

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Química

COMPOSICION QUIMICA-PROXIMAL Y DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE LA
MAZORCA DE

CACAO FRESCA Y ENSILADA

JAVIER FERNANDEZ SCHWANK



Guatemala

1995

COMPOSICION QUIMICA-PROXIMAL Y DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE LA
MAZORCA DE

CACAO FRESCA Y ENSILADA

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Química

COMPOSICION QUIMICA-PROXIMAL Y DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE LA
MAZORCA DE
CACAO FRESCA Y ENSILADA

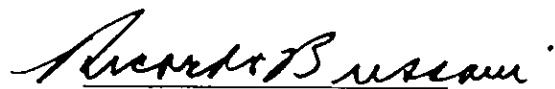
JAVIER FERNANDEZ SCHWANK

Trabajo de investigación presentado para optar al grado académico de
Licenciado en Ingeniería y Ciencias de los Alimentos

Guatemala

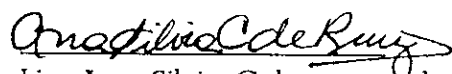
1995

Vo. Bo:

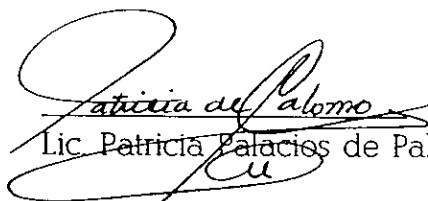


Dr. Ricardo Bressani
Asesor

Tribunal:



Lic. Ana Silvia Colmenares de Ruiz



Lic. Patricia Palacios de Palomo



Dr. Ricardo Bressani

Fecha de aprobación: 31 de octubre de 1995.

DEDICATORIA

A Dios.

A mis padres.

A mis hermanos.

A mis amigos.

RECONOCIMIENTO

Deseo expresar mi reconocimiento a las autoridades y al personal profesional y técnico del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, INCAP, por la asistencia y facilidades que me brindaron para la realización del presente trabajo.

Al Doctor Ricardo Bressani, quien en todo momento demostró su interés por el desarrollo de este trabajo y que con su experiencia y conocimientos, contribuyó al logro de los resultados finales.

CONTENIDO

	Páginas
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
A. Descripción del ensilado	3
1. Panorama Histórico del cultivo de Cacao	3
2. El Género Theobroma. Características generales	3
3. Distribución y disponibilidad del cultivo	4
4. Conformación de la mazorca de cacao	8
5. Usos actuales de la mazorca de cacao	9
6. Composición química-proximal de la mazorca de cacao	10
B. Técnicas de estabilización de la materia prima:	13
1. Técnica de secado	13
2. Técnica de ensilaje	14
a. Concepto y función	14
b. Aditivos y preservantes para ensilajes	18
c. Calidad de los ensilajes	21
d. Tipos de ensilajes	21
e. Propiedades del producto ensilado	22
III. JUSTIFICACION DEL PROYECTO	24
IV. OBJETIVOS	25
V. HIPOTESIS	26

VI.	MATERIALES Y METODOS	27
	1. Localización	27
	2. Material experimental básico	27
	3. Procedimiento	27
	4. Materiales específicos	30
	5. Análisis de muestras	31
VII.	DISEÑO EXPERIMENTAL	32
VIII.	RESULTADOS Y DISCUSION	35
IX.	CONCLUSIONES	46
X.	RECOMENDACIONES	47
XI.	BIBLIOGRAFIA	48
	ANEXOS:	51
	a. Cuadros y Gráficos (Análisis Proximal y Técnica de Ensilaje)	53
	b. Análisis de Varianza (ANDEVA)	71
	c. Correlaciones Lineales	75
	d. Gráficos de Interrelaciones	81
	e. Cuadros y Gráficos (Técnica de Secado)	101
	f. Cálculos y Prueba de Tukey	121

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación, se realizó un análisis de la variación del valor nutritivo (representado por la digestibilidad in vitro), de un subproducto agrícola, como es, la *mazorca* del fruto del árbol de *cacao*, de la variedad forastero híbrida costarricense. Fue sometido a un proceso de ensilaje como medio de conversión y preservación. Para ello, se desarrolló un "análisis proximal" completo del subproducto no ensilado, cuyos resultados fueron similares a los informados en la literatura, mostrando ser un subproducto alto en materia fibrosa y con bajo contenido de proteína y digestibilidad. Esto justifica la aplicación del proceso de ensilaje al mismo, y el análisis de cada uno de los tratamientos y períodos de ensilaje ejecutados. El proceso de ensilaje se llevó a cabo con la utilización de silos experimentales de plástico (bolsas de polipropileno), sellados al vacío, conteniendo la mezcla del subproducto picado requerido. Se agregaron los aditivos (melaza/urea) en base al tratamiento y combinación requeridos en concentraciones definidas del 0, 5 y 10 %, de cada uno de los aditivos. Los silos, se dividieron en tres diferentes períodos de ensilaje 0, 15 y 30 días para evaluar el efecto del período, con el valor nutritivo (% de digestibilidad in vitro), así como el contenido proteínico. Además, se realizó la comparación de la técnica de secado natural vs. artificial, como alternativa para la conservación del subproducto no ensilado y ensilado.

Los resultados obtenidos, indicaron que el producto ensilado mostró un incremento promedio, de un 85 % de su valor nutritivo inicial, cuyo valor dependería del tratamiento y el período de ensilaje. El tratamiento con 10 % de melaza y 5 % de urea para un período no mayor de 15 días, mostró un incremento significativo de la digestibilidad. La urea, mostró mejores resultados como aditivo, que la melaza, sobre la digestibilidad. Pero los mismos, confirman que existe un mecanismo de interacción positiva entre ambos, para producir un mejor ensilaje. En la comparación de las técnicas de secado, el secado artificial mostró mejores resultados, pero no significativos, en cuanto al porcentaje de pérdida de humedad y tiempo de secado requerido vs. el secado natural o solar, con un costo de operación mucho menor.

I. INTRODUCCION

Un factor muy común en los países dedicados a la crianza de ganado vacuno, especialmente en aquellos de clima templado hasta el clima tropical, es que en determinadas épocas del año, existe un exceso en la cantidad de pastos disponibles para el ganado, principalmente desde los meses de mayo a octubre, que define a la estación lluviosa. Por otro lado, se da una escasez, entre los meses de noviembre a abril que definen a la estación seca.

Es en esta última estación, cuando el ganado, sufre de graves deficiencias nutricionales, sobre todo las originadas de los déficits de energía y proteína que se traducen en pérdidas significativas en los rendimientos de producción de carne y leche, llegando en caso extremo, a aumentar el índice de mortandad de estos animales. Este tipo de problemas, podrían llegar a solventarse en gran parte mediante la utilización de programas de conservación de pastos y forrajes, con diversas técnicas, entre las cuales se encuentra el ensilaje de los mismos, o bien de ciertos subproductos agrícolas (por ejemplo: plantas gramíneas como el maíz y la caña de azúcar).

Otro subproducto agrícola no muy tradicional, que puede emplearse eficientemente para los mismos fines, lo constituye la **mazorca** o **pocha** del **CACAO** (*Theobroma Cacao*), en la cual se fundamenta el principal objetivo del presente estudio. Su utilización actual, por parte de los productores cacaoteros, es su aplicación como abono orgánico a ciertos cultivos como el café, cítricos, hortalizas, etc y hasta a los mismos árboles de **cacao**. Este uso actual, muy limitado, origina altas perspectivas, debido a su fácil adquisición y aplicación de una tecnología de bajo costo en su preparación, así como obtener un aumento de su valor nutritivo, después del proceso de ensilaje.

En este estudio, se analizará la composición química-proximal y el valor nutritivo de la mazorca fresca y se comparará con el valor nutritivo obtenido después del proceso de ensilaje. Entre las principales características para determinar su composición química-proximal y el valor nutritivo, se encuentran: la humedad, cenizas, proteína cruda, extracto etéreo, carbohidratos solubles, fibra cruda,

fibras ácido y neutro detergentes, hemicelulosa, pH y la digestibilidad in vitro. Las comparaciones entre el producto fresco y el ensilado, se realizarán únicamente en términos del contenido de proteína cruda y de la digestibilidad in vitro.

Estos parámetros, se cuantificarán durante tres períodos de tiempo (0, 15 y 30 días), para evaluar el efecto de los diferentes tratamientos en el ensilado. El diseño estadístico, consistirá en el tratamiento de la mazorca fresca y picada, según el caso, con dos aditivos: melaza de caña de azúcar y urea. La cantidad de tratamientos será de nueve, utilizando todas las combinaciones posibles a tres diferentes niveles de concentración (0, 5 y 10 %) de melaza y urea con el ensilaje. Estas combinaciones, deberán ser analizadas en los tres períodos de tiempo anteriormente enunciados.

Este diseño y la metodología indicada, permitirán llegar a conocer si existe algún efecto en la mejora del valor nutricional, enfocada principalmente en la digestibilidad in vitro de los nutrientes en el producto ensilado.

Debe indicarse que también se evaluará la pérdida de humedad, por dos diferentes métodos de secado (solar-natural y convencional-artificial) para conocer el comportamiento de la mazorca no ensilada bajo estos dos métodos. Podrían emplearse para la conservación futura del producto ya ensilado. Además, se evaluará el comportamiento de una muestra de mazorca ensilada, para un tratamiento específico, empleando el secado solar o natural.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

A DESCRIPCION DEL ENSILADO:

a.1 Panorama Historico del cultivo del Cacao

Se cree que el árbol de **cacao** o cacaotero, tuvo su origen en la cuenca del río Amazonas, desde donde se propagó hacia el oeste (Ecuador y Colombia) y hacia el norte (México y Centroamérica). El hombre, ha hecho uso del **cacao** en el nuevo mundo por aproximadamente dos mil años. Los Registros históricos, indican que el tipo criollo, fue el más conocido por los nativos mayas que fueron los primeros en cultivar racionalmente el **cacao**, para utilizar principalmente sus semillas como medio de intercambio comercial (moneda), en las áreas de América Central (especialmente en Guatemala y El Salvador) y en el sur de México. En el caso de los aztecas, a partir del siglo XIV, éste se cultivaba desde la siembra hasta la cosecha, principalmente en ocasión de ceremonias religiosas (Braudeau, 1975).

Los españoles, extendieron su cultivo al Caribe, e introdujeron el consumo del **cacao** en Europa, para la elaboración de chocolate. En los siglos XVII y XVIII, el cultivo se extendió a Filipinas y a las Indias Orientales y en el siglo XIX, llegó también a Africa Occidental, Asia y Oceanía (Braudeau, 1975).

Bajo su nombre mejicano, Francisco Hernández, naturista español del siglo XVI, dio la primera descripción botánica del árbol (cacaohaquahuitl), de sus frutos (cacaohaocentli) y de sus semillas (cacaohaotl, que significa bebida amarga). La palabra **cacao**, que deriva directamente de la lengua maya y que hoy es empleada universalmente, hizo su primera aparición en la literatura botánica en 1582, bajo la pluma de Charles De L' Eclesu. En 1700, Tounefort lo retuvo como nombre de género. Pero Linneo, en 1737, prefirió sustituirlo por el de **Theobroma**, mucho más noble sin duda puesto que le otorgaba al **cacao** la cualidad de manjar de los dioses, recordando así el origen divino que los aztecas le atribuían. Dentro de la especie **Theobroma cacao**, descrita por Linneo, se clasifican hoy, todos los **cacaos** cultivados existentes (Braudeau, 1975).

a.2 El Género Theobroma. Características Generales:

Es un árbol de bosque lluvioso, cultivado por sus semillas que son contenidas

en mazorcas rojas o amarillas que crecen directamente de los estambres y pistilos del árbol.

El árbol, pertenece al orden Maluales, a la familia Esterculiacae, al género *Theobroma* y a la especie cacao. El género *Theobroma*, se encuentra en su estado natural en los pisos inferiores de las selvas húmedas de América tropical, entre los 18 grados de latitud Norte y los 15 grados de latitud Sur, a una altitud generalmente inferior a los 1,250 m. Exige temperaturas medias anuales elevadas, con fluctuaciones pequeñas, una gran humedad y una cubierta que lo proteja de la insolación directa y de la evaporación del ambiente (Braudeau, 1975).

El cacaotero se adapta bien a una temperatura media entre 21 y 25 grados centígrados, con una precipitación pluvial no menor de 1,500 mm. en suelos bien drenados. Se adapta a tipos variados de suelos, cuyas propiedades físicas garanticen igualmente tanto un adecuado abastecimiento de agua, como drenaje y ventilación. La riqueza mineral en el horizonte de la superficie del suelo, es importante si se toma en cuenta que las raíces absorbentes del cacao son superficiales. Por la misma razón, es importante la existencia de una capa húmica superficial. El pH óptimo, se encuentra en el rango que va desde 5.0 hasta 8.0 (Braudeau, 1975). La vida económica del árbol de cacao, es de 20 a 25 años. Las labores que requiere el cultivo, generalmente son: trazo, estaquillado, ahoyado, siembra y resiembra, limpias, podas y regulación de sombra. Fertilización, control de plagas y enfermedades, cosecha y beneficio. La producción por manzana, se estima en cinco quintales de semilla seca al cuarto año de sembrado y de 18 quintales del séptimo año en adelante.

El fruto recibe el nombre de mazorca o pocha, la cual madura de 5 a 6 meses después de la fecundación de las flores y contiene de 16 a 60 semillas de tamaño y forma variada, según el tipo de cacao. Después de recolectadas las mazorcas maduras, son agrupadas y quebradas a la mitad manualmente, para extraerles las semillas, que se encuentran adheridas por un mucílago. La mazorca se desecha y se almacena a granel a campo abierto y las semillas sin el mucílago, en canastos para su fermentación, por 3 días al sol y luego colocadas en patios de secado durante 5 días adicionales, hasta alcanzar la humedad requerida, previo a ser envasadas en sacos para su comercialización. También pueden ser secadas por métodos convencionales como secadores fijos de aire caliente. En la *Figura # 1*, se muestra una fotografía de un árbol de cacao adulto.

a.3 Distribución y Disponibilidad del cultivo:

Casi el 55% de la producción mundial, se produce en África, principalmente en

Nigeria y Camerún. Otro 36% procede de América Central y del Sur, donde aparecen como principales proveedores, el Brasil seguido del Ecuador. El resto, un 9% se cultiva en Asia y Oceanía, donde Malasia es el mayor productor (Unstad, 1987).

Figura # 1
ARBOL DE CACAO ADULTO



Al contrario de los países africanos, que a principios de este siglo expandieron considerablemente la siembra de **cacao**, los países americanos, con excepción del Brasil, se estancaron y hasta disminuyeron su producción. Este hecho, se atribuye a varios factores, entre los que sobresalen: bajos precios en el mercado mundial, falta de políticas oficiales que fomenten el cultivo. Existencia de una tecnología deficiente para su producción y manejo. Pero, pese a todos estos problemas, el cultivo ha continuado siendo de importancia para los países tropicales, como una opción de uso eficiente del ecosistema tropical húmedo y como una fuente de ingresos y de trabajo para una gran masa de productores rurales. En el Cuadro # 1, se puede observar la producción y perspectivas del **cacao** de América Tropical, para la presente década (Iica, 1990).

Los árboles de **cacao** existentes en todo el mundo, se dividen en tres grupos principales: 1) **Forastero**: Es la variedad tradicional y se encuentra muy extendida en África occidental y Brasil; 2) **Criollo**: Esta variedad se encuentra en partes del Caribe, así como en Venezuela, Samoa y Papua Nueva Guinea, la cual produce el **cacao** en grano denominado comercialmente como "fino y de sabor"; Y el 3) **Híbrido**: Estas son variedades híbridas obtenidas de reproducción de clones específicos y resistentes de alta producción y rendimiento por manzana cultivada (Unstad, 1987).

Cuadro # 1

PRODUCCIÓN Y PERSPECTIVAS DE PRODUCCIÓN DE CACAO EN AMÉRICA TROPICAL

Pais	Area cultivada actual (manz)	Producción 1984 -85 (Ton)	Area potencial adicional (manz)
Bolivia	13,442	2,620	no hay dato
Perú	12,654	4,000	114,400
Ecuador	386,001	128,199	35,750
Colombia	135,684	39,003	228,800
Venezuela	89,028	15,800	143,000
Panamá	6,435	1,143	21,450
Costa Rica	13,906	3,411	384,670
Nicaragua	4,468	391	499,070
Honduras	4,290	1,575	35,750
Guatemala	6,692	2,400	51,480

Tomando en cuenta los aspectos del género *Theobroma* y agregando que en Guatemala existen condiciones climáticas variadas y apropiadas, existen varias regiones, consideradas como zonas cacaoteras (p.e. Suchitepéquez, Escuintla, Retalhuleu, Quetzaltenago, Quiché, San Marcos, Izabal y Alta Verapaz), en donde se cultivan los tres grupos existentes, pero los más propagados son el híbrido y el forastero (Morales, 1984). La producción de estas zonas del país, se puede observar en el *Cuadro # 2*.

Cuadro # 2
ZONAS CULTIVADAS Y PRODUCCION DE CACAO

Departamento	Manzanas	Toneladas
A. Sur		
Suchitepéquez	1430	616
Escuintla	143	60
Retalhuleu	61.49	25
San Marcos	34.32	15
B. Norte		
Izabal	144.43	56
Alta Verapaz	816.53	200
El Quiché	121.55	35
Petén	28.6	8
C. Otros	42.9	12
TOTAL:	2,822.82	1039

(Guatemala)

(Dirección General de Estadística, Censo Agrícola, 1979)

La cosecha, en general, se realiza casi todo el año, pero en Guatemala ésta se ve incrementada en la estación seca que son los meses de noviembre hasta abril. Durante estos meses, se efectúa el corte diario, luego vienen los meses de mediana producción que son: mayo, junio y julio que son los meses de mayor precipitación pluvial con un corte semanal o quincenal.

Para el cacao tipo "*criollo*", sus caracteres principales son: mazorcas de color rojo o verde antes de la madurez, de forma generalmente alargada, con una punta muy acentuada en el extremo inferior y marcada con diez surcos muy profundos iguales, o a veces repartidos en dos grupos alternos de cinco, con uno de los dos menos acentuado. Con granos gruesos, de sección casi redonda, con los cotiledones frescos de color blanco o muy ligeramente pigmentados; Para el tipo "*forastero*", las mazorcas son de color verde al inicio y se tornan de color amarillo al llegar a su madurez. Son de morfología variable, que

abarca desde la forma del criollo hasta la forma amelonada con pocos surcos y superficie lisa, con extremidades redondeadas o embotadas y granos más o menos aplastados con los cotiledones frescos de color púrpura; Para el tipo "*trinitario o híbrido*", los granos de cotiledones son pigmentados y de morfología entre el criollo y el forastero (Braudeau, 1975).

a.4 Conformación de la mazorca de cacao:

El fruto del cacao, parece una baya, que muestra gran variación en tamaño, forma y color, llamado "mazorca o pocha" en castellano, "cabosse" en francés y "pod" en inglés. Este fruto presenta un *pericarpio* carnoso, compuesto por tres partes bien diferenciadas: el *epicarpio* carnoso y espeso, el *mesocarpio* delgado y duro, más o menos lignificado y el *endocarpio* carnoso y más o menos espeso. El fruto está sostenido por un pedúnculo leñoso que procede del enrosamiento del pedicelo de la flor. El fruto joven presenta, como el ovario, cinco compartimientos en cada uno de los cuales están los granos regularmente repartidos. Cuando el fruto madura, desaparecen las paredes de estas cámaras y sólo subsiste una cavidad única con los granos rodeados de una pulpa mucilaginosa espesa. Junto con los granos constituyen cerca de un tercio del peso total de la mazorca y aparecen normalmente dispuestos en cinco hileras. Una mazorca, contiene en general de 16 a 60 habas o semillas, que tienen forma triangular, ovoide, alargada o redondeada (Braudeau, 1975).

La duración del desarrollo del fruto, desde la fecundación hasta la madurez, varía sensiblemente de una mazorca a otra y de un árbol a otro, pero depende sobre todo del origen genético de los árboles. Los caracteres de las mazorcas utilizados para la identificación y descripción de los clones de **cacaos** son los siguientes: **Color**, la mazorca antes de la madurez puede ser verde o bien verde pigmentado de rojo-violeta. El color rojo, se encuentra solamente en los criollos o en los trinitarios. Cuando la mazorca alcanza su madurez, el verde pasa a amarillo y el rojo-violeta vira a anaranjado; El **Tamaño** queda determinado por su longitud que puede variar de 10 a 30 cm al igual que su longitud variable de 9 a 7 cm; La **Forma** de la mazorca, viene determinada por un lado, por la relación entre la longitud y la anchura y por otra, por la forma de los dos extremos apical y basal. Cinco o diez surcos, marcan más o menos profundamente, la mazorca de una a otra punta; El **Pericarpio** de la mazorca puede presentar una superficie verrugosa para el caso del criollo y más o menos lisa para el trinitario; El peso de la mazorca total varía entre 200 gms a dos libras (Braudeau, 1975). En la **Figura * 2**, se pueden observar las diferentes

formas de la mazorca del cacao tipo forastero, que son cultivadas.

a.5 Usos actuales de la mazorca de cacao:

Los procesos agrícolas e industriales del cacao, generan una serie de subproductos que tienen poca o ninguna utilización. A nivel de finca, se desechan a la hora de la cosecha, frutos enfermos que representan al menos un 10 % de los frutos desarrollados, en países con enfermedades como moniliálisis y escoba de bruja. Podrían representar mucho más, sobre todo en algunas épocas del año.

El subproducto más voluminoso, está constituido por las cáscaras y placentas que quedan al quebrarse los frutos para extraer los granos. Representan aproximadamente un 79 % del peso o sea que únicamente un 21 % se aprovecha para el beneficiado. En la *Figura # 3*, se puede observar el esquema de subproductos generados del cacao. (Alba, 1959)

Este subproducto es dejado en el campo, sobre todo en el quebradero, sin ser reincorporado a la plantación, o utilizado en otras actividades. Las mazorcas pueden ser utilizadas en la alimentación animal, fertilización de plantas y como materia prima, para biodigestores y estanques de peces. Esos usos son factibles debido a que la composición química de la cáscara, muestra un 29.70 % de fibra cruda y 6.75 % de proteína cruda, observado en el *Cuadro # 4*.

Se han realizado varias experiencias en Costa Rica, Brasil y en Africa, para alimentar con cáscaras de cacao a bovinos, ovinos, caprinos, cerdos y aves. Los animales monogástricos, sólo pueden sustituir su dieta con 10 % en el caso de aves y un 20 % en el caso de cerdos. No obstante, los rumiantes pueden recibir hasta un 60 % de su dieta en cáscaras de cacao. En Brasil, se han realizado muchas investigaciones sobre la utilización de cáscaras para la alimentación de ganado de carne o de leche, con resultados muy positivos.

Las cáscaras, se pueden utilizar en forma fresca, con buena aceptación y rápida digestibilidad, lo cual permite altos consumos de materia seca. Dado que es un material que se deteriora rápidamente, no debe suministrarse después de una semana de la quiebra. Esto obliga a realizar cosechas frecuentes.

La mazorca de cacao, puede ser reciclada como abono, en las plantaciones de cacao o de otros cultivos hortícolas. Una tonelada métrica de materia seca de cáscara, puede aportar: 12 kg de nitrógeno, 2.5 kg de fósforo, 42 kg de potasio, 4.2 kg de calcio y

4.2 kg de magnesio. La utilización como fertilizante, podría complementar el abono químico, principalmente en cuanto a potasio, elemento fundamental en la producción de cacao. La principal limitación es, como sucede con todos los abonos orgánicos, su dificultad de manejo por el mayor volumen que representa. No obstante, esto se puede mejorar al incinerar las mazorcas. (Bis)

a.6 Composición química-proximal de la mazorca de cacao:

La composición química de la mazorca de cacao, se presenta en el *Cuadro # 3*. La materia seca fresca entre 88.6 a 87.4 %, con contenido de proteína cruda promedio de 6.4 %. El material contiene altos porcentajes de fibra cruda, que varía entre 24.0 a 30.3 % y con un contenido de cenizas entre 7.8 a 13.4 %. El contenido de grasa es bajo y el de carbohidratos solubles, varía entre 48.7 a 61.4 %. También se presenta un análisis bromatológico de la mazorca, realizado por Alba en el *Cuadro #4*.

Figura # 2

VARIEDADES DE MAZORCAS DE CACAO TIPO FORASTERO

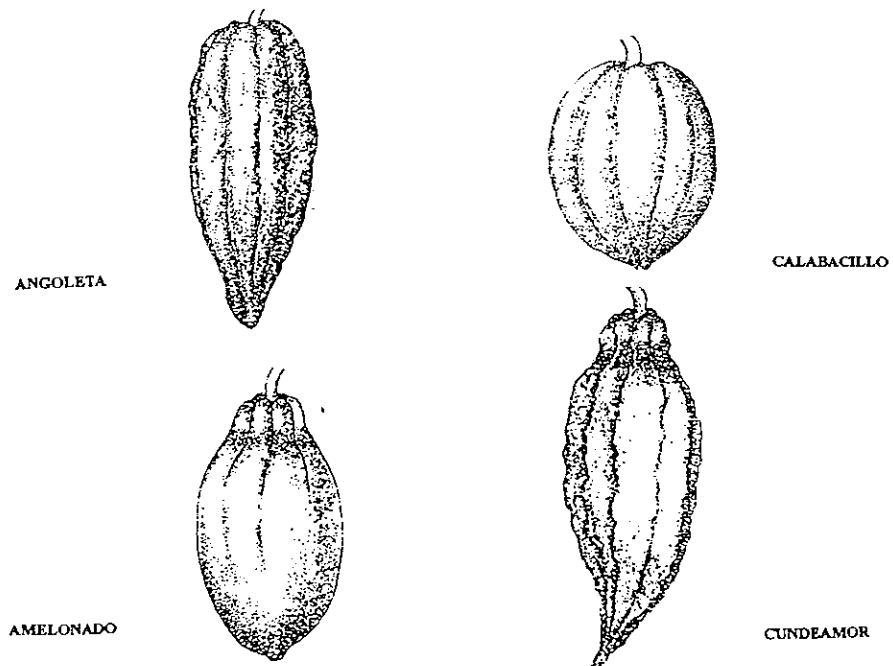
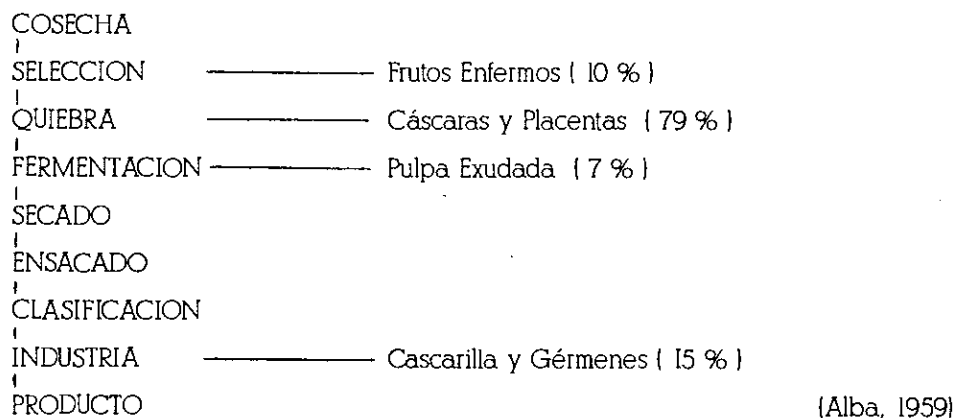


Figura # 3
 SUBPRODUCTOS GENERADOS DURANTE LOS
 PROCESOS AGRICOLAS E INDUSTRIALES DEL CACAO



En los *Cuadros # 5 y # 6*, se amplían los datos anteriores en cuanto a la digestibilidad de la mazorca seca y de la mazorca fresca, así como el contenido de calcio y fósforo.

Cuadro # 3
 COMPOSICION QUIMICA DE LA MAZORCA DE CACAO

Parámetro (1)	Mazorcas Frescas de Nigeria	Mazorcas Secas de Trinidad
Materia Seca	114	87.4
Proteína Cruda	6.5	6.3
Fibra Cruda	30.3	24.0
Ceniza	13.4	7.8
Extracto Etéreo	1.1	0.5
Carbohidratos Solubles	48.7	61.4

(1) En porcentaje de materia seca

(Tropical Feeds-FAO, 1991)

Cuadro # 4
ANALISIS BROMATOLOGICO DE LA MAZORCA DEL CACAO

Parámetro	Porcentaje (Base seca)
Proteína	6.75
Extracto Etéreo	1.80
Fibra Cruda	29.70

(Alba, 1952)

Cuadro # 5
COMPOSICION QUIMICA DE LA MAZORCA DE CACAO SECA

Parámetro	Como Forraje (%)	Seca (%)
Materia Seca	92.5	1000
Materia Orgánica	84.3	91.2
Ceniza	8.2	88
Fibra Cruda	29.3	31.7
Extracto Etéreo	0.9	1.0
Carbohidratos Solubles	46.2	500
Proteína:	7.9	8.5
Ganado (Prot. Dig. %)	4.0	4.3
Conejcs (Prot. Dig. %)	4.8	5.2
Ovejas (Prot. Dig. %)	3.9	4.2
Energía:		
Ganado (DE MCLA/kg)	2.08	2.25
Ovejas (DE MCLA/kg)	2.11	2.29
Ganado (NE+MMCAL/Kg)	1.01	1.09
Ganado (NE+Engorde)	0.30	0.32
Ganado (NE+Lechero)	0.96	1.04
Ganado (TDN %)	47.2	51.0
Calcio	0.40	0.43
Fósforo	0.18	0.19
Sodio	n.d.	0.01
Potasio	n.d.	3.20

DE = Energía Digerible, NE = Energía Neta y TDN = Nutrientes Totales Digeribles

(Latin American Feeds Tables, 1974)

Cuadro # 6
COMPOSICION QUIMICA DE LA MAZORCA DE CACAO FRESCA

Parámetro	Como Forraje (%)	Seca (%)
Materia Seca	538	1000
Materia Orgánica	488	908
Ceniza	58	108
Fibra Cruda	188	350
Extracto Etéreo	1.1	2.1
Carbohidratos Solubles	238	443
Proteína:	42	79
Ganado (Prot. Dig. %)	25	46
Conejos (Prot. Dig. %)	26	48
Ovejas (Prot. Dig. %)	23	43
Energía:		
Ganado (DE MCLA/kg)	1.22	2.28
Ovejas (DE MCLA/kg)	1.33	2.47
Ganado (NE-MMCAL/Kg)	0.59	1.10
Ganado (NE- Engorde)	0.19	0.34
Ganado (NE- Lechero)	0.57	1.06
Ganado (TDN %)	278	51.6

(Latin American Feeds Tables, 1974)

B TECNICAS DE ESTABILIZACION DE LA MATERIA PRIMA:

I Técnica de Secado:

Durante la operación de secado, se lleva a cabo la transferencia de un líquido desde un sólido húmedo hasta una fase gaseosa no saturada. Comúnmente se dice que el *secado* es la remoción de humedad de una sustancia. Para su operación, se han de tomar en cuenta diferentes factores físicos que afectan al producto. Al obtener la curva, se encuentra el caso de cómo un sólido seco va perdiendo humedad, primero por evaporación de un área saturada con disminución de área gradual y por último, por evaporación de la humedad en el interior del sólido. La forma de la curva

varía con el tipo de material y el secador. Las condiciones de secado como lo son la temperatura, humedad, velocidad del aire, dirección del aire, grueso del material, geometría y otros factores. El secado, ofrece las ventajas de la reducción del tamaño a granel y economiza el transporte y almacenaje del producto.

En el caso de los productos vegetales, estos son amorfos y fibrosos. Retienen humedad como parte integral de su estructura sólida, o se queda atrapada dentro de las fibras o poros finos del sólido. El movimiento de la humedad en estos materiales, es lento y se presenta por difusión del líquido a través de la estructura sólida. Estos productos, suelen dividirse en partes antes de ser secados, para obtener mayores velocidades de transferencia de calor y masa, al poseer áreas superficiales mayores (Goyzueta, 1989).

Se considera la marcha de la deshidratación, como la pérdida de humedad alta en el primer período de desecación y desciende a medida que el producto se va deshidratando. Durante el período inicial de la desecación, la superficie del producto está húmeda. Y luego se produce una transferencia de la humedad de los tejidos internos al exterior del producto, a medida que se evapora la humedad de la superficie. Ya cerca del final de la desecación, la difusión de la humedad es lenta, debido a que la efectividad del medio secante disminuye (Goyzueta, 1989).

Existen dos tipos de secado: 1) El *Secado Solar*. Se realiza ya sea por método natural, en exposición de la materia húmeda a las corrientes naturales del aire y a los rayos solares y 2) El *Secado Artificial*. Que trata el producto húmedo en un secador en el que una corriente de aire que ha sido calentada, lo seca reduciendo la humedad relativa, pasando a ser un aire seco (Paz, 1987).

b.2 Técnica del ensilaje:

b.2.1 Concepto y Función:

Qué es el *ensilaje*? El ensilaje de pastos, es el producto resultante de la fermentación natural de la materia vegetal húmeda en un medio en el cual no hay aire. Ese medio donde no hay aire, se denomina "*silo*" (Iica, 1975). Su finalidad es servir como medio de conservación de la calidad de una cosecha, en su principal estado de crecimiento, para ser utilizada cuando no sea accesible, es decir, el utilizarlo luego de una sequía prolongada o durante el invierno cruzado, o sencillamente cuando no se dispone de cosecha de pastos o forrajes. El proceso de ensilaje no es creador, sino simplemente es conservador de pastos (Barnett, 1954).

El *silaje* o *ensilado*, es el nombre dado al material producido a través de un proceso

de fermentación controlado de un producto de alto contenido de humedad dentro de límites bastante estrechos.

La principal función en la preparación del ensilaje, es brindar a la masa ensilada, una suficiente concentración de ácido láctico, producido como resultado de la presencia de microorganismos al cortar el ensilaje, para inhibir la presencia de otra actividad microbiana y preservar el material, bajo condiciones anaeróbicas almacenando el material en un contenedor herméticamente sellado lo más pronto posible, para prevenir que decaiga la calidad del material ensilado (Barnett, 1954).

Varias son las ventajas que pueden mencionarse con relación a la fabricación de ensilajes en comparación con los heno. Por ejemplo, aparte del hecho, de por sí significativo de que el ensilaje se puede fabricar en el momento en que se desee, se obtiene también: a) Menor pérdida de materia seca y en consecuencia, mayor producción de energía total por unidad de terreno determinado; b) Mejor control de malezas; c) Reducción de los problemas de almacenamiento; d) Mejor control de plagas de insectos; e) El mantener un producto de alta calidad y valor nutritivo por períodos largos de tiempo y f) Más facilidad de mecanización y automatización (Barnett, 1954).

Los procesos que se llevan a cabo en un ensilado bien realizado, sin necesidad de aditivos, son los siguientes:

Fase # 1: Siempre y por muchas horas después de cortado y picado el pasto (hojas y tallos), las células vivas siguen respirando y consumen oxígeno del aire contenido en el silo. De allí resulta la producción de dióxido de carbono, la degradación de los carbohidratos simples y el flujo de agua desde la masa, debido a los cambios bioquímicos acompañados de evolución de calor y de compresión mecánica del ensilaje. Simultáneamente, se desarrollan levaduras y mohos, los cuales prosperan y se multiplican. En cinco horas aproximadamente, desaparece el oxígeno y los mohos. Aquí empiezan los cambios bacterianos. Esta es la actividad aeróbica que quiere decir actividad donde no hay aire.

Fase # 2: Cuando el oxígeno ha quedado consumido, las bacterias anaeróbicas formadoras de ácidos y otras bacterias, se multiplican en proporción prodigiosa. La producción de ácido acético en pequeñas cantidades, por microorganismos del grupo coliforme y otros. Simultáneamente con este proceso, los mohos y

levaduras mueren, pero siguen funcionando como sistemas de enzimas que producen alcoholes como el alcohol etílico y otros derivados. Esta fase es corta y termina en la fase #3.

Fase # 3: Se da el inicio de la fermentación del ácido láctico, que depende de la cantidad presente de microorganismos ácido lácticos, lactobacilos y estreptococos, soportados por un adecuado carbohidrato que es desdoblado. La acción anaerobia de las bacterias, produce tal cantidad de ácidos, que llega a un punto en el cual las bacterias mueren.

Fase # 4: Esta es la fase de "quiescence" o de estabilización en la masa, durante la producción de ácido láctico, llegando a un pico, para después quedar constante en un 1 a 1.5 % del material fresco, quedando al final con un pH constante de 4.2 a 3.8 para los ensilajes provenientes de granos de cereal y de 4.5 a 4.8 para los de leguminosas. En estos rangos de pH, se paraliza la actividad bioquímica. Además que la acidez presente impide que las bacterias pudran el ensilaje.

Estas cuatro fases, toman de 17 a 21 días. Las temperaturas óptimas, están entre los 26.5° C y 37.5° C. Para completar las tres primeras, necesita un período de tres días. Si existieran condiciones adversas, el proceso de ensilaje podría dar paso a la fase # 5.

Fase # 5: Un ataque por microorganismos productores de ácido butírico en el carbohidrato soluble residual y el ácido láctico que se ha formado. Esto es acompañado en casos extremos, por la deaminación de aminoácidos y formación de ácidos grasos altamente volátiles y gas amoníaco. También, debido, posiblemente a la descarboxilación que induce la formación de aminas y dióxido de carbono (Barnett, 1954).

La presencia del ácido butírico que descompone las proteínas, se puede evitar extrayendo el aire del silo y prensando bien el material. El ensilaje con olor a margarina rancia, usualmente no es aceptado por el ganado.

Los principales problemas de la técnica de ensilaje son:

- 1) El control de las pérdidas, debido a la respiración celular en la fase # 1.

2) La estimulación de la producción de ácido láctico en la fase # 3 y para prevenir los eventos que se den en la fase # 5.

El primero, se puede solucionar obviamente discontinuando el proceso de respiración celular, sea aerobio o anaerobio, lo cual puede ser mecánicamente o con la adición de ácido mineral.

En la parte mecánica de la compactación, debe evitarse que se atrape material fresco entre las capas del silo. También, si existe aire atrapado, el ensilaje se vuelve lamoso, hay calentamiento y por lo tanto pérdidas cuantiosas y "acaramelización" de los azúcares y carbohidratos. Además, se destruyen las vitaminas y se reducen las proteínas. También, con un adecuado llenado, se promueve una buena fermentación del ácido láctico. Si el ensilaje es picado y particularmente rico en proteína, deberá compactarse para liberar los jugos celulares y carbohidratos y hacerlos más biodisponibles a los lactobacilos.

En conclusión, se deben tomar en consideración, los siguientes factores para evitar los anteriores problemas:

- (1) Pre-tratamiento del ensilaje (mezclado o picado)
- (2) Control de la temperatura
- (3) La adición de carbohidratos (p.e. melazas)
- (4) La adición de ácidos y mezclas de ácidos
- (5) Mezcla de aditivos

Estos factores, se llevan a cabo de la siguiente manera:

(1) Induce un alto grado de compresibilidad e inhibición de la respiración celular. Si se da un incremento en la molienda, se puede elevar el nivel de proteína de un 20 al 25 %. Otra de las maneras de incrementar el buen ensilaje, es un buen secado y exposición de dos horas al sol para llegar a disminuir la humedad al 60 %.

(2) Si el ensilaje está húmedo o ha sido picado en alto grado de compactación, esto produce una masa en la cual la temperatura no sube arriba de 20 C. Si se da una compactación suave por la oclusión de aire, se puede dar una elevación de la temperatura

a 50° C. Además, los contenidos de humedad deben estar entre el 65 % y 75 % en las leguminosas y gramíneas verdes. Debe evitarse la producción de jugos, porque contienen sustancias nutritivas de gran valor que podrían perderse.

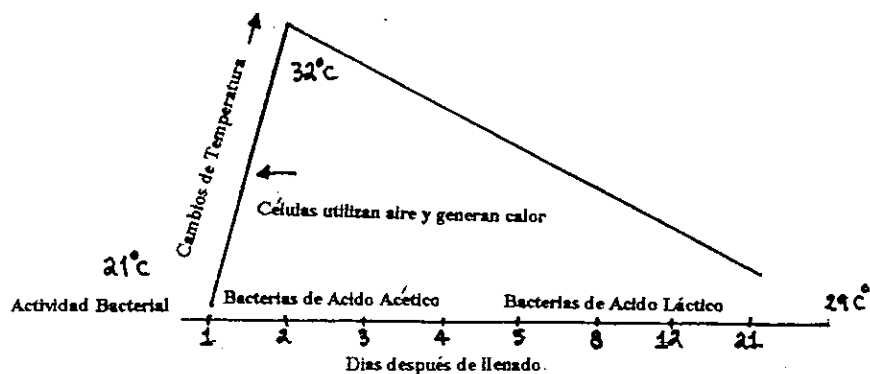
(3) Con el material muy alto en proteína, (especialmente si ha sido picado), la adición de carbohidrato disponible, provee el sustrato para los microorganismos de ácido láctico.

(4) El uso de aditivos.

En la *Figura # 4* se puede observar el ciclo de maduración de un ensilaje tradicional.

Figura # 4

CICLO DE MADURACION DEL ENSILAJE



b.2.2. Aditivos o preservantes del ensilaje:

Los aditivos o preservantes, son sustancias o materiales que sirven para conservar el ensilaje y ayudar a la fermentación para preservar el pasto dentro del silo. En la actualidad, se utilizan dos tipos generales de aditivos: a) sustancias nutritivas que estimulan la fermentación del ácido láctico por medio del agregado de azúcar u otros carbohidratos fácilmente fermentables y b) sustancias que reducen al mínimo la fermentación, únicamente porque

evitan el desarrollo de bacterias indeseables. Los aditivos presentan cuatro ventajas que son: 1) Absorben el exceso de humedad; 2) Reducen la penetración; 3) Aumenta el valor nutritivo del ensilaje y 4) Mejoran el sabor del ensilaje (Ilica, 1975).

En el primer caso, se encuentran las *melazas*, que es uno de los aditivos más importantes y económicos, que mejoran el gusto del ensilaje y obviamente lo vuelve más aceptable. Cuando se ensilan gramíneas solas, pueden añadirse de 20 a 30 kgs de melaza por tonelada de forraje, disueltos en un peso igual de agua. La melaza suministra azúcares, carbohidratos como la sucrosa, fructosa y glucosa, para el desarrollo de las bacterias que producen ácido láctico. Se recomienda 40 kg de melaza por tonelada de forraje, cuando el contenido de humedad del pasto es más o menos del 75 %. Y se aumenta la melaza a 50 kg cuando la humedad está entre el 80 y el 85 %. Si la humedad del forraje es menor, llegando a un 70 %, se recomienda de 15 a 20 kg de melaza. La cantidad de melaza necesaria para cada tonelada de forraje verde, varía desde 40 kg para leguminosas hasta 20 kgs para gramíneas verdes. Cuanto menos madura esté la cosecha, mayor es la cantidad de melaza a utilizar. El exceso de melaza no es perjudicial, pero no es económico.

Otro aditivo que es muy utilizado, es la *Urea*, aunque no es un carbohidrato. Es utilizada en la alimentación de ganado, la cual es capaz de utilizar limitadas cantidades de urea, como fuente de proteína cruda, con una dieta baja en nitrógeno y alta en carbohidratos, los cuales deben ser disponibles a la microflora del rumen. La urea, aun en la presencia de azúcar, disminuye la producción de ácido láctico, durante su primer período de desarrollo, parcialmente convertida a amonio. La cantidad recomendada a utilizar de urea, es de 4.5 kg por tonelada de material verde (Ilica, 1975).

Otro aditivo, lo constituye el *metabisulfito de sodio* llamado también "Pyrosal", que contiene del 65 al 67 % de dióxido de azufre por peso y es muy soluble en agua. Su acción restringe la fermentación, al disminuir rápidamente el pH de la masa del forraje. Ayuda a producir las condiciones anaeróbicas del ensilaje, al utilizar grandes cantidades de oxígeno, disminuyendo así, la acción bacteriana y reduciendo también las pérdidas del ensilaje. Otros tipos son los *ácidos*, como el método patentado AIV, que consiste en una mezcla de ácido clorhídrico y sulfúrico, que disminuyen la aparición de mohos. Pero resulta un método muy caro y de mucho cuidado en su manejo. La *cal*, que combinada con urea, puede regular el pH entre 3.8 y 4.0. Los *productos de amoníaco*, que son utilizados para incrementar el contenido de nitrógeno como soluciones amoniacaes acuosas con melaza o con gas anhidro y por último, la *inoculación microbiana* con cepas iniciadoras

de lactobacilos (Tilden, 1980).

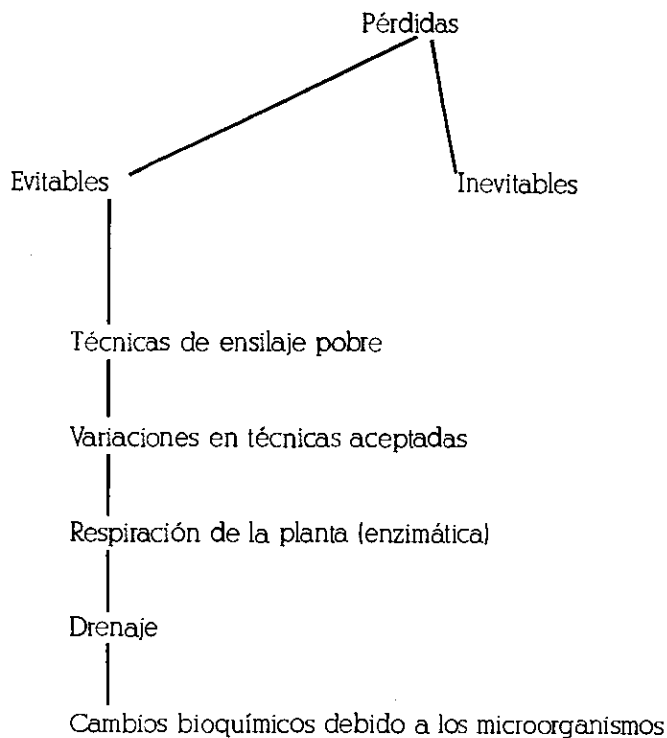
Entre los productos que pueden ensilarse con el empleo de aditivos químicos, se encuentran: 1) Granos de cereales molidos, tales como maíz, sorgo, etc; 2) Suero de leche o lactosa; 3) Papa cocida; 4) Bagazo de caña de azúcar; 5) Cascarilla de algodón y 6) Pulpa cítrica seca.

En efecto, se deben favorecer ciertas condiciones básicas para la fermentación, tal como se mencionó: ausencia de aire, temperatura controlada, buena distribución de la humedad y de los agentes conservadores y preservantes que pudieran haberse adicionado con el forraje a ensilar.

En la **Figura # 5** se muestran resumidas las posibles pérdidas en un proceso de ensilaje, mencionadas anteriormente:

Figura # 5

POSIBLES PERDIDAS EN PROCESOS DE ENSILAJE



b.2.3 Calidad del ensilaje:

1) **Ensilaje Verde:** El forraje que sale de este ensilaje, tiene buen color verde claro, huele bien y lo apetece el ganado.

2) **Ensilaje ácido:** Puede decirse que este ensilaje es el común y corriente. Es de buen valor nutritivo, aceptable, de gran digestibilidad para el ganado. Tiene un sabor ácido aunque no en extremo. Su color es verde claro mezclado con amarillo marrón. La temperatura de fermentación es de unos 35 a 37 C y su acidez está por debajo de un pH de 4.2. El ganado consume muy bien este ensilaje y produce buena leche. En este ensilaje no hay hongos, ni lamas, ni pasto negro o quemado.

3) **Ensilaje dulce:** Este ensilaje, tiene un color moreno y las pérdidas por mala fermentación, reducen su valor nutritivo, pues la temperatura alta, entre los 50 y más grados centígrados lo han quemado y huele a miel.

4) **Ensilaje agrio:** No tiene ningún valor para el ganado y su olor como su sabor son agrios, debido al ensilaje del pasto húmedo y sin presión (Iica, 1975).

b.2.4 Tipos de ensilajes:

Los tipos de ensilajes son muy variados, según la naturaleza y el fin para los cuales se preparan. Es decir, existen para fines industriales, a escala piloto y de campo, siendo estos últimos los más utilizados en nuestro medio.

Los silos de campo se pueden dividir en dos clases:

(1) Los que requieren alguna estructura en la parte superior sobre la tierra (p.e. de torres verticales o horizontales) y (2) Los que se encuentran a nivel de la superficie (p.e. de banco, pita y fosa).

A nivel de Escala-Piloto, los resultados pueden reflejar los efectos en escala completa de un silo, utilizando pequeñas cantidades de material, en donde los registros de la

temperatura, se pueden llevar a cabo utilizando una termocupla. En este tipo de ensilaje, el material no picado muestra un pH mayor y menor digestibilidad que la muestra picada. Menor carbohidrato disponible y mayor cantidad de fibra y ceniza que el picado. Además, con las ventajas de que se puede llevar a cabo un estudio completo de la fermentación y obtener economía de materiales y velocidad (Barnett, 1954).

b.2.5. Propiedades del producto ensilado:

Una vez preparado el ensilaje, es decir después de cortado, picado, apisonado y cerrado, sobreviene sobre la masa del mismo, una serie de transformaciones que conducen a la formación de ácido láctico. Por ello es necesario contar con: a) Humedad suficiente y constante; b) La cantidad necesaria de glúcidos fermentables y c) Un medio privado de aire. A esto debe sumarse el desarrollo de una población microbiana adecuada.

Los microorganismos, son los principales responsables en la producción de ácidos, además de que en la ausencia de bacterias, el amoníaco siempre se sigue formando. Los microorganismos productores de ácido láctico pueden utilizar la proteína como fuente de energía en ausencia de carbohidratos. Los lactobacilos son microorganismos facultativos anaeróbicos. Se reproducen a una temperatura óptima de 37° C. En general, se pueden dar las mejores condiciones entre 18° y 62° C.

El efluente de los silos aumenta en su volumen de flujo por dos factores: uno por la alta compresión de la masa, particularmente con alto contenido de agua. El otro, un alto contenido de extractos de células y agua, debido a producción de dióxido de carbono, en la utilización de azúcares o aminoácidos, como fuente de energía. Las pérdidas de materia seca, son bajas. Aproximadamente del 5 % en compuestos conformados de carbohidratos y productos nitrogenados. A todo esto, debe mencionarse que el ensilaje no es un mágico

proceso que convertirá un alimento de baja calidad alimenticia en uno de buena calidad. Podría no ser tan bueno como el producto original. Debe ser un procedimiento barato y poseer desde el inicio, un alto valor nutritivo. Dar compresión homogénea, para evitar la aparición de mohos, que llevan consigo un detrimento del contenido de proteínas. Si la proteólisis se lleva a cabo en el grado adecuado, se puede llegar a formar compuestos nitrogenados de mayor digestibilidad que las proteínas originales (Barnett, 1954).

III. JUSTIFICACION DEL PROYECTO:

Debido a la gran demanda y a los pocos recursos económicos y tecnológicos actuales en el país, para la producción de alimentos con alto valor nutritivo para consumo animal, es muy importante la investigación y adopción de procesos sencillos que posean el más bajo costo posible. Por medio de ellos se pueden transformar productos de alto valor nutritivo, lo cual puede traducirse consecuentemente en una mejora de la alimentación humana.

En las épocas secas, la utilización adecuada de los subproductos agrícolas, en zonas donde hay escasez de pastos naturales, al igual que en la preparación de raciones económicas y nutritivas, sería de grandes beneficios su empleo, para el desarrollo de la ganadería en nuestro país. Muchos de estos subproductos, no se aprovechan eficientemente y no se les da el manejo adecuado durante la estación lluviosa, cuando los rendimientos de los potreros exceden su producción. En este caso específico, la MAZORCA o POCHA de CACAO (*Theobroma Cacao*), es un subproducto agrícola que ha vivido una producción más o menos estable en los últimos diez años. Actualmente, su mayor uso se da como abono orgánico superficial para suelos de otros cultivos como café, cítricos, etc. Su empleo en la agroindustria es muy limitado, para no decir escaso. Además, no posee un valor comercial significativo. En este sentido, es necesaria la aplicación de una tecnología de post-cosecha adecuada, y como unas de ellas, se pueden citar las técnicas ensilaje y secado. Ambas poseen un bajo costo económico y de tiempo. El ensilaje, posee principalmente la capacidad de elevar el valor nutritivo de ciertos sustratos, así como mejorar su digestibilidad.

IV. OBJETIVOS:

El objetivo principal de este proyecto, es el siguiente:

- 1.- Contribuir al desarrollo de una tecnología apropiada, para la utilización de un subproducto agrícola como es, la mazorca de cacao.

Además, se pretende cumplir con los siguientes objetivos secundarios:

- 2.- Identificar un tratamiento y período de ensilaje adecuado , para la mazorca de **cacao** con base en su valor nutricional.
- 3.- Conocer las diferencias en composición química y valor nutritivo (i.e. digestibilidad in vitro) de la mazorca de **cacao** ensilada y el efecto, con diferentes aditivos.
- 4.- Determinar las curvas de deshidratación de la mazorca de **cacao** fresca, por métodos de secado natural y artificial.

V. HIPOTESIS

Las hipótesis de este proyecto son las siguientes:

- 1.- La mazorca de **cacao** (*Theobroma cacao*), mejora sus propiedades nutricionales requeridas para ser utilizada como un alimento animal, después del proceso de ensilaje.

- 2.- Los tratamientos con **aditivos** aplicados conjuntamente con la operación de ensilaje, aumentan el valor nutricional de la mazorca de **cacao**, para utilizarse como un alimento animal.

VI. MATERIALES Y METODOS

A. Localización:

El estudio se realizó con mazorcas de la Finca Kanya, localizada en el municipio de San Juan Bautista, del departamento de Suchitepéquez, a una altura de 550 mts s.n.m. con un clima promedio cálido.

B. Material Experimental Básico:

La mazorca de Cacao utilizada en el experimento, corresponde a la variedad **Forastero híbrida costarricense**, cuyos requerimientos se adaptan a las características de la región de estudio. El manejo del material en el experimento, fue el mismo que el agricultor cacaotero, proporciona generalmente a su cultivo.

C. Procedimiento:

El experimento consistió en tres fases distintas:

- 1.- Ejecución de un análisis proximal para una muestra de mazorca de cacao, fresca, seca y picada.
- 2.- Ensilaje de la mazorca de cacao con los diferentes tratamientos, con la adición de melaza y/o urea según el diseño experimental y los períodos de almacenaje programados.
- 3.- Obtención de las curvas de secado de dos muestras de mazorca de cacao frescas, por dos métodos distintos: natural y artificial. Además, se obtuvo la curva de secado para una muestra ensilada, bajo un tratamiento específico, utilizando el método natural o solar.

En la *fase # 1*, se realizó un análisis químico-proximal, determinando la concentración de los siguientes parámetros: humedad, cenizas, proteína cruda, fibra cruda y extracto etéreo. Los carbohidratos se establecieron por diferencia. Además, las muestras fueron evaluadas en los siguientes parámetros para el análisis de forrajes: fibra ácido detergente, fibra neutro detergente, digestibilidad in vitro, hemicelulosa y pH. Todos estos parámetros, se compararon con los resultados obtenidos de la fase # 2. Todos los análisis fueron realizados en triplicado.

En la *fase # 2*, se realizó la evaluación de la técnica de preservación, de la materia prima, definida como el ensilaje, empleando silos experimentales de plástico, los cuales se sometieron a diferentes tratamientos, que dieron un total de nueve, variando los niveles de concentración de los aditivos químicos, que en este caso fueron la melaza y urea. Los diferentes tratamientos empleados, pueden ser observados, en el Cuadro # 7 del diseño experimental.

Para la *fase # 3*, se realizó la evaluación de la técnica de secado, como medio de preservación de la materia prima ya procesada. Tanto en su presentación como no ensilada y para una muestra específica ensilada, comparando los porcentajes de humedad y de pérdida de humedad, obtenidos con los métodos de secado natural o solar y el artificial. Para el caso de la muestra no ensilada, se empleó el método natural únicamente.

Fase # 1:

Primero, se procedió a la preparación de la muestra, para lo cual se picaron cinco libras (5.00 lbs) de mazorcas limpias de semillas y mucilago. Estas se picaron, pasándolas dos veces por un molino de martillos, sin tamices, hasta llegar a obtener un material final pastoso homogéneo. Luego se tomó una muestra del producto y se determinó su pH. Después se procedió a secar el lote restante en un horno de aire convencional. Luego, se tomó una cantidad de muestra representativa y necesaria para realizar los análisis restantes. Para ello, esta muestra se molió nuevamente, empleando un molino de

laboratorio, hasta alcanzar el tamaño de partícula deseado de 40 mesh.

Fase # 2:

Se procedió de la misma manera que la fase anterior, pero esta vez, empleando cincuenta libras (50.00 lbs) de mazorcas. Luego de este lote, se tomó una muestra de 30 libras, la cual fue utilizada como materia prima para preparar los ensilajes. Cada ensilaje tuvo un peso de doscientos cincuenta gramos (250.00 gms), al cual se le aplicó el tratamiento respectivo, con los aditivos: melaza y urea según el caso descrito en el diseño experimental. Luego de obtener una mezcla homogénea con los aditivos, se procedió al llenado de las bolsas (silos experimentales), previamente rotuladas, indicando para cada uno el tratamiento utilizado y el tiempo de ensilaje. Luego, se procedió a efectuar el vacío y sellado hermético de los silos. Posteriormente, fueron almacenados para su observación, en canastas plásticas en un cuarto cerrado a temperatura ambiente. Cuando se llegó a la finalización de cada uno de los períodos de ensilaje, el silo fue abierto, para extraerle una muestra, localizada en el fondo y centro del silo, analizando: la digestibilidad in vitro, fibra ácido-detergente, fibra neutro-detergente, hemicelulosa y pH. También se analizó la proteína cruda, presente en el período de 30 días de ensilaje y se realizó la comparación con los datos teóricos calculados para 0 días de ensilaje. Dado que se trabajó con un alto número de silos y en triplicado, fue necesario realizar el congelamiento de los mismos, al llegar al final de su período de ensilaje, para interrumpir así, el proceso de fermentación y poder realizar con tiempo los análisis requeridos.

Fase # 3:

Se procedió de la misma manera que en la fase anterior, pero esta vez, empleando cinco libras (5.00 lbs) de mazorcas. Después de la molienda, el lote se dividió en dos partes iguales, la primera para ser secada naturalmente y la segunda artificialmente.

Para el primer caso, se tomó una muestra de cinco gramos, pesados en una balanza analítica,

y se colocó en una lata de aluminio, previamente tarada. Luego se colocó ésta, en el horno convencional de aire para su secado, con una temperatura constante desde el inicio de 60°C. Las determinaciones de la pérdida de peso, se iniciaron desde este momento y prosiguieron hasta llegar a obtener un peso constante, con frecuencia de 10 minutos entre cada medición. En la parte final, se procedió a presentar los resultados en gráficas de tiempos de secado (hrs) versus el % de humedad y versus el % de pérdida de humedad.

Para el segundo caso, se tomó una muestra de quince gramos (15.00 gms), y se dividió en tres partes iguales. Cada una de éstas, se colocaron dentro de platillos de aluminio que se encontraban sobre una tarima de madera, a 50 cm del nivel del suelo y en un área en que los rayos del sol, penetraban directamente al producto. La operación de secado, tuvo una duración de dieciséis horas, empleando ocho horas cada día. Este iniciaba a las ocho horas de la mañana y terminaba a las dieciséis horas del mismo día. Las muestras se dejaban en reposo en una desecadora y se continuaba el secado, al segundo día. En este método, la frecuencia de las mediciones fue de cada treinta minutos (30 min). Los resultados se presentaron de la misma manera que en el primer método. En la parte final de esta fase, se realizó el secado al sol de una muestra de producto ensilado y se realizaron también los gráficos correspondientes para establecer las comparaciones necesarias.

D. MATERIALES ESPECIFICOS:

- Mazorcas de cacao maduras, de la variedad Forastero híbrida costarricense.
- Jarabe de melaza con 250 gm/lit de concentración de sólidos totales.
- Fertilizante, Urea con 46 % de nitrógeno.
- Bolsas de polipropileno de alta densidad, con capacidad de una libra, resistentes al sellado y vacío.

E. ANALISIS DE MUESTRAS:

- 1.- *Determinación del pH:* El pH se determinó según el AOAC. (# 13.010, p. 237).
- 2.- *Determinación de humedad:* La determinación de humedad, se realizó según el AOAC. (# 7.006, p.7)
- 3.- *Determinación de cenizas:* La determinación del contenido de cenizas, se realizó según el AOAC. (# 7.009, p. 153).
- 4.- *Determinación de Extracto etéreo o grasa:* La determinación del contenido de grasa, se realizó según el AOAC, (# 7.003 y # 7.060, p. 159).
- 5.- *Determinación de proteína cruda:* La determinación del contenido de proteína cruda, se realizó según el AOAC, (# 2.054 y # 2.057).
- 6.- *Determinación de carbohidratos:* Por diferencia. (100 - Contenido de humedad + Proteína Cruda + Fibra Cruda + Extracto Etéreo + Ceniza)
- 7.- *Determinación de fibra cruda:* La determinación del contenido de fibra cruda, se realizó según el AOAC, (# 7.061, p. 159).
- 8.- *Determinación de digestibilidad in vitro, fibra ácido y neutro detergente y hemicelulosa:* La determinación de la digestibilidad in vitro, las fibras ácido y neutro detergentes, así como la hemicelulosa, se realizó por los métodos descritos en Analysis of Fiber Forrage, de Goering, H.K, 1968.

VII. DISEÑO EXPERIMENTAL

El trabajo experimental de este estudio, principalmente para la *fase # 3*, que consistió en el ensilaje de las muestras de cacao, consistió en nueve diferentes tratamientos, que se efectuaron variando los niveles de concentración (0, 5 y 10 %) de los aditivos químicos urea y melaza. Realizando la respectiva comparación con un blanco, para cada uno de los diferentes bloques de periodos de ensilaje (0, 15 y 30 días). La distribución del diseño se muestra en el *Cuadro # 7*.

Cuadro # 7

DISEÑO EXPERIMENTAL

Días de ensilaje:	Tratamientos: (Melaza / Urea)(*)
Bloque # 1: 0 días	(0/0), (5/0), (10/0), (0/5), (0/10), (5/10), (5/5), (10/5) y (10/10)
Bloque # 2: 15 días	(0/0), (5/0), (10/0), (0/5), (0/10), (5/10), (5/5), (10/5) y (10/10)
Bloque # 3: 30 días	(0/0), (5/0), (10/0), (0/5), (0/10), (5/10), (5/5), (10/5) y (10/10)

(*): Nota: Todos los análisis fueron realizados en triplicado.

Los análisis que se realizaron a los ensilajes fueron los siguientes: Digestibilidad in vitro, fibra ácido detergente, fibra neutro detergente, hemicelulosa, pH, y proteína cruda para el caso de los bloques # 1 y # 3.

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), para un modelo trifactorial de efectos fijos con

interacciones simples, de dos vías y de tres vías, entre los efectos : Días de ensilaje y tratamientos con melaza y urea.

Las fórmulas de la tabla de ANDEVA, que se utilizaron, se muestran en la **Figura # 5**.

Figura # 5

Análisis de varianza para el modelo trifactorial de efectos fijos experimental

Fuente de Variación:	Suma de Cuadros	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	Valor F
1.- Efectos Principales:				
A. Días	SCa	a-1	MSa	MSa/MSe
B. Melaza	SCb	b-1	MSb	MSb/MSe
C. Urea	SCc	c-1	MSc	MSx/MSe
2.- Interacciones en dos vías:				
AB (Días vs Melaza)	SCab	(a-1)(b-1)	MSab	MSab/MSe
AC (Días vs Urea)	SCac	(a-1)(c-1)	MSac	MSac/MSe
BC (Melaza vs Urea)	SCbc	(b-1)(c-1)	MSbc	MSbc/MSe
3.- Interacciones en tres vías:				
ABC (Días vs. Melaza vs. Urea)	SCabc	(a-1)(b-1)(c-1)	MSabc	MSabc/MSe
Error	SCe	abc(n-1)	MSe	
Totales	SCt	abcn-1		

(Montgomery, D.C, 1991)

Para probar la hipótesis nula de que no hay diferencia, ya sea entre las medias de los nueve tratamientos o las medias de los tres periodos de ensilaje, o bien la interacción entre ambos, se

utilizó el criterio de rechazar la hipótesis nula si $F > F_{\text{critico}}$, con un alfa de 0.05. Además, se presentó gráficamente las interacciones existentes y la reevaluación de las diferencias con la Prueba de Tukey con alfa de 0.05.

Las Formulas del análisis de varianza a ser empleadas, son:

$$SCT = SCa + SCb + SCc + SCab + SCac + SCbc + SCabc + SCE$$

$$SCa = \sum_{i=1}^a \frac{y_{i..}^2}{an} - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

$$SCb = \sum_{j=1}^b \frac{y_{.j.}^2}{bn} - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

$$SCab = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{y_{ij.}^2}{cn} - \frac{y_{...}^2}{abcn} - SCa - SCb$$

$$SCac = \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^c \frac{y_{ik.}^2}{bn} - \frac{y_{...}^2}{abcn} - SCa - SCc$$

$$SCbc = \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \frac{y_{.jk}^2}{an} - \frac{y_{...}^2}{abcn} - SCb - SCc$$

$$SCabc = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \frac{y_{ijk}^2}{n} - \frac{y_{...}^2}{abcn} - SCa - SCb - SCc - SC_{ab} - SC_{ac} - SC_{bc}$$

$$SCE = SCT - SC_{abc}$$

$$MCA = SCa / a-1$$

$$MCb = SCb / b-1$$

$$MCc = SCc / c-1$$

$$MCab = SCab / (a-1)(b-1)$$

$$MCac = SCac / (a-1)(c-1)$$

$$MCbc = SCbc / (b-1)(c-1)$$

$$MCabc = SCabc / (a-1)(b-1)(c-1)$$

VIII. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en las diferentes fases del estudio, se encuentran distribuidas por Cuadros y Gráficas en el Anexo de este documento.

Fase # 1: Análisis Químico- Proximal de la mazorca fresca :

El propósito de esta fase del estudio, fue realizado para poder llegar a identificar las propiedades químico - nutricionales de la materia prima. Los datos al respecto, se detallan en el *Cuadro # 8*, los cuales se pueden comparar con los datos de la literatura indicados en los *Cuadros # 3, # 4 y # 5*. Como se puede observar, la composición química-proximal de la mazorca de cacao de este estudio, cae dentro de la variabilidad informada por otros investigadores. Las diferencias, podrían explicarse o estar relacionadas a la variedad de cacao que fue utilizado en esos estudios, que no fue especificada como también a la madurez de la mazorca y a su manejo, después de haber sacado las semillas de cacao. En todo caso, este subproducto es un material alto en fibra y con un contenido bajo en proteína y carbohidratos solubles, lo cual podría explicar la reducida digestibilidad in vitro de 46.35 %.

En el presente estudio, se amplió la información química de la mazorca de cacao a través de las determinaciones de fibra ácido y neutro detergente. El análisis por fibra neutro detergente (FND), se usa en forma amplia para estimar el contenido de celulosa, hemicelulosa y de lignina en material vegetal y junto con el análisis de fibra ácido detergente (FAD), ha reemplazado el análisis de fibra cruda en el análisis de forrajes. El contenido de paredes celulares, es medido por la fibra neutro detergente que se ha demostrado ser la característica fundamental en la determinación del valor nutritivo del forraje. Por otro lado, la fibra ácido detergente, está esencialmente compuesta de lignina, celulosa y de minerales insolubles, principalmente sílice. Todos estos componentes, son de importancia nutricional. Sin embargo, el sílice metabolizado por las plantas es responsable en alto grado por la

influencia negativa que tiene en la digestibilidad que es mayor que la influencia de la lignina, la cual se va incrementando en el producto, con el paso del tiempo. La diferencia entre FND y FAD da origen al contenido de hemicelulosa.

De los datos del **Cuadro # 8**, se puede apreciar que la cantidad de paredes celulares en la mazorca del cacao (FND) es alta, mientras que el nivel de (FAD) es similar a la fibra cruda. Estas fracciones de la mazorca de **cacao**, son por consiguiente responsables, por la relativa baja digestibilidad in vitro de 46.3 % de la mazorca.

Por consiguiente, para una mejor utilización biológica de la mazorca como alimento, sería importante poder reducir al máximo, los niveles de las fibras ácido y neutro detergentes.

Fase # 2 Evaluación de la técnica de ensilaje como medio de conversión y preservación de la mazorca de cacao:

El proceso de ensilar forrajes y subproductos agrícolas/agro industriales, consiste básicamente en inducir una fermentación anaeróbica del material ensilado, por medio de los microorganismos naturales en el producto. El proceso requiere, para una eficiente fermentación un pH ácido, niveles de alrededor del 75 % de humedad y una fuente de energía de fácil acceso a los microorganismos presentes en el material. Los datos de este estudio mostraron que el pH de la mazorca fue de 5.67 o sea, adecuado en este sentido para su fermentación. Asimismo, contenía 75 % de humedad, aunque contenía niveles bajos de azúcares fermentables. El proceso y sus efectos sobre el material ensilado, tienden a conservarlo, principalmente por su reacción ácida, ya que se produce ácido láctico, que induce o puede llegar a inducir cambios favorables del tipo nutricional en el material ensilado. El ácido láctico, sirve al rumiante como fuente de energía. Con este fin, es que se procedió al desarrollo de la segunda fase del estudio, cuyo objetivo fue llegar a conocer qué cambios químicos podría inducir el proceso de ensilaje.

Es de importancia indicar también, que para mejorar la utilización potencial de energía de sustancias químicas como son los componentes de la pared celular, celulosa, lignina, hemicelulosa, se han utilizado reactivos alcalinos como hidróxido de sodio e hidróxido de calcio y la urea, tal como se ha reportado en la revisión bibliográfica.

En base a lo anterior, se procedió a evaluar el efecto de varios tratamientos durante el proceso de ensilaje. Los resultados obtenidos, después de haber realizado el ensilaje con los tratamientos antes descritos y en los tres períodos de ensilaje previstos, se presentan así; En los *Cuadros # 9 y # 10*, los datos porcentuales medios de las fibras ácido y neutro detergentes y de las diferencias entre cada uno de los períodos de ensilaje. Estos resultados, también se presentan en las *Gráficas # 1 y # 2*. Si se observa el Cuadro # 9, existe una disminución generalizada del paso del tiempo del contenido de fibra ácido detergente compuesta principalmente de celulosa, lignina y cenizas ácido detergentes, siendo mayor esta diferencia para los tratamientos que contenían urea como: (0/5) y (0/10) al cabo de los treinta días de ensilaje. Es importante indicar que el tratamiento control (0/0), también redujo en igual proporción la FAD. Aunque también debe mencionarse, al comparar el dato de la FAD, del Cuadro # 8, con un valor de 33.55 +/- 0.10 %, con los observados en los tratamientos (0/5) y (0/10) principalmente, se observa un incremento de la misma debido principalmente a la pérdida de humedad durante el proceso del manejo y análisis. Ahora bien, para el caso de la FND, de mayor contenido porcentual que la FAD y compuesta por los componentes de la pared celular (celulosa, lignina y hemicelulosa), sus disminuciones presentadas en el Cuadro # 10, fueron mayores al compararlas con la fibra ácido detergente, debido a que en este caso, se está desintegramiento toda la pared celular. Las disminuciones más notorias fueron para los tratamientos con melaza y urea (5/10), (10/5), (10/10). Fueron menores para los tratamientos sólo con melaza (0/0), (5/0) y (10/0) e intermedios sólo con urea. Estos resultados, parecen indicar que la melaza no posee un efecto tan efectivo en ayudar a la desintegración de las fibras, que incrementarían la digestibilidad del subproducto, en comparación con los tratamientos que contenían urea. Al igual que los datos de la FAD, la FND, presentó los mismos incrementos,

principalmente en los tratamientos (0/10), (5/10), (10/5) y (10/10) , debido a las pérdidas de humedad al compararlos al inicial de 58.24 +/- 0.71 % del **Cuadro # 8**.

Para el caso de la hemicelulosa obtenida por diferencia entre las fibras neutro y ácido detergentes, se presentan los resultados en el **Cuadro # 11** y la **Gráfica # 3**, en donde se volvió a marcar el efecto de la urea, ya que para los tratamientos (5/10), (10/5) y (10/10), la misma se vió disminuída en mayor grado, que con sólo el agregado de melaza. También en este caso, debe indicarse, que dado que la hemicelulosa se obtiene de una diferencia, se da un incremento y adición de los errores de análisis obtenidos de las fibras ácido y neutro detergentes.

Los resultados de la digestibilidad in vitro, se presentan en el **Cuadro # 12** y la **Gráfica # 4**. Esta se vió incrementada en los tratamientos: (5/10), (10/5), (10/10) y con incrementos de 35.0, 30.5 y 32.37 % . También valores entre 15.7 y 18.9 % de digestibilidad in vitro, se observaron con (0/5), (0/10) y (5/5) de los aditivos Melaza/Urea y solamente entre 2 y 3 % para los tratamientos (0/0), (5/0) y (10/0). Esto parece mostrar una interacción positiva entre la melaza y urea en incrementar la digestibilidad in vitro.

Es de interés hacer varias observaciones respecto de estos resultados, con el fin de buscar alguna explicación. Los aumentos en la digestibilidad in vitro, parecen estar asociados a la disminución de la FND y de la hemicelulosa, así como también a un pH que en general varió entre 5.3 a 8.7, o sea alcalino, mientras que el pH en los tratamientos con sólo melaza, varió entre 5.72 a 6.0 o ligeramente ácido. Parece ser por consiguiente, que el pH alcalino favorece la hidrólisis de los componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina) no siendo el pH ácido tan efectivo. Por otro lado, podría ser un efecto de reacciones entre la urea y taninos en la mazorca de cacao. La urea se desdobra en dos moléculas de amoníaco, las cuales estarían reaccionando con los taninos, los cuales son inhibidores de enzimas aminolíticas y proteolíticas. También la urea podría ser utilizada por las bacterias de la mazorca, quienes a su vez, usando la energía de la melaza crecerán en número,

atacando a los componentes de la pared celular. Estos posibles mecanismos, podrían ser objeto de investigaciones futuras.

Para el caso de la proteína cruda, analizada en forma experimental, exclusivamente para los tratamientos en el período de ensilaje de treinta (30) días y en forma teórica para el período de (0) días, los resultados se presentan en el **Cuadro * 13** y **Gráfica * 5**. En general, se observó un incremento de la proteína cruda en todos los tratamientos con urea, pero en especial para los siguientes (5/10), (10/5) y (10/10) en los cuales el porcentaje se duplicó. Esto fue debido a la participación de la urea que brindó con su contenido de nitrógeno. En el caso de los tratamientos sólo con melaza, el pequeño incremento en proteína cruda, podría explicarse en base a un aumento en la flora microbiológica, así como también en una disminución en los azúcares. El agregado de 5 % y 10 % de urea, aportaría un 14.4 y 28.2 % de proteína cruda, que con el aportado por la mazorca, daría valores teóricos de 20.0 y 34.2 % respectivamente. En los tratamientos con 5 y 10 % de urea a los 30 días, los datos variaron entre un rango promedio del 16 al 18 %, o sea con una recuperación del 80 % para la adición de un 5 % de urea y del 53 % para la adición de un 10 % de urea. Estos datos, sugieren pérdidas de nitrógeno como amoníaco, mayores para la adición de un 10 % de urea que para la adición de un 5 %. Por consiguiente, en estudios futuros, es de interés establecer niveles de adición de urea que sean retenidos en mayor porcentaje y que al mismo tiempo incrementen el valor de la digestibilidad in vitro, hidrolizando la pared celular. El pH, de los ensilajes, se presenta en el **Cuadro * 14** y **Gráfica * 6**, para cada uno de los tratamientos y períodos de ensilaje. En éstos, se observó un incremento más significativo para los tratamientos (0/5), (5/10) y (10/10) debido a la presencia de la urea, la cual posee un efecto no acidificante del medio.

Debe indicarse, que parte del producto a ensilar (un 20 %) debió de ser nuevamente ensilado, debido a la formación de dióxido de carbono y de colonias de hongos, principalmente, por contaminación del producto al ambiente y presencia de residuos de oxígeno en el silo por el mal

sellado de los mismos. También debe hacerse notar que en el proceso de ensilaje, se pudo haber dado una mezcla no uniforme de los aditivos con la materia prima, debido a que el tamaño de las partículas del producto, no eran muy homogéneas. Además de un efecto por la deshidratación de las muestras, debido a su congelación previo a su análisis. La mezcla de aditivos empleados: melaza y urea, mostraron una variación en la coloración inicial que iba del color café zapote a una coloración final de café oscuro en un 80% de los silos. Estos cambios, se observaron en mayor proporción en los ensilajes con tratamiento con melaza, que además, brindó al ensilaje un aroma agradable y característico del mismo. Además, se observó un ligero aumento de la temperatura de los ensilajes en los primeros siete días del proceso y también se presentó la acumulación de líquidos, propios de la fermentación en el fondo del silo, a partir de los primeros quince días de haber iniciado el proceso.

En el **Cuadro # 15**, se presentan los resultados del análisis de varianza, ejecutado por computadora. Se utiliza un programa estadístico "SPSSPC" (Statistical Package for Social Science) que aplica un diseño experimental multifactorial, para descubrir si existe alguna diferencia significativa entre los nueve diferentes tratamientos y los tres períodos de ensilaje utilizados. Los resultados obtenidos de este análisis, mostraron que sí existe una diferencia significativa entre cada uno de los tratamientos y períodos de ensilaje ejecutados, ($P > 0.05$) rechazando por lo tanto, la hipótesis nula previamente propuesta. Estos resultados, involucraron identificar las interacciones existentes, mostradas en las **Gráficas # 7 a la # 15**, para cada uno de los: tratamientos (melaza/urea) y los períodos de ensilaje (0, 15 y 30 días). Además, poder llegar a inferir cuál o cuáles de todos los tratamientos y períodos de ensilaje son los más aceptables para obtener una mejora significativa en el porcentaje de digestibilidad in vitro del producto ensilado. Además que se reevaluó y verificó el diseño obtenido, empleando la prueba de Tukey, para las diferencias estadísticas significativas encontradas.

En la **Gráfica # 7**, (Digestibilidad vrs Días de ensilaje), se presentó un incremento estadísticamente significativo de la Digestibilidad entre los ensilajes de cero (0) - treinta (30) días y cero (0) - quince (15) días. No se presentó el caso entre los quince (15) - treinta (30) días, según lo mostró

la prueba de Tukey ($p = 0.05$). Estos resultados, verificaron los presentados anteriormente en la Gráfica # 4, en donde los incrementos más significativos se dieron para los tratamientos (melaza/urea): (5/10), (10/5) y (10/10). Esto no se observó para los restantes tratamientos. Los resultados obtenidos sobre los períodos de ensilaje, muestran que un incremento en los días de ensilaje, es decir más de 15 días, no implica necesariamente un incremento en la digestibilidad in vitro, por lo que no es necesario prolongar el período de ensilaje que resulte en un aumento significativo. En la **Gráfica # 8** (Digestibilidad vs Melaza), el contenido de melaza no mostró un efecto significativo en el incremento de la digestibilidad para los diferentes períodos de ensilaje tal como se vuelve a ratificar de la **Gráfica # 4** para los tratamientos con 5 y 10 % de melaza respectivamente (5/0) y (10/0).

En la **Gráfica # 9** (Digestibilidad vs. Urea), el contenido de urea sí mostró por lo contrario, un efecto significativo en un incremento de la digestibilidad en los diferentes períodos de ensilaje. Siendo mayor la diferencia entre los cero (0) - treinta (30) días con un 11 % y un poco menor 7.5% entre cero (0) - quince (15) días. En la **Gráfica # 10** (Interacción Digestibilidad - Días de ensilaje - Melaza), mostró una interrelación entre el porcentaje de melaza agregado en los períodos de cero y quince días de ensilaje. El comportamiento de las rectas con 0, 5 y 10% muestran un incremento conjunto de su velocidad entre este período de tiempo, mayor que el que se da entre los quince (15) - treinta (30) días. Aunque la recta con 0 % de melaza parece ver disminuida su velocidad del % de digestibilidad para el período de 15 días, ésta logra reponerse con el tiempo. Posiblemente estos porcentajes de digestibilidad, mostrarían un comportamiento creciente con el paso del tiempo, ya que no presentan un decrecimiento al cabo de los treinta días. En la **Gráfica # 11**, (Interacción: Digestibilidad - Días de ensilaje - Urea), mostró un comportamiento especial ya que cuando la urea no estuvo presente, el porcentaje de digestibilidad se mantuvo constante, en el tiempo. Además, al ir incrementando de un 5 a 10 %, la concentración de urea, la digestibilidad aumentó tanto para los 15 y 30 días de ensilaje posteriores. Al igual que la gráfica anterior, es posible que el porcentaje de digestibilidad se vea incrementado con el tiempo, es decir, más allá de los treinta (30) días de ensilaje.

En la **Gráfica # 12**, (Digestibilidad - Melaza - Urea) la cual fue realizada para poder llegar a identificar el tratamiento de melaza / urea adecuado para incrementar, la digestibilidad. El mismo fue identificado como el (10/5) para el corto plazo en 15 días y de (5/10) para el largo plazo en 30 días, ya que en este último, la digestibilidad seguirá su comportamiento de velocidad creciente, mientras que para el tratamiento (10/5), éste se estabiliza en forma constante. Estos resultados, también se observan al comparar los días de ensilaje en la **Gráfica # 4**. Se refleja una disminución natural de las fibras ácido y neutro detergentes para estos tratamientos, además de un incremento de la proteína cruda, propias de la naturaleza del proceso de ensilaje. (Ver **Graficas # 1, # 2 y # 5**).

En las **Gráficas # 13, 14 y 15**, se pueden verificar los resultados de la identificación del mejor período de ensilaje, de acuerdo al porcentaje de digestibilidad in vitro presente. En la **Gráfica # 13**, se observó un efecto negativo, al agregar los aditivos, ya que para el tratamiento (10/5), la digestibilidad se mantiene constante y disminuye al incrementar el porcentaje de urea a un 10 % (10/10). Similar comportamiento, se observó en los tratamientos (0/5) y (5/10). El único que se ve incrementado es el de (0/10). En la **Gráfica # 14**, se muestra un comportamiento de crecimiento para ambos tratamientos (melaza y urea), observada nuevamente en el tratamiento (10/5). Ahora en la **Gráfica # 15** se observó un incremento interrumpido al aumentar las concentraciones de urea, en los tratamientos (10/5) y (0/5), no siendo lo mismo para el tratamiento (5/10), que incrementó la digestibilidad. Además, para poder llegar a verificar los comportamientos de la digestibilidad in vitro, con otros parámetros, como lo son la hemicelulosa, las fibras ácido y neutro detergentes y la proteína cruda, se desarrollaron las regresiones lineales y polinomiales que se muestran en los **Cuadros # 16 A y 16 B** respectivamente, donde se observó que existe un decrecimiento de las fibras y de la hemicelulosa y un descenso de la proteína cruda, resultados verificados con las interrelaciones mostradas anteriormente.

Los resultados obtenidos de los aditivos empleados, sugieren el siguiente mecanismo, ocurrido sobre el ensilaje, que debe ser confirmado por investigaciones futuras. La urea, probablemente se

hidroliza en dióxido de carbono gaseoso y dos moléculas de amoníaco. Estas moléculas, pueden seguir tres caminos, uno de ellos puede ser que reaccione con los taninos y alcaloides presentes en la mazorca de cacao. Esta posible reacción, podría reducir el efecto inhibitorio de los taninos, sobre las enzimas celulóticas, amilolíticas y proteolíticas de las bacterias que estarían libres para actuar sobre los componentes de la pared celular. Una segunda ruta, es la posible utilización del amoníaco, como fuente de nitrógeno por la flora microbiana de la mazorca del cacao, usando la melaza como fuente de energía. El efecto neto de esta posibilidad, es un incremento de la flora bacteriana, que actuaría sobre la pared celular, traduciéndose en un incremento de la digestibilidad. La tercera ruta, sería una fuga del amoníaco, que posiblemente ocurrió, ya que como fuera indicado, el contenido de proteína cruda disminuyó de los 0 a los 30 días de ensilado. Es importante también indicar la capacidad alcalina de la urea, lo cual podría inducir una hidrólisis de los componentes de la pared celular, los cuales a su vez podrían servir como sustrato a las bacterias presentes en el ensilaje. En trabajos futuros, sería de interés investigar si el mismo efecto observado en este estudio, se logra con el empleo de hidróxido de calcio como aditivo al ensilaje.

En estudios reportados en la literatura (Kamra, 1983) y (Ryley, 1967), sobre el uso de urea en la preparación de ensilaje, sus niveles no han sobrepasado el 2.5 % de la materia seca y en este caso, se ha encontrado un aumento en la digestibilidad in vivo, así como también en la síntesis de ácido láctico y acético y un pH un poco menos ácido que el del ensilaje inicial. En el presente estudio, los niveles de urea usados fueron del orden del 5 y 10 %, o sea de 2 a 4 veces más alto, lo cual podría afectar la aceptabilidad del ensilaje por parte del animal, por el olor del amoníaco presente. Sin embargo, los altos niveles se pueden justificar en el sentido de que el amoníaco de la urea inactiva a los taninos y a los alcaloides, que ya en esa forma no afectarían al proceso digestivo, tanto a nivel bacteriano como a nivel animal. Finalmente la disminución de la FDN y el aumento de la digestibilidad in vitro encontradas, cuando el ensilaje se combinó con estos niveles de urea, sugieren que esta forma de ensilar, amerita estudios en una forma más detallada.

Fase # 3: Evaluación de las técnica de secado como medio de preservación de la mazorca de cacao:

El proceso de ensilar, permite hacer uso del material en alimentación de rumiantes, al finalizar el proceso fermentativo. Sin embargo, el ensilaje debera deshidratarse para fines de uso como suplemento en raciones secas para el ganado. Con esta idea en mente, se procedió a efectuar la fase # 3, del estudio.

En el *Cuadro # 17 y Gráficas # 16 y # 17*, se presentan los datos obtenidos de la evaluación del secado de la mazorca de cacao, por el medio natural . Además de mostrar en los mismos los porcentajes de humedad y de pérdida de humedad obtenidos en los tiempos de secado requeridos. Se observó una variación del % de humedad de un 75 % a un 24 % en un tiempo de 14.5 hrs, con una pérdida de humedad máxima del 76 %. En el *Cuadro # 18 y Gráficas # 18 y # 19*, se presentan los datos obtenidos de la evaluación del secado de la mazorca de cacao, por medio artificial. La variación observada, fue de un 75% a un 14 % en un período de 3 hrs. , con una pérdida de humedad máxima del 86 %. Como era de esperar, la técnica de secado artificial resulta en una obtención de un producto más seco con un 10% menos de humedad en un período de tiempo mucho menor al secado natural, que influirá en la obtención de un producto mejor conservado y por consiguiente de mejor calidad, pero con un costo de operación mucho más elevado.

También en esta fase, se evaluó el secado natural, aplicado a una muestra de producto ensilado por 30 días, bajo un tratamiento de 10 % de melaza y 5 % de urea. Los resultados se presentan en el *Cuadro # 19* y en las *Gráficas # 20 y # 21* .La misma evaluación mostró un comportamiento similar a la muestra no ensilada, iniciándose con un porcentaje de humedad más alto, de un 84 % hasta llegar a un 23 % en 12 hrs de secado, con una pérdida de humedad del 77 %. Este resultado, no fue muy significativo al compararlo con la no ensilada ya que el aumento del % inicial fue debido a los aditivos y éstos fueron incrementando el contenido total de sólidos totales (p.e. azúcares

y compuestos nitrogenados) al final del proceso de ensilaje, lo cual involucra una disminución del contenido final de humedad de la actividad de agua presente, llegando a un porcentaje de humedad similar a la mazorca no ensilada con el mismo tiempo de secado.

IX. CONCLUSIONES

Al observar los resultados obtenidos, se concluyó lo siguiente:

- 1) La composición química-proximal de la mazorca del fruto de **Cacao**, variedad **Forastero**, es similar a la informada en la literatura. Es un subproducto de alto contenido de fibra, que puede ser utilizado como alimento para rumiantes.
- 2) El ensilado de la mazorca con aditivos de melaza y urea, redujo la FAD, la FND, y la hemicelulosa. La adición de melaza al 5 y 10 % también redujo la FAD y la FND y hemicelulosa pero en menor grado, que cuando no se adicionó la melaza. La adición de urea sola, redujo la FAD, la FND y la hemicelulosa, en mayor grado que la melaza, o cuando ésta no fue agregada. La presencia de melaza / urea indujo los mismos cambios que fueron más evidentes en la FND y la hemicelulosa.
- 3) El proceso de ensilado indujo mejoras en la digestibilidad in vitro, que fueron más obvios cuando la mazorca fue ensilada con melaza y urea. El mejor tratamiento fue de de 10 % de melaza y 5 % de urea.
- 4) El incremento en digestibilidad in vitro, posiblemente fue inducido por la reducción en FND y hemicelulosa y el pH ligeramente alcalino en los tratamientos con urea.
- 5) Los ensilajes con urea contenían niveles mayores de proteína cruda, que los ensilajes sin urea.
- 6) La deshidratación de la mazorca fresca y ensilada fue similar, siendo más efectiva la deshidratación mecánica o artificial (con aire caliente), aunque es un método más costoso.

X. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones obtenidas a lo largo de la fase de estudio, son las siguientes:

- 1) Confirmar la digestibilidad in vitro con la digestibilidad in vivo.
- 2) Evaluar con mayor detalle, el efecto de la adición de melaza durante el proceso de ensilado. Por ejemplo, en la formación del ácido láctico.
- 3) Evaluar el efecto del proceso de ensilado, con o sin aditivos, sobre otros compuestos orgánicos en la mazorca como los taninos y alcaloides.
- 4) Ampliar la información química y biológica del proceso de ensilado, con urea de la mazorca de **cacao**.
- 5) Estudiar el mecanismo responsable del incremento de la Digestibilidad in vitro, por la presencia de urea / melaza, con respecto a la utilización de la urea en relación a la flora bacteriana en el ensilaje.
- 6) Establecer niveles de adición de Urea, que induzcan cambios positivos en la FND y en la Digestibilidad in vitro, con pérdidas menores de nitrógeno.
- 7) Realizar otras determinaciones adicionales al ensilaje, como son: el contenido de lignina y celulosa y pruebas microbiológicas (p.e. conteos totales de bacterias, bacterias ácido lácticas, mohos y levaduras) . Además de un mejor control de los cambios de temperatura y de pH para todo el proceso de ensilaje.

XI. BIBLIOGRAFIA

- Alba, J. Nutritives value of Cacao pods in pigs in comparisson with ground maize and cassava meal.
1959 Catie, TURRIALBA. Costa Rica. 4(1): 29-34
- Alba, J. et. al. Trials of fattening pigs with rations based on caco pod meal, maize and rie bananas.
1952 Catie, TURRIALBA. Costa Rica. 2(3): 106
- Barnett, A.J.G. Silage Fermentation. 1era edición. Butterworths Scientific Publications. England.
1954 London. 220 pp.
- Braudeau J. El Cacao. 2da. edición. Editorial Blume. España, Madrid. 890 pp.
1975
- Goering, H.K. et al. Analysis of fiber in forrages. Agricultural Handbook No. 379. Agricultural
1968 Research Service. United States Department of Agriculture.
- Goyzueta L. Proceso y Secado de la Piña Endulzada. Tesis UVG. Guatemala
1989
- Kamra, D.N Effect of wilting and the additives straw, molasses and urea on the fermentation
1983 pattern of maize silage. Elsevier Science Publishers, Animal Feed Science and
Technology. 61(1): 252
- Memoria sobre Seminario "Tecnología Postcosecha del Cacao". Editorial IICA. Cosata Rica. 150 pp.
1990
- Montgomery, D.C. Diseño y Análisis de Experimentos 1era edición. Grupo Editorial
1991 Iberoamérica. México. D.F. 590 pp.

- Morales, J.R. Fermentación del Cacao, por medio del método Rohan y el método de Cajas y
1984 su Influencia en la calidad de las almendras. Tesis. Usac. Guatemala.
- Official Methods of Analysis of the Official Analytical Chemists(AOAC). 14 edition . Association of
1984 Official Analytical Chemists, Inc. USA. 1141 pp.
- Paz, R.A. Evaluación de dos variables de diseño de un Secador Solar de Fruta.
1987 Tesis. UVG. Guatemala.
- Ryley, J. W. The Biochemistry of Silage. 1 era edición. Pergam Press. London, England.
1967 450 pp.
- Silos, Ensilaje y Silos para pastos. Editorial IICA. Costa Rica. 250 pp.
1975
- Tilden, W. P. Beef Cattle Feeding and Nutrition 1era edición. Academic Press. London,
1980 England.. 300 pp
- Tropical Feeds. FAO. New York, Estados Unidos. 500 pp.
1990



ANEXOS



A. CUADROS Y GRAFICOS

(ANALISIS PROXIMAL Y TECNICA DE ENSILAJE)



Parámetro:	Porcentaje (*)
Materia Seca	74.99
Ceniza	8.70
Extracto Etéreo	1.10
Proteína Cruda (N = 6.25)	6.18
Fibra Cruda	30.30
Carbohidratos	28.71
Fibra Acido - Detergente	33.55
Fibra Neutro - Detergente	58.24
Hemicelulosa	24.69
Digestibilidad in Vitro	46.35
pH	5.67

(*) En base seca

CUADRO # 9:

ANALISIS DEL ENSILAJE
(Fibra Acido - Detergente)

Tratamientos: (Melaza / Urea)	0 DIAS	15 DIAS	30 DIAS	Difer. (0 - 15)	Difer. (0 - 30)
(0 / 0)	33,55	30,50	28,23	-3,05	-5,32
(5 / 0)	30,04	28,30	28,12	-1,74	-1,92
(10 / 0)	30,60	28,00	27,43	-2,60	-3,17
(0 / 5)	33,50	30,37	27,73	-3,13	-5,77
(0 / 10)	33,46	30,22	27,55	-3,24	-5,91
(5 / 5)	32,24	34,42	30,16	2,18	-2,08
(5 / 10)	32,30	31,20	29,60	-1,10	-2,70
(10 / 5)	29,27	28,99	25,77	-0,28	-3,50
(10 / 10)	29,89	28,55	27,20	-1,34	-2,69

CUADRO # 10:

ANALISIS DEL ENSILAJE
(Fibra Neutro - Detergente)

Tratamientos: (Melaza / Urea)	0 DIAS	15 DIAS	30 DIAS	Difer. (0 - 15)	Difer. (0 - 30)
(0 / 0)	58,24	54,59	52,11	-3,65	-6,13
(5 / 0)	50,03	46,08	43,83	-3,95	-6,20
(10 / 0)	56,59	52,39	48,64	-4,20	-7,95
(0 / 5)	56,50	40,24	37,24	-16,26	-19,26
(0 / 10)	62,89	38,73	39,75	-24,16	-23,14
(5 / 5)	61,19	38,84	34,49	-22,35	-26,70
(5 / 10)	66,63	32,53	29,70	-34,10	-36,93
(10 / 5)	64,38	33,68	30,15	-30,70	-34,23
(10 / 10)	66,84	30,70	27,23	-36,14	-39,61



CUADRO # 11:

ANALISIS DEL ENSILAJE
(Hemicelulosa)

57

Tratamientos: (Melaza / Urea)	0 DIAS	15 DIAS	30 DIAS	Difer. (0 - 15)	Difer. (0 - 30)
(0 / 0)	24,69	24,09	23,88	-0,60	-0,81
(5 / 0)	19,99	17,78	15,71	-2,21	-4,28
(10 / 0)	25,99	24,39	21,21	-1,60	-4,78
(0 / 5)	23,00	9,87	9,51	-13,13	-13,49
(0 / 10)	29,43	8,51	12,20	-20,92	-17,23
(5 / 5)	28,95	4,42	4,33	-24,53	-24,62
(5 / 10)	34,33	1,33	0,10	-33,00	-34,23
(10 / 5)	35,11	4,69	4,38	-30,42	-30,73
(10 / 10)	36,95	2,15	0,03	-34,80	-36,92

CUADRO # 12:

ANALISIS DEL ENSILAJE
(Digestibilidad In Vitro)

Tratamientos: (Melaza / Urea)	0 DIAS	15 DIAS	30 DIAS	Difer. (0 - 15)	Difer. (0 - 30)
(0 / 0)	46,89	49,89	50,34	3,00	3,45
(5 / 0)	46,06	47,35	48,02	1,29	1,96
(10 / 0)	46,21	47,39	48,20	1,18	1,99
(0 / 5)	42,22	53,63	61,15	11,41	18,93
(0 / 10)	45,62	58,39	61,34	12,77	15,72
(5 / 5)	42,32	56,32	58,60	14,00	16,28
(5 / 10)	40,96	63,81	75,95	22,85	34,99
(10 / 5)	45,15	63,00	75,65	17,85	30,50
(10 / 10)	40,56	68,11	72,93	27,55	32,37

CUADRO # 13:

ANALISIS DEL ENSILAJE
(Proteína Cruda)

Tratamientos: (Melaza / Urea)	0 DIAS	(Teorico)	30 DIAS	(Experimental)
(0 / 0)	6,18		7,20	
(5 / 0)	5,90		9,02	
(10 / 0)	5,60		9,95	
(0 / 5)	20,00		16,21	
(0 / 10)	34,00		15,68	
(5 / 5)	20,00		15,06	
(5 / 10)	34,00		18,81	
(10 / 5)	20,00		16,90	
(10 / 10)	34,00		19,13	

(*) Ver evaluaciones teóricas en sección de cálculos

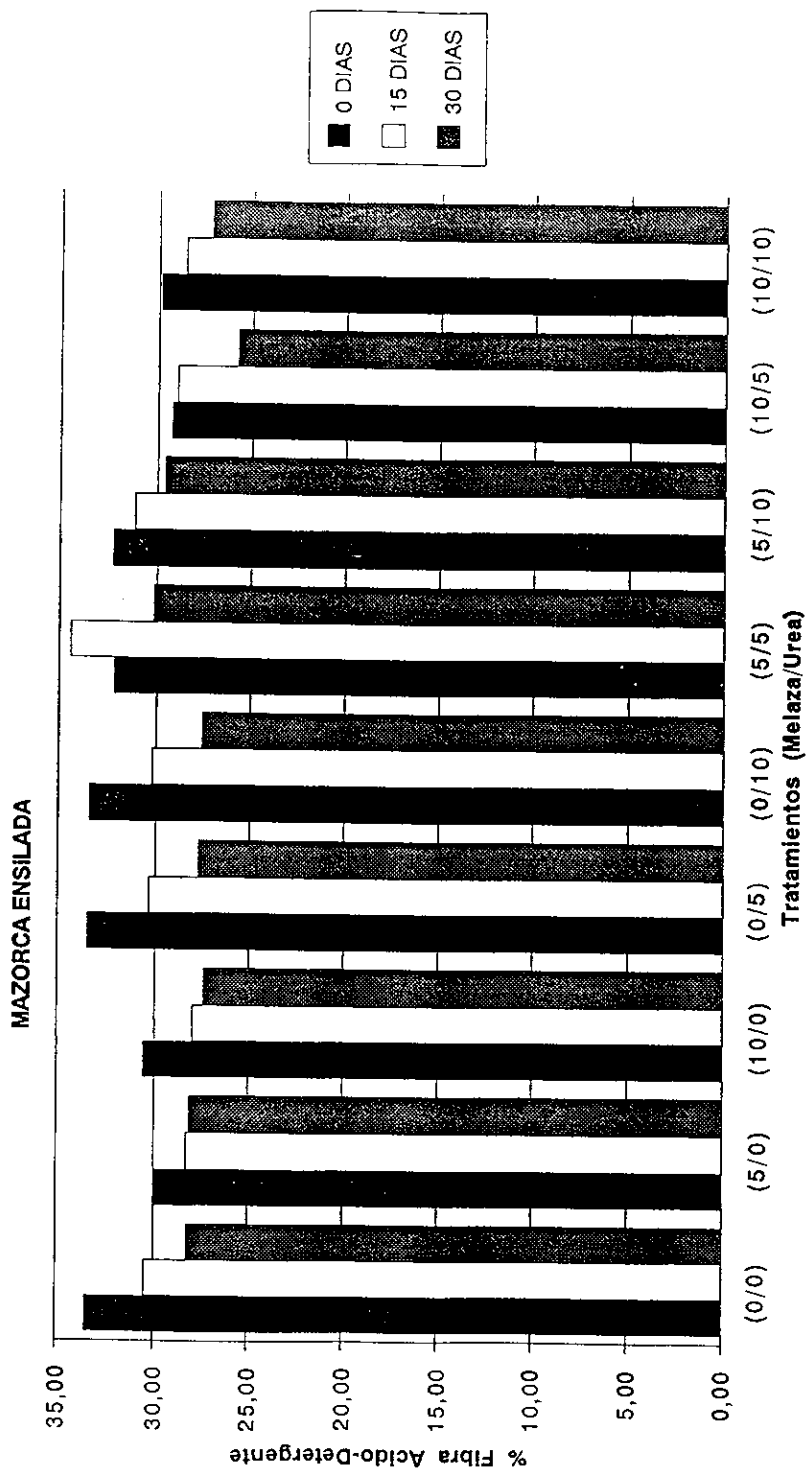
CUADRO # 14:

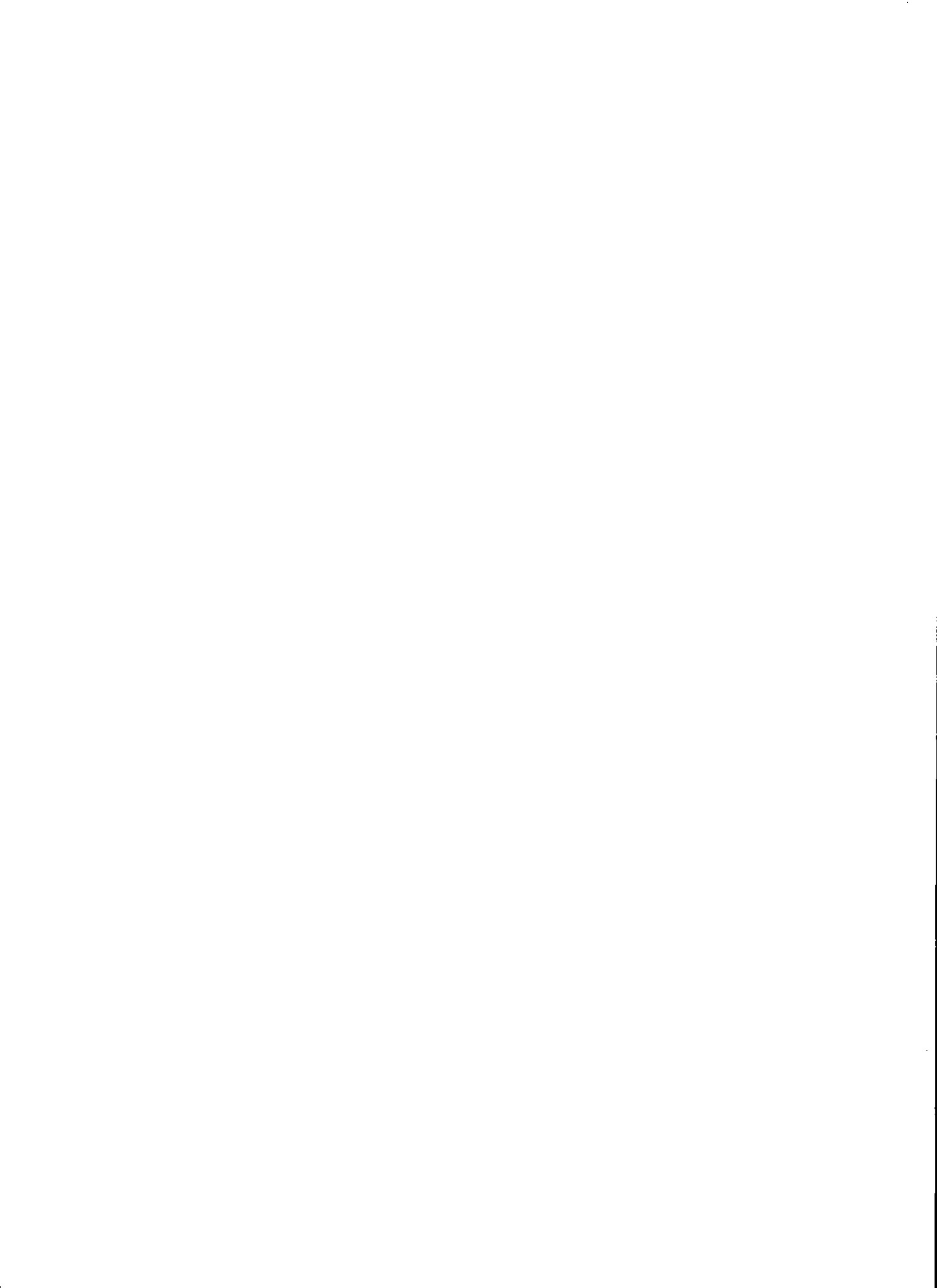
ANALISIS DEL ENSILAJE
(Acidez : pH)

Tratamientos: (Melaza / Urea)	0 DIAS	15 DIAS	30 DIAS	Difer. (0 - 15)	Difer. (0 - 30)
(0 / 0)	5,67	5,22	4,83	-0,45	-0,84
(5 / 0)	5,72	5,84	5,92	0,12	0,20
(10 / 0)	5,78	5,89	6,05	0,11	0,27
(0 / 5)	6,04	6,50	8,70	0,46	2,66
(0 / 10)	8,70	8,73	8,70	0,03	0,00
(5 / 5)	5,76	5,90	5,65	0,14	-0,11
(5 / 10)	5,50	8,00	7,70	2,50	2,20
(10 / 5)	5,60	5,90	5,30	0,30	-0,30
(10 / 10)	5,43	6,57	6,50	1,14	1,07



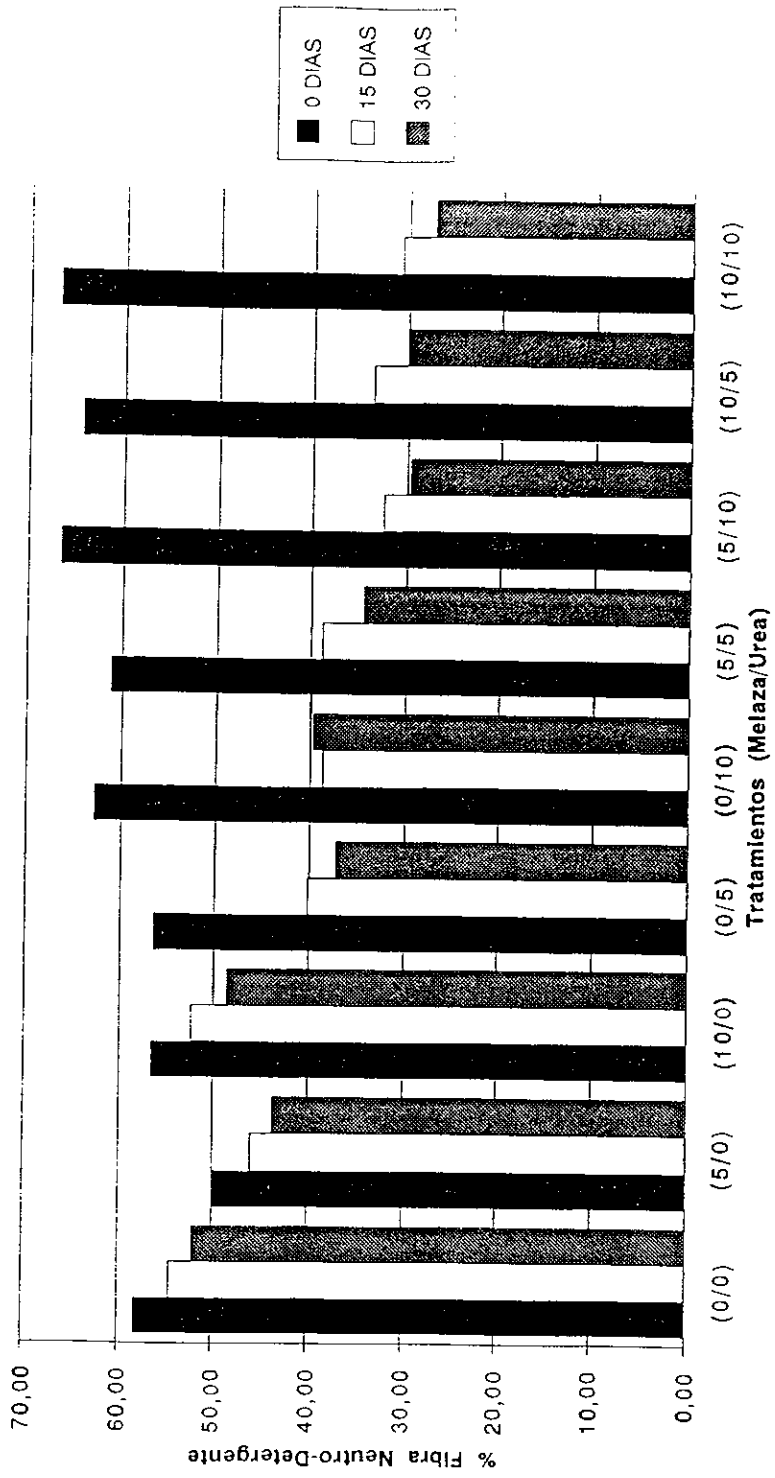
GRAFICA # 1 " FIBRA ACIDO - DETERGENTE "





GRAFICA # 2 " FIBRA NEUTRO - DETERGENTE "

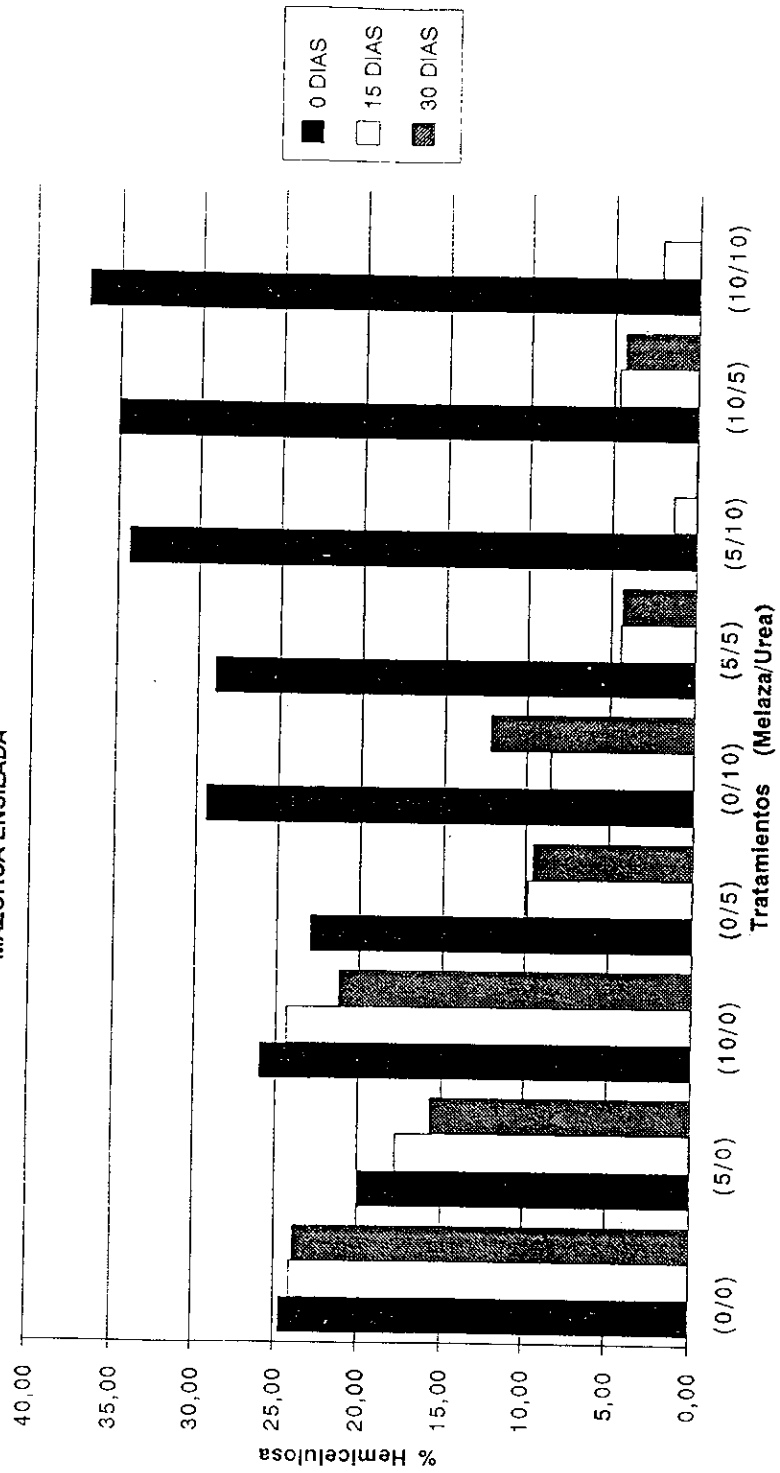
MAZORCA ENSILADA





GRAFICA # 3 " HEMICELULOSA "

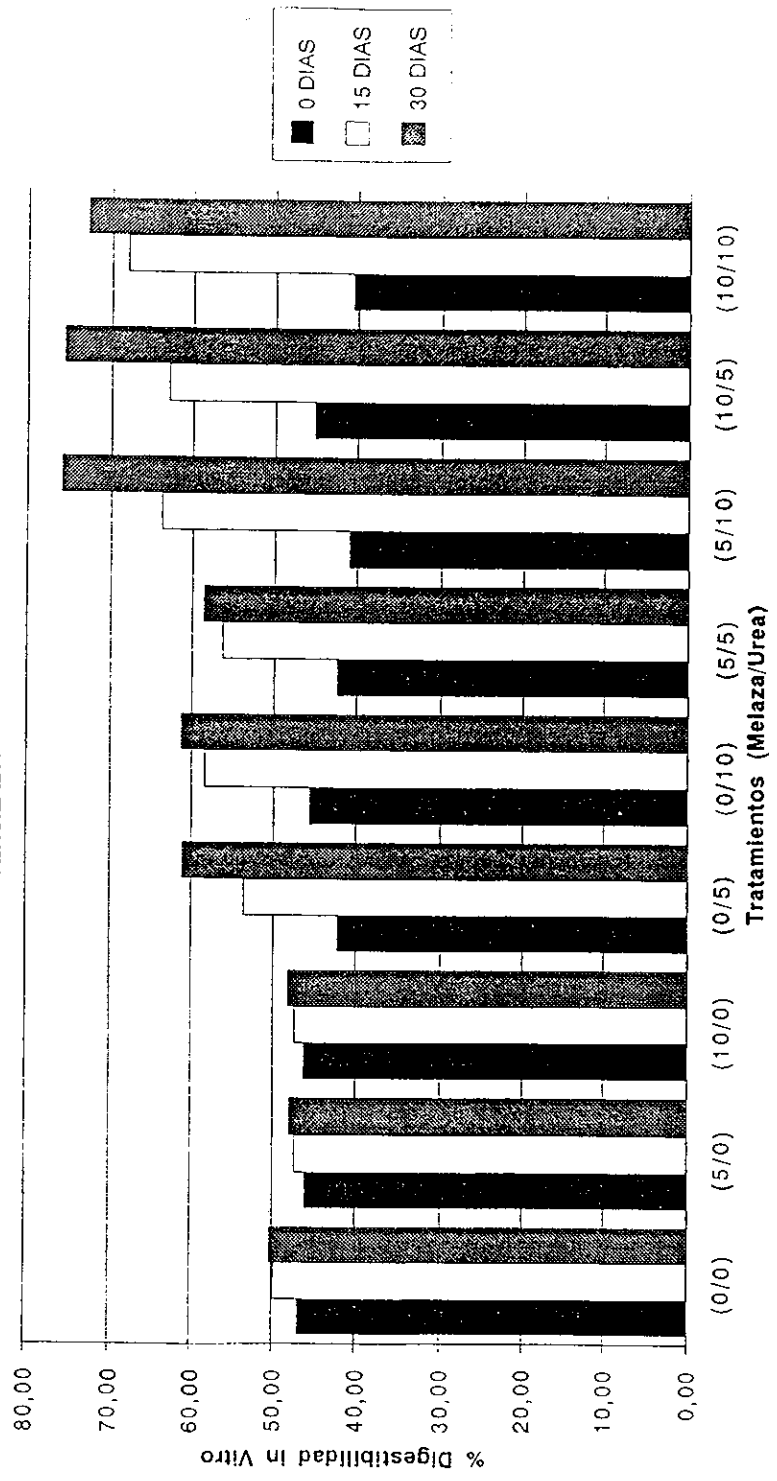
MAZORCA ENSILADA





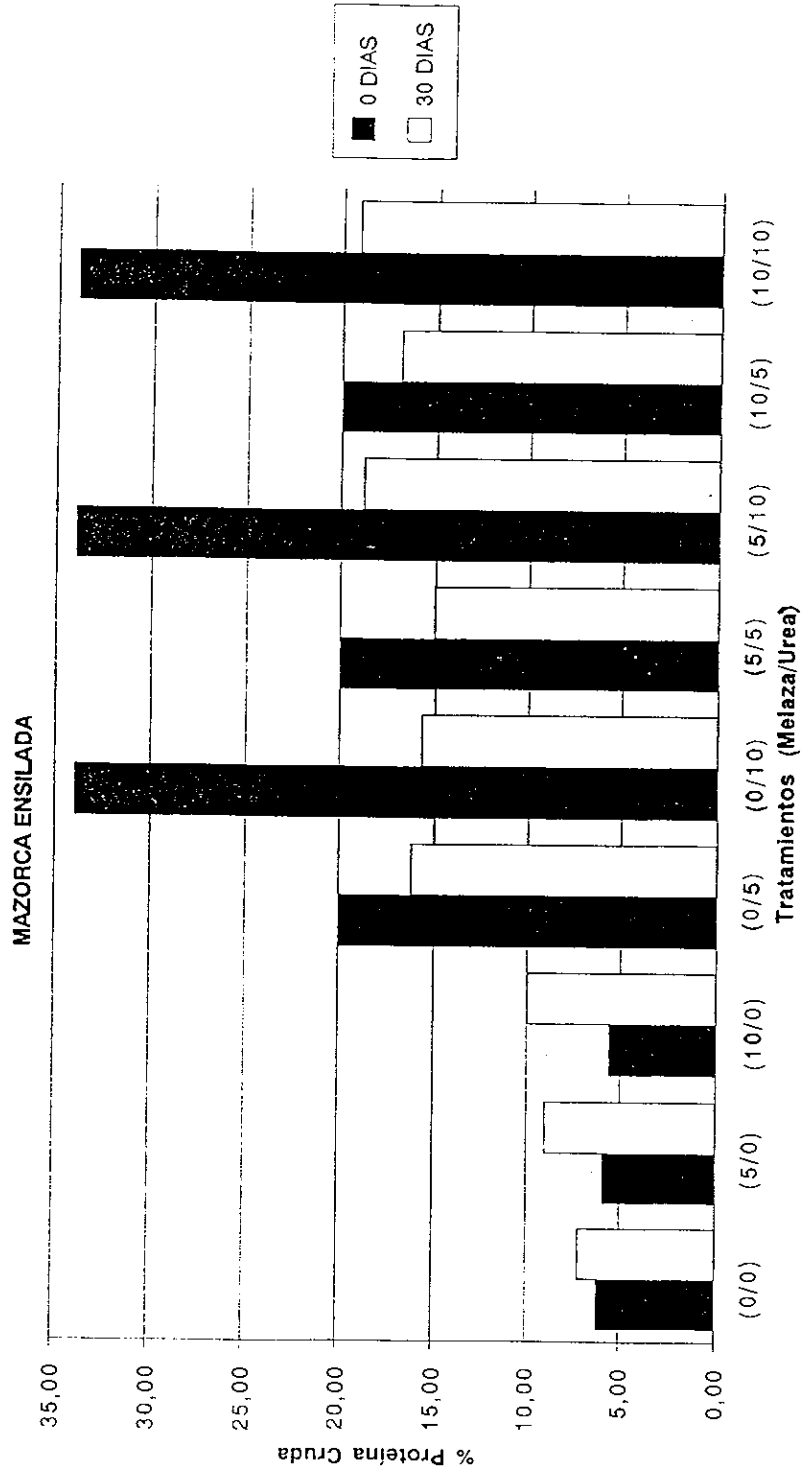
GRAFICA # 4 " DIGESTIBILIDAD IN VITRO "

MAZORCA ENSILADA





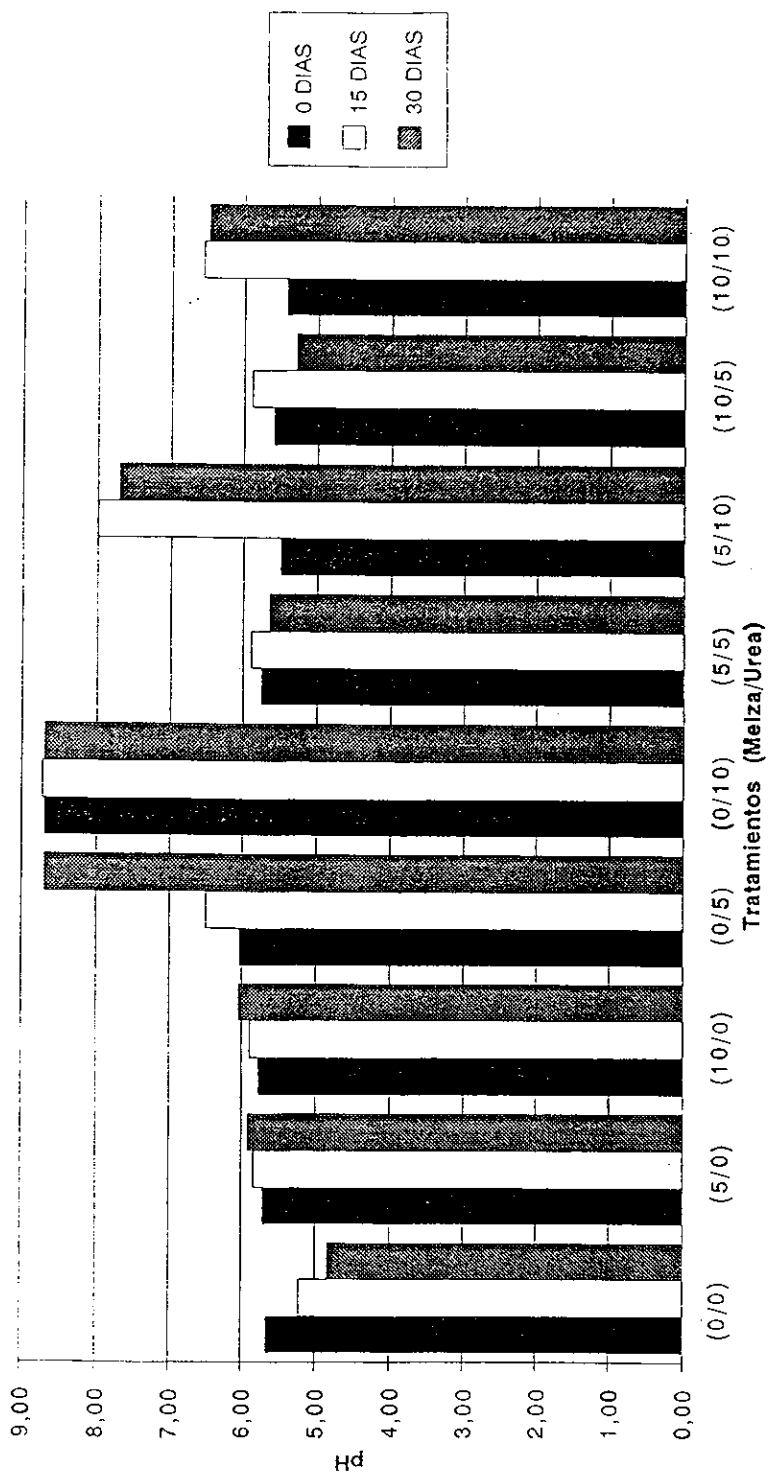
GRAFICA # 5 " PROTEINA CRUDA "





GRAFICA # 6 " ACIDEZ - pH "

MAZORCA ENSILADA





B. ANALISIS DE VARIANZA
(ANDEVA)



CUADRO # 15: Análisis de varianza para el modelo trifactorial de efectos fijos:

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Medida de Cuadrados	Valor F	Significancia valor F
1.- Efectos Principales:					
A.- Días	4294,40	2	2147,20	33363,38	0,00
B.- Melaza	249,92	2	124,96	1941,66	0,00
C.- Urea	1660,96	2	830,48	12904,03	0,00
2.- Interacciones en dos vías:					
AB (Días / Melaza)	193,30	4	48,33	750,89	0,00
AC (Días/Urea)	1705,44	4	426,36	6624,80	0,00
BC (Melaza / Urea)	422,38	4	105,58	1640,58	0,00
3.- Interacciones en tres vías:					
ABC (Días/melaza/Urea)	398,64	8	49,83	774,25	0,00
Error	3,48	54	0,06	5333,74	0,00
Total	8928,47	80	111,61		

Valores Críticos:

1.- Una vía: F > Fc (0,95)

2.- Dos vías: 4,00

3.- Tres vías: 2,53

2,10



C. CORRELACIONES LINEALES



CUADRO # 16A:

REGRESIONES LINEALES

RELACION DE:	ENSILAJE:	ECUACION:	R	(R) ²
1.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - HEMICELULOSA	30 DIAS	$y = - 1.14 x + 72.89$	0,86	0,74
2.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - HEMICELULOSA	15 DIAS	$y = - 0.74 x + 64.39$	0,87	0,76
3.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - HEMICELULOSA	0 DIAS	$y = - 0.23 x + 50.69$	0,45	0,20
4.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - PROTEINA	0 DIAS	$y = - 0.14 x + 46.84$ (t)	0,70	0,50
5.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - PROTEINA	30 DIAS	$y = 2.34 x + 28.02$	0,89	0,80
6.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - FAD	30 DIAS	$y = - 1.50 x + 103.44$	0,17	0,03
7.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - FAD	15 DIAS	$y = 0.46 x + 42.61$	0,10	0,01
8.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - FAO	0 DIAS	$y = - 0.01 x + 44.21$	0,00	0,00
9.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - FND	30 DIAS	$y = - 1.18 x + 106.54$	0,91	0,83
10.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - FND	15 DIAS	$y = - 0.81 x + 89.51$	0,92	0,84
11.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - FND	0 DIAS	$y = - 0.25 x + 59.41$	0,61	0,37

(t): Comparación con teórico



CUADRO # 16B:

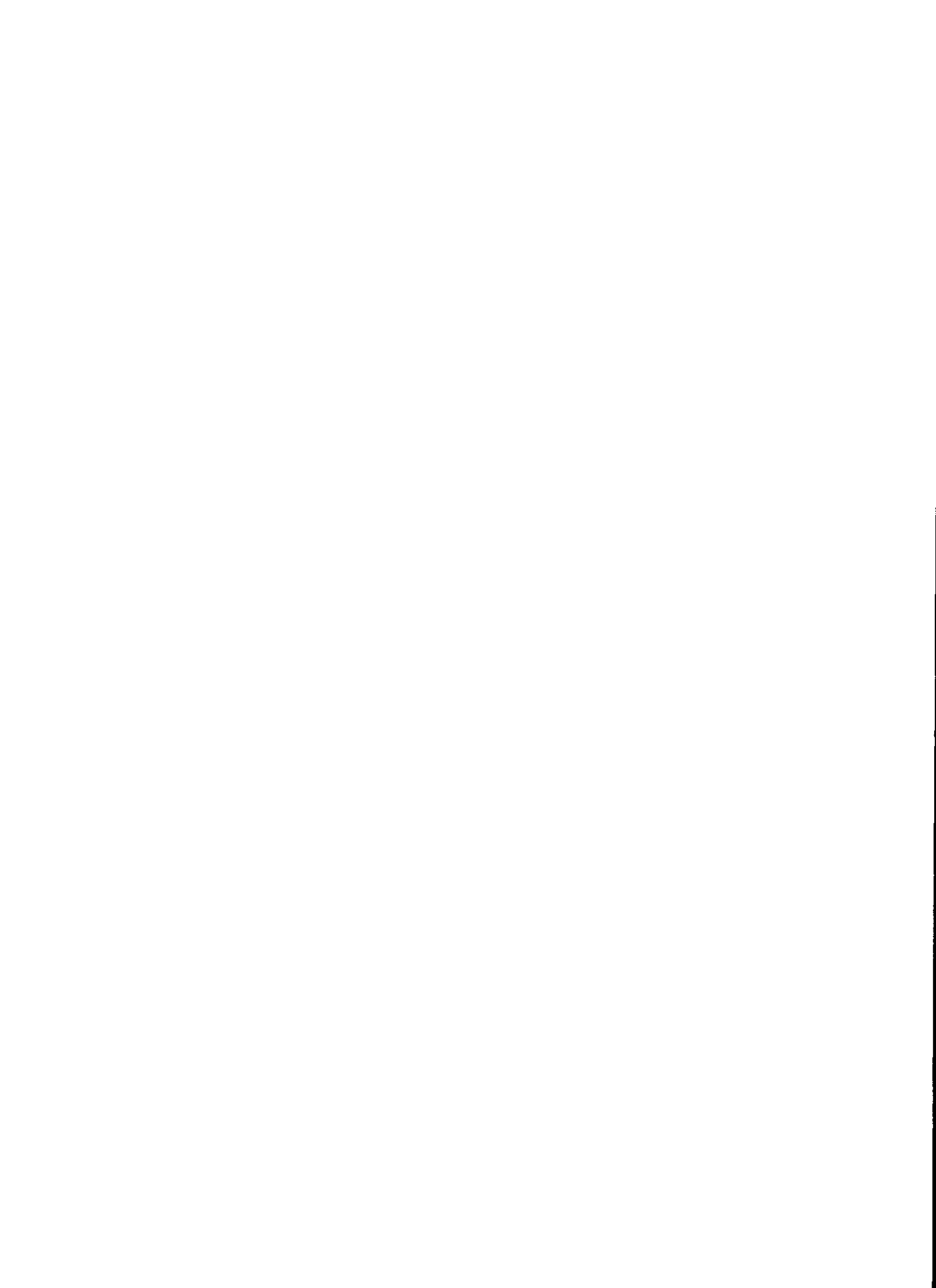
REGRESIONES POLINOMIALES:

RELACION DE:	ENSILAJE:	ECUACION:	R	(R)2
1.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - HEMICELULOSA	30 DIAS	$y = 0.031 x - 1.85 x + 74.81$	0,88	0,79
2.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - HEMICELULOSA	15 DIAS	$y = 0.042 x - 1.85 x + 68.44$	0,93	0,87
3.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - HEMICELULOSA	0 DIAS	$y = - 0.017 x + 0.76 x + 36.87$	0,57	0,33
4.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - PROTEINA	0 DIAS	(t) $y = 0.006 x - 0.37 x + 48.36$	0,74	0,55
5.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - PROTEINA	30 DIAS	$y = 0.22 x - 3.56 x + 62.81$	0,94	0,89
6.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - FAD	30 DIAS	$y = 3.10 x - 175.8 x + 2547.4$	0,58	0,34
7.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - FAD	15 DIAS	$y = - 0.375 x + 23.81 x - 318.78$	0,24	0,06
8.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - FAD	0 DIAS	$y = 0.497 x - 31.41 x + 538.38$	0,35	0,12
9.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - FND	30 DIAS	$y = 0.040 x - 4.37 x + 166.66$	0,93	0,87
10.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - FND	15 DIAS	$y = 0.046 x - 4.79 x + 171.26$	0,98	0,96
11.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO - FND	0 DIAS	$y = - 0.022 x + 2.35 x - 16.80$	0,63	0,40

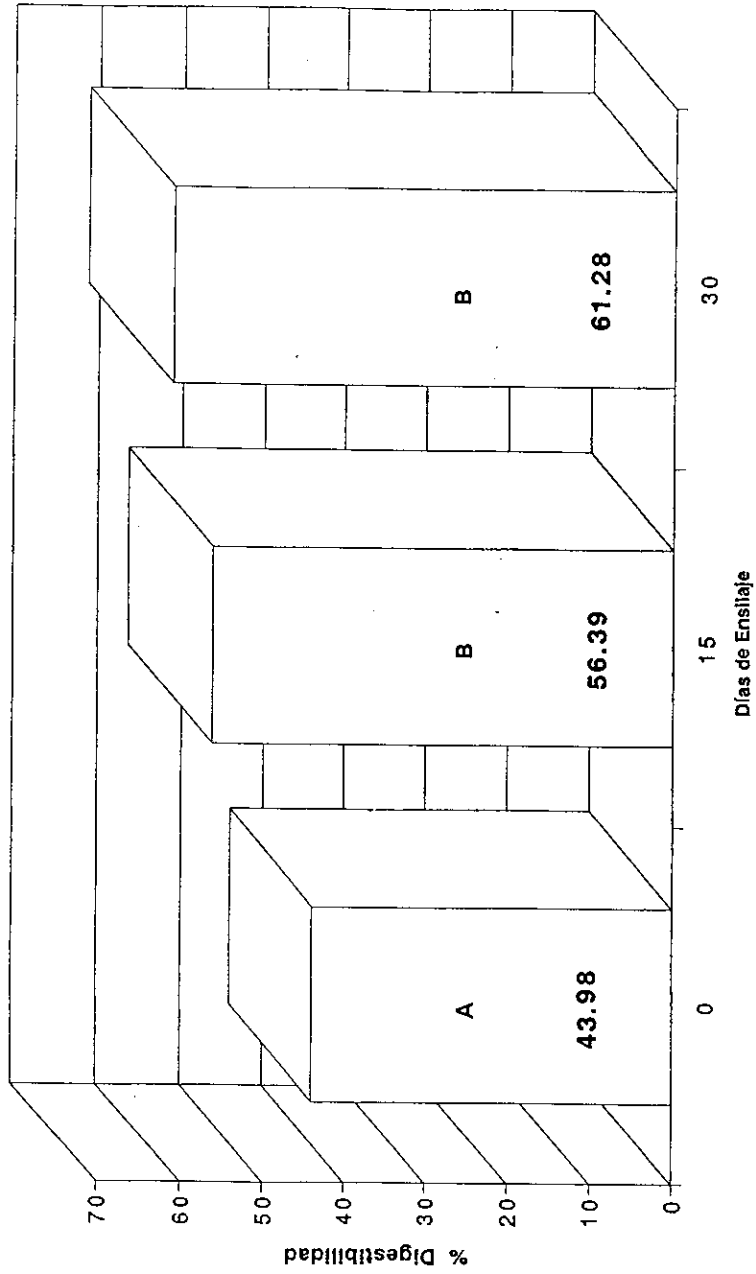
(t): Comparación con teórico



D. GRAFICOS DE INTERRELACIONES



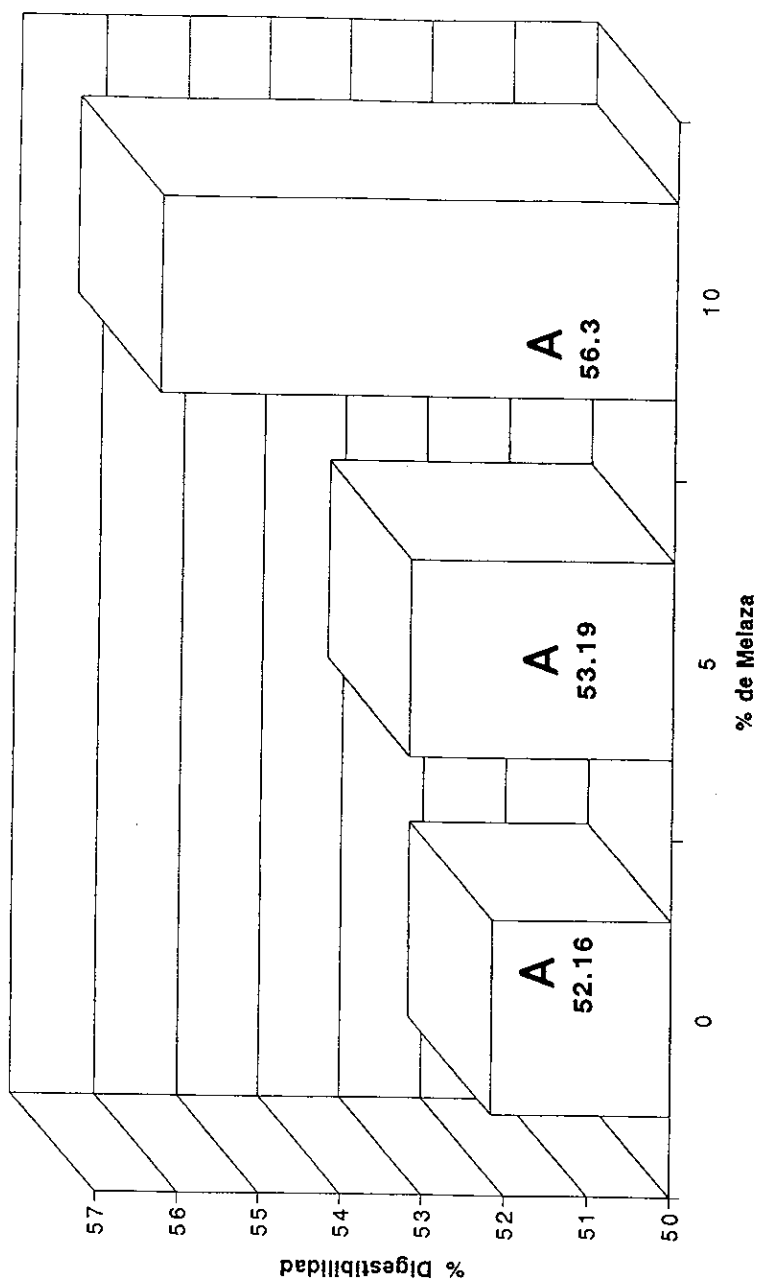
GRAFICA # 7: Digestibilidad vrs. Días de Ensilaje



* Las columnas con igual letra, no difieren estadísticamente, según Prueba de Tukey, con $p= 0.05$.



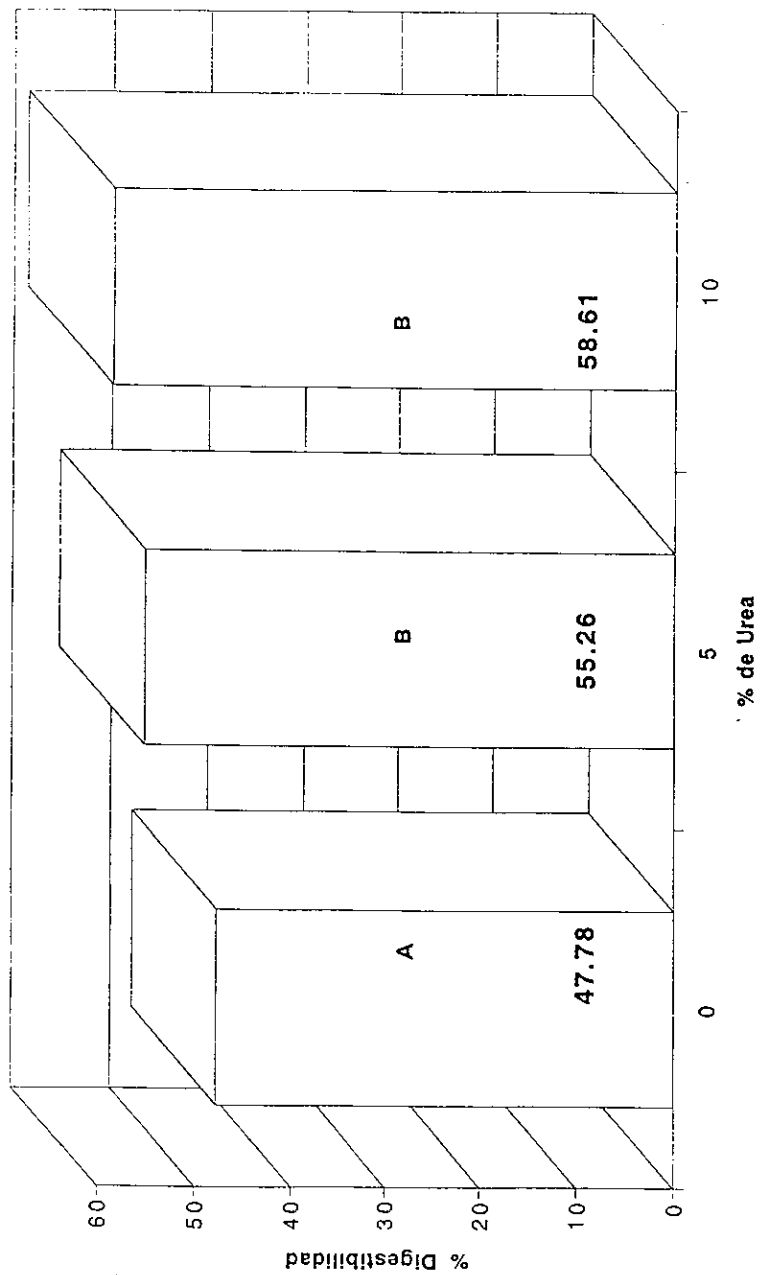
GRAFICA # 8: Digestibilidad vs. Melaza



* Las columnas con igual letra, no difieren estadísticamente, según Prueba de Tukey, con $p = 0.05$.



GRAFICA # 9: Digestibilidad vrs. Urea



* Las columnas con igual letra, no difieren estadísticamente, según Prueba de Tukey, con $p = 0.05$.

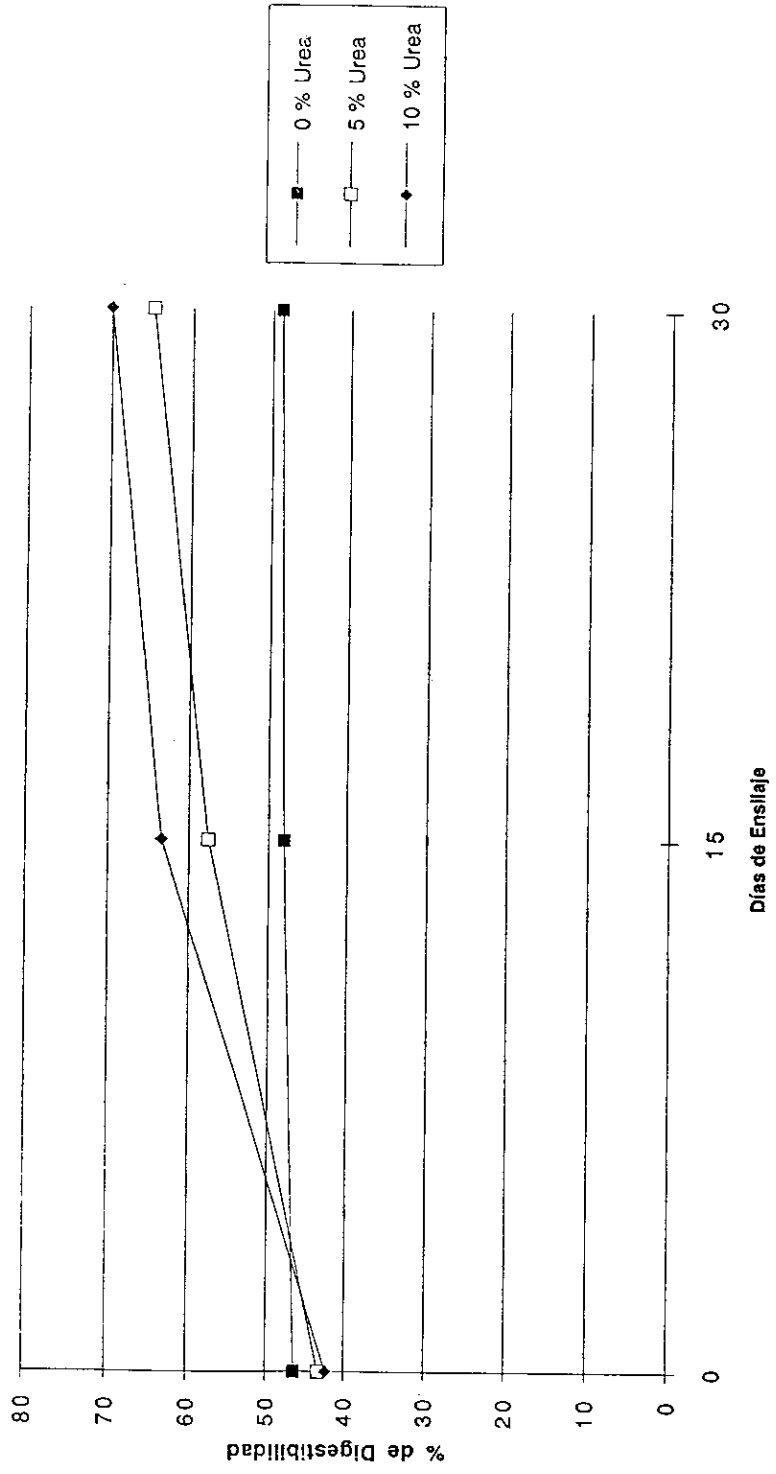


GRAFICA # 10: Digestibilidad - Días de Ensilaje - Melaza



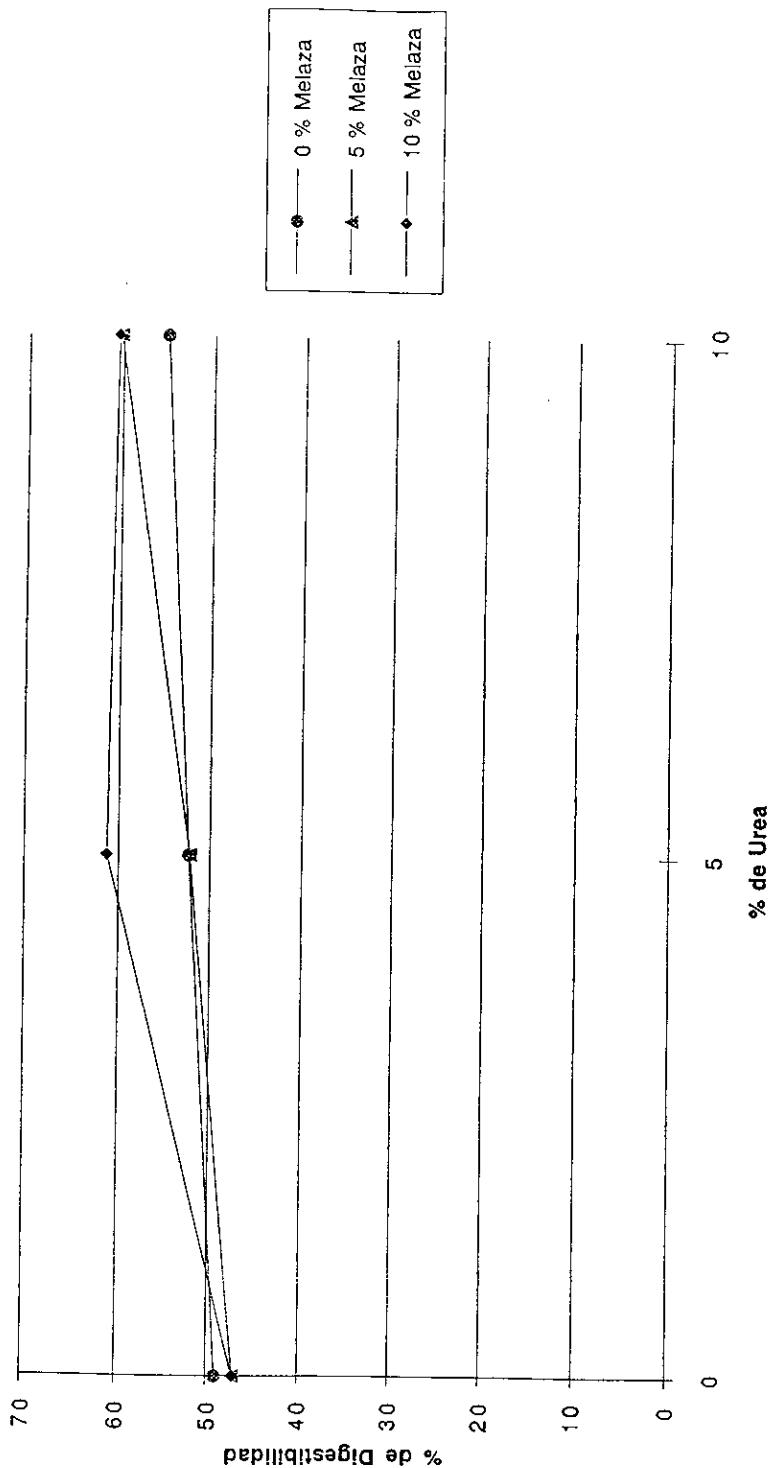


GRAFICA # 11: Digestibilidad - Días de Ensilaje - Urea



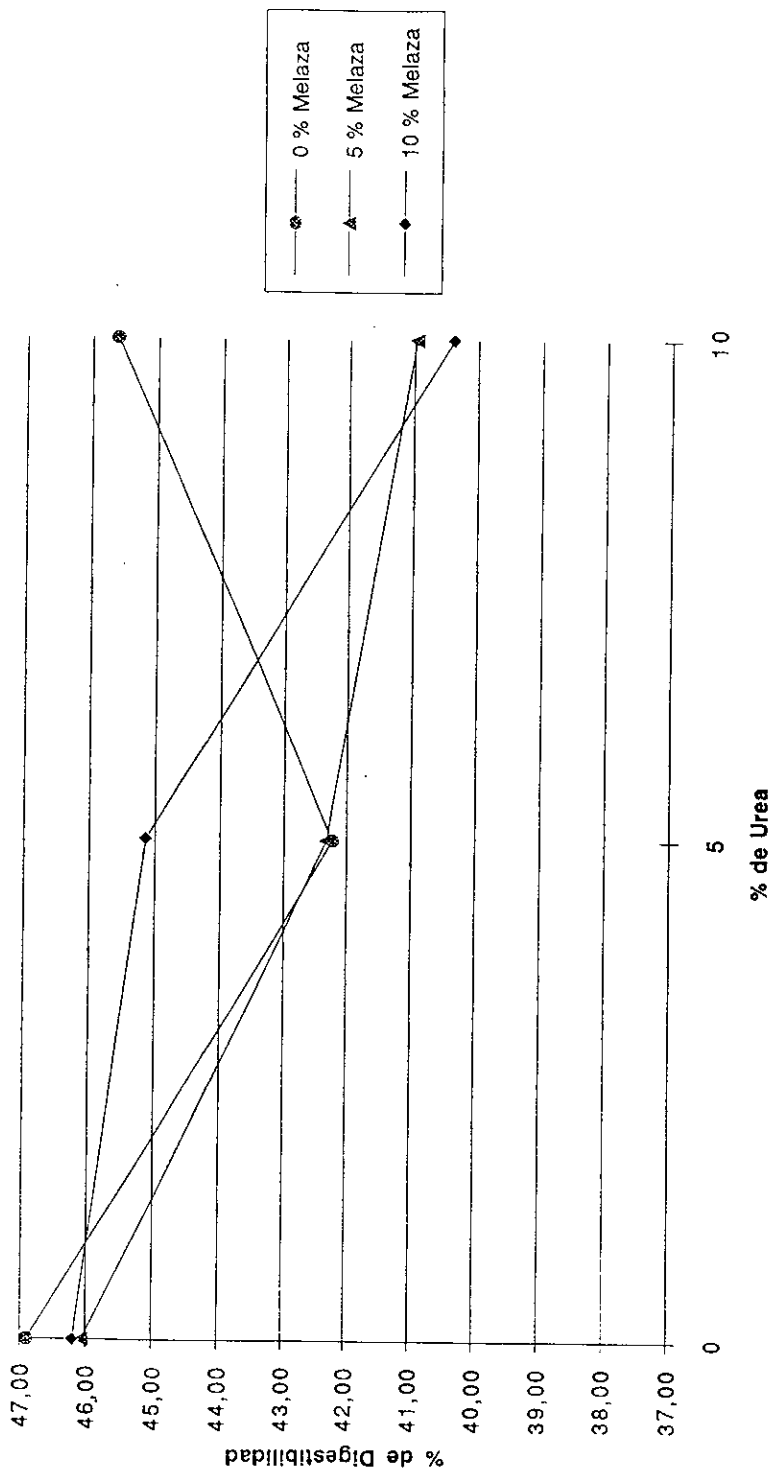


Grafica # 12 " Digestibilidad - Melaza - Urea "



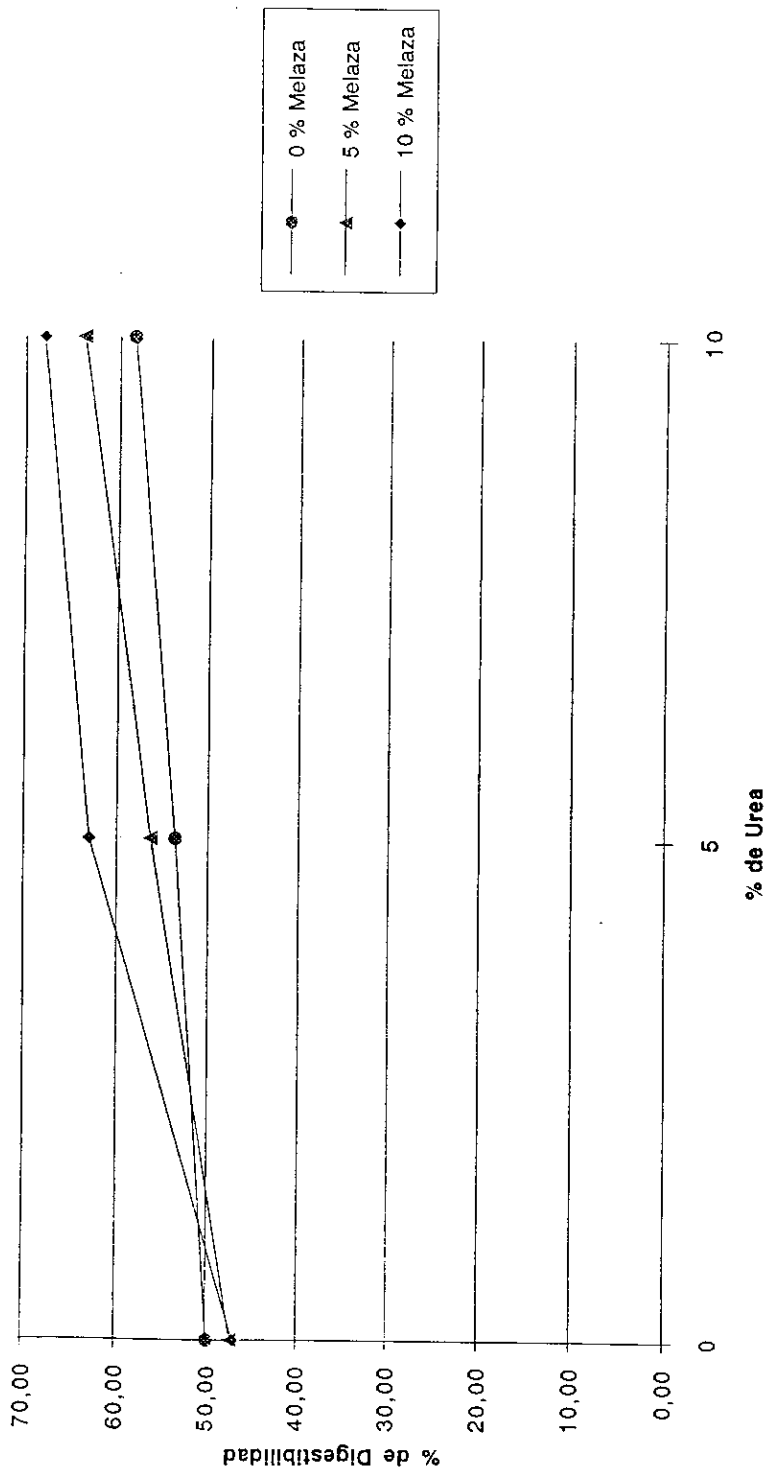


Grafica # 13 " Melaza - Urea - 0 Dias de Ensillaje "



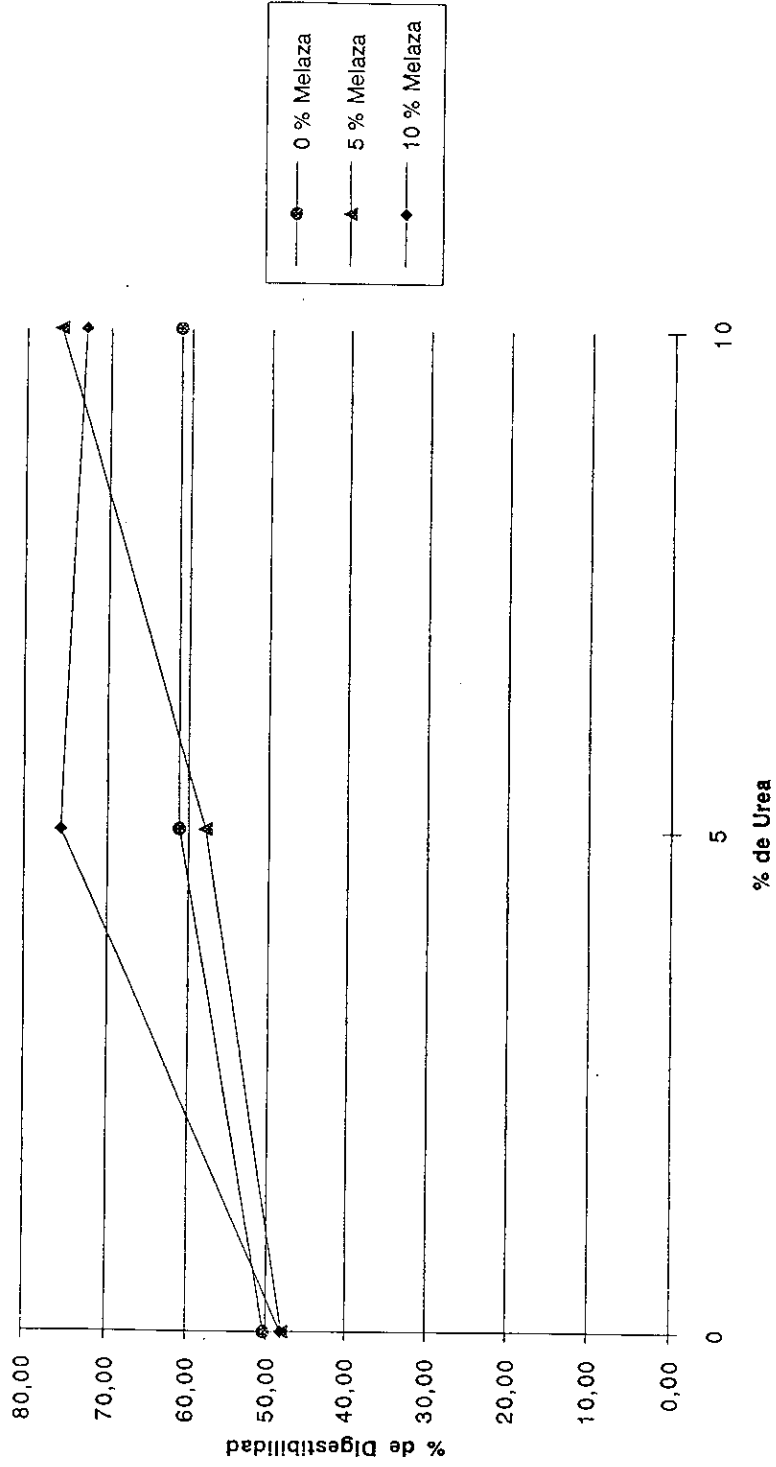


Grafica # 14 " Melaza - Urea - 15 Dias de Ensilaje "





Grafica # 15 " Melaza - Urea - 30 Dias de Ensilaje "





E. CUADROS Y GRAFICOS
(TECNICA DE SECADO)



CUADRO # 17:

TECNICA DE SECADO: NATURAL
(Mazorca no ensilada)

Tiempo (hr)	% Humedad	% Pérdida de Humedad
0,00	74,99	25,01
0,50	73,79	26,21
1,00	73,19	26,81
1,50	72,14	27,86
2,00	71,39	28,61
2,50	70,34	29,66
3,00	68,99	31,01
3,50	67,79	32,21
4,00	66,74	33,26
4,50	65,09	34,91
5,00	63,14	36,86
5,50	60,74	39,26
6,00	57,29	42,71
6,50	53,54	46,46
7,00	51,29	48,71
7,50	49,49	50,51
8,00	49,19	50,81
8,50	46,49	53,51
9,00	40,94	59,06
9,50	39,89	60,11
10,00	37,79	62,21
10,50	37,05	62,95
11,00	36,00	64,00
11,50	34,80	65,20
12,00	33,15	66,85
12,50	30,45	69,55
13,00	27,30	72,70
13,50	25,50	74,50
14,00	24,60	75,40
14,50	24,30	75,70
15,00	24,00	76,00
15,50	23,70	76,30
16,00	23,70	76,30
16,50	23,70	76,30



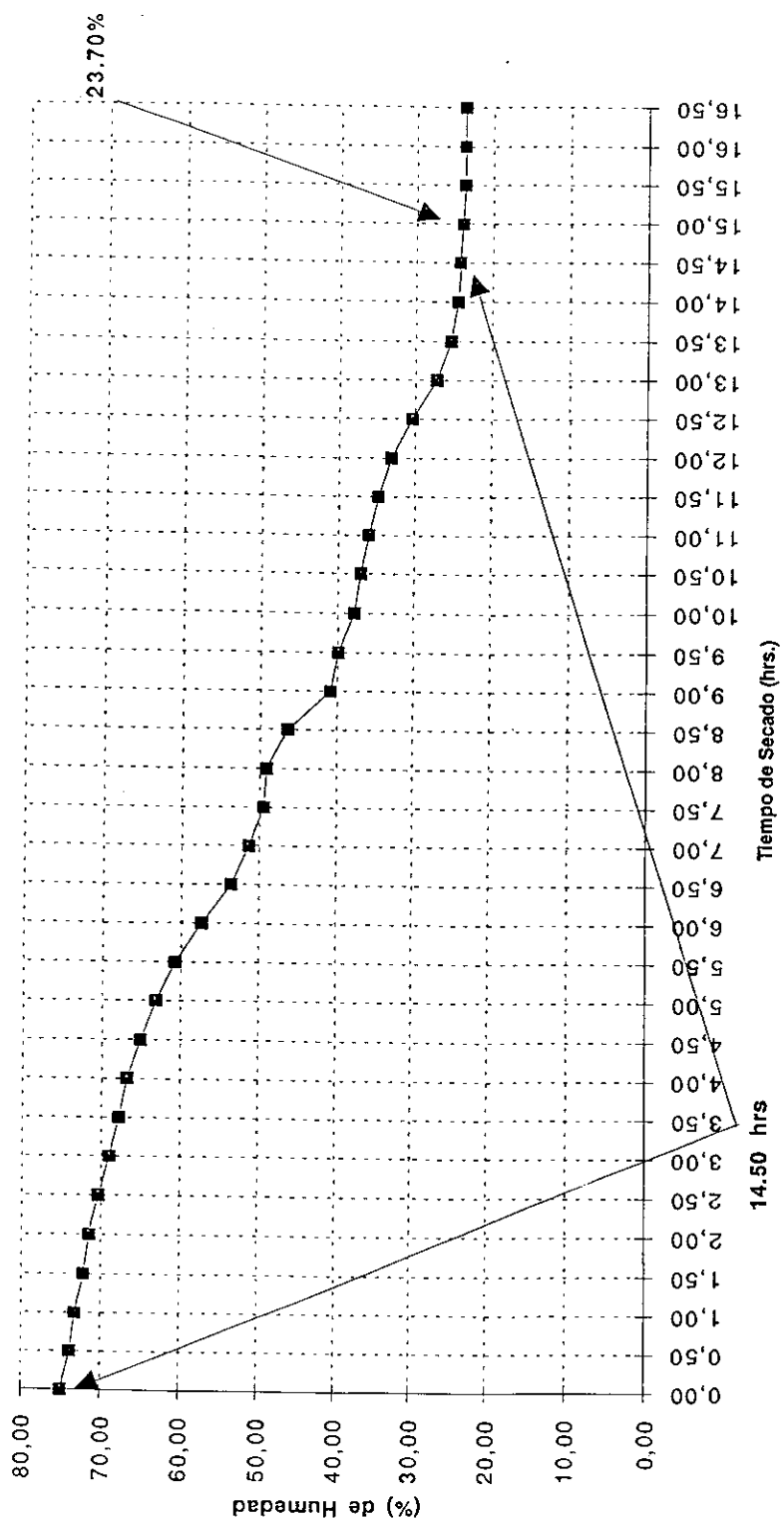
CUADRO # 18:

TECNICA DE SECADO: ARTIFICIAL
(Mazorca no ensilada)

Tiempo (hr)	% Humedad	% Pérdida de Humedad
0,00	74,99	25,01
0,17	72,14	27,86
0,33	69,44	30,56
0,50	65,99	34,01
0,67	63,44	36,56
0,83	57,89	42,11
1,00	54,29	45,71
1,17	49,04	50,96
1,33	45,14	54,86
1,50	40,94	59,06
1,67	35,40	64,60
1,83	31,20	68,80
2,00	24,30	75,70
2,17	21,75	78,25
2,33	18,15	81,85
2,50	16,95	83,05
2,67	15,30	84,70
2,83	14,40	85,60
3,00	13,80	86,20
3,17	13,65	86,35
3,33	13,65	86,35
3,50	13,65	86,35
3,67	13,65	86,35
3,83	13,65	86,35
4,00	13,65	86,35
4,17	13,65	86,35

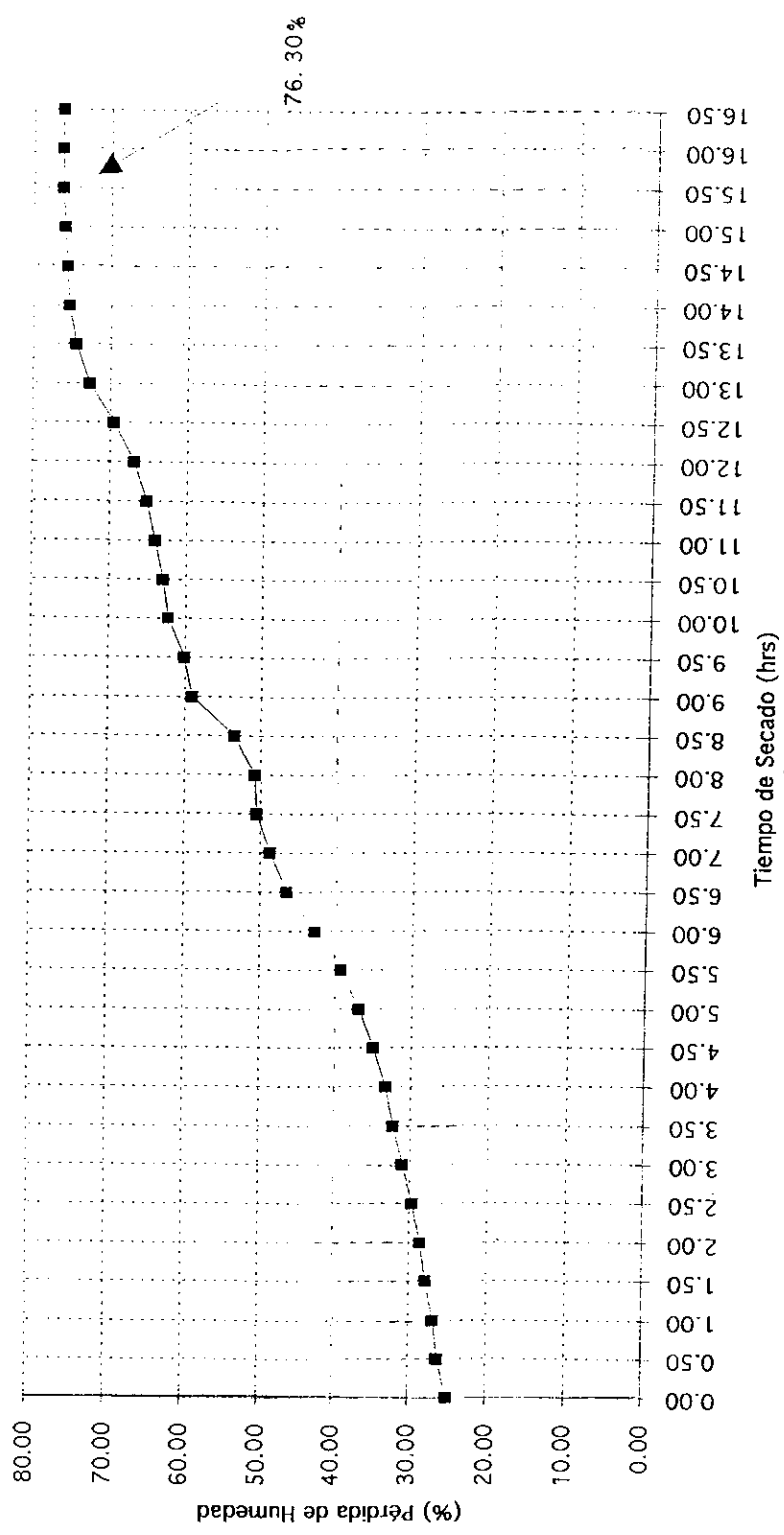


GRAFICA # 16: Tiempo de Secado vrs. % de Humedad
(Secado Natural)



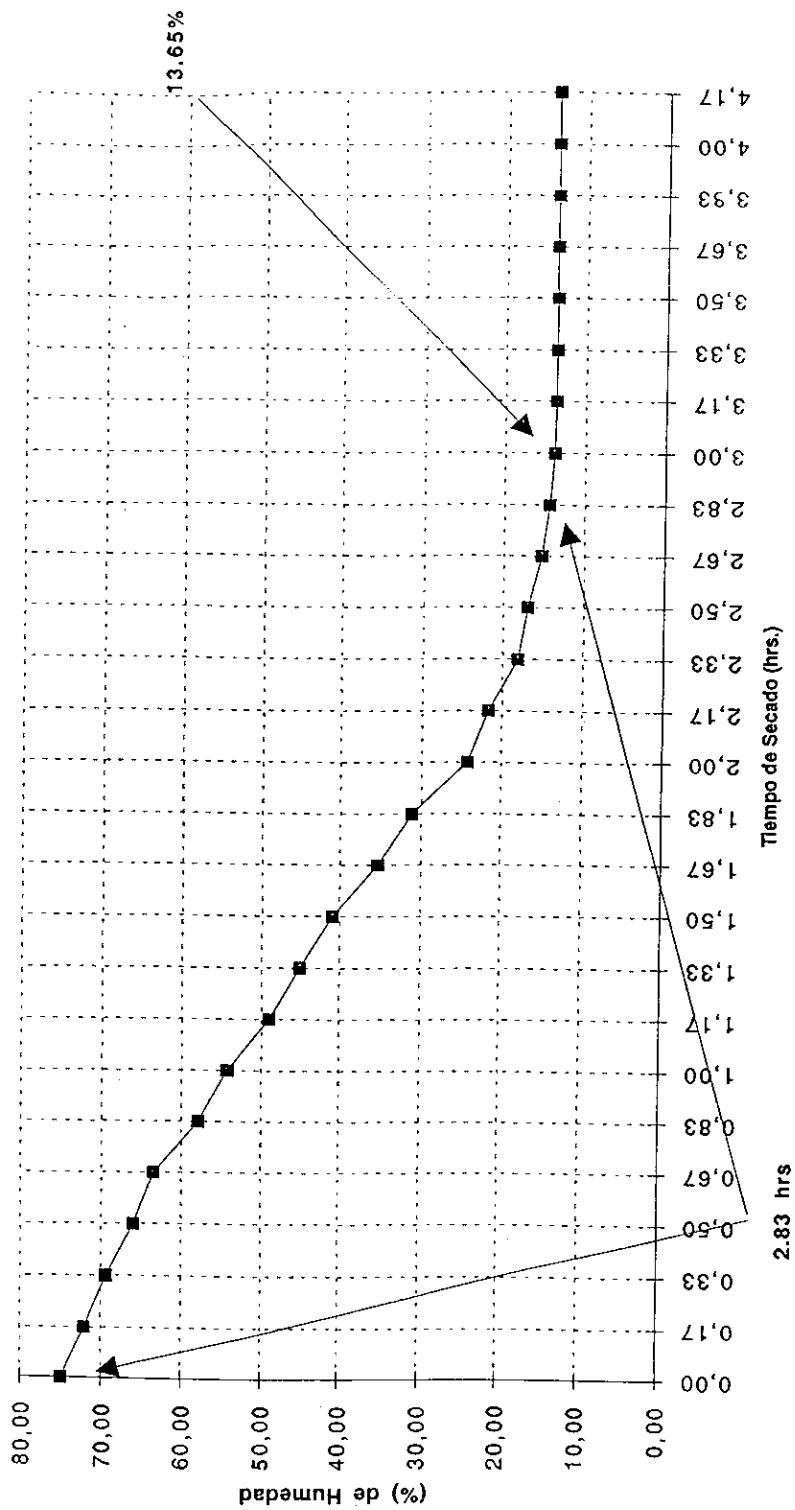


CUADRO # 17: Tiempo de Secado vs. % Pérdida de Humedad (Secado Natural)



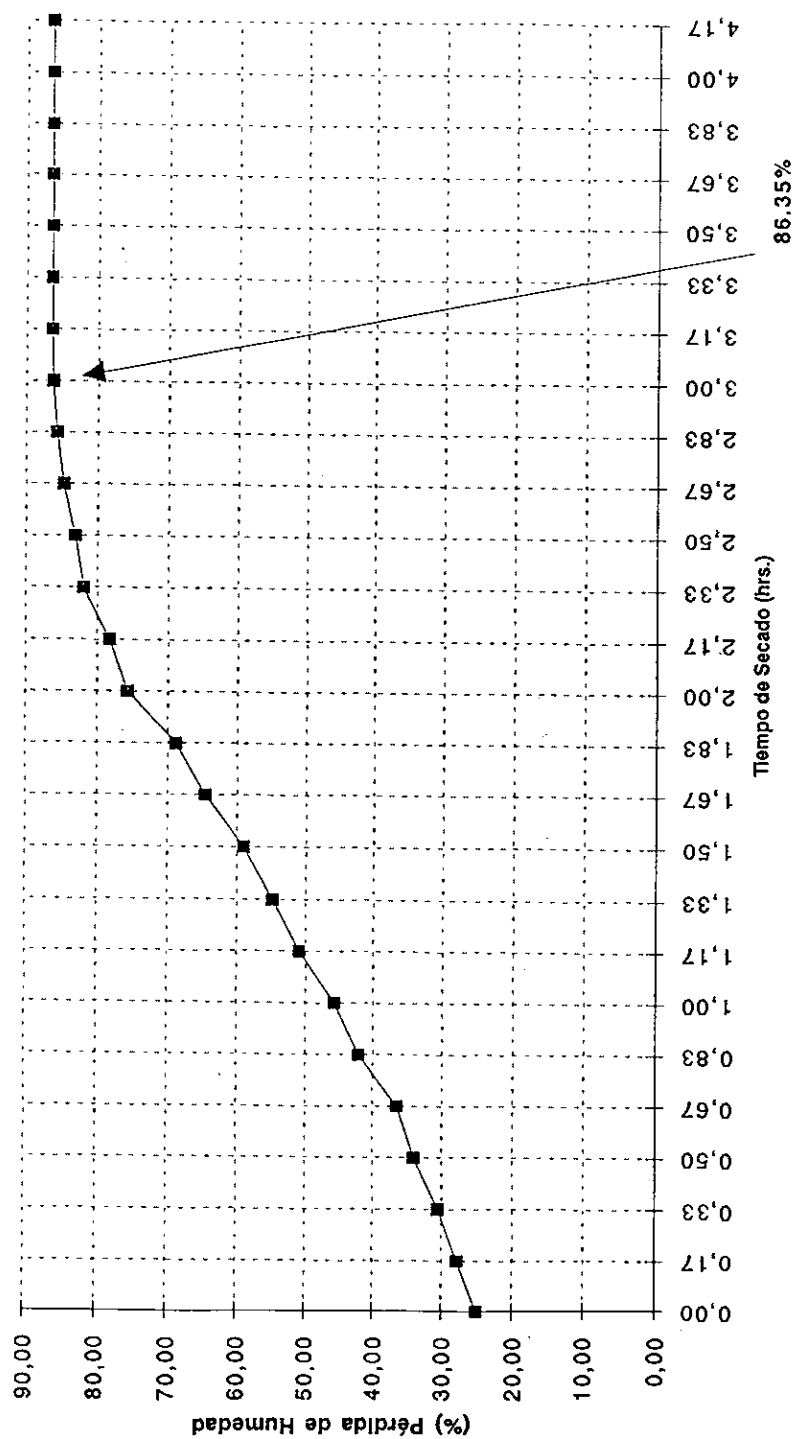


GRAFICA # 18: Tiempo de Secado vrs. % de Humedad
(Secado Artificial)





GRAFICA # 19: Tiempo de Secado vs. % Pérdida de Humedad
(Secado Artificial)





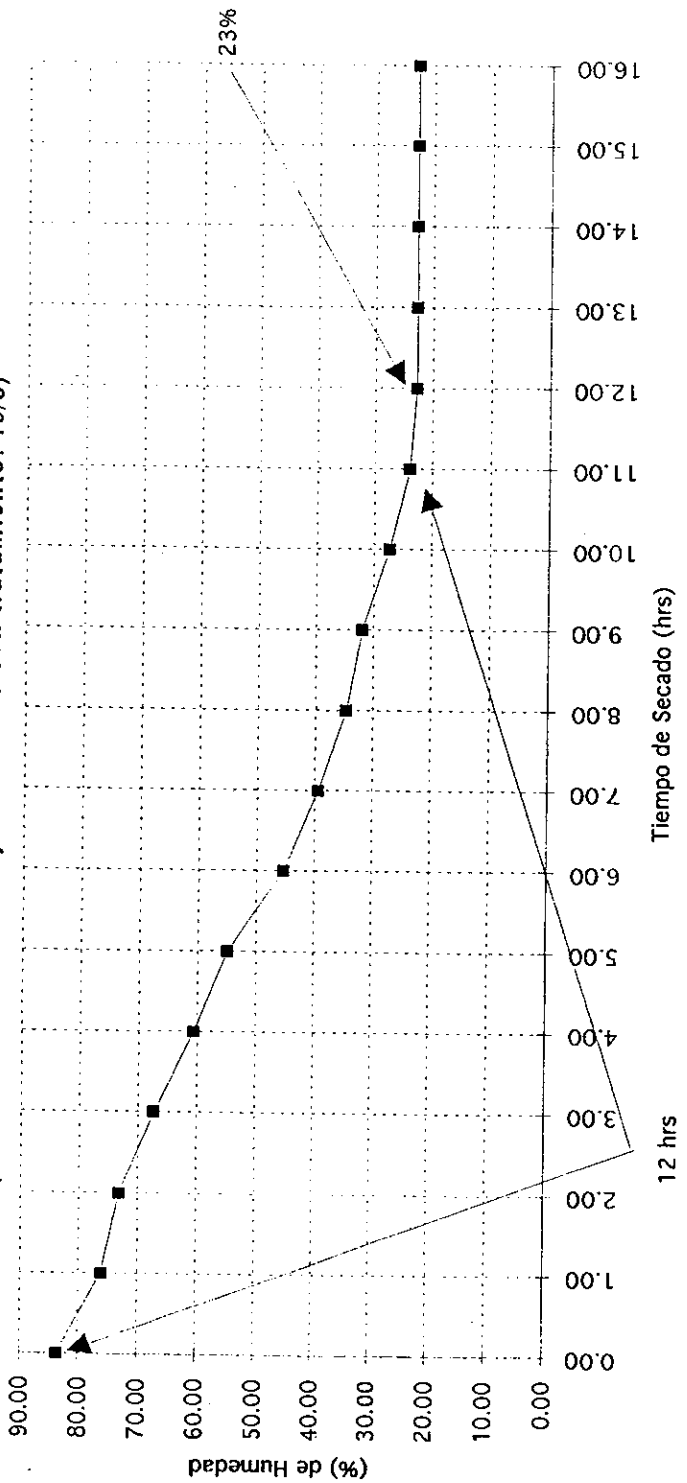
CUADRO # 19:

TECNICA DE SECADO: NATURAL
 (Mazorca ensilada por 30 días con tratamiento:
 10 % melaza y 5 % urea)

Tiempo (hr)	% Humedad	% Pérdida de Humedad
0,00	83,70	16,30
1,00	76,33	23,67
2,00	73,24	26,76
3,00	67,21	32,79
4,00	60,60	39,40
5,00	54,91	45,09
6,00	45,37	54,63
7,00	39,46	60,54
8,00	34,57	65,43
9,00	31,95	68,05
10,00	27,29	72,71
11,00	23,85	76,15
12,00	22,72	77,28
13,00	22,72	77,28
14,00	22,72	77,28
15,00	22,72	77,28
16,00	22,72	77,28

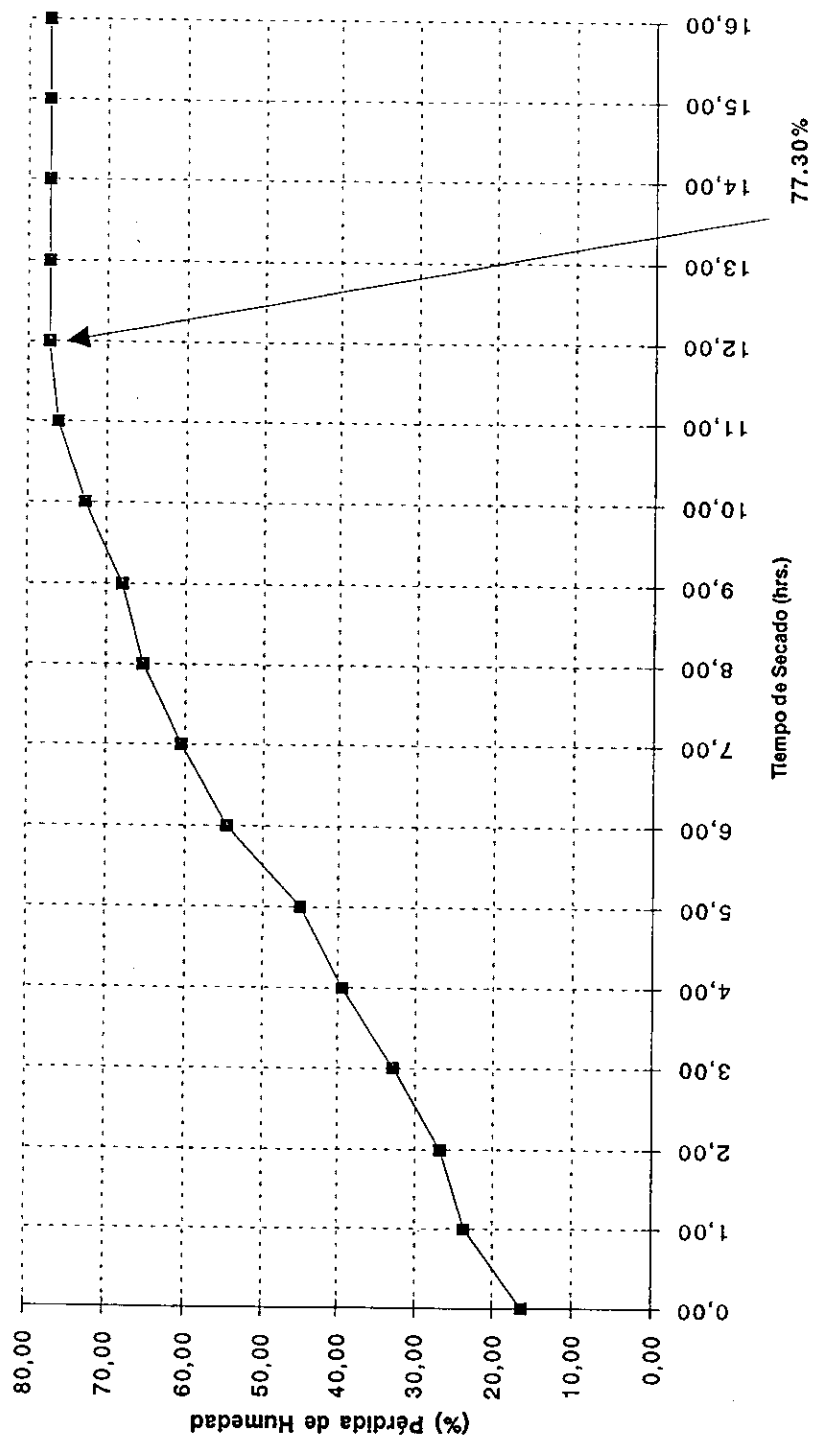


GRAFICA # 20: Tiempo de Secado vrs. % de Humedad
(Secado Natural: Ensilaje de 30 días con tratamiento: 10/5)





GRAFICA # 21: Tiempo de Secado vs. % Pérdida de Humedad
(Secado Natural: Ensilaje de 30 días con tratamiento 10/5)





F. CALCULOS Y PRUEBA DE TURKEY



CALCULOS:

Obtención del porcentaje teórico de proteína Cruda para 0 días de ensilaje:

(Base: Urea con 46 % Nitrógeno)

Caso # 1: 5 % de melaza
5 % de urea $90 \% \text{ de mazorca} * 6.18 \text{ (Cuadro \# 8) } / 100$
Es igual a 5.6 % proteína cruda $46 \% \text{ nitrógeno en urea} * 5 \% \text{ mezcla} / 100$
Es igual a 14.4 % proteína crudaSuma: 20.0 % Proteína CrudaCaso # 2: 5 % de melaza
10 % de urea $85 \% \text{ de mazorca} * 6.18 / 100$
Es igual a 5.2 % proteína cruda $46 \% \text{ nitrógeno en urea} * 10 \% \text{ mezcla} / 100$
Es igual a 28.8 % proteína crudaSuma: 34.0 % Proteína Cruda

Caso # 3: 5 % melaza

 $95 \% \text{ de mazorca} * 6.18 / 100$
Es igual a 5.9 % proteína crudaSuma: 5.9 % Proteína Cruda

Caso # 4: 10 % melaza

 $90 \% \text{ de mazorca} * 6.18 / 100$
Es igual a 5.6 % proteína crudaSuma: 5.6 % Proteína Cruda



Prueba de Tukey:

ANALISIS ESTADISTICO REALIZADO POR COMPUTADORA:
SPSS/PC + The Statistical Package for IBM PC

8 Variables y 81 casos registrados.

UNA VIA

Variable: Digestibilidad

Variable: Días

Andeva

Fuente	G.L	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Razón F
Entre Grupos	2	4294.40	2147.20	36.14
Dentro Grupos	78	4634.06	59.41	
Total	80	8928.47		

Test de rangos múltiples:

Tukey - Procedimiento HSD

Rangos para el nivel 0.050

3.38 3.38

Los rangos estan abajo de los rangos de la tabla

El valor actual, comparado con la Media (J) - Media (I) es ..

$$5.45 * \text{Rango} * \text{sqrt} (1/N(I) + 1/N(J))$$

(*) Denota pares de grupos significativamente diferentes a un nivel de 0.050

G	G	G		
r	r	r		
p	p	p		
	0	1	2	Media
				43.98
	*			56.39
	*			61.28
				Grupo
				0
				1
				2

Subgrupos homogéneos

(Los subgrupos de grupos, cuyas medias más alta y más baja no difieren más que el rango significativo más bajo, para un subgrupo de este tamaño)

Subgrupo 1

Grupo	Grupo 0
Media	43.98

Subgrupo 2

Grupo	Grupo 1	Grupo 2
Media	56.39	61.28



UNA VIA / VARIABLES DIGESTIBILIDAD POR UREA (0,2) / RANGOS = TUKEY

UNA VIA

Variable: Digestibilidad

Variable: Urea

Andeva

Fuente	G.L	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Razón F
Entre Grupos	2	1660.95	830.48	8.91
Dentro Grupos	78	7267.51	93.17	
Total	80	8928.47		

Test de rangos múltiples:

Tukey - Procedimiento HSD

Rangos para el nivel 0.050

3.38 3.38

Los rangos estan abajo de los rangos de la tabla

El valor actual, comparado con la Media (J) - Media (I) es ..

$$6.82 * \text{Rango} * \text{sqrt} (1/N(I) + 1/N(J))$$

(*) Denota pares de grupos significativamente diferentes a un nivel de 0.050

G	G	G		
r	r	r		
p	p	p		
	0	1	2	Media
				47.78
	*			55.26
	*			58.61
				Grupo
				0
				1
				2

Subgrupos homogéneos

(Los subgrupos de grupos, cuyas medias más alta y más baja no difieren más que el rango significativo más bajo, para un subgrupo de este tamaño)

Subgrupo 1

Grupo	Grupo 0
Media	47.78

Subgrupo 2

Grupo	Grupo 1	Grupo 2
Media	55.26	58.61



UNA VIA / VARIABLES DIGESTIBILIDAD POR MELAZA (0,2) / RANGOS = TUKEY

UNA VIA

Variable: Digestibilidad

Variable: Melaza

Andeva

Fuente	G.L	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Razón F
Entre Grupos	2	249.92	124.96	1.12
Dentro Grupos	78	8678.55	111.26	
Total	80	8928.47		

Test de rangos múltiples:

Tukey - Procedimiento HSD

Rangos para el nivel 0.050

3.38 3.38

Los rangos estan abajo de los rangos de la tabla

El valor actual, comparado con la Media (J) - Media (I) es ..

$$7.46 * \text{Rango} * \text{sqrt} (1/N(I) + 1/N(J))$$

Ninguno de los dos grupos es significativamente diferente a un nivel de 0.050

Subgrupos homogéneos

(Los subgrupos de grupos, cuyas medias más alta y más baja no difieren más que el rango significativo más bajo, para un subgrupo de este tamaño)

Subgrupo 1

Grupo	Grupo 0	Grupo 1	Grupo 2
Media	52.16	53.19	56.29

Fin del programa

