

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**“INFLUENCIA DEL GROSOR DEL COLCHON DE LA CAÑA DE
AZUCAR PICADA EN EL TIEMPO DE FERMENTACIÓN PARA LA
PRODUCCIÓN DE SACCHARINA RÚSTICA”**

Tesis de grado presentada como requisito para optar
Por el título de INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Diego Andrés Morán Benítez

DIRECTOR
Ing. Luís Sandoval

IBARRA – ECUADOR

2010

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y AMBIENTALES**

ESCUELA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

**Título: “INFLUENCIA DEL GROSOR DEL COLCHON DE LA CAÑA DE
AZUCAR PICADA EN EL TIEMPO DE FERMENTACIÓN PARA LA
PRODUCCIÓN DE SACCHARINA RÚSTICA”**

APROBACIÓN DEL DIRECTOR

En calidad de Director de Tesis presentada por el Sr. Diego Andrés Morán Benítez como requisito previo para optar por el Título de Ingeniero en Agroindustrias, luego de haber revisado minuciosamente, doy fe de dicho trabajo, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluada por parte del tribunal calificador.

En la ciudad de Ibarra a los..... días del mes de Junio del 2010.

.....
Ing. Luís Sandoval
DIRECTOR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“INFLUENCIA DEL GROSOR DEL COLCHON DE LA CAÑA DE AZUCAR PICADA EN EL TIEMPO DE FERMENTACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE SACCHARINA RÚSTICA”

En Calidad de Asesor de la Tesis presentada por el Sr. Diego Andrés Morán Benítez, luego de haber revisado minuciosamente, doy fe de que las observaciones y sugerencias emitidas con anterioridad han sido incorporadas satisfactoriamente en el presente documento.

Dr. Luís Nájera

Ing. Hernán Cadena

Arq. José Solórzano

Las ideas, cuadros, figuras, resultados, y comentarios, que se presentan en este documento, son exclusiva responsabilidad del autor

DEDICATORIA

A mis padres Don Rubén Morán y Mariana Benítez por su incondicional apoyo para culminar este trabajo de investigación.

Diego Andrés

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Luís Sandoval por ser mi guía, brindándome el ánimo que se necesita para no claudicar en el desarrollo de este trabajo de investigación.

Al Ing. Marco Cahueñas por su colaboración en el diseño experimental

Al Dr. Luís Nájera por sus sugerencias, recomendaciones que fueron de gran soporte técnico para el normal desarrollo de este proyecto

Al Ing. Hernán Cadena por brindarme su amistad y apoyo para poder cumplir los objetivos trazados.

Al Arq. José Solórzano por colaborarme para culminar esta meta.

A todo el personal docente y administrativo de la Universidad Técnica del Norte por permitirme ser parte de tan valiosa Institución.

INDICE

CONTENIDOS

	Pág
PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR.....	ii
APROBACIÓN DEL BIOMETRISTA.....	iii
APROBACIÓN DE ASESORES.....	iv
PRESENTACIÓN.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii

CAPITULO I

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	5
1.2.1 Objetivo General.....	5
1.2.2 Objetivos Específicos.....	5
1.3 HIPÓTESIS.....	5
1.3.1 Hi.....	5
1.3.2 Ho.....	5

CAPITULO II

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	SACCHARINA.....	7
2.1.1	Definición.....	7
2.1.2	Caracterización del proceso fermentativo de la caña de azúcar.....	8
2.1.3	Tres tipos de saccharina: Industrial, Semi-Industrial, Rústica.....	8
2.1.4	Flujo grama del proceso de elaboración de saccharina rústica.....	10
2.1.5	Preparación de saccharina rústica.....	11
2.1.6	Composición nutricional de la saccharina rústica.....	12
2.1.7	Usos de la saccharina en la alimentación animal.....	12
2.1.8	Producción de alimentos por fermentación en estado sólido.....	13
2.1.9	Caña de azúcar.....	15
2.1.9.1	Definición.....	15
2.1.9.2	Origen.....	16
2.1.9.3	Clasificación Botánica.....	16
2.2	DESCRIPSIÓN BOTÁNICA.....	17
2.2.1	Raíz.....	17
2.2.2	Tallo.....	17
2.2.3	Hojas.....	17
2.3	CONSTITUCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	17
2.3.1	Hidratos de carbono.....	18
2.3.2	Clasificación y composición química.....	18
2.3.2.1	Monosacáridos.....	19
2.3.2.2	Disacáridos.....	19
2.3.2.3	Fibra.....	20

2.4	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR.....	20
2.4.1	Áreas de cultivo en la zona Norte.....	21
2.4.2	Usos de la caña de azúcar.....	21
2.4.3	La caña de azúcar modalidad de uso en épocas de sequía.....	22
2.4.4	Efectos de la fibra en alimentación de vacas lecheras.....	23
2.5	DESARROLLO DEL RUMEN.....	23
2.5.1	Desarrollo de papilas ruminales.....	24
2.5.2	Colonización del rumen.....	24
2.5.3	Ecología ruminal.....	26
2.5.4	Factores determinantes del pH ruminal.....	27
2.5.5	Producción de ácidos grasos volátiles.....	27
2.6	CELULOSA.....	29
2.6.1	Hemicelulosa.....	29
2.6.2	Lignina.....	29
2.6.3	Estructura química.....	30
2.6.4	Fibra Cruda.....	31
2.6.5	Fibra detergente neutra.....	31
2.6.6	Fibra detergente ácida	31
2.6.7	Degradación ruminal de fibra.....	32
2.6.8	Concepto y la importancia de fibra efectiva.....	33
2.6.9	Usos de la fibra como criterio de formulación de raciones.....	34

CAPITULO III

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	Caracterización del área de estudio.....	36
3.1.1	Ubicación.....	36
3.1.2	Localización.....	36
3.1.3	Características Climáticas.....	36
3.1.4	MATERIALES Y EQUIPOS.....	37
3.1.4.1	Materiales.....	37
3.1.4.2	Materia prima.....	37
3.1.4.3	Insumos.....	37
3.1.4.4	Reactivos.....	37
3.1.5	Equipos.....	37
3.1.5.1	Instrumentos.....	38
3.1.6	Materiales de oficina.....	38
3.2	MÉTODOS.....	38
3.2.1	Factores en estudio.....	38
3.2.2	Factor P: Tiempo de pre-fermentación.....	38
3.2.3	Factor A: Altura del colchón de la caña de azúcar picada.....	38
3.2.4	Factor F: Tiempo de fermentación.....	38
3.3	COMBINACIÓN DE FACTORES.....	39
3.3.1	Características del experimento.....	39
3.3.2	Características de la unidad experimental.....	40
3.3.3	Diseño experimental.....	40

3.3.4	Análisis estadístico.....	40
3.4	ANÁLISIS FUNCIONAL.....	41
3.5	VARIABLES EVALUADAS.....	41
3.5.1	Variables cuantitativas.....	41
3.5.2	Porcentaje de proteína cruda.....	41
3.5.3	Determinación de pH.....	44
3.5.4	Sólidos solubles (° Brix).....	44
3.5.5	Acidez total.....	45
3.5.6	Acidez fija.....	46
3.5.7	Acidez volátil.....	47
3.5.8	Pérdida de peso.....	48
3.5.9	Contenido de humedad.....	49
3.6	Fibra total.....	50
3.6.1	Fibra detergente neutra.....	51
3.6.2	Fibra detergente ácida.....	52
3.7	MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.....	53
3.7.1	Descripción de la materia prima.....	53
3.7.2	Diagrama para elaborar saccharina rústica.....	54
3.7.3	Descripción del proceso para producción de saccharina rústica.....	55

CAPITULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1	Análisis de las variables cuantitativas.....	58
4.1.1	Análisis de la variable porcentaje de Proteína (base húmeda).....	58
4.1.2	Análisis de la variable potencial hidrógeno (pH).....	67
4.1.3	Análisis de la variable sólidos solubles (°Brix).....	74
4.1.4	Análisis de la variable acidez total.....	80
4.1.5	Análisis de la variable acidez fija.....	85
4.1.6	Análisis de la variable acidez volátil.....	90
4.1.7	Análisis de la variable pérdida de peso.....	97
4.1.8.	Análisis de la variable Contenido de Humedad.....	103
4.2	Análisis de la variable fibra total.....	111
4.2.1	Análisis de la variable fibra detergente neutra.....	119
4.2.2	Análisis de la variable fibra detergente ácida.....	127

CAPITULO V

5	CONCLUSIONES.....	133
----------	--------------------------	------------

CAPITULO VI

6	RECOMENDACIONES.....	136
----------	-----------------------------	------------

CAPITULO VII

7	RESUMEN.....	138
----------	---------------------	------------

CAPITULO VIII

8	SUMMARY.....	141
---	--------------	-----

CAPITULO IX

9	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	144
---	---------------------------------	-----

CAPITULO X

10	ANEXOS.....	148
----	-------------	-----

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Principales grupos de levaduras que participan en la fermentación	8
Cuadro 2	Composición nutricional de la saccharina rústica.....	12
Cuadro 3	Clasificación botánica de la caña de azúcar.....	16
Cuadro 4	Constituyentes de la caña de azúcar.....	18
Cuadro 5	Composición de la fibra.....	20
Cuadro 6	Variedades de caña de azúcar cultivadas en la zona norte.....	20
Cuadro 7	Distribución de las áreas de cultivo en Imbabura.....	21
Cuadro 8	Combinación de tratamientos.....	39
Cuadro 9	Esquema del análisis de la varianza.....	40
Cuadro 10	Análisis físico químicos.....	41
Cuadro 11	Datos obtenidos de la variable % de proteína base húmeda.....	59
Cuadro 12	Análisis de la varianza para proteína en base húmeda.....	60
Cuadro 13	Prueba de Tukey para tratamientos para proteína base húmeda...	61
Cuadro 14	Prueba de DMS al 5% para el factor P.....	62

Cuadro 15	Prueba de DMS al 5% para el factor A.....	62
Cuadro 16	Prueba de DMS al 5% para el factor F.....	63
Cuadro 17	Datos obtenidos de la variable potencial de hidrógeno.....	67
Cuadro 18	Análisis de la varianza para para la variable pH.....	68
Cuadro 19	Prueba de Tukey para tratamientos en las variables pH.....	69
Cuadro 20	Prueba de Duncan al 5% para el factor P.....	70
Cuadro 21	Prueba de Duncan al 5% para el factor A.....	70
Cuadro 22	Prueba de DMS al 5% para factor F.....	70
Cuadro 23	Análisis de la variable sólidos solubles (°Brix).....	74
Cuadro 24	Análisis de la varianza sólidos solubles (°Brix).....	75
Cuadro 25	Prueba de Tukey para tratamientos en la variable sólidos Solubles.....	76
Cuadro 26	Prueba de DMS al 5% para el factor P.....	77
Cuadro 27	Prueba de Duncan al 5% para el factor A.....	77
Cuadro 28	Prueba de Duncan al 5% para el factor F.....	78
Cuadro 29	Análisis de la varianza acidez total.....	80
Cuadro 30	Análisis de la varianza para acidez total.....	81
Cuadro 31	Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de acidez total.....	82
Cuadro 32	Prueba de DMS al 5% para el factor P.....	83
Cuadro 33	Prueba de DMS al 5% para el factor F.....	83
Cuadro 34	Análisis de la variable acidez fija.....	85
Cuadro 35	Análisis de la varianza para acidez fija.....	86
Cuadro 36	Prueba de Tukey para tratamientos para acidez fija.....	87
Cuadro 37	Prueba de Duncan al 5% para el factor P.....	88
Cuadro 38	Prueba de Duncan al 5% para el factor F.....	88
Cuadro 39	Análisis de la variable acidez volátil.....	90
Cuadro 40	Análisis de la varianza para la variable acidez volátil.....	91
Cuadro 41	Prueba de Tukey al 5% para tratamientos para acidez volátil.....	92

Cuadro 42	Prueba de Duncan al 5% para el factor p.....	93
Cuadro 43	Prueba de Duncan al 5% para el factor F.....	93
Cuadro 44	Datos obtenidos de la variable pérdida de peso.....	97
Cuadro 45	Análisis de la varianza para pérdida de peso.....	98
Cuadro 46	Prueba de Tukey al 5% para tratamientos para pérdida de peso...	99
Cuadro 47	Prueba de DMS al 5% para el factor P.....	100
Cuadro 48	Prueba de DMS al 5% para el factor F.....	100
Cuadro 49	Análisis de la variable contenido de humedad.....	103
Cuadro 50	Análisis de la varianza para el contenido de humedad.....	104
Cuadro 51	Prueba de Tukey para tratamientos en el contenido de humedad... ..	105
Cuadro 52	Prueba de Duncan al 5% para el factor P.....	106
Cuadro 53	Prueba de Duncan al 5% para el factor A.....	106
Cuadro 54	Prueba de Duncan al 5% para el factor F.....	107
Cuadro 55	Datos obtenidos de la variable fibra total.....	111
Cuadro 56	Análisis de la varianza para fibra total.....	112
Cuadro 57	Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de fibra total.....	113
Cuadro 58	Prueba de DMS al 5% para el factor P.....	114
Cuadro 59	Prueba de Duncan al 5% para el factor A.....	114
Cuadro 60	Prueba de DMS al 5% para el factor F.....	115
Cuadro 61	Datos Obtenidos de la fibra detergente neutra.....	119
Cuadro 62	Análisis de la varianza para fibra detergente neutra.....	120
Cuadro 63	Prueba de tukey al 5% para tratamientos de FDN.....	121
Cuadro 64	Prueba de DMS al 5% para el factor P.....	122
Cuadro 65	Prueba de DMS al 5% para el factor A.....	122
Cuadro 66	Prueba de Duncan al 5% para el factor F.....	123
Cuadro 67	Análisis de la variable fibra detergente ácida.....	127

Cuadro 68	Análisis de la varianza para fibra detergente ácida.....	128
Cuadro 69	Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de FDA.....	129
Cuadro 70	Prueba de Duncan al 5% para el factor P.....	130
Cuadro 71	Prueba de Duncan al 5% para el factor F.....	130

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Interacción de dos factor P por A en proteína con base húmeda.....	63
Gráfico 2	Interacción de dos factor P por F en proteína con base húmeda.....	64
Gráfico 3	Interacción de dos factor F por A en proteína con base húmeda.....	65
Gráfico 4	Media de los tratamientos de proteína en base húmeda.....	66
Gráfico 5	Interacción de dos factores P por A con relación al pH.....	71
Gráfico 6	Interacción de dos factores P por F con relación al pH.....	72
Gráfico 7	Interacción de dos factores F por A con relación al pH.....	72
Gráfico 8	Media de los tratamientos de la variable del pH.....	73
Gráfico 9	Interacción de dos factores P por F en sólidos solubles.....	78
Gráfico 10	Media de los tratamientos de la variable sólidos solubles.....	79
Gráfico 11	Interacción de dos factores P por F con relación a la acidez total....	84
Gráfico 12	Media de los tratamientos de la variable acidez total.....	84
Gráfico 13	Interacción de los factores P por F para acidez total.....	89
Gráfico 14	Media de los tratamientos de la variable acidez fija.....	89
Gráfico 15	Interacción de dos factores P por F con relación a la acidez Volátil.....	94
Gráfico 16	Interacción de dos factores A por F con relación a la acidez Volátil.....	95
Gráfico 17	Media de los tratamientos de la variable acidez volátil.....	96

Gráfico 18 Interacción de dos factores P por A respecto a la pérdida de peso.....	101
Gráfico 19 Interacción de dos factores P por F respecto a la pérdida de peso.....	101
Gráfico 20 Interacción de dos factores F por A respecto a la pérdida de peso.....	102
Gráfico 21 Media de los tratamientos de la variable pérdida de peso.....	102
Gráfico 22 Interacción de dos factores P por A en su contenido de Humedad.....	107
Gráfico 23 Interacción de dos factores P por F en su contenido de Humedad.....	108
Gráfico 24 Interacción de dos factores A por F en su contenido de Humedad.....	109
Gráfico 25 Medias de los tratamientos de la variable contenido de Humedad.....	110
Gráfico 26 Interacción de dos factores P por A respecto a su fibra total.....	115
Gráfico 27 Interacción de dos factores P por F respecto a su fibra total.....	116
Gráfico 28 Interacción de dos factores A por F respecto a su fibra total.....	117
Gráfico 29 Media de los tratamientos de la variable fibra total.....	118
Gráfico 30 Interacción de dos factores P por A respecto a FDN.....	123
Gráfico 31 Interacción de dos factores P por F respecto a FDN.....	124
Gráfico 32 Interacción de dos factores A por F respecto a FDN.....	125
Gráfico 33 Media de los tratamientos de la variable FDN.....	126
Gráfico 34 Media de los tratamientos de la FDA.....	131

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1	Planta de caña de azúcar.....	15
Fotografía 2	Estructura de un hidrato de carbono.....	19
Fotografía 3	Equipo digestor Kjeldhal para determinar proteína.....	43
Fotografía 4	Equipo digital que determina pH.....	44
Fotografía 5	Refractómetro de Abbe que determina grados Brix.....	45
Fotografía 6	Bureta con Hidróxido de sodio para determinar acidez.....	46
Fotografía 7	Balanza digital para determinar diferencia de peso.....	48
Fotografía 8	Dos diferentes alturas del colchón de caña de azúcar picada....	48
Fotografía 9	Muestras en recipientes plásticos en el laboratorio de uso múltiple.	50

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Flujo grama del proceso de elaboración de saccharina rústica.....	10
Figura 2	Diagrama para elaborar saccharina rústica.....	54

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Resultados de: Proteína, fibra, sólidos solubles, acidez, pH, ° Brix...	148
---------	---	-----