productos alcalinizantes, (Becerra *et al.*, 2008; Díaz-Plascencia *et al.*, 2010).

En referencia a los valores promedios de HR observado durante el periodo de FES en este ensayo fueron de $27.83 \pm 12.45\%$ con un CV de 47.74 lo que se explica

por el amplio rango entre los índices observados (17 y 50 % cifras de la humedad mínima y máxima respectivamente). Al comparar estos valores con los obtenidos por otros autores (Tabla 4) se aprecia la diferencia que existe entre las cifras encontradas para la HR y TM en las diferentes entidades donde se efectuaron los trabajos enunciadas por los investigadores en su momento.

Tabla 3.- Estadígrafos de las variables humedad relativa (HR) y temperatura de la masa (TM) observados en varios sitios y por diferentes autores.

| Localidad | | | | | | | | | | |
|-----------|----------------------------|-------|-----------------------------------|-------|----------------------------|-------|---|-------|----------------|-------|
| | Etzatlán Jal. Ruiz (2004). | | Ciudad Mante Tams. Molina (1998). | | Escobedo Jal. Ruiz (2000). | | Habana Cuba Elías, <i>et al.</i> , (1990) | | FES-Cuautitlán | |
| | HR | TM | HR | TM | HR | TM | HR | TM | HR | TM |
| X | 95.82 | 19.64 | 81.50 | 28.00 | 32.5 | 20.10 | 72.45 | 23.30 | 27.83 | 25.17 |
| DE | 6.80 | 1.30 | 16.30 | 3.00 | 7.20 | 2.30 | 5.80 | 3.30 | 12.45 | 2.40 |
| CV | 7.10 | 6.60 | 20.00 | 10.32 | 20.29 | 11.4 | 9.00 | 14.00 | 44.74 | 9.53 |

Grosso modo en cuanto a la HR, las cifras de la Tabla 4 muestran que existen diferencias de hasta un 68 %, cuando son comparadas las cifras obtenidas en la FES-Cuautitlán y las obtenidas en Etzatlán en el año de 2004; sin embargo, las temperaturas observadas en las masas de fermentación con cualesquiera de los estudios descritos en la tabla 4, difieren de tal modo que la cifra de 28° C obtenida en Tamaulipas por Molina (1998) y siendo la más alta, solo presenta una diferencia de 2.83° C con respecto del valor obtenido en el presente trabajo.

Los valores de correlación entre HR y TMF de t1 y T4 -0.63 Y 0.49 relativamente explicarían un probable efecto de la HR sobre la TMF sin embargo T2 y T3 con valores de -0.45 y 0.44 no apoyan este aspecto.

Tabla 4.- Índices de correlación entre los indicadores HR y TMF acorde a cada tratamiento utilizado.

| Tratamiento | Índice de correlación |
|-------------|-----------------------|
| T1 | -0.63 |
| T2 | -0.45 |
| T3 | -0.44 |
| T4 | -0.49 |

Finalmente y a manera de complemento de la investigación, cuando se compararon los valores de los AQP obtenidos en el laboratorio de nutrición de la FMVZ-UNAM (tabla 5), con los de Elías, *et al.*, 1990; Ruiz, *et al.*, 2002; Ruiz, 2004; Monroy, *et al.*, 2006; Carrasco *et al.*, 1998 se observa que las estimaciones para la PC se encuentran entre los índices obtenidos por estos autores. Solo en el caso de T3 fue tan baja (2.23 %) que no tiene comparación con ninguno de los trabajos consultados.

Para el indicador de EM no se detectaron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos empleados (tabla 6) aunque al ser cotejados contra los valores detectados por Ruiz, (2004) y Elías *et al.*, (1990) se aprecia que las cifras de este caso, están por debajo de los rangos obtenidos por los autores mencionados, deduciendo que como mencionaron Carrasco *et al.*, (2000) para el proceso de elaboración de SR la caña a fermentar debe tener entre 24 y 48 h de corte porque este factor parece ser influyente sobre los contenidos energéticos.

Tabla 5. Comparación de los valores de alguno de los principales indicadores encontrados en los AQP, de los diferentes tratamientos y los detectados por otros autores.

| Análisis Químico Proximal | | | | |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 |
| Materia seca % | 90.88 | 90.30 | 92.26 | 90.88 |
| Proteína Cruda (N*6.25) | 16.71% | 18.98% | 2.23 % | 20.51% |
| Fibra Cruda | 16.58% | 14.96% | 17.13 % | 14.82% |
| E.M. (kcal/kg) | 2874.77 | 2909.25 | 2950.98 | 2897.29 |

VIII. CONCLUSIONES.

1.- La elaboración de SR parece ser posible aún bajo condiciones variables de TA, HR debido a que estos factores no mostraron una influencia determinante en los valores finales de este producto, cuando han sido comparados con los resultados de otros autores; sin embargo debe tomarse en cuenta la relación costo-beneficio dado que la CA no es un cultivo endémico en el altiplano de México.

2. La HR o la TA no aparentaron ser componentes principales con la capacidad de modificar por si solos o de manera conjunta el pH de la masa fermentativa o la TMF durante el proceso de la elaboración de SR, por ende en este caso no fueron afectados los niveles nutricionales con los tratamientos utilizados.

3.- De las fórmulas sugeridas, se puede concluir que el fermento casero adicionado como un ingrediente más incrementó los valores de proteína ($N \times 6.25$) por lo que puede ser un componente más que debiera ser añadido a las fórmulas utilizadas con antelación; sin embargo, según los resultados obtenidos en las condiciones de este experimento, no es recomendable utilizar el fermento casero de manera única.

IX. BIBLIOGRAFÍA.

1. Aranda M; Georgana E; Ramos A; Salgado S. 2012. Elaboración de un alimento basado en caña de azúcar a partir de la fermentación en estado sólido y con diferentes niveles de zeolitas. Rev. Cubana Cienc. Agric, 46: 159-163.
2. Cabildo M. 2012. Alcanza sequía a 28 de las 32 entidades del país, alerta UNAM. Nota informativa. Proceso. México, disponible en: <http://www.proceso.com.mx/?p=297003>.
3. Carrasco E; Bocourt R; Febles E; Febles I. 1997. Grosor en la capa y volteo en la fermentación de la caña de azúcar con excreta vacuna. Rev. Cubana Cienc. Agric, 31: 49-55.
4. Carrasco E; Elías A; Boutcourt R. 1998. Nivel de urea y grosor de la capa en los indicadores fermentativos de la caña de azúcar procesada con excreta vacuna. Rev. Cubana Cienc. Agric, 32: 395-399.
5. Carrasco, E; García R; Fundora O. 2000. Una nota sobre el uso de la caña fermentada como excreta vacuna como complemento al pasto en alimentación de novillas. Rev. Cubana Cienc. Agric, 34: 221-224.
6. Costa M; Torres M; Magariños H; Reyes A. 2010. Producción y purificación parcial de enzimas hidrolíticas de *Aspergillus ficuum* en fermentación sólida sobre residuos agroindustriales. Rev. Colomb. Biotecnol, 22:163-175.
7. Díaz D. 2009. Desarrollo de un inóculo con diferentes sustratos mediante fermentación solida sumergida. Tesis Doctorado, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua México.
8. Dustet C; Izquierdo E. 2004. Aplicación de balances de masa y energía al proceso de fermentación en estado sólido de bagazo de caña de azúcar con *Aspergillus niger*. Biotecnología Aplicada, 21: 85-91.
9. Elías A; Lezcano O; Lezcano P; Cordero J; Quintana L. 1990. Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico en la caña de azúcar mediante la fermentación en estado sólido (Saccharina). Rev. Cubana Cienc. Agric, 24: 1-12.

10. Elías A; Lezcano O. 1993. Efecto de la fuente de N y algunos factores de crecimiento en la población de levaduras que se establece en la producción de Saccharina, *Rev Cubana Cienc Agríc*, 27:277-283.
11. Elías A; Lezcano O; Herrera R. 2001. Algunos indicadores bromatológicos y productos finales de la fermentación para la obtención de cuatro tipos de Saccharina inoculados con vitafert. *Rev. Cubana Cienc. Agric*, 35: 153-158.
12. Gomez J; Steiner W. 2004. The Biocatalytic Potential of Extremophiles and Extremozymes. Institute of Biotechnology and Bioprocess Engineering, Graz University of Technology, Petersgasse, 12: 223-235.
13. INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.
14. Julián C; Ramos B. 2007. Fermentación en estado sólido (I). Producción de alimento animal. *Tecnología química*, 27: 17-22.
15. Martín C. 2005. El uso de la caña de azúcar para la producción de carne y leche. *Rev. Cubana Cienc. Agric*, 39: 427-438.
16. Mitchell D; Berovic M; Krieguer N. 2002. Overview of sólido state bioprocessing. *Biotecnología anual review*, 8:183.
17. Monroy M; Aranda E; Mendoza G; Ramos A; Herrera J; Cobos M; Izquierdo F. 2006. Elaboración y conservación de Saccharina a partir de caña de azúcar integral, con la adición de melaza y pulidura de arroz. *Rev. Cubana Cienc. Agric*, 40: 167-172.
18. Nelson J; Carvajal J. 2004. Saccharina rustica una aplicación biotecnológica para la alimentación animal. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 2: 43-48.
19. Pastrana L. 1996. Fundamentos de la fermentación en estado sólido y aplicación a la industria alimentaria. *Ciencia y Tecnología Alimentaria México*, 1: 4-12.
20. Ramírez D; Serrano R; Sandoval T. 2006. Microorganismos extremófilos. Actinomicetos halófilos en México. *Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco*, 3: 56-71.

21. Ramos A; Elías A; Herrera F. 2006. Procesos para la producción de un alimento energético - proteico para animales. Efecto de cuatro fuentes energéticas en la fermentación en estado sólido (FES) de la caña de azúcar. Rev. Cubana Cienc. Agric, 40: 51-58.
22. Robinson T; Singh D; Nigam P. 2001. Fermentación en estado sólido: una tecnología microbiana promisorio para la producción de metabolitos secundarios. Appl. Microbiol Biotechnol, 55:284-289.
23. Rodríguez M. 1991. Método de investigación pecuaria, 1a ed. México, Trillas-UAAAN.
24. Rodríguez Z. 2004. Uso del boniato (*Ipomoea batata lam*) en la tecnología de fermentación en estado sólido de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Tesis Doctorado. Universidad Agraria de La Habana Cuba, Instituto de Ciencia Animal, Cuba.
25. Rodríguez Y. 2005. Obtención de un alimento energético a través de la FES de la caña de azúcar y del tubérculo yuca. Tesis Master en Ciencias Veterinarias, especialidad en producción con rumiantes, Universidad Agraria de la Habana, Instituto de Ciencia Animal, Cuba.
26. Rodríguez Z; Boucourt R; Elías, A; Herrera, R; Núñez, O. 2006. Efecto del grosor de la capa en la dinámica de fermentación de mezclas de caña (*Saccharum officinarum*) y boniato (*Ipomea batata lam*) Rev Cubana Cienc Agríc, 40: 173-182.
27. Rudiño L. 2011. Muerte y despoblamiento de ganadero en el centro y norte de México por la sequía. Nota informativa. La Jornada. México disponible en: <http://www.jornada.unam.mx/2011/12/17/cam-centro.html>
28. Ruíz J; Ruíz M; Ruíz G; Torres V. 2002. Efecto de la inclusión de sulfato de amonio en el aditivo para la elaboración de Saccharina rústica. Rev. Cubana Cienc. Agric, 36: 153-158.
29. Ruiz J. 2004. Engorda intensiva de ovinos con raciones integrales basadas en Saccharina. Tesis Doctorado. Universidad de Colima, Colima México.
30. Ruíz J. 2013. Comunicación personal.

31. Steel D; Forrel H. 1996. Bioestadística principios y procedimientos. 2ª edición. Mc Graw Hill. México.
32. Valiño E; Elías A; Torres V; Albelo N. 2002. Estudio de la carga microbiana en el bagazo de la caña de azúcar fresco como sustrato para la alimentación animal, mediante fermentaciones en estado sólido. Rev. Cubana Cienc. Agric, 36: 373-378.