

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**EVALUACION DE ALGUNOS PARAMETROS
NUTRICIONALES DE LA SEMILLA DE EBANO
Pithecellobium flexicaule (Benth.)-RELACIONADOS
CON POTENCIALES USOS EN LA
ALIMENTACION HUMANA**

T E S I S

PRESENTADA POR:

LIC. MARIO RAFAEL GONZALEZ QUIJADA

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS CON
ESPECIALIDAD EN ALIMENTOS**

MONTERREY, N. L.

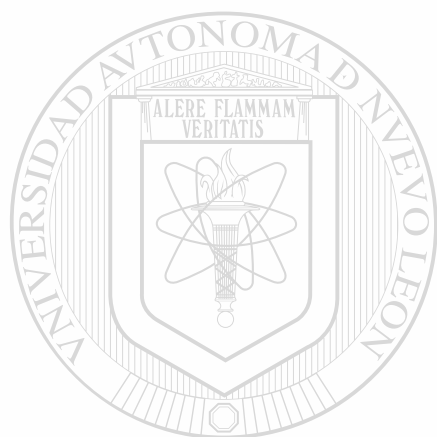
DICIEMBRE DE 1996

195: EVALUACION DE ALGUNOS PARAMETROS NUTRICIONALES DE LA SEMILLA DE

EBANO - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.)-RELACIONADOS CON POTENCIALES

USOS EN LA ALIMENTACION HUMANA

M.R.C.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

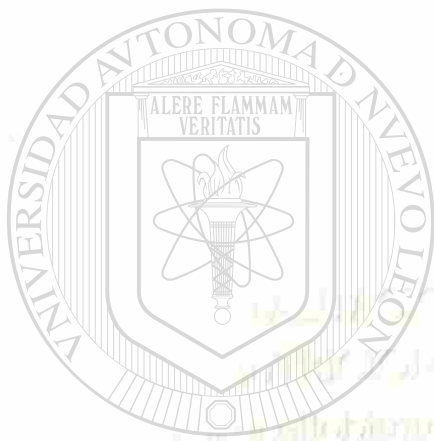


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN POSGRADO



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

AV. UNIVERSIDAD 10100, SAN NICOLÁS DE LOS RÍOS, COAHUILA DE ZARAGOZA, MÉXICO

TEL. 52 562 210 1000 EXT. 20000

TEL. 52 562 210 1000 EXT. 20000

TEL. 52 562 210 1000 EXT. 20000

TEL. 52 562 210 1000 EXT. 20000

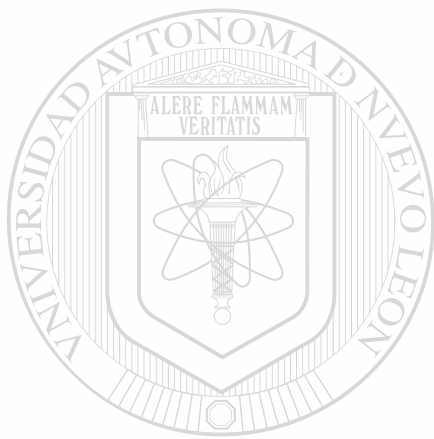
TEL. 52 562 210 1000 EXT. 20000

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TEL. 52 562 210 1000 EXT. 20000



TM
S8317
E219



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**EVALUACIÓN DE ALGUNOS PARÁMETROS NUTRICIONALES
DE LA SEMILLA DE EBANO - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) -
RELACIONADOS CON POTENCIALES USOS EN LA
ALIMENTACIÓN HUMANA.**

TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
PRESENTADA POR
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LIC. MARIO RAFAEL GONZÁLEZ QUIJADA

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS CON
ESPECIALIDAD EN ALIMENTOS**

Monterrey, N.L.

Diciembre de 1996

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**EVALUACIÓN DE ALGUNOS PARÁMETROS NUTRICIONALES
DE LA SEMILLA DE EBANO - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) -
RELACIONADOS CON POTENCIALES USOS EN LA
ALIMENTACIÓN HUMANA.**



UANL

DIRECTOR DE TESIS

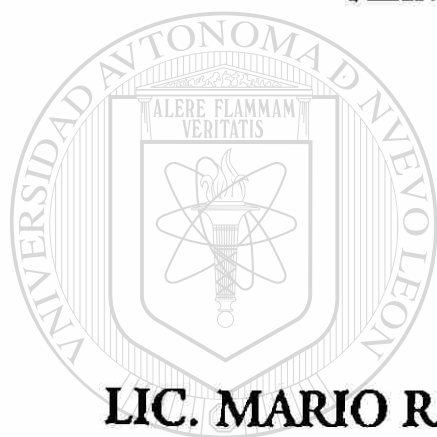
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DRA. MA. GUADALUPE ALANÍS GUZMÁN

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**EVALUACIÓN DE ALGUNOS PARÁMETROS NUTRICIONALES
DE LA SEMILLA DE EBANO - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) -
RELACIONADOS CON POTENCIALES USOS EN LA
ALIMENTACIÓN HUMANA.**



T E S I S

PRESENTADA POR

LIC. MARIO RAFAEL GONZÁLEZ QUIJADA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
COMISIÓN DE TESIS

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



DRA. MA. GUADALUPE ALANÍS GUZMÁN
DIRECTOR



M.C. TERESA E. TORRES CEPEDA
SECRETARIO



M.C. ROBERTO MERCADO HERNÁNDEZ
VOCAL

DEDICATORIA



Al Maestro José Nelson.

A la memoria de mi Madre Carmen

A mi Padre José González

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

A mi Esposa Cruz María

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

A mis Hijos Mario y Lucy

A mi Hermano T. Antonio

RECONOCIMIENTO

Hago constar, en especial, mi reconocimiento a las siguientes instituciones de mi país, Venezuela, por el apoyo económico que me dieron durante la realización de esta maestría:



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
FUNDACIÓN GRAN MARISCAL DE AYACUCHO

Igualmente expreso mi reconocimiento a las siguientes dependencias Universitarias de la República Mexicana, cuyas instalaciones y equipos fueron utilizados en ésta investigación:

Laboratorio de Ciencia de los Alimentos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León.

Unidad de Análisis de Aminoácidos del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, México, Distrito Federal.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Ma. Guadalupe Alanís Guzmán por la asesoría brindada en todas las etapas de ésta investigación.

A los integrantes de la Comisión de Tesis: M.C. Roberto Mercado Hernández por su ayuda en el análisis estadístico de los resultados, y M.C. Teresa E. Torres Cepeda por las orientaciones dadas en relación al aspecto botánico de este estudio.

Al Biól. José Alfredo Tobías Chavana, compañero de trabajo en varios de los análisis de laboratorio realizados.

Al personal de la Unidad de Análisis de Aminoácidos: Dra. Oralia Ladrón de Guevara, M.C. Patricia Padilla, Q.F.B. Laura García y al Q.F.B. Agustín Reyó del Laboratorio de Alimentos de la U.N.A.M. por la valiosa ayuda prestada durante el análisis de los aminoácidos.

Al personal del Laboratorio de Ciencia de los Alimentos de la U.A.N.L.: Ing. Carlos García, Q.F.B. Cristina González, Estudiantes Eduardo Avalos y Sanjuanita Espinosa quienes de una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo.

A la Biól. Ana Isabel Aviña Fernández por su colaboración en la colecta y selección del material de estudio.

A la Biól. Mercedes González Maltos por su eficiente labor en la transcripción del manuscrito.

A todas aquellas personas, tanto dentro como fuera del ámbito universitario, que desinteresadamente brindaron su colaboración para hacer posible esta investigación en el tiempo previsto.

INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
RECONOCIMIENTOS	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE APÉNDICES	xi
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	4
1.- Descripción Botánica del <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.)	4
1.1.- Clasificación	4
1.2.- Denominación	4
1.3.- Características Taxonómicas	5
2.- Área de Distribución del <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.)	6
3.- Usos Actuales y Potenciales del Ebano	8
4.- Valor Nutricional de las Leguminosas	9
4.1.- Calidad Proteica	10
4.1.1.- Composición Aminoacídica de las	
Proteínas de las Leguminosas	10
4.1.2.- Digestibilidad	11
4.1.3.- Evaluación de la Calidad Proteínica	13
4.2.- Efectos de la Maduración y el Cocimiento en el	
Valor Nutritivo de las Leguminosas	16
4.3.- Aporte de Otros Nutrientes y de Fibra Dietética	19
4.4.- Compuestos Antinutricionales	22
4.4.1.- Taninos	22
4.4.2.- Fitatos	24
4.4.3.- Inhibidores de Tripsina	27
4.4.4.- Hemaglutininas	29
HIPÓTESIS	31
OBJETIVOS	31
MATERIALES Y MÉTODOS	32
1.- Fuente y Preparación de las Muestras	32
2.- Procedimientos Analíticos	33
2.1.- Análisis Químicos	33
2.1.1.- Composición Proximal	34

2.1.2.- Compuestos Antinutricionales	34
2.1.2.1.- Taninos	34
2.1.2.2.- Fitatos	35
2.1.2.3.- Inhibidores de Tripsina	36
2.1.3.- Fibra Dietética Total	37
2.1.4.- Análisis de Aminoácidos	37
2.1.4.1.- Perfil de Aminoácidos	37
2.1.4.2.- Triptofano	38
2.1.4.3.- Cistina-Cisteína	40
2.2.- Ensayo Biológico	41
2.2.1.- Formulación de las Dietas	41
2.2.2.- Condiciones del Bioensayo	42
3.- Evaluación de la Calidad de la Proteína	42
4.- Contenido Energético de la Semilla	43
5.- Análisis Estadístico	43
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
1.- Composición de la Semilla	44
1.1.- Composición Proximal	45
1.2.- Compuestos Antinutricionales	51
1.2.1.- Taninos	51
1.2.2.- Fitatos	57
1.2.3.- Inhibidores de Tripsina	65
1.3.- Fibra Dietética Total	71
1.4.- Composición Aminoacídica	76
2.- Digestibilidad de la Proteína	80
3.- Puntaje Aminoacídico	85
CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	95
LITERATURA CITADA	96
APÉNDICE A. Resultados de los Análisis Estadísticos	104
APÉNDICE B. Resultados de Algunas Determinaciones Analíticas.	
Patrón de Referencia de Aminoácidos Esenciales	122

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición proximal de los cotiledones de la semilla de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diferentes tratamientos.	48
Tabla 2. Composición proximal de la testa de la semilla madura de ebano, en base húmeda	49
Tabla 3. Contenido energético de la semilla de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - en los diferentes tratamientos a los que fué sometida.	50
Tabla 4. Contenido de taninos de los cotiledones de la semilla de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diferentes tratamientos.	53
Tabla 5. Contenido de taninos de la testa de las semillas de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - maduras secas de tres localidades del estado de Nuevo León, México	55
Tabla 6. Cambios en el contenido de taninos de los cotiledones de las semillas de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diferentes tratamientos térmicos	56
Tabla 7. Contenido de ácido fítico de los cotiledones de la semilla de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diferentes tratamientos.	58
Tabla 8. Contenido de ácido fítico de la testa de la semilla de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México	62
Tabla 9. Porcentajes de reducción del contenido de ácido fítico de los cotiledones de la semilla de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diferentes tratamientos térmicos.	63
Tabla 10. Actividad de inhibidores de tripsina de los cotiledones de la semilla de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diferentes tratamientos.	66

Tabla 11. Porcentajes de reducción de la actividad de inhibidores de tripsina de los cotiledones de la semilla de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diversos tratamientos térmicos.	69
Tabla 12. Contenido de fibra dietética total de los cotiledones de las semillas de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - maduras (seca) y tiernas, crudas, de tres localidades del estado de Nuevo León, México.	72
Tabla 13. Contenido de fibra dietética total de los cotiledones de las semillas de ebano -<i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - sometida a diferentes tratamientos.	74
Tabla 14. Composición aminoácida de los cotiledones de la semilla de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - sometida a diferentes tratamientos.	78
Tabla 15. Digestibilidad verdadera promedio de la proteína de la semilla de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - sometida a diferentes tratamientos	82
Tabla 16. Razón entre los aminoácidos esenciales de los cotiledones de la semilla de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - madura cruda y los del patrón de referencia de requerimientos de aminoácidos, para niños de edad pre-escolar de la FAO/OMS/UNU de 1991.	86
Tabla 17. Razón entre los aminoácidos esenciales de los cotiledones de la semilla de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - madura tostada y los del patrón de referencia de requerimientos de aminoácidos, para niños de edad pre-escolar, de la FAO/OMS/UNU de 1991.	87
Tabla 18. Razón entre los aminoácidos esenciales de los cotiledones de la semilla de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - tierna cruda y los del patrón de requerimientos de aminoácidos, para niños de edad pre-escolar, de la FAO/OMS/UNU de 1991.	89
Tabla 19. Razón entre los aminoácidos esenciales de los cotiledones de la semilla de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - tierna cocida con vaina y los del patrón de referencia de requerimientos de aminoácidos, para niños de edad pre-escolar, de la FAO/OMS/UNU de 1991.	90
Tabla 20. Puntaje aminoacídico, digestibilidad verdadera, y puntaje aminoacídico corregido por la digestibilidad de la proteína de la semilla de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - sometida a diferentes tratamientos.	91
Tabla 21. Puntaje aminoacídico corregido y digestibilidad verdadera de la proteína de la semilla de ebano y de algunas leguminosas procesadas.	92

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Contenido de taninos (medias de tres análisis) de los cotiledones de la semilla de ebano, de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diferentes tratamientos.	54
Figura 2. Contenido de ácido fítico de los cotiledones de la semilla de ebano, de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diferentes tratamientos.	59
Figura 3. Porcentajes de reducción del contenido de ácido fítico de los cotiledones de la semilla de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México, después de sometida a diferentes tratamientos térmicos.	64
Figura 4. Actividad de los inhibidores de tripsina de los cotiledones de la semilla de ebano, de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diferentes tratamientos.	67
Figura 5. Porcentajes de reducción de la actividad de los inhibidores de tripsina de los cotiledones de la semilla de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México, después de sometida a diferentes tratamientos térmicos. Los valores son medias de cuatro determinaciones \pm desviación estándar.	70
Figura 6. Contenido de fibra dietética total (%) de los cotiledones de las semillas de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - maduras y tiernas de tres localidades del estado de Nuevo León, México.	73
Figura 7. Contenido de fibra dietética total (%) de los cotiledones de la semilla de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - después de sometida a diferentes tratamientos.	75
Figura 8. Digestibilidad verdadera (%) de la proteína de los cotiledones de la semilla de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - después de sometida a diferentes tratamientos.	83

INDICE DE APENDICES

APENDICE A

	Pág.
Tabla 1A. Valores F calculados mediante el análisis de varianza de dos factores (localidad y tratamientos) aplicado a la determinación de la composición proximal de los cotiledones de la semilla de ebano madura de tres localidades del estado de Nuevo León, México.	105
Tabla 2A. Valores F calculados mediante el análisis de varianza de dos factores (localidad y tratamientos) aplicado a la determinación de la composición proximal de los cotiledones de la semilla de ebano tierna de tres localidades del estado de Nuevo León, México.	106
Tabla 3A. Valores F calculados mediante el análisis de varianza, del factor tratamiento, aplicado a la determinación de la composición proximal de los cotiledones de la semilla madura (seca) de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.)-.	107
Tabla 4A. Valores F calculados mediante el análisis de varianza del factor tratamientos y resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey aplicada a las determinación de la composición proximal de los cotiledones de la semilla tierna de ebano.	108
Tabla 5A. Valores F, calculados mediante el análisis de varianza de dos factores (localidad y tratamientos) aplicado a las las determinaciones analíticas de compuestos antinutricionales de los cotiledones de la semilla de ebano madura (seca) de tres localidades del estado de Nuevo León, México.	109
Tabla 6A. Valores F, calculados mediante el análisis de varianza de dos factores (localidad y tratamientos) aplicado a las las determinaciones analíticas de compuestos antinutricionales de los cotiledones de la semilla de ebano tierna de tres localidades del estado de Nuevo León, México.	110
Tabla 7A. Valores F calculados mediante el análisis de varianza, del factor tratamiento, aplicado a las determinación de compuestos antinutricionales de los cotiledones de la semilla madura (seca) de ebano <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) -.	111
Tabla 8A. Valores F calculado mediante el análisis de varianza del factor tratamientos y resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey aplicada a las determinaciones de compuestos antinutricionales de los cotiledones de la semilla tierna de ebano. - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) -.	112

Tabla 9A. Resultados del ANOVA no paramétrico, realizado por el método de Kruskal-Wallis, en los porcentajes de cambio del contenido de taninos de los cotiledones de la semilla de ebano de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a varios tratamientos.	113
Tabla 10A. Valores F, calculados mediante el análisis de varianza del factor localidad, y resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey de los porcentajes de reducción del contenido de ácido fítico y de la actividad de inhibidores de tripsina de los cotiledones de las semillas maduras de ebano, después de tostadas, colectadas en tres localidades del estado de Nuevo León, México.	114
Tabla 11A. Valores F calculados mediante el análisis de varianza de dos factores (localidad y tratamientos) aplicado a los porcentajes de reducción del contenido de ácido fítico y de la actividad de los inhibidores de tripsina de los cotiledones de las semillas tiernas de ebano, de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diferentes tratamientos.	115
Tabla 12A. Valores F calculados mediante el análisis de varianza del factor localidad, aplicado a los porcentajes de reducción del contenido de ácido fítico y de la actividad de los inhibidores de tripsina de los cotiledones de las semillas tiernas de ebano, colectadas en tres localidades del estado de Nuevo León, México.	116
Tabla 13A. Valores F, calculados mediante el análisis de varianza del factor localidad, aplicado al contenido de fibra dietética total de los cotiledones de las semillas maduras y tiernas, crudas, de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México.	117
Tabla 14A. Resultados del ANOVA y de las comparaciones múltiples de Tukey, aplicados al contenido de fibra dietética total de los cotiledones de las semillas tiernas de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - sometidas a tres tratamientos.	118
Tabla 15A. Resultados de la prueba de Mann-Whitney-Wilcoxon para la comparación de la digestibilidad verdadera de la proteína de la semilla de ebano entre pares de tratamientos.	119
TABLA 16A. Valores F calculados mediante el análisis de varianza del factor localidad, aplicado a la determinación de la composición proximal de los cotiledones de las semillas maduras y tiernas de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) -.	120
TABLA 17A. Valores F calculados mediante el análisis de varianza del factor localidad, aplicado a la determinación de compuestos antinutricionales en los cotiledones de las semillas de ebano maduras y tiernas.	121

APENDICE B

	Pág.
Tabla 1B. Composición aminoacídica de los cotiledones de la semilla de ebano - <i>Pithecellobium flexicaule</i> (Benth.) - sometida a diferentes tratamientos.	123
Tabla 2B. Patrón de referencia de requerimientos de aminoácidos esenciales.	124
Tabla 3B. Cantidad de nitrógeno ingerido, nitrógeno fecal total, nitrógeno fecal endógeno, y % de digestibilidad verdadera en ratas alimentadas con la dieta S.	125
Tabla 4B. Cantidad de nitrógeno ingerido, nitrógeno fecal total, nitrógeno fecal endógeno y % de digestibilidad verdadera en ratas alimentadas con la dieta R.	126
Tabla 5B. Cantidad de nitrógeno ingerido, nitrógeno fecal total, nitrógeno fecal endógeno y % de digestibilidad verdadera en ratas alimentadas con la dieta P.	127
Tabla 6B. Cantidad de nitrógeno ingerido, nitrógeno fecal total, nitrógeno fecal endógeno y % de digestibilidad verdadera en ratas alimentadas con la dieta Z.	128
Tabla 7B. Cantidad de nitrógeno ingerido, nitrógeno fecal total, nitrógeno fecal endógeno y % de digestibilidad verdadera en ratas alimentadas con la dieta W.	129
Tabla 8B. Cantidad de alimento ingerido, peso de las heces, % de nitrógeno excretado, nitrógeno fecal endógeno y mg de nitrógeno/gr de dieta ingerida en ratas alimentadas con la dieta control.	130

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar la calidad nutricional de las semillas de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) -, como potencial fuente de alimentación para los humanos, se colectaron semillas maduras (secas) y tiernas de esta leguminosa silvestre en tres localidades del estado de Nuevo León, México. Las semillas maduras fueron analizadas crudas y después de tostadas. Las tiernas fueron sometidas a tres tratamientos: crudas, cocidas con vainas y cocidas sin vainas y sin testas.

No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en la composición proximal ni en el contenido de fibra dietética total y de compuestos antinutricionales de las semillas de las tres localidades muestreadas, aunque sí las hubo entre tratamientos. El contenido promedio de proteínas de las semillas maduras crudas descascarilladas, en las áreas estudiadas, giró alrededor del 35%, en base húmeda, los de grasa en un 24% y los de fibra dietética total en 13%. El tratamiento térmico redujo significativamente ($P < 0.05$) el contenido de fitatos y de inhibidores de tripsina en las semillas tostadas y cocidas con y sin vainas, en rangos de 10-89% para los primeros y de 92-98% para los segundos. Los taninos se incrementaron en los cotiledones de las semillas tostadas y de las tiernas cocidas con vainas, pero se redujeron en más del 46% en las cocidas sin vainas y sin testas. El análisis de los aminoácidos reveló que las semillas de ebano son de un alto contenido en lisina, leucina, isoleucina y valina, pero bajos en metionina y triptofano; siendo los azufrados el primer limitante. La digestibilidad verdadera *in vivo* de la proteína, determinada en ensayos con ratas, aumentó desde 79.3% en las semillas maduras crudas hasta 94.5% en las cocidas sin vainas y sin testas. Para ésta última semilla se obtuvo un puntaje aminoacídico, corregido por digestibilidad, con un valor de 0.56.

El tratamiento donde las semillas de ebano obtuvieron su mejor valor nutricional fué en el aplicado a las tiernas cocidas sin vainas y sin testas, siendo la calidad proteica de las semillas así tratadas similar al de muchas leguminosas tradicionalmente comestibles.

ABSTRACT

With the purpose to evaluate the nutritional value of the ebony seed *Pithecellobium flexicaule* (Benth.), as a potential source of food for humans, mature and soft vine seeds from this wild legume were collected at three localities in Nuevo Leon, Mexico. Mature raw seeds were analyzed and then toasted. Soft seeds were subject to three treatment's: raw, cook with vines and cook without vines or cover.

No significant differences were found in the proximal composition, neither in the total dietetic fiber, nor in the anti nutritional components of the seeds from the three sampling locations, eventhough there were differences within the treatments. The medium contents of protein from mature raw and peeled seeds was 35% at a dry base, fat 24% and total dietetic fiber 13%. Thermal treatment of seeds significantly ($P < 0.05$) reduce the contents of fitatos in ranks between 10 to 89% and 92 to 98% for trypsin inhibitors. Tanines increased in the cotyledons of the toasted seed and that soft seeds cook with vines, but reduces more the 46% in seeds cook without vine or cover. Analysis of amino acid's reviled that the seed's of ebony are high in lysine, leucine, isoleucine and valine, but low in methionine and tryptophan; being these sulphur amino acid's the limitation. True digestibility *in vivo* of the protein, with rat's, increased from 79.3% with mature raw seeds to almost 94.5 in cook seed without vines and cover. Obtaining a correcting amino acid score digestibility of 0.56 for this last seed.

Seeds that provided the highest nutritional value, were those treated by cooking the soft seed without vines or cover, resulting this protein of similar quality to those legumes traditionally consume.

INTRODUCCIÓN

Las leguminosas ocupan un lugar de importancia en la alimentación de los habitantes de muchos países del mundo, especialmente en aquellos en vías de desarrollo. En algunas naciones tercermundistas son, junto a los cereales, el principal producto alimenticio puesto que representan una fuente de proteínas de bajo costo.

En México, al igual que en otros países de Centro y Sur América, las leguminosas son componentes de la dieta diaria con un consumo per cápita promedio de 50 a 100 g. (Dutra de Oliveira, 1973).

En relación a su valor nutricional, cabe mencionar el alto contenido de proteína de sus semillas, en comparación con la de otros productos vegetales. Dutra de Oliveira (1973) señala que las leguminosas tienen en promedio dos veces más proteínas que los cereales; además aportan significativamente otros nutrientes como carbohidratos, ácidos grasos esenciales, vitaminas (en especial del complejo B), minerales como calcio y hierro entre otros; proporcionando adicionalmente fibra dietética. Sin embargo, en contraposición a estas propiedades, presentan algunas características indeseables que limitan su disponibilidad biológica, estas incluyen: la deficiencia de aminoácidos azufrados en su proteína, la dureza al cocimiento, la presencia de oligosacáridos que causan flatulencia y factores antinutricionales como taninos, fitatos, inhibidores de tripsina, etc. que disminuyen la digestibilidad de su proteína y bajan la absorción de minerales. No obstante, su calidad nutricional mejora con el remojo y el cocimiento (Marangoni *et al.*, 1988; Paredes-López y Harry, 1989; Ziena *et al.*, 1991).

A pesar de los beneficios nutricionales que brindan las leguminosas, solo menos de una docena de las 13,000 especies distribuidas por todo el planeta son utilizadas en la

alimentación humana (Central Food Technological Research Institute, 1977). Por eso, ante la creciente demanda de proteínas, se hace necesario realizar estudios que conlleven a incrementar el número de las especies comestibles de ese vegetal. Dentro de este contexto, las leguminosas silvestres constituyen una alternativa, puesto que son una reserva importante de proteínas con la cual se podría contar para cubrir, en parte, las exigencias futuras de ese nutrimento.

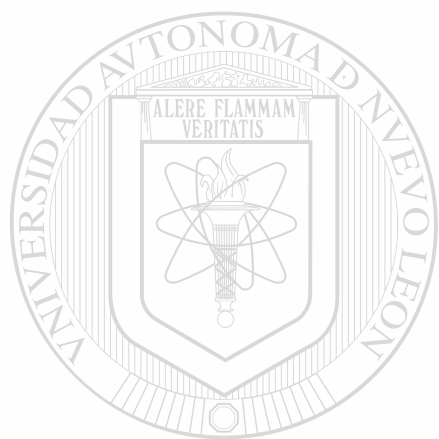
En México hay alrededor de 134 géneros con 1,707 especies de leguminosas (Sousa, 1993). La mayoría de ellas son plantas silvestres que han sido poco estudiadas desde el punto de vista alimenticio.

El *Pithecellobium flexicaule* (Benth.), conocido comunmente como ebano, es una leguminosa silvestre que se distribuye en el noreste de la República Mexicana. Sus semillas son tradicionalmente consumidas como complemento alimenticio, cocidas verdes y tostadas maduras, por muchas comunidades de la mencionada región (Vires, 1986). Estudios realizados por Giral *et al.* (1978) con semillas crudas de estos árboles determinaron que son de un alto contenido proteico, y además no dieron respuestas positivas a las pruebas de alcaloides.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Los árboles de ebano ofrecen algunos aspectos agrobiológicos ventajosos como son: su capacidad de fijación de nitrógeno (característico de las leguminosas) la cual le permite crecer en suelos pobres, tolerancia a las altas y bajas temperaturas, resistencia a patógenos, numerosa producción de semillas, facilidad de propagación y resistencia a largos períodos de sequía que lo hacen ideal para desarrollarse en zonas áridas y semiáridas como árboles de alta productividad (Felker, 1981).

Tomando como base el contenido de proteína de la semilla cruda del ebano y el hecho de que se consume por grupos humanos sin un estudio nutricional previo de la misma, se considera de importancia evaluar algunos parámetros nutricionales de dicha semilla, tales como la calidad de su proteína, digestibilidad, contenido de fibra dietética, presencia de otros nutrientes y de factores antinutricionales; en las dos formas como son consumidas por el hombre. La necesidad de este tipo de información motivó el presente estudio, cuyo propósito fué aportar datos que puedan servir para definir el potencial uso de esta leguminosa en la alimentación a escala comercial, ya sea a nivel del hogar o como materia prima en la industria alimenticia.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

REVISIÓN DE LITERATURA

1.- DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) Coult.

1.1 Clasificación:

Reino:	Vegetal
División:	Anthophyta
Clase:	Dicotiledoneae
Orden:	Fabales
Familia:	Leguminosae
Género:	<i>Pithecellobium</i>
Especie:	<i>flexicaule</i> (Benth.) Coult.

1.2 Denominación:

Nombres Científicos:

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Pithecellobium flexicaule (Benth.) Coult (Correl y Johnston, 1970)

Pithecellobium ebano (Berl.) Muller (Estrada y Marroquín, 1992)

Ebenopsis flexicaulis (Benth.) Britt & Rose (Turner, 1959)

Siderocarpus flexicaulis (Benth.) Small (Turner, 1959)

Nombres Comunes:

Ebano

Texas Ebony (Correl y Johnston, 1970)

1.3.- Características Taxonómicas:

Aspecto y Tamaño: Son arbustos o usualmente árboles pequeños (hasta de 15 m de altura en la parte sur de su rango de distribución) con una copa redondeada de color obscuro y muy densa; tronco obscuro, de hasta 60 cms de grosor pero usualmente solo de 10 cms. Ramas cortas y fuertes, bifurcadas, generalmente armadas con espinas estipulares verdaderas, la corteza es de color gris pálido en las ramas jóvenes (Correl y Johnston, 1970).

Hojas: Alternas, compuestas, bipinnadas, 2.5-4.2 cms de largo, pinnas 2-3 pares por hoja, de 1-2.5 cms de largo, con 3-6 pares de folíolos por pinna, 0.6-1.0 cms de largo, 0.4-0.5 cms de ancho, oblongos a oblongo-obovados o anchamente obovados, glabros y/o esparcida y diminutamente ciliadas en los bordes; glándulas pediceladas presentes, una en cada inserción de pares de pinnas (Estrada y Marroquín, 1992).

Flores: Blanco amarillentas, atractivas y aromáticas, dispuestas en racimos espigados, de 2 a 5 cms de largo, cilíndricas, densas, cáliz ligeramente campanulado; la corola de aproximadamente 1/2 pulgada de largo, mucho más grande que el cáliz, de 5 lóbulos; estambres numerosos, filamentos unidos en la base; ovarios glabrosos. La época de floración es de abril a julio (Vires, 1986).

Fruto: Vaina de 6-13 cms de largo y 1.8-3 cms de ancho, ligeramente aplanada, bivalvada, las valvas con coriáceas rectas a ligeramente curvadas, redondeadas y/o apiculadas en el ápice, persistentes por largo tiempo, tardíamente dehiscentes, internamente septadas; semillas transversas en la vaina, separadas por delgados tejidos, alrededor de 1/2 pulgada de longitud y 1/4 de pulgada de ancho, marrón rojizas, con forma de frijol, de revestimiento grueso (Vires, 1986).

Tallo: Rojo obscuro a púrpura o marrón, muy durable, duro, pesado, gravedad específica de 1.04 (Vires, 1986).

2.- ÁREA DE DISTRIBUCIÓN DE *Pithecellobium flexicaule* (Benth.)

Su rango de distribución comprende el estado norteamericano de Texas y estados del noreste de México.

En Texas desde las costas de la ensenada de Matagorda hasta la planicie del bajo Río Grande. Abundante en el Condado de Cameron. Comúnmente plantadas en las calles de Brownsville, Texas. En México en los estados de Tamaulipas, Nuevo León y también en Baja California (Vires, 1986).

Varios autores han catalogado, de acuerdo a su criterio, a las comunidades vegetales donde se desarrolla el ebano en México. Así, Rzedowski (1987) menciona al *Pithecellobium flexicaule* como componente del Bosque Espinoso, una comunidad ecológica totalmente definida en el país, la cual se distribuye en los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. En ella, el ebano se presenta intercalado con otras especies fisionómicamente más abundantes, en un diseño de mosaico (Estrada López, 1995).

La distribución geográfica del Bosque Espinoso en el estado de Tamaulipas corresponde, de acuerdo a Puig, citado por Estrada López (1995), al área de la aislada Sierra del Sur, donde *Pithecellobium flexicaule* y *Phoebe tampicensis* dominan, constituyendo una variante del Bosque Tropical Caducifolio. En Rzedowski (1987), González-Medrano señalan que hacia el norte, cerca de Matamoros, la comunidad formada por el Bosque Espinoso se convierte en una variante del mezquital, con árboles de 6-8 mts de altura y con *Pithecellobium flexicaule*-*Prosopis glandulosa*-*Cercidium macrum* como la asociación

dominante. Esa misma comunidad ecológica es reconocida por Miranda y Hernández X., citados por Rzedowski (1987), en la zona este del estado de Nuevo León, donde la única variante la constituye la presencia de *Cordia boissieri* como otra de las especies dominantes. Rzedowski (1987), reconoció una comunidad formada por *Pithecellobium flexicaule* y *Phyllostylon brasiliensis* en el sureste de San Luis Potosí, con árboles de 6 a 8 mts de altura, cubriendo el 30% de la zona y otras de 2 a 4 mts de altura, formando un estrato muy denso. Este bosque se desarrolló sobre terrenos con nula o escasa pendiente y con un suelo somero con lutita o marga como roca madre (Estrada López, 1995).

Remanentes de poblaciones de ebano son reportadas por González Sánchez (1985) en los municipios de Anáhuac, Sabinas Hidalgo, Garza García y Monterrey, en el estado de Nuevo León. Árboles aislados de *Pithecellobium flexicaule* han sido observados por el autor de este trabajo en diversas zonas de los municipios de San Nicolás de los Garza, Guadalupe, Monterrey y General Terán, Nuevo León.

Rojas Mendoza (1965) incluye a *Pithecellobium flexicaule* dentro de una comunidad denominada Matorral Alto Espinoso, distribuida fisiográficamente en la mayor parte del norte del estado de Nuevo León, oriente y algo del sur del mismo estado; oriente de Coahuila y zonas aisladas de Tamaulipas.

Jurado y Reid (1989) mencionan que el ebano, junto a otras especies, es componente del estrato superior en el Matorral Espinoso Tamaulipeco correspondiente a la zona de Linares, Nuevo León.

Es de hacer notar que las poblaciones de ebano, en las áreas de distribución antes mencionadas, se presentan en forma de mosaicos, junto a otras especies más abundantes. No obstante, son alteradas por causas antropogénicas y directa o indirectamente por una explotación irracional (Estrada López, 1995).

3.- USOS ACTUALES Y POTENCIALES DEL EBANO

Varios autores coinciden al mencionar los usos actuales del ebano. Así, refieren que su madera, debido a la dureza y durabilidad, se utiliza para postes, fabricación de muebles y gabinetes, de mangos para cuchillería fina, en construcciones marinas, armazones de casas y puentes de caminos, como combustible, de la cual se obtiene carbón de alta calidad, etc. Además es frecuentemente plantado como árbol de sombra y con fines ornamentales. Las semillas son consumidas por muchas comunidades de la República Mexicana, particularmente del noreste del país. Las cuales la consumen cocidas, cuando están verdes, y tostadas cuando maduras, estas últimas enteras (sin la cáscara) o molidas para ser empleadas como sustituto del café. También se utilizan las semillas para confeccionar artículos de joyería (Correl y Johnston, 1970; Rocas, 1990; Vires, 1986).

Respecto al uso de la semilla en la alimentación humana, el consumo de la misma como complemento alimenticio es tradición en muchas zonas rurales del estado de Nuevo León, principalmente aquellas ubicadas dentro de su rango de distribución, como por ejemplo el municipio General Terán. En las poblaciones del mencionado municipio la semilla es comercializada cocida verde y tostada madura, en ambas formas se consume sin la cáscara o cubierta. Además, la semilla tostada, después de molida, la utilizan para preparar una bebida similar al café.

La semilla del ebano es conocida en las localidades del noreste del país como "maguacata".

Potencialmente el ebano puede ser usado como productor eficiente de vainas y semillas, siguiendo el modelo de aprovechamiento agrícola propuesto por Felker y Bandursky (1979) para *Prosopis* spp. Sustancias tales como resinas, taninos, aminoácidos,

etc. contenidas en las dos estructuras antes mencionadas, pueden ser utilizadas en procesos industriales muy variados (Estrada López, 1995).

Tomando como base la composición química proximal y el perfil aminoacídico de la semilla de ebano cruda (Giral *et al.*, 1978), esta puede ser considerada una fuente potencial de alimento para humanos y animales, y después de su evaluación nutricional y de algunos estudios de orden tecnológico, podría ser usada para consumo masivo, ya sea en su forma natural, procesada o suplementada con otros nutrimentos; además, la totalidad de la semilla o alguno de sus componentes también podrían tener aplicación en la industria de alimentos como ingredientes.

4.- VALOR NUTRICIONAL DE LAS LEGUMINOSAS

Las leguminosas son, por lo general, de un alto contenido proteico. Según Kelly (1973), los niveles de proteínas de los frijoles comunes (*Phaseolus vulgaris*) oscilan en un rango de 17-35% y los de soya (*Glicine max*) entre 31-52%. Estudios realizados por Giral *et al.* (1978) en 15 leguminosas silvestres de la República Mexicana determinaron que el contenido de proteínas de sus semillas crudas varían desde 10.64% (en base seca) en *Hymenaea courbaril* hasta 31.54% en *Pithecellobium flexicaule*.

Es oportuno señalar que el valor nutricional de un alimento está en función no solo del contenido de proteínas, sino también, y en mayor grado, de la calidad de la misma; aunado a las cantidades de otros nutrientes (ácidos grasos esenciales, carbohidratos, vitaminas y minerales) que pueda proporcionar y a la presencia, o no, de compuestos antinutricionales que interfieran con la absorción de los nutrimentos en el cuerpo humano. De esto se infiere que un producto puede contener cantidades altas de proteínas, pero si éstas son de baja calidad su valor nutricional será también bajo.

4.1.- Calidad Proteica:

El valor nutricional de una proteína, y por ende su calidad, depende de su capacidad para satisfacer las necesidades de nitrógeno y de aminoácidos esenciales para el organismo. Estos requerimientos de aminoácidos varían con la edad, condición fisiológica y estado de salud del individuo (Pellet y Young, 1980).

La calidad de una proteína está determinada por el patrón y concentración de aminoácidos esenciales que contenga (composición aminoacídica) y por la digestibilidad de la misma.

4.1.1.- Composición Aminoacídica de las Proteínas de las Leguminosas:

La composición de aminoácidos de las semillas de leguminosas varía con la especie, así como también entre variedades o cultivares de la misma especie (Elías *et al.*, 1973). No obstante, el rasgo más común en las proteínas de tales semillas es la deficiencia de los aminoácidos azufrados metionina y cistina. Numerosas investigaciones se han realizado al respecto, principalmente en leguminosas tradicionalmente comestibles. Wu *et al.* (1994), Koehler *et al.* (1987), Sgarbieri (1989) y Van der Poel (1990), reportaron que el perfil de aminoácidos de frijoles Red Kidney (*Phaseolus vulgaris* L.) se caracteriza por una baja concentración de aminoácidos azufrados (metionina y cistina) y una concentración de lisina relativamente alta. Análogos resultados fueron encontrados por Ziena *et al.* (1991), trabajando con *Faba vulgaris*, por Marangoni *et al.* (1988) en semillas de tamarindo (*Tamarindus indica*) y por Hernández Infante *et al.* (1979) en frijoles negros y blancos de la especie *Phaseolus vulgaris*. Sotelo *et al.* (1995) en estudios realizados con diez leguminosas silvestres de diferentes regiones de la Península de Yucatán, México, determinaron que el contenido de aminoácidos azufrados era bajo en todas ellas y además,

con excepción de *Caesalpinia yucatanensis*, eran también bajos en triptofano; siendo el contenido de lisina alto en todas. De la Vega *et al.* (1981) realizaron una evaluación nutricional de la leguminosa silvestre *Stizolobium cinerum* conocida comúnmente como frijol terciopelo, cultivada como forraje en regiones del estado de Chiapas, México, encontrando valores bajos de sus aminoácidos azufrados y de triptofano. Giral *et al.* (1978) investigaron la composición química de 15 semillas crudas de leguminosas silvestres, entre las cuales se encontraba el *Pithecellobium flexicaule*, reportando que todas eran deficientes en aminoácidos azufrados y en una de ellas (*Acacia pennatula*) el triptofano era el primer aminoácido limitante. El contenido total de aminoácidos azufrados (metionina + cistina) encontrado para el *Pithecellobium flexicaule* fué de 1.07 g/100 g de proteína y el de triptofano 0.85 g/100 g proteína.

4.1.2.- Digestibilidad:

La digestibilidad se define como el porcentaje del nitrógeno ingerido que es absorbido por el organismo (Joint FAO/WHO Expert Consultation, 1989).

Aunque el patrón de aminoácidos de una proteína sea probablemente el determinante más importante de su calidad, la digestibilidad de la misma y la biodisponibilidad de sus aminoácidos constituyentes son los siguientes factores a considerar en la evaluación proteica. Esto se debe a que no todas las proteínas son digeridas, absorbidas y utilizadas en la misma extensión. Las diferencias en la digestibilidad de las proteínas pueden atribuirse a la naturaleza de la fuente proteínica, a la presencia de constituyentes no proteicos en el alimento tales como fibra dietética y compuestos antinutricionales (taninos, fitatos, inhibidores de proteasas, etc.), que disminuyen la digestibilidad, a factores antifisiológicos o por condiciones de procesamiento que alteran la relación de aminoácidos de las proteínas por cambios enzimáticos (Joint FAO/WHO Expert Consultation, 1989).

Existen varios métodos para determinar la digestibilidad. Unos utilizan procedimientos *in vivo*, basados en bioensayos con ratas o seres humanos, mientras que otros son *in vitro*, fundamentados en análisis químicos realizados con enzimas. Sin embargo, el procedimiento clásico usado ha sido el método del índice fecal *in vivo*, en el cual, el nitrógeno excretado en las heces por el sujeto en estudio, sometido a una dieta con la proteína a evaluar, se sustrae de la cantidad de nitrógeno ingerida y el resultado se expresa como porcentaje (el valor así obtenido se denomina "digestibilidad aparente"). Para obtener la digestibilidad verdadera se hace la corrección por pérdidas metabólicas, evaluando el nitrógeno fecal endógeno en otro sujeto control alimentado con la dieta libre de proteína. Aunque los estudios con humanos deberían ser el procedimiento más idóneo para determinar la digestibilidad de una proteína que vaya a ser consumida por el hombre, razones de tipo ético, de seguridad, tiempo y costo lo hacen impráctico como metodología de rutina. Por eso son más frecuentemente utilizados los bioensayos con ratas, estando el procedimiento bien establecido y estandarizado. Estudios comparativos de digestibilidad de proteínas en algunos alimentos realizados con ratas y seres humanos, sugieren que son similares las capacidades de ambos para digerir las proteínas (Sarwar, 1987). Por otra parte, extensas evaluaciones de los métodos *in vitro* e *in vivo* para determinar digestibilidad de proteínas en alimentos indican que el método del balance de nitrógeno fecal, en ratas, es el más adecuado para predecir la digestibilidad de las proteínas para humanos; por eso, el Report of Joint FAO/WHO Expert Consultation (1989) lo recomienda cuando no se puedan realizar estudios con seres humanos.

Nielsen (1991) y Sarwar *et al.* (1989), determinaron la digestibilidad de la proteína de frijoles comunes (*Phaseolus vulgaris*), encontrando valores bajos en los frijoles crudos y un aumento significativo en la digestibilidad de los mismos cuando eran cocinados; lo cual atribuyen a la presencia de factores antinutricionales (inhibidores de tripsina, hemaglutininas, taninos) que son destruidos por el calentamiento, mejorando así su valor nutritivo. Hernández

Infante *et al.* (1979), realizando una valoración nutricional de dos variedades de frijoles comunes (blancos y negros), determinaron la digestibilidad aparente de sus proteínas *in vitro* e *in vivo* (con ratas) después de cocinados. Para los frijoles blancos encontraron, en el ensayo *in vivo* una digestibilidad del 77.1% y para los negros del 67.3%; en ambas variedades la digestibilidad aparente *in vivo* obtenida fué más alta que la del ensayo *in vitro*.

En semillas crudas de las leguminosas silvestres de Yucatán, estudiadas por Sotelo *et al.* (1995) la digestibilidad *in vitro* de sus proteínas están dentro del rango de 42.30% para *A. pennatula* y 74.69% para *C. vesicaria*. Es de hacer notar la falta de información respecto a la digestibilidad de la proteína del *Pithecellobium flexicaule*.

4.1.3.- Evaluación de la Calidad Proteínica:

La calidad nutricional de una proteína puede ser evaluada por varios métodos. Entre estos, se mencionan los siguientes: a) métodos clínicos, basados en la determinación del balance de nitrógeno en seres humanos; b) ensayos biológicos con animales de experimentación, los cuales pueden ser de dos tipos: los fundamentados en la ganancia de peso corporal como son el índice de eficiencia proteica (PER) y la razón proteínica neta (NPR) y aquellos que se basan en la retención de nitrógeno, ejemplo de los cuales son el valor biológico (VB) y la utilización proteínica neta (NPU); c) ensayos de tipo microbiológico donde se mide el índice de crecimiento de microorganismos como, por ejemplo, *Tetrahymena pyriformis* cuando son alimentados con la proteína objeto de evaluación y d) métodos químicos como el puntaje o "score" aminoacídico que se cimantan en la determinación de aminoácidos esenciales en la proteína de ensayo y su comparación con un patrón de aminoácidos de referencia (Pellet y Young, 1980).

Indudablemente que los métodos clínicos con humanos aseguran con mayor exactitud la calidad de una proteína que vaya a ser consumida por ellos; sin embargo, el uso de tales técnicas son inapropiadas como procedimiento de rutina por razones éticas, de costo y tiempo entre otras; debido a ello su utilización se ha limitado a trabajos específicos de investigación.

Los ensayos con ratas en crecimiento se han usado ampliamente en la evaluación de la calidad proteínica desde hace décadas. Uno de esos métodos, el PER, fué adoptado desde 1975 como procedimiento oficial de la A.O.A.C. (AOAC, 1975) para ese fin. No obstante, en los últimos años el PER ha sido objeto de severas críticas, mencionandose entre ellas las siguientes (Joint FAO/WHO Expert Consultation, 1989):

- Su incapacidad para discriminar entre la proteína que proporciona crecimiento en el animal y aquella utilizada solo en su mantenimiento.
- Se considera que sobreestima el valor de algunas proteínas animales, particularmente en alimentos con alto contenido en grasas, y al contrario subestima el de alimentos bajos en proteínas como en ciertos vegetales.
- El ensayo requiere de mucho tiempo y no siempre da resultados reproducibles.
- No hay proporcionalidad entre los valores del PER en proteínas de diferentes calidad, así por ejemplo no se puede asumir que una proteína con un PER de 2.0 sea dos veces de mejor calidad que otra de 1.0.

A medida que se ha incrementado la información experimental en cuanto a los requerimientos de aminoácidos esenciales en humanos, se ha determinado que existen

diferencias entre dichos requerimientos y los de las ratas en crecimiento. Benevenga *et al.* (1994), determinaron que el nitrógeno requerido para el mantenimiento del animal cambia de menos del 5% a un aproximado al 100% a medida que disminuye la velocidad de crecimiento de las ratas, señalando que eso influye en el patrón de aminoácidos requeridos por ellas. Además, se encontró que las ratas necesitan mayor cantidad de aminoácidos azufrados que los humanos. Por otra parte, puesto que el valor nutritivo de una proteína destinada a la alimentación humana está en función de los requerimientos de aminoácidos esenciales del organismo humano, se concluye que estos requerimientos deben ser el patrón lógico para evaluar su calidad. En esto se fundamenta el método del puntaje aminoacídico o "score" químico.

Puntaje Aminoacídico

Este método consiste en determinar la cantidad de cada uno de los aminoácidos esenciales contenidos en la proteína, o mezcla de proteínas, del alimento y compararlos con los del patrón de referencia de aminoácidos requeridos por humanos, a fin de determinar el aminoácido más limitante (o sea el que se encuentra en menor cantidad en la proteína de prueba en comparación con la del patrón). La razón entre el aminoácido más limitante en la proteína bajo prueba y en la del patrón de referencia se conoce como "score" químico o puntaje aminoacídico (Pellet y Young, 1980).

En 1985 un comité de expertos de la FAO/OMS/UNU recomendó que la evaluación rutinaria de la calidad proteínica de los alimentos se hiciera mediante el cálculo del puntaje aminoacídico corregido por la digestibilidad verdadera de la proteína (Joint FAO/WHO Expert Consultation, 1989). En su informe publicado en 1991 la citada organización concluyó que el patrón de aminoácidos esenciales para infantes, menores de un año, sea basado en la composición de la leche materna; y para todas las demás edades recomendó

utilizar el patrón de requerimiento de aminoácidos esenciales de niños en edad pre-escolar (Torún, 1994).

Marangoni *et al.* (1988) reportaron para la proteína de la semilla de tamarindo un puntaje aminoacídico de 29.50, corregido por la digestibilidad *in vitro*. De la Vega *et al.* (1981) determinaron en el *Stizolobium cinerium* un score químico de 41.87.

4.2.- Efectos de la Maduración y el Cocimiento en el Valor Nutritivo de Leguminosas:

Maduración: La mayoría de las investigaciones acerca del valor nutritivo de las leguminosas se han realizado con las semillas maduras, probablemente debido a que es el estado más común en el cual se consumen. En contraste, muy pocos estudios se tienen acerca del valor nutricional de la semilla en otros estados fisiológicos de desarrollo antes de la completa maduración, a pesar de que algunas leguminosas se consumen verdes. Elías *et al.* (1973) evaluaron el valor nutritivo de frijoles comunes (*Phaseolus vulgaris*) en diferentes estados de germinación y maduración de las semillas, reportando que durante la maduración va decreciendo progresivamente el contenido de agua de la semilla e incrementándose el de otros nutrientes (proteínas, grasas, minerales), por ejemplo, el contenido de proteínas aumentó desde el 7.2% a los 72 días de formado el fruto hasta 23.1% a los 99 días, siendo el incremento más marcado entre los 91 y 99 días. Sin embargo, el valor nutritivo decreció con la maduración. Este fue determinado por el ensayo del PER, cuyos valores disminuyeron desde 0.97 a los 72 días hasta 0.63 a los 99 días; lo cual se atribuyó a un incremento de los inhibidores de tripsina y de otros factores tóxicos durante el proceso de maduración.

Cocimiento: El efecto de cocimiento sobre la composición química y el valor nutritivo de las leguminosas tradicionalmente comestibles ha sido objeto de extensas investigaciones, existiendo una amplia información al respecto. Aunque la respuesta al cocimiento en cuanto a la aprovechabilidad de aminoácidos esenciales presenta diferencias entre las especies y variedades, de manera general se puede señalar que el cocimiento y el remojo mejoran la calidad nutricional de las leguminosas ya que eliminan o reducen la presencia de factores antinutricionales que afectan la digestibilidad de las proteínas y la absorción de otros nutrimentos.

Van der Poel (1990) señala que la efectividad del tratamiento con calor sobre el valor nutricional de los frijoles comunes está relacionado con una combinación de temperatura, tiempo de calentamiento, tamaño de la semilla, humedad inicial de la misma y la cantidad de agua adicionada durante el proceso. Gómez *et al.* (1973) mencionan que existe una amplia variedad de información sobre la optimización de las condiciones de cocimiento para eliminar efectos destructivos sobre los nutrientes, y puesto que el tipo de tratamiento varía significativamente de un autor a otro, se dificulta uniformizar condiciones para propósitos de comparación.

Muchos autores recomiendan que previo al cocimiento, se deben someter a las leguminosas secas a un proceso de remojo, ya que durante el mismo se eliminan sustancias tóxicas solubles y oligosacáridos, como rafinosa, estaquiosa y verbascosa causantes de flatulencia; especialmente cuando se desecha el agua del remojo. Adicionalmente, se produce un cierto ablandamiento de la semilla lo cual disminuye el tiempo de cocimiento, evitándose así pérdidas de nutrientes por condiciones drásticas de calentamiento. Kaul y Bajwa (1987); Sathe *et al.* (1983); Desphande y Cheryan (1983), puntualizan que el remojo seguido del cocimiento reduce la presencia de oligosacáridos indeseables y de factores antinutricionales, mejorando en consecuencia el valor nutricional de las leguminosas. Bressani *et al.* (1973)

han recomendado el cocimiento de los frijoles, previamente remojados, en autoclave a 16 lbs de presión y 121°C por 10-30 minutos, señalando que períodos más largos (o temperaturas más elevadas) producen una disminución del valor nutritivo de la proteína debido al cambio en el contenido de aminoácidos esenciales, especialmente lisina, la cual decrece proporcionalmente con el incremento del tiempo de calentamiento. Gómez *et al.* (1973) reportaron una mejora del PER en frijoles comunes remojados después de cocinados a 121°C por 10 y 20 minutos a 16 lbs de presión, cambiando los valores del PER desde 0 (cero) en las semillas crudas hasta 1.24 para las cocidas a los 10 minutos. Wu *et al.* (1994) sometieron a frijoles comunes (*Phaseolus vulgaris*) a diferentes condiciones de calentamiento: cocimiento en autoclave a 110°C por 20 minutos; 121°C por 10, 20, 40, 60 y 90 minutos; 128°C durante 20 minutos y cocimiento en condiciones similares a la del hogar (agua en ebullición (100°C) a la presión atmosférica por 120 minutos), los frijoles fueron remojados durante toda la noche anterior al ensayo, reportando que los frijoles cocinados en autoclave a 121°C por 10 y 20 minutos y los cocidos en las condiciones del hogar mejoraron la calidad de su proteína, el score aminoacídico corregido por la digestibilidad *in vitro* aumentó de 41.34 en frijoles crudos a 71.53 para los cocinados en las condiciones del hogar y a 70.64 y 72.26 para los cocinados en autoclave a 121°C por 10 y 20 minutos respectivamente; de manera semejante se incrementó la digestibilidad *in vitro* de la proteína. Yañez *et al.* (1986) tostaron semillas de la leguminosa *Lupinus albus* c.v. Multolupa a temperaturas de 80-90°C durante 10, 20, 30 y 40 minutos y evaluaron la composición química y la calidad de su proteína. Sus resultados muestran, en líneas generales, un decrecimiento gradual del contenido de aminoácidos esenciales en relación al tiempo de tostado, siendo mayores las pérdidas en lisina (51%) y azufrados (29%). El tostado a los 10 minutos determinó un ligero incremento en la calidad proteínica, evaluada ésta mediante un PER, usando caseína como control; los valores del PER aumentaron desde 0.80 en la semilla cruda hasta 0.92 en la rostizada durante ese tiempo, para luego decrecer progresivamente a medida que se incrementaba el período del tostamiento. Ziena *et al.* (1991), estudiando el efecto del

cocimiento en la composición aminoacídica de *Faba vulgaris*, reportaron una disminución significativa de muchos aminoácidos esenciales después del cocimiento, siendo el efecto más pronunciado en tres de ellos: metionina, cistina y triptofano.

Cabe mencionar que no se dispone de información respecto al valor nutricional de las semillas de *Pithecellobium flexicaule* después de cocidas o tostadas.

4.3.- Aporte de Otros Nutrientes y de Fibra Dietética:

Las leguminosas también son fuente de carbohidratos, ácidos grasos, minerales y vitaminas, además aportan a la dieta fibra dietética. Bressani y Elías, citados por Paredes López y Harry (1989) señalan que las semillas de leguminosas contienen apreciables cantidades de vitaminas del complejo B, especialmente tiamina, aunque también es significativo su contenido en riboflavina, niacina, ácido fólico, biotina y ácido pantoténico. Sin embargo, es de mencionar que muchas de estas vitaminas se pierden en las condiciones del procesamiento. En relación con los minerales, es importante su contenido en calcio, magnesio, hierro y fósforo, aunque mucho de éste último está en la forma de ácido fitico, el cual se enlaza con otros minerales no permitiendo su utilización por el organismo. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Cheftel *et al.*, Luc *et al.*; citados por Barampama y Simard (1994), indican que los frijoles secos ejercen efectos benéficos en la salud humana debido a su bajo contenido en sodio, colesterol y ácidos grasos saturados, aunque son ricos en ácidos grasos insaturados como el linoleico. Schroeder y Demmel, citados por Hoppner y Lampi (1993) refieren que entre los vegetales, las leguminosas secas representan una buena fuente de ácido pantoténico y de biotina, ocurriendo pérdidas de estos nutrientes por el procesado. En estudios realizados por Hoppner y Lampi (1993) con varias leguminosas tradicionalmente comestibles (lentejas, chícharos, frijoles comunes), determinaron que después del cocimiento en agua a ebullición

durante 20 minutos se retuvo un 95% de biotina y un 76% de ácido pantoténico en leguminosas no remojadas previamente y un 90% y 44%, respectivamente, para las sometidas a remojo por toda la noche anterior al ensayo. Giral *et al.* (1978), reportaron que el contenido de grasa (extracto etéreo) de la semilla cruda de 15 leguminosas silvestres de la República Mexicana oscila entre 1.71% para el *Enterolobium cyclocarpum* y 27.60% en el *Cymbopetalum penduliflorum*, siendo 14.94% para *Pithecellobium flexicaule*.

Fibra Dietética:

Con el nombre de fibra se designa a un grupo muy amplio de carbohidratos (polisacáridos) que son componentes estructurales de las paredes celulares de los vegetales, entre las cuales destacan la celulosa, hemicelulosa, gomas y pectinas; además se incluye a la lignina, aún cuando no es hidrato de carbono. Estas sustancias no son hidrolizadas (en cantidades apreciables) en el tracto gastrointestinal del humano, pero juegan un papel importante en la digestión y absorción de nutrientes y de otras sustancias. La composición de la fibra es muy variada en los distintos alimentos vegetales y depende de muchos factores, entre los que se incluye la madurez del producto (Badui, 1993).

Theander y Aman, citados por Ravindran y Palmer (1990), refieren que en la reciente literatura nutricional se agrupa a todos los polisacáridos distintos al almidón como polisacáridos no almidónicos (NSP), los cuales se designan como fibra dietética, puesto que ellos constituyen la principal fracción de los componentes de la dieta que no son digeridos por las secreciones normales ni absorbidas en el tracto gastrointestinal de los humanos. En consecuencia, la denominación de fibra dietética total incluye a los carbohidratos solubles e insolubles no digeridos, debido a lo cual su valor siempre será mayor que el de la fibra cruda (la que se consigna, generalmente, en las tablas de composición de alimentos).

La importancia de la fibra dietética ha sido puesta de manifiesto en las últimas décadas, por ello se han efectuado numerosos estudios que relacionan su ausencia con diversos problemas de salud tales como constipación, diverticulosis, hemorroides, cáncer de colon, aterosclerosis, diabetes mellitus, etc. (Badui, 1993). Li y Cardozo (1993), mencionan a las leguminosas, después de los cereales, como la segunda fuente importante de fibra dietética, atribuyendo algunos beneficios potenciales para la salud a su consumo, entre ellos: disminución de los niveles de colesterol, incremento de la respuesta a la glicemia y posible reducción de la incidencia de cáncer de colon; haciendo énfasis en la necesidad de información acerca del contenido de fibra dietética de muchas variedades de leguminosas, ante el creciente interés por el consumo de alimentos ricos en fibra. Las leguminosas también han sido utilizadas como parte del tratamiento dietético de la diabetes (Vidal Valverde *et al.*, 1992).

El contenido de fibra dietética de las leguminosas varía con la especie, la variedad, el estado de madurez y el proceso al cual se someten (Badui, 1993; Ravindran y Palmer, 1990). Vidal Valverde *et al.* (1992) estudiaron el efecto del procesado sobre la composición de la fibra dietética en tres especies de leguminosas: garbanzos (*Cicer arietum*, c.v. "blanco lechoso"), alubias (*Phaseolus vulgaris*, c.v. "riñón") y lentejas (*Lens culinaris*, c.v. "pardina"), reportando los valores de 12.72%; 12.79% y 22.08% en base seca, respectivamente, para la fibra neutra detergente en las semillas crudas. Esos valores, al igual que los de celulosa y lignina aumentaron significativamente en los garbanzos y alubias remojados por 12 horas y cocinados en agua a ebullición, a la presión atmosférica, durante 60 minutos. En las mismas condiciones se observó un descenso pronunciado en el contenido de fibra neutra detergente de las lentejas, con un ligero incremento del % de celulosa y una disminución leve en el de lignina.

Li y Cardozo (1993) emplearon el método gravimétrico-enzimático de la A.O.A.C. (AOAC, 1990) para determinar fibra dietética total en garbanzo y siete variedades de frijoles comunes (*Phaseolus vulgaris*) cocinadas a ebullición a la presión atmosférica por 60 minutos, encontrando valores que oscilan entre 31% y 55%, en base seca, para las semillas estudiadas. No se tiene información respecto al contenido de fibra dietética de las semillas de ebano, ni crudas ni cocidas.

4.4.- Compuestos Antinutricionales:

Las semillas de leguminosas contienen en su estado natural diversos factores antifisiológicos como son los taninos, fitatos, inhibidores de tripsina, hemaglutininas, que disminuyen la aprovechabilidad de nutrientes y en ocasiones pueden causar problemas de salud para el hombre. Se ha determinado que cuando se alimentan animales de laboratorio con leguminosas crudas, éstas presentan inhibición del crecimiento, reducción de la digestibilidad de la proteína y de la disponibilidad de aminoácidos, vitaminas y minerales, además de una hipertrofia pancreática (Badui, 1993). Afortunadamente estos efectos son eliminados o reducidos con un tratamiento térmico, siendo esto en la actualidad objeto de intensas investigaciones con el propósito de optimizar condiciones de procesamiento de las leguminosas para su mejor aprovechamiento en la nutrición humana.

4.4.1.- Taninos

Los taninos son compuestos fenólicos incoloros o de color amarillo-café, que de acuerdo a su estructura y reactividad con agentes hidrolíticos se han dividido en dos grupos: los hidrosolubles y los no hidrosolubles o condensados (Badui, 1993). Los primeros se hidrolizan rápidamente por acción de enzimas o ácidos, siendo los productos de la hidrólisis glucosa y ácido gálico o ácido elágico, de acuerdo a su composición. Los segundos son

compuestos flavonoides, generalmente dímeros de la catequina o de antocianidinas; estos taninos condensados no se destruyen fácilmente bajo condiciones fisiológicas y cuando son tratados drásticamente producen ambos polímeros poco solubles (Singleton y Kratzer, 1973).

Como componente de los alimentos, los taninos reducen el valor biológico de las proteínas de las dietas, debido a que forman complejos insolubles o inactivos con ellas y con enzimas digestivas. En investigaciones con pollos se ha observado que inhiben el crecimiento y reducen el peso del huevo (Aw y Swanson, 1985).

Los datos de la literatura sugieren que los taninos se encuentran principalmente en las semillas de ciertos cultivares pigmentados de sorgo y de leguminosas, habiéndose observado en éstas últimas amplias diferencias en cuanto a su contenido, entre especies y entre el mismo genotipo (Deshpande y Cheryan, 1985).

Con relación a la metodología de análisis de taninos, se han desarrollado muchas técnicas que van desde ensayos colorimétricos hasta cromatográficos y enzimáticos; sin embargo, ninguna se ha encontrado completamente satisfactoria, en el sentido de que pueda aplicarse, con resultados reproducibles, a diferentes tipos de semillas (Deshpande y Cheryan, 1985; Deshpande y Cheryan, 1987). El método más comunmente usado es el ensayo de la vainillina propuesto por Burns y modificado por Price *et al.* (1978). Deshpande y Cheryan (1985), realizaron una evaluación de éste método, aplicándolo a cuatro variedades de frijoles comunes (pinto, rojo, negro y rosa); entre los parámetros evaluados encontraron un decrecimiento en el contenido de taninos a medida que disminuye el tamaño de las partículas de la harina de los frijoles, además reportaron que el tiempo transcurrido desde la molienda de la muestra hasta su análisis, así como el almacenamiento en condiciones de alta humedad influyen marcadamente en los resultados. También mencionan que las diferencias de color entre las muestras son la principal causa de variación. El contenido de taninos de las semillas

crudas estudiadas osciló entre 60 mg equivalentes de catequina/100 g de muestra seca para la variedad de color negro hasta 328 mg catequina/100 g en los pinto, cuando las harinas fueron pasadas por un tamiz de 820 micrones (20 mesh). Los autores sugieren la necesidad de estandarizar un ensayo de vainillina para determinar taninos en leguminosas a fin de obtener resultados reproducibles entre laboratorios.

En relación al efecto del tratamiento térmico en el contenido de taninos de las leguminosas, las investigaciones realizadas por Rao y Deosthale; Ologhobo y Fetuga; Tan *et al.*, citados por Ziena *et al.* (1991) revelan que el contenido de taninos de las leguminosas se reduce con el cocimiento (en un 70% para garbanzos, y de 31.0 a 47.3% para chícharos). Chang *et al.* (1994) evaluaron el contenido de taninos de tres cultivares de chícharos (*Vigna unguiculata* L.) cosechados en tres estados de maduración distintos, relacionándolo con el calentamiento y el deshullado. Sus resultados indican que hubo variación entre los cultivares y entre los estados de maduración. El contenido de taninos entre los cultivares se incrementaba a medida que se hacía más oscura la semilla. Por otra parte, mientras que la concentración de taninos del cotiledón mostró una tendencia a disminuir con la maduración, el de la testa aumentaba. Cerca del 96% de los taninos fueron encontrados en la testa. El cocimiento en agua a 34.5 KPa por 30 minutos redujo los taninos de la semilla entera en un 38-76%; del cotiledón en 53-59% y de la testa en 66-75%. Rao y Prabhavati (1982) señalan que los taninos interfieren también con la biodisponibilidad del hierro, actuando como un agente quelante natural.

4.4.2.- Fitatos

El ácido fítico (myoinositol 1, 2, 3, 4, 5, 6-hexakis dihidrógeno fosfato), con seis grupos fosfatos en su molécula, concentra buena parte del fósforo en los tejidos vegetales. Sin embargo, en esta forma, ese elemento no está disponible para humanos ni animales

monogástricos. Aunque son posibles nueve estereoisómeros de inositoles (dos ópticamente activos y siete en forma meso), solamente el myo-inositol hexafosfato ha sido aislado de las plantas (cereales, nueces y leguminosas contienen grandes cantidades), no encontrándose en tejidos animales (Oberleas, 1973). Investigaciones de Earley y De Turk, citados por Oberleas (1973), revelan que la síntesis de fitatos en semillas de arroz comienza alrededor de tres semanas después de la polinización y se incrementa con la madurez. En los granos de cereales maduros representan del 60-80% del fósforo total. Reddy *et al.* (1988) consideran que es la principal forma de almacenamiento del fósforo en leguminosas secas donde se encuentran formando complejos con cationes mono y divalantes, concentrando alrededor del 80% del fósforo total. Según los mencionados autores, la mayor parte del fitato en las leguminosas secas se encuentra en los cotiledones y no en la cubierta de la semilla.

La importancia de determinar la presencia de fitatos en leguminosas radica en el hecho de que disminuyen la biodisponibilidad de minerales esenciales (Ca, Mg, Zn, Fe) y de las proteínas. A pH fisiológico la molécula de fitato está cargada negativamente, por lo cual forma fácilmente quelatos con varios elementos minerales, incluyendo calcio, magnesio, zinc y hierro; estos complejos son insolubles y por eso hace a los minerales no disponibles para su absorción en el organismo (Gustafsson y Sandberg, 1995). También interfieren en la utilización biológica de las proteínas debido a la formación de complejos insolubles fitato-proteína, fitato-mineral-proteína, disminuyendo en consecuencia el valor nutritivo de las leguminosas. Además, se ha comprobado que los fitatos pueden inhibir a enzimas como pepsina, alfa-amilasa y tripsina bajo condiciones *in vitro* (Reddy *et al.*, 1988). Weaver *et al.* (1993) estudiaron la absorción del calcio de tres cultivares de frijoles comunes (blanco, rojo y pinto) en mujeres, utilizando como control el calcio de la leche. El contenido de fitato de las semillas crudas de los frijoles blancos, rojos y pinto fue 1.8; 1.3 y 1.9% respectivamente (en base seca). El calcio absorbido de las semillas cocidas fue un 50% más bajo que el de la leche, no encontrándose diferencias significativas entre el calcio absorbido

en las tres fuentes de frijoles. Los reducidos niveles de absorción del calcio de las leguminosas ensayadas lo atribuyen en gran parte a la presencia de fitatos, basándose en el hecho de que el tratamiento de las semillas eliminó el efecto de otros antinutricionales.

Se ha observado que los fitatos pueden ser removidos de las leguminosas por procesos como el remojo, el cocimiento (convencional o en autoclave), la germinación y el deshullado (Reddy *et al.*, 1988). La extensión en que ello ocurre depende de la leguminosa y del proceso usado. Iyer *et al.*, citado por Reddy *et al.* (1988) reportaron una disminución del 76.1% en el contenido de fitatos de frijoles comunes de la variedad Gran Norte por el remojo seguido del cocimiento convencional (a ebullición a presión atmosférica). Reddy *et al.* (1988), investigaron el efecto del pH sobre la disociación de fitatos (en su forma natural) y su consiguiente remoción en harinas, y fracciones de la misma, de frijoles comunes de la variedad Gran Norte las cuales fueron dializadas. Sus resultados indican que las cantidades más elevadas de fitato removidas de las harinas durante la diálisis ocurrieron a pH 7. El contenido de fitato de la harina no dializada fué de 26.6 mg/g de la cual se removió el 45% por el dializado.

Gustafsson y Sandberg (1995) estudiaron el efecto del remojo en la reducción de fitatos en frijoles marrones (*Phaseolus vulgaris* L.) cuando fueron sometidos a diferentes tratamientos. Los frijoles fueron remojados a 21°C, 37°C y 55°C a pH 4.0; 6.0; 6.4; 7.0 y 8.0. Las condiciones óptimas para la remoción de fitatos fueron 55°C a pH 7. Después de 4, 8 y 17 horas en esas condiciones, el 79%, 87% y el 98% del fitato fué degradado, respectivamente. Ziena *et al.* (1991), investigando el efecto del cocimiento sobre factores antinutricionales de la leguminosa *Faba vulgaris* observaron que la retención del ácido fítico fué más baja en las leguminosas cocidas que en el caldo del cocido, reportando un tratamiento óptimo de calentamiento de 125°C por 1 hora (en autoclave) para la variedad menos dura al cocimiento. En estas condiciones el contenido de fitato disminuyó de 403.3 mg/100 g (base seca) en las leguminosas crudas hasta 269.4 mg/100 g en las cocinadas.

4.4.3.- Inhibidores de Tripsina

Los inhibidores de proteasas son por lo general proteínas de bajo peso molecular que se asocian con enzimas proteolíticas y forman un complejo estable sin actividad catalítica (Badui, 1993). De estos inhibidores uno de los más conocidos y estudiados es el inhibidor de tripsina, conocido también como inhibidor de Kunitz, este se localiza en la fracción 2S y tiene un peso molecular de 21500 daltones. En su mecanismo de acción, una molécula del inhibidor interactúa estequiométricamente con una de tripsina neutralizándola. El inhibidor de tripsina tiene una gran estabilidad, pero se desnaturaliza al calentarlo a temperaturas superiores a 80°C. En ocasiones cuando el tratamiento térmico no es suficiente, puede regenerar su estructura terciaria y recuperar su función (Badui, 1993). Posee dos enlaces disulfuro que son esenciales para su actividad, ya que cuando se les reduce la sustancia se vuelve completamente inactiva (Linder, 1978).

Los inhibidores de tripsina se han encontrado en gran parte de las plantas consideradas como hortalizas, particularmente en leguminosas como las especies de *Phaseolus*, la soya, *Vicia faba*, guisantes, habas, etc. También se han encontrado en dichos vegetales inhibidores de la quimotripsina (Linder, 1978).

Entre los efectos dañinos que causan estos inhibidores, Badui (1993) menciona los siguientes:

- Inhiben el crecimiento
- Reducen la digestibilidad de las proteínas
- Incrementan los requerimientos de aminoácidos azufrados
- Agrandan el páncreas
- Estimulan la secreción de enzimas pancreáticas
- Inhiben la proteólisis

Mediante calentamiento apropiado puede destruirse el efecto de los principales inhibidores de las proteasas o al menos disminuirlos en gran parte. El grado de destrucción de los inhibidores depende de la temperatura, del tiempo del calentamiento, del volumen del alimento y de su contenido de humedad. El inhibidor de la tripsina se destruye totalmente sometiendo a la acción del vapor durante 15 minutos cuando su humedad es del 20% y en 5 minutos cuando es del 60%. El remojo también influye. Si se ponen en agua las leguminosas durante la noche y se calientan a ebullición por 5 minutos, se inactivan casi por completo los inhibidores. No obstante, algunos son resistentes al calor, a los ácidos y a los álcalis. En el *Phaseolus lunatus* se han determinado 6 inhibidores de la tripsina que contienen de 17-20% de cistina y son termoresistentes (Linder, 1978). Los inhibidores de tripsina en los frijoles secos son altos en cistina y resisten al calentamiento. Durandhar y Chang (1990), estudiando el efecto del cocimiento sobre los inhibidores de tripsina y las lectinas, emplearon diferentes combinaciones de tiempo y temperatura para cocinar frijoles comunes, de las variedades Navy y Red Kidney, después de remojarlos por 16 horas. El contenido de los inhibidores de tripsina reportado en los frijoles crudos fué 23.07×10^3 UIT/g frijol (en base seca) para los Navy y 10.86×10^3 UIT/g para los Red Kidney; una vez remojados (sin cocinarlos) estos valores disminuyeron a 20.12×10^3 UIT/g y 10.70×10^3 UIT/g respectivamente. La actividad de los inhibidores de tripsina, en las dos variedades, disminuyó progresivamente con el incremento de temperatura o con el período de cocimiento. Bajo todas las condiciones de temperaturas ensayadas se destruyó más del 87% de los inhibidores de tripsina de los frijoles crudos. La actividad de estos, cayó a niveles no detectables después del cocimiento por 4 horas a 88°C, 1.5 horas a 94°C y 40 minutos a 100°C en los frijoles Red Kidney, y en los Navy después de este último tratamiento. Proulx *et al.* (1993) en tres variedades de frijoles comunes encontraron un promedio de 15.0×10^3 UIT/g de inhibidores de tripsina por peso seco de semilla cruda, los cuales fueron completamente removidos después de cocinarlos a 100°C por 45 minutos, con un período previo de remojo de 16 horas. Para semillas de *Faba vulgaris*, Ziena *et al.* (1991) reportan

que hubo una retención de alrededor del 50% de los inhibidores de tripsina después de someterlas a diferentes tratamientos térmicos. Barampama y Simard (1994), ensayando con frijoles comunes sometidos a diferentes condiciones de calentamiento determinaron que el contenido promedio de los inhibidores de tripsina (29-30 UIT/g frijol seco) disminuyó en un 97.78% después del cocimiento de las semillas previamente remojadas. Para la semilla cruda de *Pithecellobium flexicaule*, Giral *et al.* (1978) reportaron 240.0 UIT/mg de muestra seca. No se dispone de datos referentes al contenido de inhibidores de tripsina de las semillas cocidas de esta leguminosa silvestre.

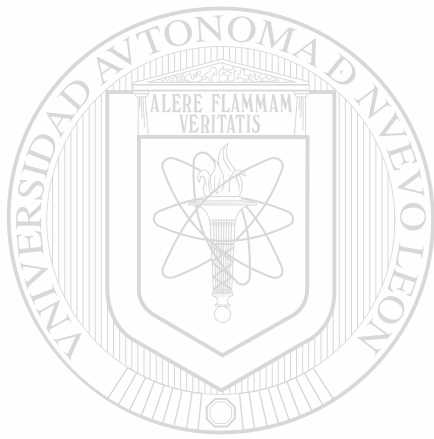
4.4.4.- Hemaglutininas

Las hemaglutininas o lectinas, son proteínas con un peso molecular aproximado de 100000 daltones; tienen la peculiaridad de aglutinar los glóbulos rojos de la sangre *in vitro*, aún cuando no se ha comprobado su acción *in vivo* (Badui, 1993). En animales de experimentación se han observado inflamación de la mucosa intestinal, con posterior destrucción de los epitelios y hemorragia, cuando se les suministran lectinas en forma inyectada (Linder, 1978).

En semillas de leguminosas se han encontrado sustancias peptídicas con efectos hemoaglutinantes. Algunas especies de judías tienen efectos tóxicos cuando se consumen crudas, entre ellas se encuentran especialmente el *Phaseolus coccineus* o judía escarlata. El contenido de lectina y su toxicidad varía grandemente entre especies y cultivares de leguminosas, e incluso hay algunas que no contienen ninguna hemaglutinina (Linder, 1978).

Las lectinas son, por lo general, termolábiles y se inactivan o destruyen casi totalmente con el tratamiento térmico adecuado. En las leguminosas ensayadas por Dhurandhar y Chang (1990) la actividad de las lectinas se redujo en un gran porcentaje con el cocimiento; siendo inactivadas en su totalidad al cocinarse los frijoles a 100°C por 10

minutos. Jaffé (1973) encontró cuatro tipos distintos de hemaglutininas al estudiar diferentes cultivares de frijoles comunes, reportando que solamente dos de ellas tenían efectos tóxicos significantes. Además concluyó que el cocimiento en agua a 90°C durante dos horas no destoxificaba completamente a los frijoles rojos; recomendando cocinar a las semillas después de un período de remojo de por lo menos 30 minutos para la destrucción completa de los agentes tóxicos. En los estudios realizados por Giral *et al.* (1978) con leguminosas silvestres no se encontró hemaglutininas en el *Pithecellobium flexicaule* ni en otras trece especies investigadas.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

HIPÓTESIS

La semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - tiene propiedades nutricias con potenciales aplicaciones como fuente de alimentación para los humanos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad nutricional de la semilla de *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) como fuente potencial de alimento o de ingredientes para la industria alimenticia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.- Determinar la composición química y el valor nutricio de la semilla tierna y cruda de *Pithecellobium flexicaule* (Benth.)
- 2.- Conocer la composición química y el valor nutricio de la semilla tierna de ebano después de someterla a cocimiento por una combinación de temperatura y tiempo determinada.
- 3.- Determinar la composición química y el valor nutricio de la semilla madura y seca de *Pithecellobium flexicaule* en estado crudo.
- 4.- Conocer la composición química y el valor nutricio de la semilla de ebano madura y seca, después de tostada y molida.
- 5.- Obtener el puntaje químico aminoacídico, corregido por la digestibilidad verdadera *in vivo*, de la proteína de la semilla de *Pithecellobium flexicaule* (Benth.).

MATERIALES Y MÉTODOS

1.- FUENTE Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Para este estudio se colectaron semillas tiernas y maduras (secas) de árboles de *Pithecellobium flexicaule* (Benth.), muestreados al azar, en los municipios de General Escobedo, General Terán y Marín del estado de Nuevo León, México. Las vainas tiernas fueron transportadas y mantenidas en refrigeración hasta su uso.

Como parámetros de selección del fruto, en los dos estadios de desarrollo estudiados, se tomaron el color y el tamaño de las vainas. Estas fueron seleccionadas con diferencia no mayores de 2.0 y 0.5 cms en longitud y anchura respectivamente, y de coloración y grosor similares. Las vainas verdes fueron cosechadas con un grado de desarrollo próximo a la completa maduración (en condiciones similares son cocidas, para el consumo de la semilla, por habitantes de comunidades de la región noreste de la República Mexicana).

Las muestras obtenidas en cada municipio seleccionado fueron procesadas y analizadas, por separado, en las mismas condiciones.

Las semillas tiernas se sometieron a tres tipos de tratamientos. A un lote de ellas, en cantidad suficiente para obtener 500 gramos de muestra en peso seco, se les removió la vaina y la testa, manualmente, siendo procesadas crudas. Las semillas de otro lote de igual tamaño fueron cocinadas en su vaina, a ebullición a la presión atmosférica, por 30 minutos. Y las de un tercero fueron desprovistas tanto de la vaina como de la testa y cocinadas en condiciones

similares a las anteriores. Los cotiledones de las semillas de las tres muestras así procesadas fueron secados a 60°C durante 12 horas en una estufa marca Narca, modelo 630, con circulación de aire. Posteriormente fueron molidos en un aparato Cofret, modelo 518, hasta ser convertidos en harinas finas las cuales fueron tamizadas en mallas de 1 mm de abertura. Estas harinas se almacenaron en recipientes de vidrio, sobre material desecante, y se mantuvieron refrigeradas a 4°C hasta su uso.

A las semillas maduras y secas se les aplicaron dos tipos de tratamientos, para cada uno de ellos se tomaron lotes de semillas en las cantidades necesarias para producir 500 g de muestra procesada, en peso seco. Las semillas de un lote fueron tostadas sobre un baño de arena a temperaturas entre 80-90°C por un período de 10 minutos, posteriormente las semillas rostizadas fueron quebradas y descascarilladas a mano, para eliminarles la testa. En el otro lote las semillas fueron quebradas y descascarilladas en estado crudo. Los cotiledones de ambas muestras fueron molidos, tamizados y almacenados en las condiciones ya descritas para las semillas tiernas.

2.- PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS

A las harinas preparadas con las semillas de ebano sin cáscaras, en los diferentes tratamientos, se les practicaron los siguientes análisis:

2.1.- ANÁLISIS QUÍMICOS

Los análisis químicos, excepto la determinación del perfil de aminoácidos, fueron realizados en el Laboratorio de Ciencia de los Alimentos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la U.A.N.L. En los análisis se utilizaron reactivos grado analítico adquiridos

de la Sigma Chemical Co. (St. Louis, Mo. USA) y de Casas Comerciales de la Ciudad de Monterrey, N.L.

Se hicieron las siguientes determinaciones:

2.1.1.- COMPOSICION PROXIMAL

La composición proximal de las muestras: contenido de proteína, grasa, fibra cruda, humedad y cenizas fué determinada por los procedimientos de la AOAC (AOAC, 1990). El contenido de carbohidratos (extracto libre de nitrógeno) fué determinado por diferencia.

2.1.2.- COMPUESTOS ANTINUTRICIONALES

Se cuantificaron los siguientes compuestos antinutricionales:

2.1.2.1.- TANINOS

Fueron determinados por el método de HCl-Vainillina, modificado por Preece *et al.* (1978) y Desphande y Cheryan (1985).

Los taninos en alrededor de 2 gramos de muestra (exactamente pesada), molida y tamizada (a 20 mesh.) el mismo día del análisis, fueron extraídos con 10 ml de HCl al 1% en metanol, mediante agitación mecánica a 30°C durante 60 minutos, utilizando un agitador Precision, modelo 25 (Scientific. Inc. Chicago, Ill.), con baño térmico; ajustado a una amplitud de 8 cms y una frecuencia de oscilación de 70 ciclos/min. Los extractos fueron centrifugados a 170.7 RCF durante 10 minutos en una centrifuga SOLBAT, modelo C-300.

Alicuotas de 1 ml del sobrenadante se hicieron reaccionar a 30°C durante 20 minutos con 5 ml de una mezcla de volúmenes iguales de vainillina al 1% en metanol y HCl al 8% en metanol. En las mismas condiciones se corrió un blanco, adicionando a una segunda alícuota 5 ml de HCl al 4% en metanol. Se construyó una curva estándar de catequina en concentraciones de 0.00, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 y 0.30 mg/ml. Las absorbancias fueron leídas a 500 nm, en un espectrofotómetro Coleman, modelo 6/35. Los análisis fueron hechos por triplicado, con un triplicado de lectura para cada determinación. A las lecturas de las absorbancias con la vainillina se les sustrajeron las del blanco correspondiente.

2.1.2.2.- FITATOS

El contenido de ácido fítico fue determinado mediante una modificación del procedimiento de extracción de Wheeler y Ferrel, propuesta por Davis (1981). Tres gramos de muestra fueron extraídos con 30 ml de ácido tricloroacético (TCA) al 3%, en agitación mecánica a temperatura ambiente por 45 minutos, utilizando un agitador Burrel, modelo 75 (Pittsburgh, USA), ajustado a una frecuencia de agitación de 300 ciclos/min. Las muestras fueron luego centrifugadas a 4°C por 15 minutos a 17640 RCF en una centrifuga Beckman, modelo J-21. El fitato fue precipitado de 10 ml del sobrenadante con FeCl₃ al 1% en TCA al 3%, digerido con Na₂SO₄ al 2% en TCA al 3% por 35 minutos, lavado con TCA y agua destilada y vuelto a digerir con NaOH 1.5N durante 30 minutos; removiéndose posteriormente el precipitado de Fe(OH)₃ por centrifugación. La materia orgánica en el sobrenadante fue digerida con una mezcla 6:1 de HNO₃ y H₂SO₄ concentrado y los pirofosfatos hidrolizados con agua destilada en baño de agua hirviente por 90 minutos. Alicuotas de la solución resultante (después de aforada a 100 ml) fueron tratadas con molibdato de amonio al 6.6%, ácido sulfúrico 7.5N y sulfato ferroso heptahidratado al 5%, agitando después de cada adición en un Vortex, modelo 58223 (McGraw, Park, Ill). Después de 20 minutos de la adición del sulfato ferroso fueron leídas las absorbancias a 660 nm en

un espectrofotómetro Coleman, modelo 6/35 para la determinación del fósforo fítico. Se corrió una curva estándar con concentraciones de 0, 25, 50, 75 y 100 ppm del fitato de sodio, digerida en las mismas condiciones que las muestras. Los análisis se hicieron por triplicado, con un triplicado de lectura contra un blanco de reactivo para cada determinación. El ácido fítico fue cuantificado asumiendo que contiene 28.2% de fósforo en peso.

2.1.2.3.- INHIBIDORES DE TRIPSINA

La actividad de los inhibidores de tripsina fue determinada de acuerdo a la metodología propuesta por Kakade *et al.* (1974).

Alrededor de 1 gramo de muestra, exactamente pesada, fue extraída con 50 ml de NaOH 0.01N a temperatura ambiente durante tres horas. El pH de las diferentes muestras analizadas varió entre 8.4 y 9.8. Después de la dilución apropiada, en cada caso, porciones de 0, 0.6, 1.0, 1.4, 1.8 y 2.0 ml del extracto fueron incubadas con tripsina (en HCl 0.001M) y clorhidrato de benzoil-DL-arginina-p-nitroanilida (BAPA) en un baño a 37°C durante 10 minutos. Al cabo de ese tiempo se detuvo la reacción por la adición de ácido acético al 30%. Las absorbancias fueron leídas a 410 nm contra un blanco de reactivo, en un espectrofotómetro Coleman, modelo 6/35 y corregidas por un blanco de muestra. Los análisis fueron hechos por cuadruplicado. La actividad del inhibidor de tripsina fue expresada en UIT (Unidad Inhibidora de Tripsina), definiéndose una UIT como el incremento de 0.01 unidades de absorbancia en una mezcla de reacción de 10 ml medida a 410 nm en las condiciones anteriormente descritas.

2.1.3.- FIBRA DIETÉTICA TOTAL

La fibra dietética total fué determinada por el método enzimático-gravimétrico de la AOAC No. 991.43 (Lee *et al.*, 1992; Modificación del método AOAC No. 985-29). Un gramo de muestra desgrasada fué ajustada a pH 6.0 con buffer de fosfato e incubada con amilasa, para solubilizar almidones a 95° durante 15 minutos. Posteriormente fué ajustada a pH 7.5 e incubada a 60°C por 30 minutos, primero con proteasa para remover proteínas y luego con amiloglucosidasa (a pH 4.0-4.6) para hidrolizar almidones. La fibra soluble fué precipitada de la solución con etanol al 95% (durante toda la noche). El precipitado fué transferido a un crisol con celite, previamente tarado, lavado con acetona y etanol al 95% y luego secado en una estufa marca Narca, modelo 620, con circulación de aire a 105°C por 24 horas. Dos blancos por muestra fueron corridos durante todo el procedimiento, obteniéndose cuatro residuos, dos de muestras y dos de blancos. Dos de ellos fueron analizados para proteínas por el método de Kjeldahl (AOAC, 1990) y los otros dos incinerados a 525° C por 5 horas en una mufla Sybrow/thermoline, Modelo F-A1730 (Iowa, USA) para determinar las cenizas. Gravimétricamente se determinó el contenido de fibra dietética total. Los análisis fueron realizados por triplicado.

2.1.4.- ANÁLISIS DE AMINOÁCIDOS

2.1.4.1.- PERFIL DE AMINOÁCIDOS

Los perfiles de aminoácidos de las muestras, excepto Triptofano y Cistina, fueron determinados en el Laboratorio de Química y Análisis 323 del Departamento de Alimentos y Biotecnología de la Facultad de Química de la U.N.A.M., México DF.

a) HIDRÓLISIS

Las muestras fueron hidrolizadas de acuerdo a la metodología establecida por Moore y Stein (1963). 1 mg. de muestra desgrasada fué hidrolizada con 200 μ l de HCl 6N, de punto de ebullición constante (Pierce), en una unidad de hidrólisis Pico-Tag a la temperatura de 110°C durante 24 horas en atmósfera inerte (vacío/nitrógeno de alta pureza). El HCl remanente fué evaporado bajo vacío y los hidrolizados secos, disueltos en agua (dilución 1:10) y filtrados a través de membranas de 0.22 micras. Se tomaron alícuotas de 50 μ l del hidrolizado diluído para las corridas cromatográficas.

b) CONDICIONES CROMATOGRÁFICAS

La determinación de los aminoácidos en hidrolizados y estándares se realizó en un autoanalizador de aminoácidos Beckman, modelo 6300, provisto de columnas de intercambio iónico. Como sistema de elución se utilizó un buffer de citrato de pH 3, 4 y 6, con un programa de temperatura de 53-77°C. La detección se realizó por reacción post-columna con ninhidrina a 570 nm y 440 nm. La cuantificación se hizo por el método del estándar externo.

2.1.4.2.- TRIPTOFANO

El análisis de triptofano y de cistina se efectuó en la Unidad de Análisis de Aminoácidos del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM, México DF.

a) HIDRÓLISIS

Alrededor de 1 mg de muestra fué hidrolizada con 200 μ l de ácido metanosulfónico 4N, conteniendo 0.2% de 3-(2-Cloruro de Aminoetil-indol), según la metodología de Chiou

y Wang (1988). La hidrólisis se realizó a 110°C durante 22 horas en tubos de vidrio sellados, a los cuales previamente se les aplicó vacío (<10 militorr.) para crear una atmósfera inerte en su interior. El hidrolizado fue diluido en agua en relación 1:10 y filtrado a través de membrana porosa de 0.22 µm.

b) CONDICIONES CROMATOGRÁFICAS

50 µl del hidrolizado diluido y de una solución estándar de triptofano (1mg/ml) se derivatizaron con OPA (O-ftaldehído al 0.1%) y después de 120 segundos se inyectaron alícuotas de 5 µl, de muestra y estándar, a un equipo modular HPLC, Sistema Gold de Beckman conformado por un módulo de solventes, modelo 126, un módulo de control NEC y un integrador, modelo 427.

El derivado OPA-aminoácido fue eluido de una columna Ultrasphere XL-ODS dp 3 µM (70 mm x 4.5 mm de diámetro interno), y de una pre-columna del mismo material (14 mm x 4.5 mm de diámetro interno), por un gradiente de elución realizado durante 40 minutos en cuatro pasos lineales; mediante los cuales se equilibró el eluyente B (mezcla de metanol-acetonitrilo 90:10) del 15% al 100% a una velocidad de flujo de 1.5 ml/min a temperatura ambiente. El eluyente A utilizado fue un buffer de acetato de sodio 50 mM, de pH 6-8.

La intensidad de la fluorescencia de los derivados OPA-aminoácidos fue detectada a un rango de 360 nm de excitación y 450 nm de emisión, en un detector de fluorescencia Gilson, modelo 126, de 0.05 unidades RFU.

Un blanco de OPA fue corrido antes de cada aminoácido. El procedimiento del estándar externo fue utilizado para cuantificar al triptofano.

2.1.4.3.CISTINA-CISTEÍNA

a) PRE-OXIDACIÓN

Para la determinación de cistina las muestras fueron previamente oxidadas con ácido per fórmico de acuerdo a la metodología descrita por Pellet y Young (1980). A 1 mg de muestra desgrasada se le añadió ácido per fórmico recién preparado y se mantuvo la mezcla a temperatura de 0-4°C durante 8 horas. Luego el exceso de ácido per fórmico fué removido con HBr al 40% y la muestra secada al vacío.

b) HIDRÓLISIS

La muestra pre-oxidada fué hidrolizada con HCl 6N en las mismas condiciones descritas para la hidrólisis de la determinación del perfil de aminoácidos.

c) CONDICIONES CROMATOGRÁFICAS

La Cistina-Cisteina en el hidrolizado se determinó como ácido cisteico, utilizando el equipo modular de HPLC en condiciones cromatográficas similares a las empleadas para la determinación de triptofano, pero corriéndose un estándar de ácido cisteico en lugar del triptofano.

2.2. ENSAYO BIOLÓGICO

DIGESTIBILIDAD *in vivo*

Se determinó la digestibilidad verdadera *in vivo* de la proteína de las semillas de ebano tiernas y maduras, sometidas a diferentes tratamientos, mediante un bioensayo con ratas de la raza Sprague-Dawley, de acuerdo a la metodología establecida por la FAO/OMS/UNU (Joint FAO/WHO Expert Consultation, 1989). El ensayo fué realizado en el bioterio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL y durante el mismo, se utilizaron 48 ratas machos de 21 días de nacidos con pesos que oscilaban entre 50-70 gramos. Estas se dividieron en 6 grupos (8 animales por grupo) a fin de ensayar igual número de dietas.

2.2.1. FORMULACIÓN DE LAS DIETAS

Se prepararon 5 dietas de prueba, correspondientes a los 5 tratamientos a que fueron sometidas las semillas de ebano: Maduras crudas, maduras tostadas, tiernas crudas, tiernas cocidas con vainas y tiernas cocidas sin vainas y sin testas. Además se preparó una dieta control (libre de Nitrógeno) para determinar el nitrógeno fecal endógeno.

La composición porcentual de las dietas, en base seca, fué la siguiente:

a) DIETA DE PRUEBA: 10% de proteína de las harinas ensayadas, 10% de grasa total (ajustada con aceite de maíz), 5% de fibra total (ajustada con fibra de avena; pfizer, México, D.F.), 1% de mezcla de vitaminas y minerales (Ciba-Geigy, México, D.F.). La mezcla de todos los ingredientes se ajustó a un 100% con almidón de maíz.

b) DIETA CONTROL (LIBRE DE NITRÓGENO): Se preparó con la misma composición base de las anteriores, pero sin proteína.

2.2.2.- CONDICIONES DEL BIOENSAYO

Las ratas fueron colocadas en jaulas individuales en condiciones ambientales de 18-26°C y 40-70% de humedad relativa. Cada grupo de ratas fué distribuído en dos bloques de 4 animales, en base al peso, de tal manera que la diferencia entre ellos no fuera mayor de 5 gramos.

Después de un período de aclimatación de 4 días, cada grupo fué alimentado con su dieta correspondiente. Durante un lapso de 5 días se colectaron las heces de cada rata y se registró el peso del alimento ingerido. Las heces fueron secadas y pesadas, contabilizándose su peso por cada animal.

Se determinó la humedad y el % de nitrógeno, por el método de Kjeldahl (AOAC, 1990), del alimento y de las heces excretadas por cada rata.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

3.- EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA PROTEÍNA

La calidad de la proteína de las semillas de ebano fué evaluada mediante el puntaje aminoacídico corregido por la digestibilidad verdadera *in vivo*. Este puntaje fué calculado de acuerdo al procedimiento recomendado por la Joint FAO/WHO Expert Consultation (1989), utilizando como referencia el patrón de requerimientos de aminoácidos esenciales para niños en edad pre-escolar, establecido por la FAO/OMS/UNU en 1991, el cual se muestra en la tabla 2B.

4.- CONTENIDO ENERGÉTICO DE LA SEMILLA

El contenido energético de las semillas de ebano se obtuvo por la multiplicación de el % de proteína cruda, el % de grasa cruda y el % de carbohidratos (extracto libre de Nitrógeno) por los factores 4,9 y 4 respectivamente (Osborne y Voogt, 1978).

5.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se aplicó un análisis de varianza de dos factores (localidad y tratamiento) para evaluar los resultados obtenidos al ensayar las diferentes variables estudiadas en la composición proximal, compuestos antinutricionales y para la fibra dietética total en las semillas maduras y tiernas de ebano. Un análisis similar fué realizado a los porcentajes de reducción de fitatos e inhibidores de tripsina. Las diferencias por tratamiento y por localidad fueron evaluadas independientemente por un ANOVA de una sola vía, seguido de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey donde fué posible.

El cambio en el contenido de taninos fué evaluado mediante un ANOVA no paramétrico (método de Kruskal-Wallis). Este mismo análisis se aplicó a la determinación de la digestibilidad verdadera *in vivo* de la proteína. Las diferencias entre pares de tratamientos en éste último parámetro nutricional fueron analizadas por la prueba de Mann-Whitney-Wilcoxon.

Los cálculos estadísticos fueron realizados utilizando el programa computacional SPSS. Un valor de $P \leq 0.05$ fué considerado significativo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.- COMPOSICIÓN DE LA SEMILLA

La composición proximal de las semillas de ebano maduras y tiernas, en los diferentes tratamientos a los cuales fueron sometidas, se muestran en la tabla 1. Los resultados de taninos y fitatos en las tablas 4 y 7, respectivamente y la actividad de los inhibidores de tripsina en la tabla 10.

Los valores F, calculados mediante el análisis de Varianza de dos factores (localidad y tratamientos) aplicado a los resultados anteriormente señalados, se presentan para las semillas maduras en las tablas 1A y 5A, y para las tiernas en las tablas 2A y 6A. Con la excepción de la ceniza en las semillas maduras y de la actividad de los inhibidores de tripsina en las tiernas, las diferencias observadas entre localidades, por efecto de los tratamientos, son significativas ($P<0.05$) o altamente significativas ($P<0.01$) para las demás variables estudiadas. Al considerar el factor tratamiento en conjunto con el factor localidad, las diferencias fueron significativas en todas las variables. No obstante, la interacción de los dos factores no fué significativa (al nivel 0.05) para la actividad de los inhibidores de tripsina en las semillas tiernas ni para proteína, grasa, humedad y ceniza en las maduras.

Cuando se evaluaron los dos factores por separado (independientes uno del otro), mediante análisis de varianza de una sola vía, tanto en las semillas maduras como en las tiernas no se encontraron diferencias significativas (al nivel 0.05) entre las localidades muestreadas para ninguna de las variables determinadas en la composición proximal, ni para los compuestos antinutricionales (tablas 16A y 17A). Sin embargo, para el factor tratamiento

en todas las variables las diferencias fueron altamente significativas ($P < 0.01$) en las semillas tiernas (tablas 4A y 8A) y en las maduras (tablas 3A y 7A), excepto para proteína, humedad y carbohidratos en estas últimas, donde no fueron significativas al nivel de probabilidad 0.05.

De lo anterior se puede inferir que la composición proximal y el contenido de compuestos antinutricionales en las semillas de ebano, colectadas en las tres localidades, son similares y que las diferencias observadas en estos parámetros, excepto para proteína, humedad y carbohidratos en las semillas maduras, se deben a efectos de los tratamientos.

1.1.- COMPOSICIÓN PROXIMAL

El contenido de proteína de las semillas de ebano maduras crudas, en promedio de las tres localidades, es de 35.56% sobre base húmeda. El de grasa, medida como extracto etéreo, es de 24.57% y el de fibra cruda de 3.52%. Los dos primeros valores son más altos que los obtenidos por Giral *et al.* (1978) en las semillas de ebano completas.

De especial relevancia es la alta concentración de proteína cruda y de grasa en las semillas maduras de ebano, las cuales son superiores a las de los frijoles comunes (*Phaseolus vulgaris*) reportados por Hernández-Infante *et al.* (1979), Paredes-López y Harry (1989), Wu *et al.* (1994) y comparables a los de algunas variedades de soya, estudiadas por Krivoruchko *et al.* (1979).

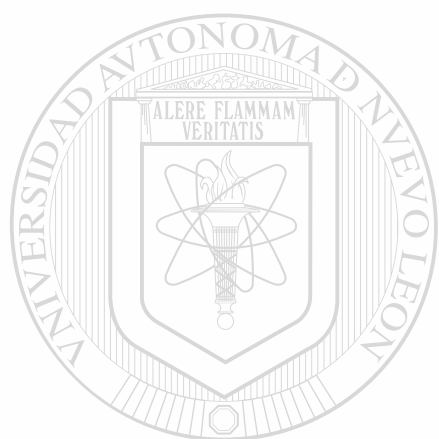
Las diferencias observadas en la tabla 1 para los contenidos de proteínas, humedad y carbohidratos (extracto libre de nitrógeno) entre las semillas maduras y las tostadas no son significativas (al nivel 0.05). El ligero incremento en el porcentaje de grasa en la semilla madura tostada, respecto a la cruda, puede atribuirse a la pérdida de humedad de la semilla cruda por efecto del tostado. El decrecimiento en el contenido de fibra cruda de la semilla

tostada es concordante con los resultados obtenidos por Yañez *et al.* (1986) al tostar semillas de la leguminosa *Lupinus albus* y podría deberse a la destrucción de algunas fracciones de fibra, como por ejemplo hemicelulosa, durante el proceso de tostado.

Los cotiledones de las semillas de ebano tiernas crudas, en las tres localidades muestreadas, contienen en promedio 11.49% de proteína, 6.08% de grasa y 0.93% de fibra. Como puede apreciarse en la tabla 1, los porcentajes de proteína y grasa se incrementaron ligeramente en las semillas tiernas cocidas en su vaina y en las cocidas sin vainas, en relación con las crudas; mientras que los de fibra y ceniza tuvieron un pequeño aumento en las semillas cocidas con vainas y un decrecimiento en las cocidas sin vainas y sin testas. La prueba de comparaciones múltiples de Tukey aplicada a los resultados del ANOVA de la tabla 4A indica que, con la excepción de fibra y cenizas, son homogéneos los valores obtenidos para la composición proximal de las semillas cocidas con vainas y cocidas sin vainas, siendo las diferencias provenientes de las semillas tiernas crudas. Los incrementos en los porcentajes de grasa y proteína en los dos tipos de semillas cocidas pueden atribuirse a la pérdida de humedad en la semilla tierna cruda por el proceso de cocimiento. Para la fibra los resultados de las comparaciones múltiples indican que las diferencias provienen de las semillas cocidas con vainas. El contenido de fibra de los cotiledones de estas semillas podrían haberse incrementado por la solubilización de algunas fracciones de fibra provenientes de la vaina y de la testa de las semillas, durante el cocimiento y por la contaminación por manipulación al retirar la testa de las semillas después de cocidas. En relación a las cenizas, los contenidos de éstas son diferentes en las semillas tiernas sometidas a los tres tratamientos. El aumento observado en las semillas cocidas con vainas, respecto a las crudas, podría atribuirse a la solubilización de compuestos minerales de la vaina y de la testa que hayan penetrado en los cotiledones y al contrario, la disminución en las cocidas sin vainas y sin testas pueden deberse a la solubilización de minerales que se hayan disueltos en el agua del cocimiento.

En la tabla 2 se puede observar la composición proximal de la testa de la semilla de ebano, en la cual destaca el alto contenido de fibra cruda de esta porción de la semilla.

El contenido energético de la semilla se muestra en la tabla 3.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 1. Composición proximal de los cotiledones de la semilla de ebano^{1/} - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diferentes tratamientos.

LOCALIDAD	TRATAMIENTO	PROTEÍNA	GRASA	FIBRA	HUMEDAD	CENIZAS	EXTRACTO
		(N x 6.25) (%)	(%)	(%)	(%)	(%)	LIBRE DE N ₂ (%)
ESCOBEDO	S	35.26 ± 0.15 ^a	24.99 ± 0.46 ^a	3.58 ± 0.09 ^a	3.24 ± 0.11 ^a	3.82 ± 0.05 ^a	29.10 ± 0.33 ^a
	R	35.89 ± 0.13 ^a	27.06 ± 0.39 ^b	3.18 ± 0.08 ^b	2.58 ± 0.07 ^a	3.66 ± 0.10 ^b	27.63 ± 0.45 ^a
	P	11.62 ± 0.29 ^b	6.64 ± 0.04 ^c	0.99 ± 0.01 ^c	66.76 ± 0.48 ^b	0.99 ± 0.02 ^c	13.00 ± 0.36 ^b
	Z	13.21 ± 0.04 ^c	10.22 ± 0.03 ^d	1.34 ± 0.06 ^d	63.27 ± 0.76 ^c	1.26 ± 0.03 ^d	10.70 ± 0.46 ^c
	W	13.76 ± 0.13 ^c	10.80 ± 0.19 ^d	0.72 ± 0.03 ^c	62.33 ± 0.52 ^c	0.75 ± 0.09 ^c	11.64 ± 0.32 ^c
TERÁN	S	35.06 ± 0.22 ^a	24.96 ± 0.52 ^a	3.87 ± 0.31 ^a	1.49 ± 0.06 ^a	3.82 ± 0.08 ^a	30.79 ± 0.66 ^a
	R	35.84 ± 0.31 ^a	26.55 ± 0.15 ^b	1.26 ± 0.14 ^b	1.05 ± 0.09 ^a	3.72 ± 0.06 ^b	31.58 ± 0.37 ^a
	P	10.15 ± 0.12 ^b	5.52 ± 0.05 ^c	0.78 ± 0.10 ^c	69.68 ± 0.52 ^b	0.84 ± 0.02 ^c	13.03 ± 0.17 ^b
	Z	12.14 ± 0.13 ^c	8.92 ± 0.08 ^d	0.75 ± 0.01 ^d	65.64 ± 0.44 ^c	1.11 ± 0.02 ^d	11.43 ± 0.08 ^c
	W	13.02 ± 0.13 ^c	9.55 ± 0.14 ^d	0.95 ± 0.05 ^c	64.87 ± 0.36 ^c	0.71 ± 0.03 ^c	10.90 ± 0.28 ^c
MARÍN	S	36.36 ± 0.13 ^a	23.76 ± 0.03 ^a	3.11 ± 0.03 ^a	5.44 ± 0.09 ^a	3.80 ± 0.05 ^a	27.52 ± 0.08 ^a
	R	37.15 ± 0.07 ^a	24.80 ± 0.26 ^b	2.96 ± 0.09 ^b	4.87 ± 0.03 ^a	3.65 ± 0.10 ^b	26.59 ± 0.07 ^a
	P	12.69 ± 0.01 ^b	6.08 ± 0.02 ^c	1.01 ± 0.01 ^c	65.67 ± 0.79 ^b	1.08 ± 0.02 ^c	13.47 ± 0.12 ^b
	Z	14.52 ± 0.06 ^c	9.24 ± 0.16 ^d	1.41 ± 0.04 ^d	61.32 ± 0.72 ^c	1.41 ± 0.12 ^d	12.15 ± 0.35 ^c
	W	14.40 ± 0.01 ^c	9.17 ± 0.10 ^d	0.77 ± 0.04 ^c	62.61 ± 0.57 ^c	0.85 ± 0.04 ^c	12.19 ± 0.11 ^c

^{1/} Valores promedios de tres repeticiones ± desviación estándar, en base húmeda.

S = Semilla madura (seca) cruda.

R = Semilla madura tostada a 80-90°C por 10 minutos.

P = Semilla tierna cruda.

Z = Semilla tierna cocida con vaina, a ebullición a la presión atmosférica, por 30 minutos.

W = Semilla tierna cocida sin vaina y sin testa, a ebullición a la presión atmosférica, durante 30 minutos.

Las medias en cada fila señaladas con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05).

Tabla 2. Composición proximal^{1/} de la testa de la semilla madura de ebano, en base húmeda.

FRACCIÓN	%
PROTEÍNA (N x 6.25)	6.71 ± 0.20
GRASA	0.61 ± 0.05
FIBRA	27.30 ± 0.41
CENIZAS	3.68 ± 0.12
HUMEDAD	4.53 ± 0.10
EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO	57.17 ± 0.32

^{1/} Los valores son promedio de tres determinaciones ± desviación estándar.

Tabla 3. Contenido energético de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - en los diferentes tratamientos a los que fue sometida.

TRATAMIENTO	CONTENIDO ENERGÉTICO (Kcal/100 g)
Madura Cruda	479.9
Madura Tostada ^a	494.8
Tierna Cruda	153.3
Tierna Cocida con Vaina ^b	184.0
Tierna Cocida sin Vaina y sin Testa ^b	189.8

^a Tostada a 80-90°C durante 10 minutos.

^b Cocida a ebullición a la presión atmosférica por 30 minutos.

1.2.- COMPUESTOS ANTINUTRICIONALES

1.2.1.- TANINOS

El contenido de taninos en los cotiledones de la semilla de ebano, en base húmeda, varió desde 1.28 en las semillas tiernas cocidas sin vainas y sin testas hasta 247.75 mg equiv. de catequina/100 g muestra en las cocidas con vainas (tabla 4).

Para las tres localidades muestreadas la concentración promedio de taninos en las semillas crudas es de 13.76 y 5.18 mg equiv. de catequina/100 g muestra en las maduras y tiernas, respectivamente. Estos valores son más bajos que los encontrados por Chang *et al.* (1994) en los cotiledones de dos cultivares de chícharos estudiados (*Vigna unguiculata*). Al convertirlos a base seca sus contenidos son 15.87 (semilla tierna cruda) y 14.25 mg equiv. catequina/100 g muestra (semilla madura cruda); lo cual concuerda con la tendencia reportada por los autores antes nombrados, en el sentido de que los taninos en los cotiledones de las semillas de chícharos disminuyeron con la maduración.

Como se puede apreciar en la figura 1 y tabla 4, las cantidades de taninos, en todas las localidades, aumentaron en las semillas maduras tostadas y en las tiernas cocidas con vainas, respecto a las crudas; disminuyendo por el contrario en las cocidas sin vainas y sin testas. Estos incrementos por efectos del tratamiento térmico son contrarios a los observados por Rao y Deosthale, Ologhobo y Fetuga, citados por Ziena *et al.* (1991); Barampama y Simard, (1994) y otros investigadores al cocinar semillas completas de distintas leguminosas desprovistas de sus vainas. En los estudios realizados por Chang *et al.* (1994) con chícharos y por Desphande y Cheryan (1985) con cuatro variedades de frijoles comunes (*Phaseolus vulgaris*) se concluye que alrededor del 96% de los taninos se encontraron en las cubiertas de las semillas de esas leguminosas; oscilando los valores en los frijoles desde 510 hasta 6850 mg equiv. catequina/100 g testa. Para las semillas maduras crudas de ébano investigadas, el contenido de taninos de la testa varió dentro del rango de 4666.05 a 6004.97

mg equiv. catequina/100 g testa (tabla 5). De lo anterior se deduce la evidencia de contaminación de los cotiledones de las semillas maduras con taninos provenientes de la testa durante el tostado (aunque el proceso se hizo mediante la aplicación de calor seco, se observó durante el mismo que se humedecían las cubiertas de las semillas. Indicio de una probable fusión y solubilización de componentes de la testa). A esto puede atribuirse la diferencia altamente significativa ($P < 0.01$) encontrada entre los dos tratamientos a que fueron sometidas las semillas maduras de ebano (tabla 7A).

En las semillas tiernas cocidas con vainas el incremento en la concentración de taninos de los cotiledones fué aún mayor que en las maduras tostadas (fig. 1, tabla 4). En este caso, además de taninos de la testa, también se pueden haber contaminado los cotiledones con taninos solubilizados de la vaina por efecto del cocimiento en agua; lo cual podría explicar las diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los tres tratamientos a que se sometieron las semillas tiernas (tabla 8A).

Es oportuno señalar que en principio se contemplaron solo dos tratamientos para las semillas tiernas: crudas y cocidas con vainas, por ser estos los procedimientos tradicionalmente usados por los habitantes de las poblaciones del estado de Nuevo León que las consumen, pero debido a los resultados antes anotados (contrarios a los antecedentes de investigaciones, donde se observó un decrecimiento en el contenido de taninos de distintas leguminosas por aplicación de calor) se incorporó un tercer tratamiento: semillas cocidas sin vainas y sin testas, en las mismas condiciones que las otras. En este último tratamiento se observó una reducción significativa ($P < 0.05$) del contenido de taninos, en relación a las semillas tiernas crudas, en rangos de 46.79 al 74.29% en las semillas colectadas en las tres localidades muestreadas (tabla 6). Esta disminución está en concordancia con la reportada por Chang *et al.* (1994) para los taninos de los cotiledones de los chícharos (53-59%) cocinados en agua a 34.5 Kpa durante 30 minutos y, en promedio, es mayor que la obtenida por Barampama y Simard (1994), 59-81%, al cocinar semillas completas de frijoles comunes en agua durante 90 minutos a 100°C.

Tabla 4. Contenido de taninos^{1/} (mg. equiv. catequina/100 g muestra) de los cotiledones de la semilla de ebano^{2/} - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diferentes tratamientos.

LOCALIDAD	TRATAMIENTO				
	Madura cruda	Madura ^a tostada	Tierna cruda	Tierna cocida ^b con vaina	Tierna cocida ^b sin vaina y sin testa
ESCOBEDO	12.45 ± 0.09 ^a	235.61 ± 2.37 ^b	4.63 ± 0.04 ^c	247.75 ± 0.44 ^d	2.46 ± 0.02 ^e
TERÁN	14.68 ± 1.84 ^a	120.05 ± 2.78 ^e	4.97 ± 0.16 ^c	226.15 ± 1.33 ^d	1.28 ± 0.18 ^e
MARÍN	14.17 ± 1.64 ^a	147.34 ± 0.58 ^e	5.93 ± 0.01 ^c	244.65 ± 2.23 ^d	2.00 ± 0.05 ^e

^{1/} Valores promedios de tres análisis ± desviación estándar, en base húmeda.

^{2/} Los taninos fueron extraídos con 1% de HCl en metanol absoluto por 60 minutos. Las determinaciones fueron realizadas a 30°C.

^a Tostada a temperaturas de 80-90°C durante 10 minutos.

^b Cocida a ebullición a la presión atmosférica durante 30 minutos.

Las medias señaladas con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05).

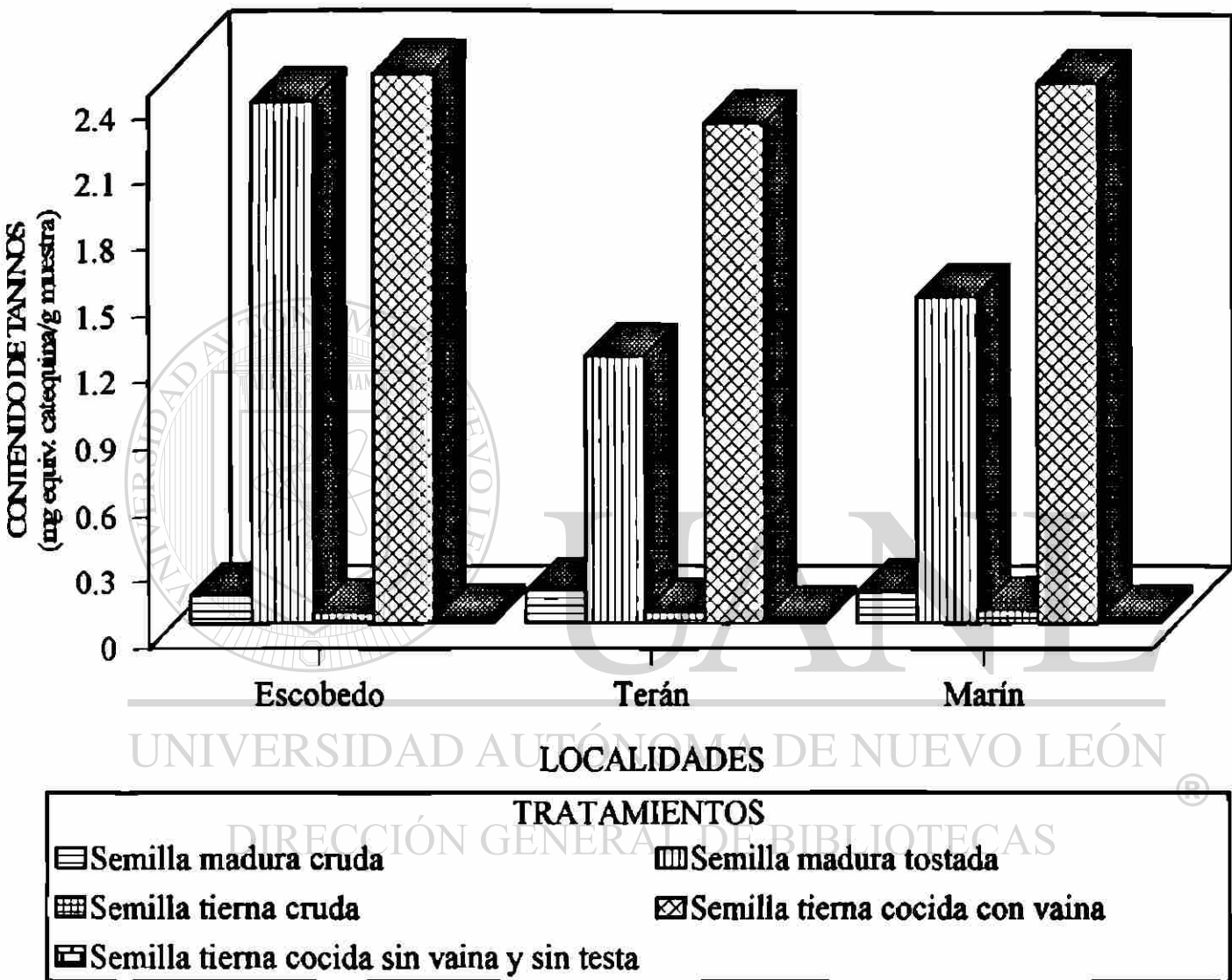


Figura 1. Contenido de taninos (medias de tres análisis) de los cotiledones de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diferentes tratamientos.

Tabla 5. Contenido de taninos de la testa^{1/} de las semillas de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - maduras secas de tres localidades del estado de Nuevo León, México.

LOCALIDAD	TANINOS (mg equiv. Catequina/100g testa)
ESCOBEDO	6,004.97 ± 6.42
TERÁN	4,666.05 ± 7.59
MARÍN	5,335.51 ± 9.32

^{1/} Valores promedios de tres determinaciones ± desviación estándar, en base húmeda.

Tabla 6. Cambios en el contenido de taninos^{1/} (%) de los cotiledones de las semillas de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diferentes tratamientos térmicos.

LOCALIDAD	SEMILLA MADURA ^a	SEMILLA TIERNA ^b	SEMILLA TIERNA ^b
	TOSTADA	COCIDA CON VAINA	COCIDA SIN VAINA Y SIN TESTA
ESCOBEDO	+ (1793.75 ± 125.80)	+ (5251.29 ± 45.50)	- (46.79 ± 0.59)
TERÁN	+ (727.39 ± 96.26)	+ (4479.94 ± 194.98)	- (74.29 ± 2.26)
MARÍN	+ (949.15 ± 99.03)	+ (4025.63 ± 38.36)	- (66.33 ± 0.73)

^{1/} Valores promedios de tres repeticiones ± desviación estándar, en base húmeda.

^a Tostada a 80-90°C por 10 minutos.

^b Cocida a ebullición a la presión atmosférica por 30 minutos.

En la tabla 6, se indican los porcentajes de cambios del contenido de taninos de los cotiledones de las semillas de ebano estudiadas, y en la tabla 9A los resultados del ANOVA aplicado a esos porcentajes. En esta última se puede apreciar que son significativas ($P < 0.01$) las diferencias, tanto en el aumento del contenido de taninos en las semillas maduras tostadas y tiernas cocidas con vainas como en la reducción en las cocidas sin vainas y sin testas, en las tres localidades. Las diferencias en el incremento de la cantidad de taninos podrían ser atribuidas al contenido de taninos en la testa. Así, el aumento fue mayor para las colectadas en la localidad de Escobedo, por ser esas semillas las que tienen más taninos en su testa y menor en las de Terán por ser las testas de estas semillas las de menor contenido. En cuanto a la reducción del contenido de taninos observado en las semillas tiernas cocidas sin vainas, las diferencias podrían explicarse por el tamaño de las semillas. Se obtuvo una reducción menor en las semillas colectadas en Escobedo por ser las de mayor tamaño y al contrario, la disminución fue mayor para las de Terán por ser las más pequeñas de las tres. Ya que al incrementarse el tamaño de la semilla la penetración del calor en los puntos internos se hace menos efectiva y por otra parte, se dificulta en mayor grado la salida de taninos solubilizados en el agua.

1.2.2.- FITATOS

En la figura 2 y en la tabla 7 se pueden observar que el contenido promedio de fitatos, de los cotiledones de las semillas de ebano, decrece gradualmente desde las semillas maduras crudas (27.23 mg/g) hasta las cocidas sin vainas y sin testas (0.75 mg/g) en las tres localidades seleccionadas para este estudio.

En los cotiledones de las semillas maduras crudas de ebano la concentración de ácido fitico obtenida, en base seca, fue de 26.69 mg/g muestra (promedio de las tres localidades). Esta cantidad es mayor que la encontrada por Reddy y Salunkhe (1981) en semillas completas de frijoles negros (17.04 mg/g) y aproximadamente igual a la determinada por

Tabla 7. Contenido de ácido fítico^{1/} (mg ácido fítico/ g muestra) de los cotiledones de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diferentes tratamientos.

LOCALIDAD	TRATAMIENTO				
	Madura cruda	Madura ^a tostada	Tierna cruda	Tierna cocida ^b con vaina	Tierna cocida ^b sin vaina y sin testa
ESCOBEDO	25.57 ± 1.95 ^a	22.99 ± 1.91 ^b	7.04 ± 0.16 ^c	2.13 ± 0.08 ^d	0.75 ± 0.13 ^e
TERÁN	24.46 ± 2.21 ^a	17.97 ± 1.19 ^f	6.34 ± 0.08 ^c	1.72 ± 0.20 ^d	1.17 ± 0.13 ^e
MARÍN	27.23 ± 0.31 ^a	17.69 ± 0.58 ^f	7.93 ± 0.10 ^c	2.51 ± 0.14 ^d	0.98 ± 0.12 ^e

^{1/} Valores promedios de tres análisis ± desviación estándar, en base húmeda.

^a Tostada a 80-90°C por 10 minutos.

^b Cocida a ebullición a la presión atmosférica durante 30 minutos.

Las medias señaladas con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05).

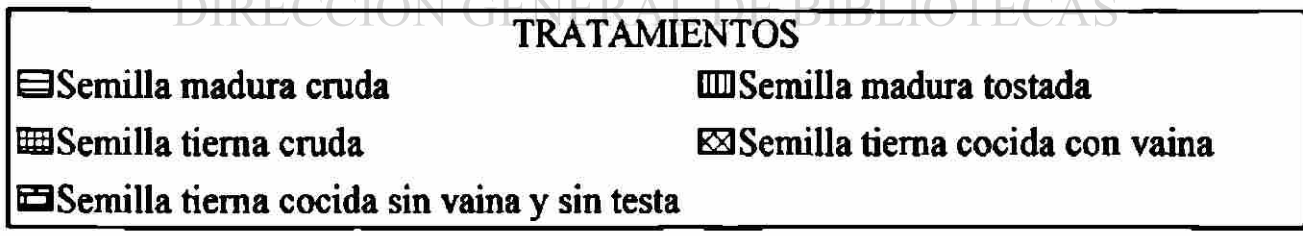
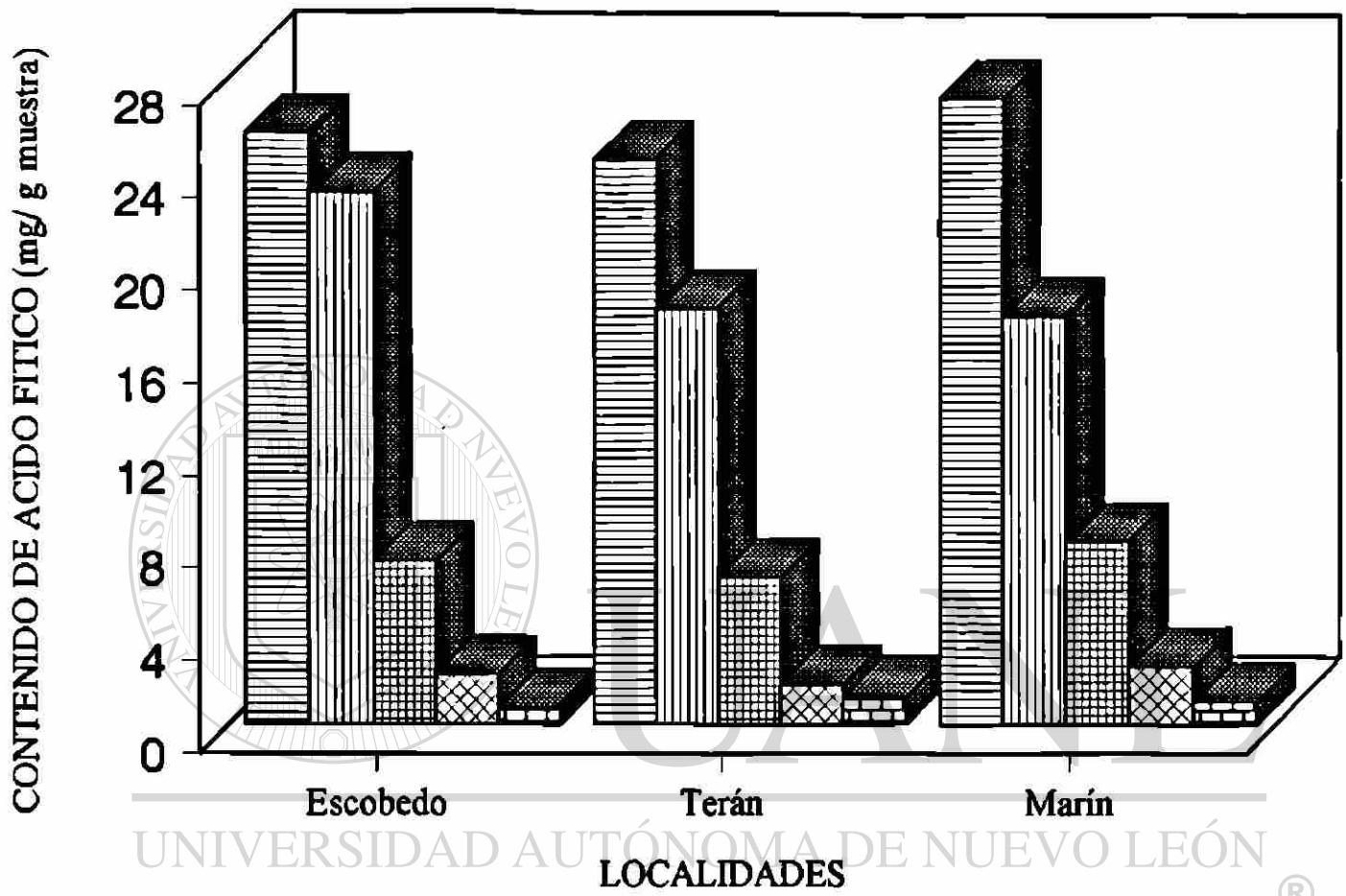


Figura 2. Contenido de ácido fólico (mg/g muestra) de los cotiledones de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diferentes tratamientos. Los valores son medias de tres análisis.

Reddy y Pierson (1987) en frijoles comunes de la variedad Gran Norteño (27.0 mg/g). Para las semillas tiernas crudas de ebano el promedio obtenido fué de 21.73 mg/g muestra. Si se compara este valor con el de las semillas maduras crudas, se puede notar un incremento del contenido de ácido fítico con la maduración de la semilla. Una tendencia similar fué observada por Earley y De Turk, citados por Oberleas (1973) en semillas de cereales.

En la tabla 8 se muestra el contenido de ácido fítico de la testa de las semillas de ebano maduras secas. Las cantidades tan pequeñas determinadas (0.29 mg/g testa en promedio) indican que, al contrario de los taninos, la mayor parte del ácido fítico se concentra en los cotiledones de esas semillas. Esto es concordante con lo reportado por varios investigadores en diferentes tipos de leguminosas. Ferguson y Bollard, citados por Reddy y Pierson (1987) encontraron que alrededor del 99% del ácido fítico en los guisantes está en sus cotiledones.

En la figura 3 y tabla 9 se representan los porcentajes de reducción del ácido fítico en los cotiledones de las semillas de ebano por efectos del calor. Se puede apreciar que en las tres localidades muestreadas la reducción fué mayor en las semillas cocidas sin vainas y sin testas y menor en las semillas tostadas. Esto indica que el calor húmedo fué más efectivo en la eliminación de fitatos que el calor seco; lo cual podría deberse a su mayor poder de penetración en el interior de la semilla y a su capacidad de solubilización más alta. Con relación a esto último es de mencionar la investigación realizada por Reddy y Salunkhe (1981) en frijoles negros, donde se encontró que más del 88% de los fitatos de los cotiledones de esas semillas existen en formas solubles en agua.

A la reducción de fitatos por la acción del calor podrían atribuirse las diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) encontradas entre los contenidos de ácido fítico de las semillas maduras crudas y tostadas de ebano (tabla 7A). El ANOVA aplicado a los

porcentajes de reducción de ácido fítico, cuyos resultados se muestran en la tabla 10A, revela que son altamente significativas ($P < 0.01$) las diferencias en la reducción de este compuesto, entre las semillas tostadas de las tres localidades. Las comparaciones múltiples indican que las diferencias provienen de la localidad de Escobedo, donde la reducción fue menor. Esto podría ser explicado por el mayor tamaño de las semillas de ebano de esta localidad, en comparación con las otras.

En relación a las semillas tiernas de ebano, aunque no hay diferencias significativas (al nivel de probabilidad 0.05) en el contenido de fitatos de estas semillas entre las localidades de colecta; si las hay ($P < 0.01$) entre los tres tratamientos a las que fueron sometidas. Esto evidencia el efecto del cocimiento en agua hirviendo, el cual redujo más fitatos en las semillas tiernas cocidas sin vainas y sin testas que en las cocidas con vainas. El ANOVA de dos factores (localidad y tratamiento), aplicado a los porcentajes de reducción del contenido de fitatos en las semillas tiernas (tabla 11A), determinó que no hay diferencias significativas (al nivel 0.05) en dichos porcentajes entre localidades por efectos de los tratamientos, aunque si las hay ($P < 0.01$) para estos y para la interacción de los dos factores. Considerando por separado al factor localidad, independiente de los tratamientos, las diferencias en los porcentajes de reducción no resultaron significativos al nivel 0.05 (tabla 12A). De estos resultados se puede inferir que el cocimiento en agua a ebullición redujo, en proporciones similares, los contenidos de fitatos de las semillas tiernas de las tres localidades, cuando se comparan entre si los tratamientos; y que, efectivamente, para las semillas cocidas sin vainas y sin testas la reducción de fitatos fue mayor que para las cocidas con vainas, deduciéndose por ello que la vaina y la testa en estas últimas sirvió de barrera a la penetración del calor.

Tabla 8. Contenido de ácido fítico^{1/} (mg ácido fítico/g muestra) de la testa de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México.

LOCALIDAD	ÁCIDO FÍTICO (mg/g)
ESCOBEDO	0.29 ± 0.01
TERÁN	0.24 ± 0.02
MARÍN	0.35 ± 0.01

^{1/} Valores promedios de tres determinaciones ± desviación estándar, en base húmeda.

Tabla 9. Porcentajes de reducción^{1/} del contenido de ácido fítico de los cotiledones de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diferentes tratamientos térmicos.

LOCALIDAD	SEMILLA MADURA ^a	SEMILLA TIERNA ^b	SEMILLA TIERNA ^b
	TOSTADA	COCIDA CON VAINA	COCIDA SIN VAINA Y SIN TESTA
ESCOBEDO	10.02 ± 1.47 ^a	69.72 ± 0.39 ^c	89.36 ± 1.78 ^d
TERÁN	25.56 ± 1.63 ^b	72.87 ± 2.78 ^c	81.55 ± 1.50 ^d
MARÍN	35.03 ± 1.39 ^b	68.35 ± 1.71 ^c	87.64 ± 1.35 ^d

^{1/} Valores promedios de tres repeticiones ± desviación estándar.

^a Tostada a 80-90°C por 10 minutos.

^b Cocida a ebullición a la presión atmosférica por 30 minutos.

Las medias señaladas con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05).

Tabla 9A. Resultados del ANOVA no paramétrico, realizado por el método de Kruskal-Wallis, en los porcentajes de cambio del contenido de taninos de los cotiledones de la semilla de ebano de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a varios tratamientos.

TRATAMIENTO	χ^2	MEDIA DEL RANGO POR LOCALIDAD		
		ESCOBEDO	TERÁN	MARÍN
Madura Tostada ^a	6.4889*	8.00	2.33	4.67
Tierna cocida con ^b vaina	7.2000*	8.00	5.00	2.00
Tierna cocida sin ^b vaina	7.200*	2.00	8.00	5.00

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

* Significativo al nivel de probabilidad 0.05.

^a Tostada a 80-90°C por 10 minutos.

^b Cocida a ebullición a la presión atmosférica durante 30 minutos.

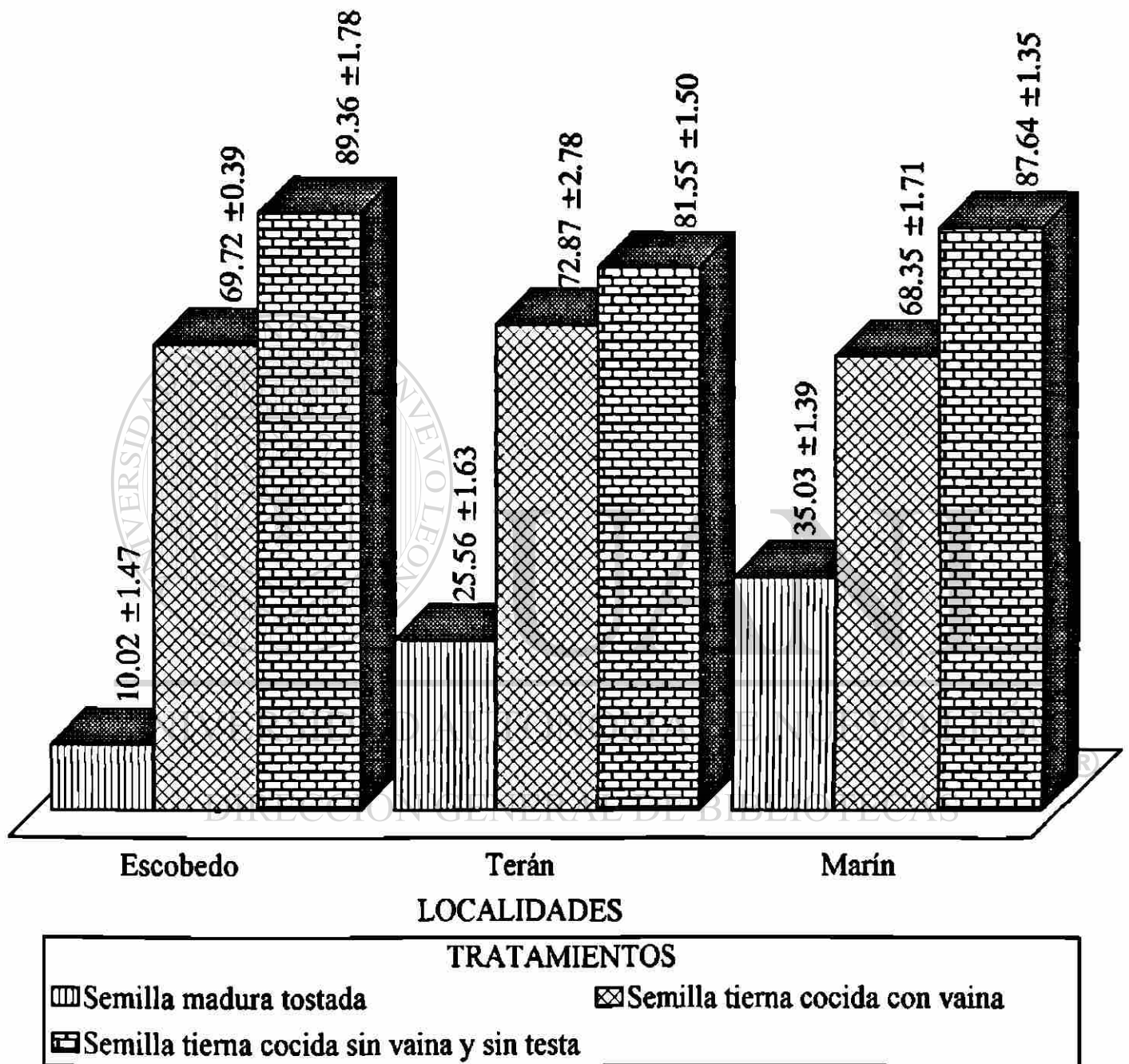


Figura 3. Porcentajes de reducción del contenido de ácido fólico de los cotiledones de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México, después de sometida a diferentes tratamientos térmicos.

1.2.3.- INHIBIDORES DE TRIPSINA

La actividad de los inhibidores de tripsina de los cotilenones de las semillas de ebano se muestran en la figura 4 y tabla 10. En las semillas maduras crudas las cantidades encontradas oscilan entre 215.8 y 235.3 UIT/mg muestra, en base seca. Valores próximos a estos (240 UIT/mg muestra) fueron reportados por Giral *et al.* (1978) para semillas de la misma leguminosa silvestre. Cabe mencionar que estos valores son altos si se comparan con los obtenidos por Ziena *et al.* (1991) en semillas de haba - *Faba vulgaris* - (45.2 UIT/mg) y por Barampama y Simard (1994) en frijoles comunes (29.3 UIT/mg). No obstante, debido a la naturaleza termolábil del inhibidor, la actividad de los mismos disminuyó a un promedio de 12.58 UIT/mg en las semillas maduras tostadas de ebano. A los efectos del calor durante el tostado se pueden atribuir, en consecuencia, las diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) encontradas entre las actividades del inhibidor en las semillas maduras crudas y tostadas de ebano (tabla 7A).

El cocimiento en agua a ebullición redujo significativamente ($P < 0.01$) la actividad de los inhibidores de tripsina desde 35.28 UIT/mg (promedio de las tres localidades) en las semillas tiernas crudas hasta 0.69 UIT/mg, promedio, en las tiernas cocidas con vainas y a 0.81 UIT/mg en las cocidas sin vainas y sin testas. De acuerdo a los resultados del ANOVA y de la prueba de comparaciones múltiples (tabla 8A), la actividad del inhibidor en los dos tipos de semillas cocidas son homogéneas y las diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los tratamientos provienen de la actividad del inhibidor en las semillas tiernas crudas.

Los porcentajes de reducción de la actividad de los inhibidores de tripsina en las semillas de ebano se representan en la figura 5 y tabla 11. La actividad del inhibidor se redujo, en promedio de las tres localidades, en 94.47% en las semillas tostadas, 98.05% en las tiernas cocidas con vainas y en 97.65% para las cocidas sin vainas y sin testas. Estas

Tabla 10. Actividad de inhibidores de tripsina^{1/} (UIT/mg muestra) de los cotiledones de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diferentes tratamientos.

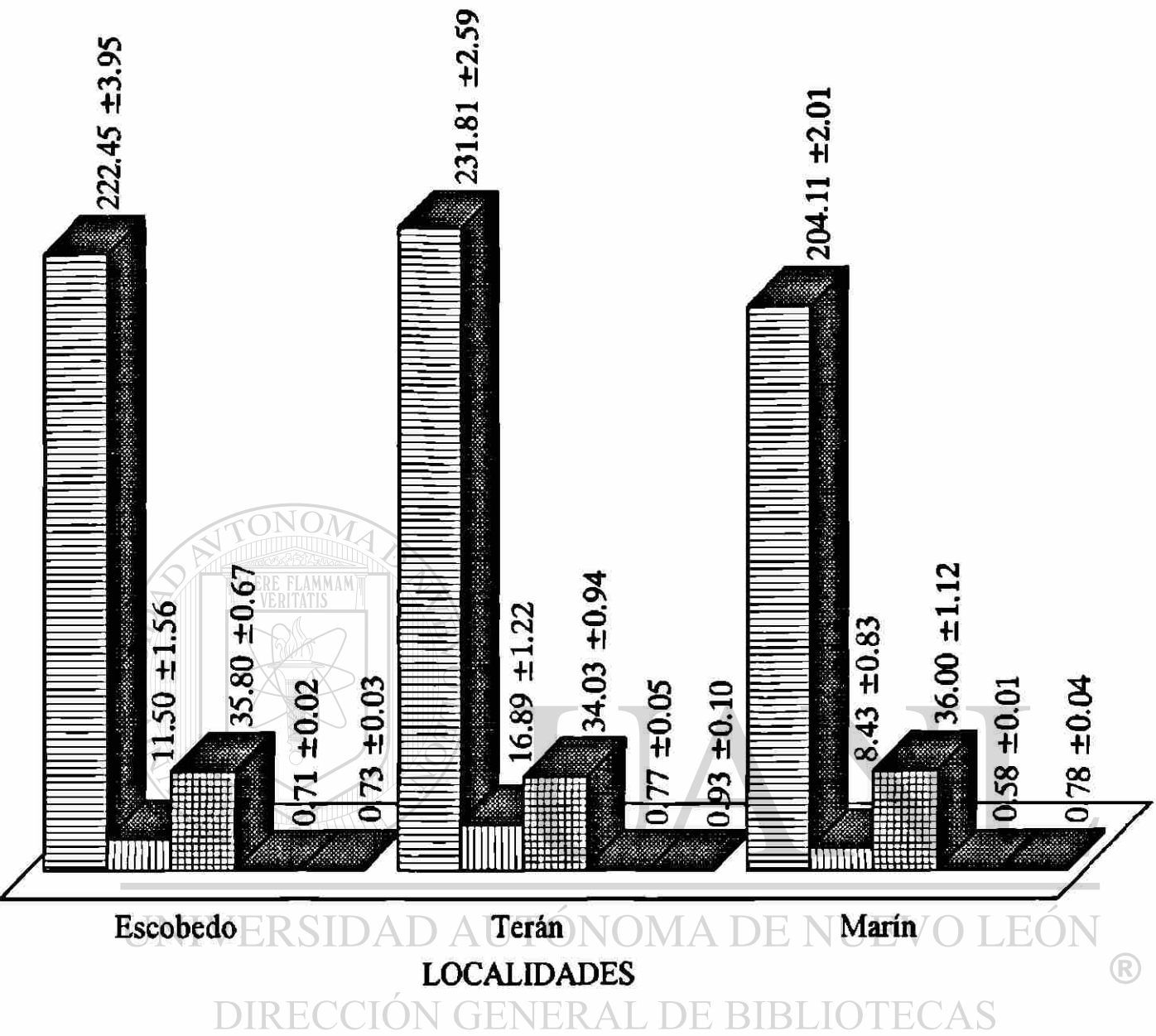
LOCALIDAD	TRATAMIENTO				
	Madura cruda	Madura ^a tostada	Tierna cruda	Tierna cocida ^b con vaina	Tierna cocida ^b sin vaina y sin testa
ESCOBEDO	222.45 ± 3.95 ^a	11.50 ± 1.56 ^b	35.80 ± 0.67 ^c	0.71 ± 0.02 ^d	0.73 ± 0.03 ^d
TERÁN	231.81 ± 2.59 ^a	16.89 ± 1.22 ^b	34.03 ± 0.94 ^c	0.77 ± 0.05 ^d	0.93 ± 0.10 ^d
MARÍN	204.11 ± 2.01 ^a	8.43 ± 0.83 ^b	36.00 ± 1.12 ^c	0.58 ± 0.01 ^d	0.78 ± 0.04 ^d

^{1/} Valores promedios de cuatro análisis ± desviación estándar, en base húmeda.

^a Tostada a 80-90°C por 10 minutos.

^b Cocida a ebullición a la presión atmosférica durante 30 minutos.

Las medias señaladas con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05).



TRATAMIENTOS

Semilla madura cruda	Semilla madura tostada
Semilla tierna cruda	Semilla tierna cocida con vaina
Semilla tierna cocida sin vaina y sin testa	

Figura 4. Actividad de inhibidores de tripsina (UIT/mg muestra) de los cotiledones de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diferentes tratamientos. Los valores son medias de cuatro análisis ± desviación estándar.

reducciones están en concordancia con las obtenidas por Durandhar y Chang (1990) y Barampama y Simard (1994) al cocinar frijoles comunes. Los resultados del ANOVA y de las comparaciones múltiples (tabla 10A), aplicadas a los porcentajes de reducción en las semillas maduras tostadas, revelan que hay diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los porcentajes mencionados en las tres localidades muestreadas; siendo el origen de estas diferencias las provenientes de las semillas colectadas en la localidad de Terán donde fué menor la reducción del inhibidor. Esto podría explicarse en base al contenido de humedad de las semillas maduras crudas (tabla 1). Según Linder (1978) el contenido de humedad del alimento influye en el grado de destrucción de los inhibidores de tripsina; mientras mayor sea dicho contenido más efectiva será la eliminación del inhibidor. De acuerdo a esto la reducción fué menor en las semillas de Terán por ser éstas las de menor humedad.

Para las semillas tiernas los resultados del ANOVA aplicado a los porcentajes de reducción de la actividad del inhibidor de tripsina (tabla 12A) Indican que no son significativas (al nivel 0.05) las diferencias en los porcentajes de reducción entre las tres localidades, tanto para las semillas cocidas con vaina como para las cocidas sin vainas; aunque si lo son ($P < 0.01$) entre los tratamientos. La reducción mayor observada en las semillas cocidas con vainas en relación a las cocidas sin vainas podría atribuirse al contenido de taninos de las cocidas con vainas (mucho mayor que en las otras). En investigaciones realizadas por Kaur y Kappour y Salunkhe y Kadam, citados por Barampama y Simard (1994), con frijoles cocinados, se reporta la retención de inhibidores de tripsina en complejos taninos-proteína. La retención de porciones del inhibidor en estos complejos en las semillas cocidas con vainas podría dar la apariencia de una probable destrucción del mismo durante el cocimiento, a pesar de que en estas semillas, por la barrera de la vaina y de la testa la penetración del calor es menos efectiva que en las cocidas sin vainas y sin testas.

Tabla 11. Porcentajes de reducción^{1/} de la actividad de inhibidores de tripsina de los cotiledones de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diversos tratamientos térmicos.

LOCALIDAD	SEMILLA MADURA ^a TOSTADA	SEMILLA TIERNA ^b COCIDA CON VAINA	SEMILLA TIERNA ^b COCIDA SIN VAINA Y SIN TESTA
ESCOBEDO	94.83 ± 0.50 ^a	98.02 ± 0.07 ^c	97.96 ± 0.09 ^d
TERÁN	92.71 ± 0.44 ^b	97.74 ± 0.15 ^c	97.15 ± 0.19 ^d
MARÍN	95.87 ± 0.38 ^a	98.39 ± 0.10 ^c	97.83 ± 0.21 ^d

^{1/} Valores promedios de tres repeticiones ± desviación estándar, en base húmeda.

^a Tostada a 80-90°C por 10 minutos.

^b Cocida a ebullición a la presión atmosférica durante 30 minutos.

Las medias señaladas con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05).

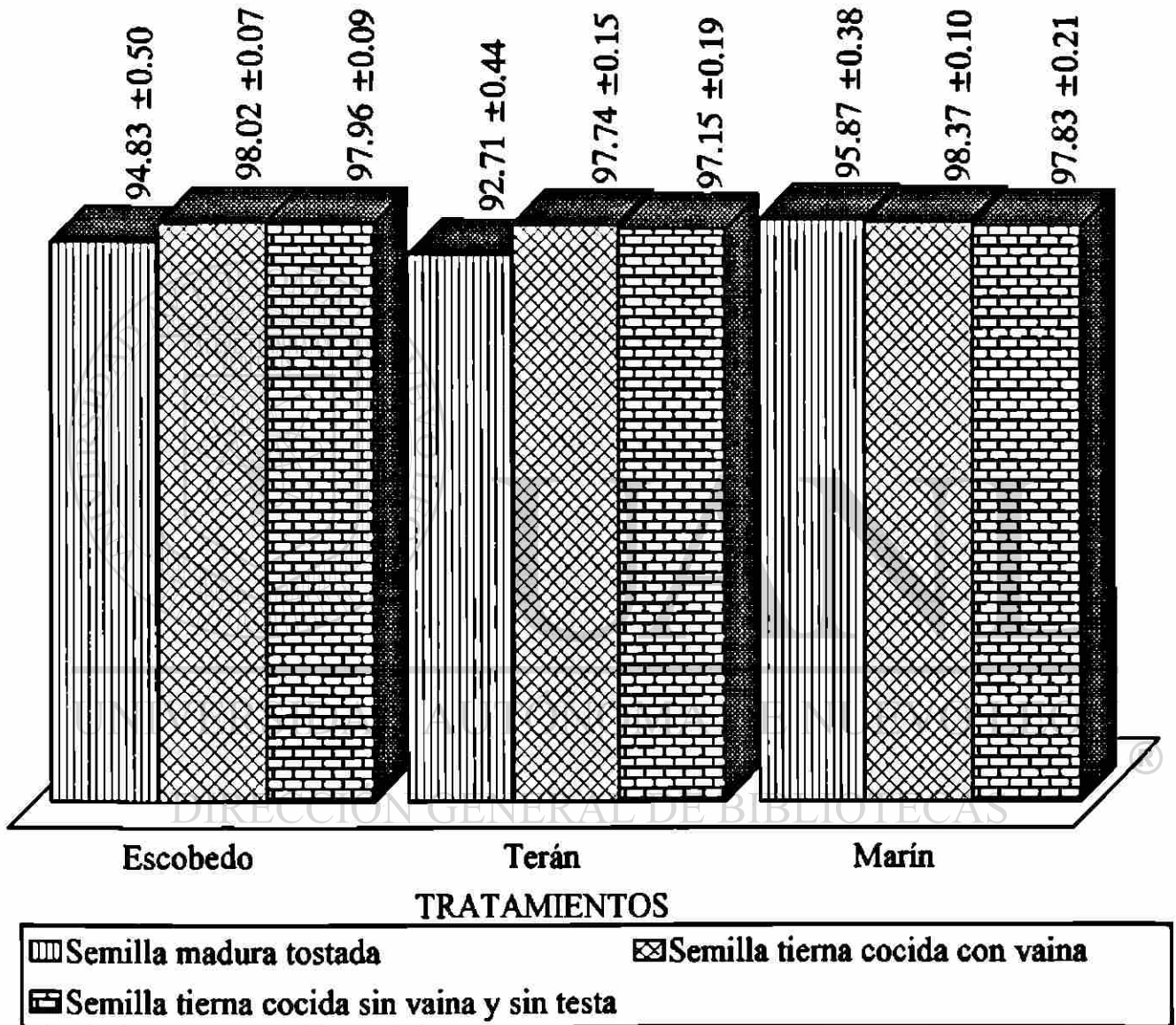


Figura 5. Porcentajes de reducción de la actividad de los inhibidores de tripsina de los cotiledones de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México, después de sometida a diferentes tratamientos térmicos. Los valores son medias de cuatro determinaciones ± desviación estándar.

1.3.- FIBRA DIETÉTICA TOTAL

Los contenidos de fibra dietética total de los cotiledones de las semillas maduras y tiernas de ebano, en estado crudo, se representan en la tabla 12 y en la figura 6. Los resultados del ANOVA (tabla 13A) aplicado a esos datos indican que no son significativas (al nivel 0.05) las diferencias en el contenido de fibra dietética entre localidades, para ambas semillas. Las cantidades encontradas, en las tres áreas muestreadas, promedian 12.74 y 4.57%, en base húmeda, en las semillas maduras y tiernas, respectivamente. El primero de estos valores es ligeramente mayor que el reportado por Vidal Valverde y Frías (1991) en semillas completas de garbanzo (12.36%) y de alubias (11.97%) e inferior al de lentejas (21.32).

Los resultados obtenidos para la fibra dietética total en las semillas de ebano procesadas (de la localidad de Terán) se muestran en la tabla 13 y se representan en la figura 7. Las semillas maduras crudas no sufrieron variación significativa ($P < 0.05$) en su contenido de fibra dietética total por efectos del tostado; al contrario de las tiernas en las cuales la variación en dicho contenido fué altamente significativa ($P < 0.01$) en los tres tratamientos a las que fueron sometidas (tabla 14A).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La cantidad de fibra dietética total de las semillas tiernas crudas, en base seca, aumentó significativamente de 11.63 a 17.35% en las cocidas con vainas y a 13.94% en las cocidas sin vainas y sin testas. Las comparaciones múltiples entre los tres tratamientos revelan que los valores obtenidos son realmente diferentes entre sí (tabla 14A). En los dos tipos de semillas cocidas se observó la tendencia a incrementar su contenido de fibra dietética por efectos del cocimiento en agua a ebullición. Resultados similares fueron reportados por Valverde y Frías (1991) al cocinar garbanzos y alubias en agua, en los cuales

Tabla 12. Contenido de fibra dietética total^{1/} de los cotiledones de las semillas de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - maduras (seca) y tiernas, crudas, de tres localidades del estado de Nuevo León, México.

LOCALIDAD	SEMILLA MADURA (%)	SEMILLA TIERNA (%)
ESCOBEDO	13.99 ± 0.91 ^a	5.06 ± 0.22 ^b
TERÁN	13.17 ± 0.81 ^a	3.53 ± 0.29 ^b
MARÍN	11.07 ± 0.90 ^a	5.12 ± 0.05 ^b

^{1/} Valores promedios de tres repeticiones ± desviación estándar, en base húmeda.

Las medias señaladas con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05).

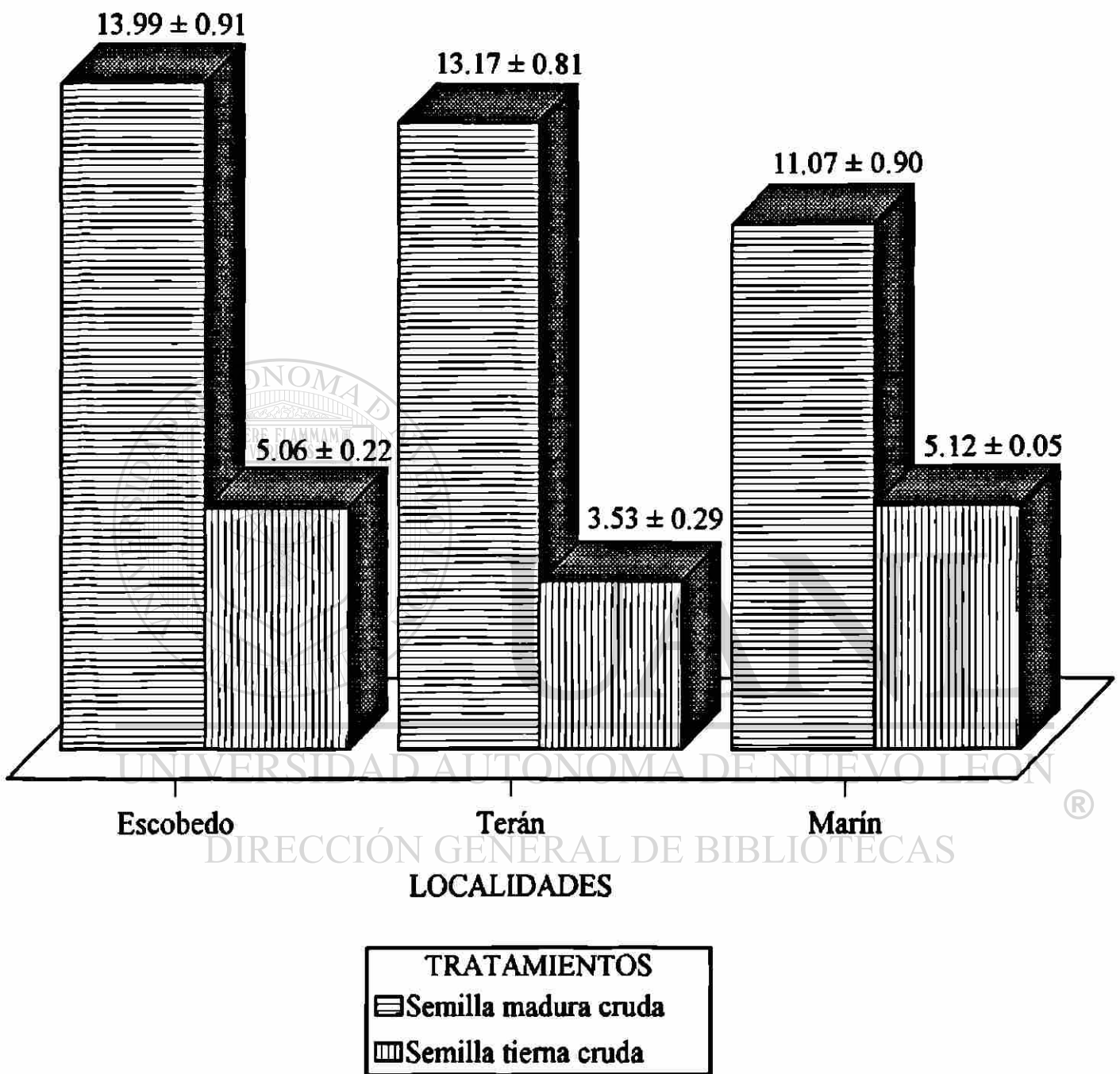


Figura 6. Contenido de fibra dietética total (%) de los cotiledones de las semillas de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - maduras y tiernas de tres localidades del estado de Nuevo León, México. - Los valores son medias de tres determinaciones ± desviación estándar.

Tabla 13. Contenido de fibra dietética total^{1/} de los cotiledones de las semillas de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - sometida a diferentes tratamientos.

TRATAMIENTO	FIBRA DIETÉTICA TOTAL (%)
Madura cruda	13.17 ± 0.81 ^a
Madura tostada ^a	12.21 ± 0.59 ^a
Tierna cruda	3.53 ± 0.29 ^b
Tierna cocida con vaina ^b	5.96 ± 0.07 ^c
Tierna cocida sin vaina ^b	4.89 ± 0.06 ^d

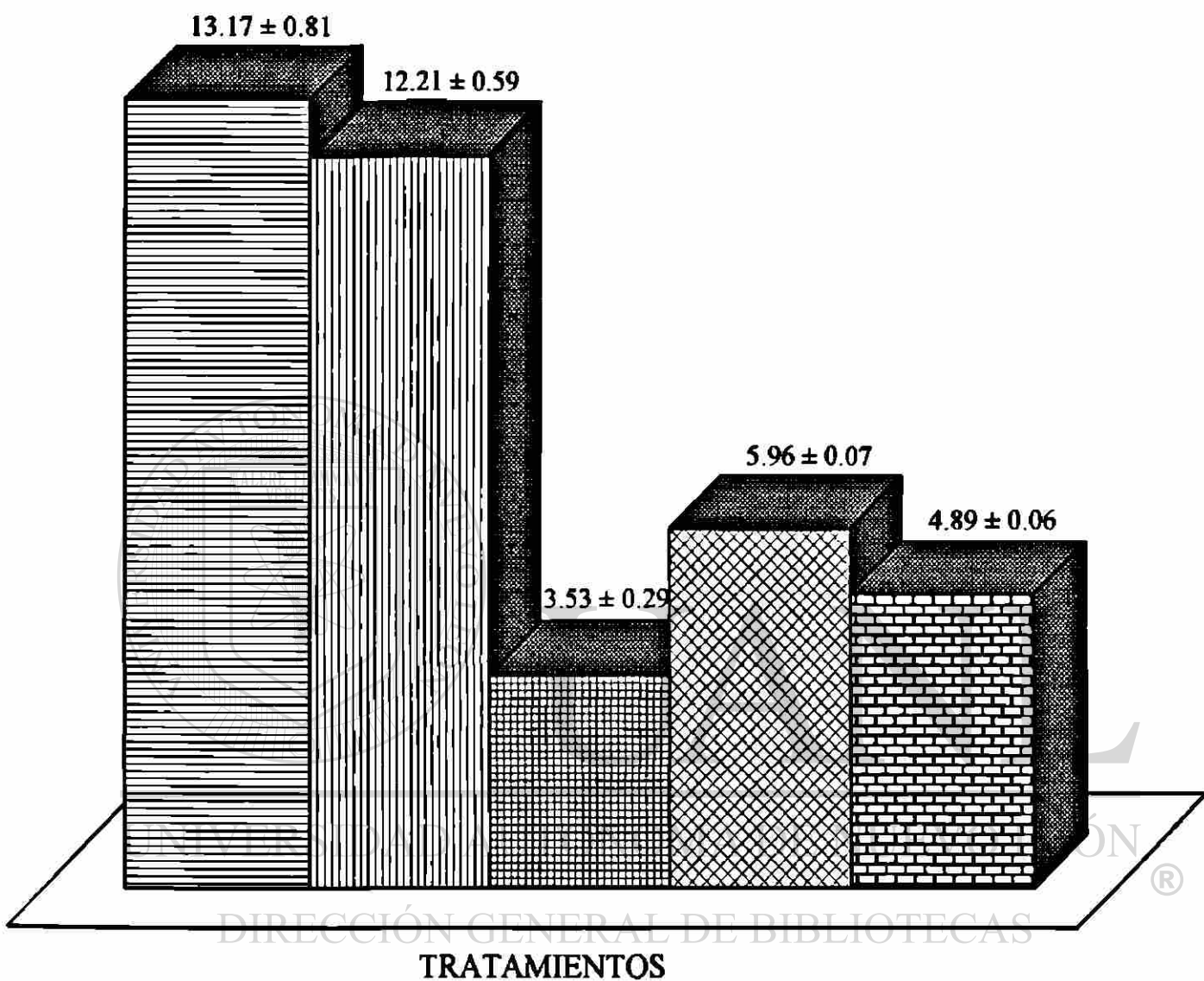
y sin testa

^{1/} Valores promedios de tres repeticiones ± desviación estándar, en base húmeda.

^a Tostada a temperaturas entre 80-90°C por 10 minutos.

^b Cocida a ebullición a la presión atmosférica durante 30 minutos.

Las medias señaladas con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05).




-  Semilla madura cruda
-  Semilla tierna cruda
-  Semilla tierna cocida sin vaina y sin testa
-  Semilla madura tostada
-  Semilla tierna cocida con vaina

Figura 7. Contenido de fibra dietética total (%) de los cotiledones de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - después de sometida a diferentes tratamientos.- Los valores son medias de tres determinaciones ± desviación estándar.

determinaron también un aumento en las fracciones de celulosa y lignina (en base seca) y un descenso en la de hemicelulosa, para las alubias. Sin embargo, en lentejas tratadas en las mismas condiciones observaron una disminución del contenido de fibra dietética, también acompañada por un aumento en las fracciones de celulosa y lignina y una disminución en la de hemicelulosa. Los mencionados autores comentan que el efecto del cocimiento sobre la fibra dietética y sus componentes depende tanto del proceso como del tipo de leguminosa. Incrementos en la cantidad de fibra dietética con el cocimiento han sido reportados por varios investigadores en otros tipos de alimentos, Johnston y Oliver (1982) en patatas, Matthee y Appledorf (1978) en zanahoria y brocoli, Herranz *et al.* (1983) en varios vegetales, etc. Varios autores (Hughes *et al.*; Keijbets *et al.*) citados por Valverde y Frias (1991) indican que la ebullición incrementa la solubilidad de sustancias pécticas. A los aumentos en las fracciones de fibra (celulosa, lignina, protopectinas) por el cocimiento podría deberse el mayor contenido de fibra dietética de las semillas de ebano cocidas sin vainas y sin testas respecto a las crudas. Por otra parte, una destrucción mayor de la fracción de hemicelulosa, junto con una solubilización más alta de sustancias pécticas en las semillas cocidas sin vainas en relación con las cocidas con vainas y, en mayor grado, la contaminación de estas últimas semillas con fracciones de fibra solubles, provenientes de la vaina y de la testa podrían ser el origen de las diferencias entre los dos tipos de semillas tiernas cocidas.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

1.4.- COMPOSICIÓN AMINOACÍDICA

La composición aminoacídica de las semillas de ebano se muestra en la tabla 14. En las semillas maduras crudas, excepto para triptofano, se obtuvieron valores ligeramente más altos en los aminoácidos esenciales que los reportados por Giral *et al.* (1978) para la misma leguminosa.

Los resultados indican que los aminoácidos esenciales lisina, leucina y valina están presentes en cantidades relativamente altas en las semillas de ebano; mientras que los azufrados (metionina + cistina) y triptofano se encuentran en niveles bajos de contenidos. Una tendencia análoga a la descrita fué encontrada por diversos autores en leguminosas tradicionalmente comestibles (Wu *et al.*, 1994; Sgarbieri, 1989; Ziena *et al.*, 1991; Van der Poel, 1990), así como también en varias especies de leguminosas silvestres (Giral *et al.* 1978; Sotelo *et al.*, 1995 De la Vega *et al.*, 1981).

Los niveles de aminoácidos azufrados en las semillas de ebano maduras crudas (1.41 g/100 g proteína) son próximos a los reportados por Ziena *et al.* (1991) en semillas de habas (1.47 g/100 g proteína), a los tabulados por Jansen y Harper (1987) para lentejas, chícharos variedad paloma y frijoles anchos, cuyos valores son 1.71, 1.48, 1.53 g/100 g proteína, respectivamente y mayores que los determinados por Marangoni *et al.* (1988) en semillas de tamarindo (1.04 g/100 g de proteína).

El perfil de aminoácidos esenciales obtenido en las semillas de ebano es muy comparable y similar al de las habas (Ziena *et al.*, 1991) y al de frijoles negros estudiados por Hernández Infante *et al.* (1979), salvo para los aminoácidos triptofano y treonina donde resultaron un poco más bajos que en las dos leguminosas mencionadas.

Al comparar los perfiles de aminoácidos de las semillas maduras de ebano, crudas y tostadas, se puede apreciar que el proceso del tostado produjo una reducción en los niveles de todos los aminoácidos, tanto esenciales como no esenciales, siendo mayores las pérdidas en cistina (44.62%) y en triptofano (42.41%). Mientras que, entre los esenciales, los menos afectados por el tratamiento con calor fueron la leucina (2.81%) y la tirosina (13.98%). En los azufrados el que sufrió menos daños fué la metionina (22-37%). Estos resultados son concordantes con los reportados por Yañez *et al.* (1986) al tostar semillas de la leguminosa

Tabla 14. Composición aminoácida de los cotiledones de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - sometida a diferentes tratamientos.

AMINOÁCIDO (g/100 g proteína)	TRATAMIENTO			
	Madura cruda	Madura ^a tostada	Tierna cruda	Tierna ^b cocida con vaina
<u>ESENCIAL</u>				
ISOLEUCINA	3.43	2.94	2.81	3.43
LEUCINA	6.78	6.59	5.73	6.66
LISINA	6.22	5.15	4.77	6.01
METIONINA	0.76	0.59	0.64	0.77
CISTINA	0.65	0.36	0.75	0.71
FENILALANINA	1.32	0.93	1.19	1.27
TIROSINA	4.15	3.57	3.40	4.12
TREONINA	2.81	2.12	2.69	2.82
TRIPTOFANO	0.71	0.41	0.57	---- *
VALINA	5.15	4.34	4.34	5.21
HISTIDINA	1.67	1.33	1.28	1.64
<u>NO ESENCIAL</u>				
AC. ASPARTICO	8.19	6.84	7.38	8.14
SERINA	3.53	3.52	3.40	3.64
AC. GLUTAMICO	14.79	11.59	12.70	13.10
PROLINA	4.06	3.59	3.29	4.21
GLICINA	3.93	3.30	3.06	3.62
ALANINA	3.84	3.25	3.08	3.78
ARGININA	4.28	3.73	3.24	3.93

^a Tostada a 80-90°C por 10 minutos.

^b Cocida a ebullición a la presión atmosférica durante 30 minutos.

* No se pudo cuantificar.

Lupinus albus (a 80-90°C por 10 minutos), excepto para lisina, donde las pérdidas en esta última semilla fueron mayores que para las de ebano.

En relación con las semillas tiernas de ebano cocidas con vainas se encontró que el cocimiento en agua a ebullición aumentó el contenido de los aminoácidos, respecto a las tiernas crudas, excepto para cistina, donde se observó una leve pérdida (5.3%). Entre los esenciales los que experimentaron un mayor aumento fueron lisina (25.9%) e histidina (28.1%). La metionina se incrementó en 20.3% y la isoleucina y tirosina en aproximadamente el 22%, el resto sufrió ligeros aumentos.

Es de hacer notar lo revisado en la literatura, donde se encuentran resultados contradictorios respecto al efecto del cocimiento en agua sobre la composición aminoacídica de semillas de leguminosas. Así, Wu *et al.* (1994) sometieron frijoles comunes de la variedad Red Kidney a cocimiento en agua en diferentes condiciones: cocinados en autoclave a distintas combinaciones de tiempo y temperatura y en agua a ebullición a la presión atmosférica durante 2 hrs (simulando el tratamiento en el hogar). Observando que, con la excepción de los azufrados, el resto de los aminoácidos esenciales incrementaron sus niveles en todos los tratamientos. Este incremento fue significativo ($P < 0.05$) para algunos aminoácidos en ciertos tratamientos, aunque no en otros. Ellos concluyeron que el calor (por el cocimiento en agua) no afectó el perfil de esos frijoles. Por otra parte, Ziena *et al.* (1991) al cocinar semillas de habas en agua, a diferentes temperaturas y tiempos de cocimiento, encontraron que con la excepción de lisina y leucina, donde ocurrió un incremento, el resto de los aminoácidos esenciales disminuyó sus contenidos por efecto del calor. No sucedió lo mismo con los no esenciales, los cuales en su mayoría incrementaron sus niveles.

Se considera importante señalar que con la finalidad de corroborar el perfil de aminoácidos de las semillas tiernas cocidas con vainas, obtenido por cromatografía de

intercambio iónico mediante un autoanalizador de aminoácidos, se hizo también la determinación de dicho perfil por cromatografía de HPLC. Los resultados, tanto para ese perfil como para los de las semillas maduras y tiernas crudas, se presentan en la tabla 1B.

Al comparar esos valores con los obtenidos mediante el autoanalizador (tabla 14), se puede ver que los perfiles de aminoácidos determinados por las dos técnicas cromatográficas son similares. Se confirma de esta manera que sí hubo un incremento real en el contenido de aminoácidos de las semillas tierna de ebano cocidas con vainas, respecto a las crudas. Cabe mencionar que no fué posible cuantificar al triptofano en las semillas tiernas cocidas con vainas. Los hidrolizados tomaron una coloración amarillo intensa y durante el proceso cromatográfico no fué posible separarlo de otros compuestos que coeluyeron con él.

El incremento en las cantidades de aminoácidos en las semillas tiernas de ebano cocidas con vainas podría venir de dos fuentes: de las proteínas de los propios cotiledones, las cuales al sufrir desnaturalización e hidrólisis parcial por el calor durante el cocimiento quedarían más accesibles a la hidrólisis ácida realizada previa a la determinación cromatográfica de los aminoácidos, haciendo que ésta fuera más completa en relación con la sufrida por la proteína de las semillas tiernas crudas y, por otra parte, aminoácidos hidrolizados de proteínas de la vaina y de la testa durante el cocimiento podrían contribuir al aumento observado.

2.- DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA

La digestibilidad verdadera *in vivo* de la proteína de la semilla de ebano, en los diferentes tratamientos a los que fué sometida, puede observarse en la tabla 15 y figura 8. Para la medición de este parámetro nutricional se seleccionaron las semillas de ebano

colectadas en la localidad de Terán, por ser la región donde el consumo de dichas semillas es más generalizado. Los valores obtenidos son promedio de ocho determinaciones, en ratas de la raza Sprague-Dawley, y los mismos varían desde 79.31% en las semillas maduras crudas hasta 94.50% en las tiernas cocidas sin vainas y sin testas. Los resultados del ANOVA no paramétrico (método de Kruskal-Wallis) aplicado a esas cantidades (valor χ^2 corregido 31.6914, $P < 0.01$) indican que son significativas las diferencias encontradas entre las digestibilidades. A fin de detectar el origen de las mismas, se utilizó la prueba de Mann-Whitney-Wilcoxon para la comparación entre todos los pares posibles de tratamientos ensayados. Este último análisis reveló (tabla 15A) que no hay diferencias significativas (al nivel de probabilidad 0.05) entre las digestibilidades de las semillas maduras crudas y tiernas crudas, ni tampoco entre las tiernas crudas y las tiernas cocidas con vainas. Salvo estos dos casos, las diferencias entre las digestibilidades en todos los demás pares de tratamientos son altamente significativos ($P < 0.01$).

La digestibilidad verdadera de la proteína de las semillas de ebano maduras crudas es de 79.3%. Este valor es más alto que los reportados para frijoles comunes (Barampama y Simard, 1994), garbanzos (Wu *et al.*, 1994) y en varias leguminosas silvestres de la Península de Yucatán, México (Sotelo *et al.*, 1995). Por efecto del tostado la digestibilidad de las semillas crudas se incrementó significativamente hasta 91.8%. Este aumento puede atribuirse a la destrucción casi completa (más del 90%) de los inhibidores de tripsina de los cotiledones de la semilla madura cruda y a la reducción parcial del contenido de fitatos de la misma (alrededor del 25%), aunado a la desnaturalización de su proteína por la acción del calor aplicado; todo lo cual la haría más accesible a los ataques de las enzimas digestivas y en consecuencia más digeribles. Varios investigadores (Nielsen, 1991; Sarwar *et al.*, 1989; Van der Poel, 1990; Sgarbieri, 1989) coinciden al afirmar que el tratamiento térmico generalmente destruye o reduce factores antinutricionales lábiles al calor, mejorando la digestibilidad de la proteína de las leguminosas. Es de observar que no obstante el

Tabla 15. Digestibilidad verdadera promedio^{1/} de la proteína de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - sometida a diferentes tratamientos.

TRATAMIENTO	DIGESTIBILIDAD VERDADERA ^{2/} (%)
Madura Cruda	79.31 ± 3.63c
Madura Tostada ^a	91.85 ± 2.16d
Tierna Cruda	83.21 ± 1.69c
Tierna Cocida ^b con Vaina	85.80 ± 1.96c
Tierna Cocida ^b sin Vaina y sin Testa	94.50 ± 0.47e

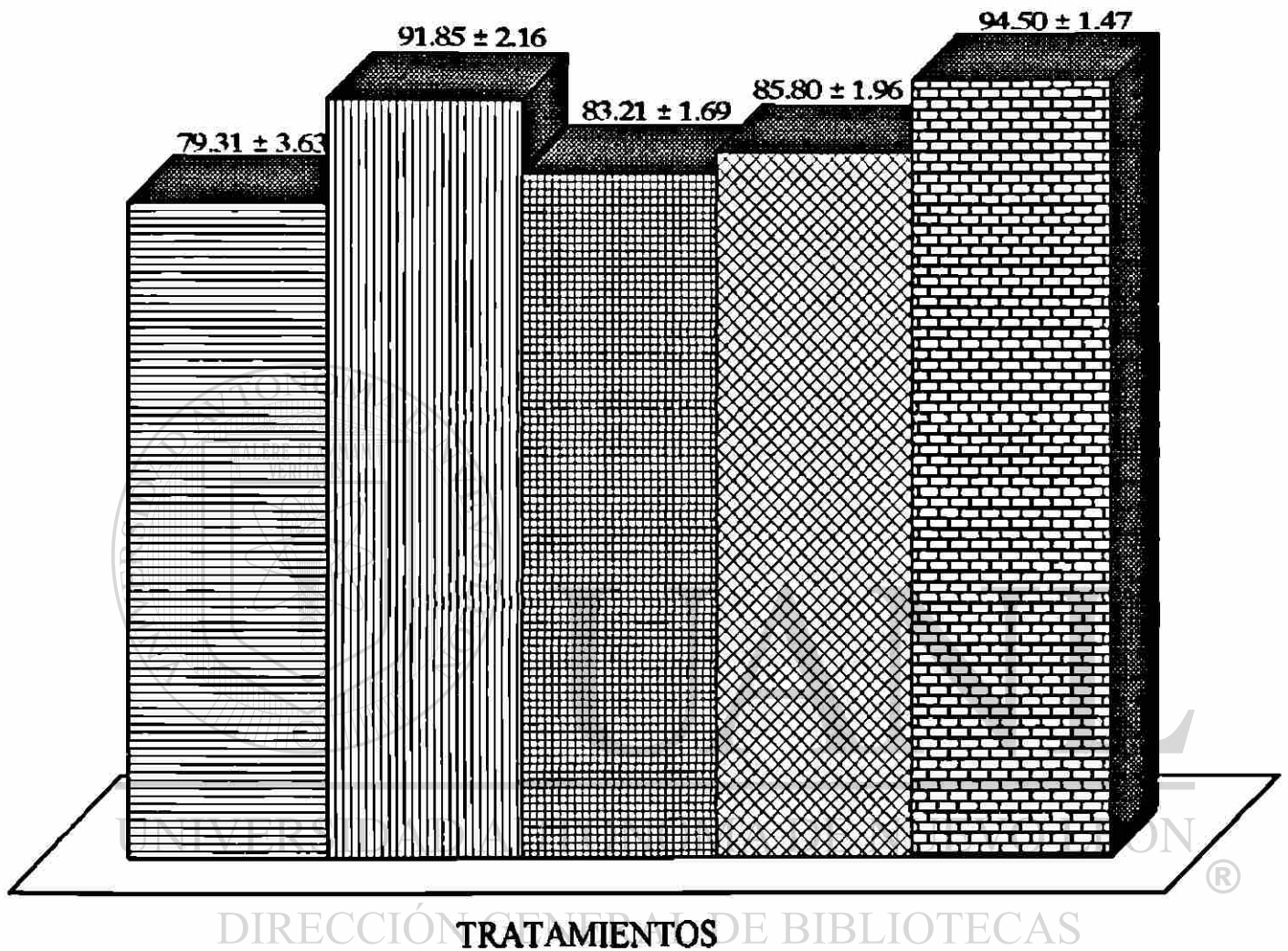
^{1/} Valores promedios de ocho determinaciones ± desviación estándar.

^{2/} Determinada *in vivo* en ratas de la raza Sprague-Dawley.

^a Tostada a 80-90°C por 10 minutos.

^b Cocida a ebullición a la presión atmosférica durante 30 minutos.

Las medias señaladas con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05).



Semilla madura cruda	Semilla madura tostada
Semilla tierna cruda	Semilla tierna cocida con vaina
Semilla tierna cocida sin vaina y sin testa	

Figura 8. Digestibilidad verdadera (%) de la proteína de los cotiledones de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - después de sometida a diferentes tratamientos.- Los valores son medias de ocho determinaciones ± desviación estándar.

incremento del contenido de taninos de los cotiledones de las semillas de ebano maduras durante el tostado, la digestibilidad de su proteína aumentó. Podría inferirse, en consecuencia, que el alto contenido de inhibidores de tripsina en la semilla madura cruda es el factor determinante en mayor grado de la baja digestibilidad de la proteína de dicha semilla.

En las semillas tiernas el cocimiento en agua a ebullición incrementó significativamente la digestibilidad de la proteína desde 83.21% en las crudas hasta 94.50% en las cocidas sin vainas y sin testas. Una tendencia similar ha sido reportada por varios autores al cocinar distintas especies y variedades de leguminosas (Barampama y Simard, 1994; Wu *et al.*, 1994; Bressani *et al.*, 1973; Gómez *et al.*, 1973). La razón de este aumento podría ser explicada por la alta reducción de todos los compuestos antinutricionales de los cotiledones de las semillas tiernas, originada por el cocimiento. Así, los fitatos se redujeron en más del 80%, los taninos en un 74% y los inhibidores de tripsina casi se destruyeron por completo (en más del 97%), acompañado todos estos cambios de la consecuente desnaturalización e hidrólisis parcial de su proteína. Por el contrario, el cambio de la digestibilidad de la proteína de la semilla tierna cocida con vaina respecto a la cruda, no resultó significativo ($P > 0.05$). Si bien, en las semillas cocidas con vainas ocurrieron importantes decrecimientos en sus contenidos de fitatos y de inhibidores de tripsina por el calentamiento, también es cierto que sus cotiledones experimentaron un aumento exageradamente elevado en la concentración de taninos, por probable contaminación proveniente de la vaina y de la testa de la semilla durante el mismo. Esto podría explicar la diferencia altamente significativa ($P < 0.01$) entre la digestibilidad de la proteína de esta semilla en relación a la cocida sin vaina y sin testa y la no significancia respecto a la cruda.

En la tabla 21 se han recopilado los valores de la digestibilidad verdadera de la proteína de algunas leguminosas tradicionalmente comestibles, las cuales han sido

procesadas térmicamente. En comparación con ellas, la proteína de las semillas de ebano cocidas sin vainas y sin testas presentan una mayor digestibilidad.

3.- PUNTAJE AMINOACÍDICO

La razón entre los aminoácidos esenciales de la proteína de la semilla de ebano y los del patrón de referencia de la FAO/OMS/UNU (tabla 2B), para los diferentes tratamientos, se muestran en las tablas del 16 a la 19. El aminoácido con la razón más baja es considerado el primer limitante y la razón del mismo representa el puntaje aminoacídico de ese tratamiento. En la tabla 20 se indican los valores de dichos puntajes, la digestibilidad verdadera *in vivo* de la proteína y el puntaje aminoacídico corregido por la digestibilidad. Este último es indicativo de la calidad de la proteína evaluada.

Puede notarse que en todos los tratamientos a los que fueron sometidas las semillas de ebano, tanto maduras como tiernas, el primer aminoácido limitante son los azufrados (metionina + cistina). Esto concuerda con lo reportado en la literatura para las diferentes especies de leguminosas (Sgarbieri, 1989; Van der Poel, 1990; Ziena *et al.*, 1991; Wu *et al.*, 1994; Giral *et al.*, 1978).

En las semillas maduras crudas y en las tiernas cocidas con vainas los niveles de lisina, leucina, isoleucina y valina sobrepasan a los del patrón de referencia de la FAO/OMS/UNU.

El puntaje aminoacídico corregido por la digestibilidad verdadera de la proteína de las semillas maduras crudas de ebano es 0.44. Este valor es mayor que los obtenidos por Wu *et al.* (1994) en garbanzos crudos, Hernández Infante *et al.* (1979) en frijoles negros y Marangoni *et al.* (1988) en semillas de tamarindo.

Tabla 16. Razón entre los aminoácidos esenciales de los cotiledones de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - madura cruda y los del patrón de referencia de requerimientos de aminoácidos, para niños de edad pre-escolar de la FAO/OMS/UNU de 1991^{1/}.

AMINOÁCIDO ESENCIAL (mg/g proteína)	Semilla madura cruda	Patrón FAO/OMS/UNU	Razón
ISOLEUCINA	34.3	28	1.22
LEUCINA	67.8	66	1.03
LISINA	62.2	58	1.07
METIONINA + CISTINA	14.1	25	0.56
FENILALANINA +	54.7	63	0.87
TIROSINA			
TREONINA	28.1	34	0.83
TRIPTOFANO	7.1	10	0.71
VALINA	51.5	35	1.47
HISTIDINA	16.7	19	0.88

^{1/} Citado por Alanís Guzmán (1995).

Tabla 17. Razón entre los aminoácidos esenciales de los cotiledones de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - madura tostada^{1/} y los del patrón de referencia de requerimientos de aminoácidos, para niños de edad pre-escolar, de la FAO/OMS/UNU de 1991^{2/}.

AMINOÁCIDO ESENCIAL (mg/g proteína)	Semilla madura tostada	Patrón FAO/OMS/UNU	Razón
ISOLEUCINA	29.4	28	1.05
LEUCINA	65.9	66	1.00
LISINA	51.5	58	0.89
METIONINA +	9.5	25	0.38
CISTINA			
FENILALANINA +	45.0	63	0.71
TIROSINA			
TREONINA	21.2	34	0.62
TRIPTOFANO	4.1	10	0.41
VALINA	43.4	35	1.24
HISTIDINA	13.3	19	0.70

^{1/} Tostada a 80-90°C durante 10 minutos.

^{2/} Citado por Alanís Guzmán (1995).

Por efecto del tostado, el puntaje aminoacídico corregido de las semillas maduras crudas de ebano se redujo a 0.38 en las semillas tostadas; a pesar de que la digestibilidad verdadera de la proteína de éstas últimas se incrementó significativamente durante el mismo. Esto podría explicarse por la destrucción parcial que sufrieron los aminoácidos azufrados en el mencionado proceso.

En las semillas tiernas el puntaje aminoacídico corregido aumentó desde 0.46 en las crudas hasta 0.51 en las cocidas con vainas en agua a ebullición. Lo cual podría atribuirse al incremento en los niveles de metionina de los cotiledones de las semillas tiernas crudas por el cocimiento.

Para las semillas tiernas cocidas sin vainas y sin testas no se determinó el perfil de aminoácidos (debido a que dicho tratamiento fué incorporado a posteriori en la investigación). No obstante, es conveniente señalar que cuando se calculó el puntaje aminoacídico corregido por digestibilidad, en estas semillas, utilizando los perfiles de aminoácidos de las cocidas con vainas y de las tiernas crudas, se obtuvieron los valores de 0.56 y 0.53, respectivamente. En cualquiera de los dos casos, el puntaje así calculado es más alto que el de las semillas cocidas con vainas; debido a la mayor digestibilidad de la proteína de las semillas cocidas sin vainas y sin testas, respecto al de aquellas.

Los puntajes aminoacídicos corregidos por la digestibilidad verdadera *in vivo* de la proteína de varias leguminosas tradicionalmente comestibles, procesadas térmicamente, se presentan en la tabla 21. Se puede observar que las semillas de ebano cocidas sin vainas y sin testas tienen un puntaje similar al de la mayoría de ellas. Con la ventaja adicional de que su digestibilidad y contenido proteico son mucho más altos que el de las demás leguminosas allí tabuladas.

Tabla 18. Razón entre los aminoácidos esenciales de los cotiledones de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - tierna cruda y los del patrón de requerimientos de aminoácidos, para niños de edad pre-escolar, de la FAO/OMS/UNU de 1991^{1/}.

AMINOÁCIDO ESENCIAL (mg/g proteína)	Semilla tierna cruda	Patrón FAO/OMS/UNU	Razón
ISOLEUCINA	28.1	28	1.00
LEUCINA	57.3	66	0.87
LISINA	47.7	58	0.82
METIONINA +	13.9	25	0.56
CISTINA			
FENILALANINA +	45.9	63	0.73
TIROSINA			
TREONINA	26.9	34	0.79
TRIPTOFANO	5.7	10	0.57
VALINA	43.4	35	1.24
HISTIDINA	12.8	19	0.67

^{1/} Citado por Alanís Guzmán (1995).

Tabla 19. Razón entre los aminoácidos esenciales de los cotiledones de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - tierna cocida con vaina^{1/} y los del patrón de referencia de requerimientos de aminoácidos, para niños de edad pre-escolar, de la FAO/OMS/UNU de 1991^{2/}.

AMINOÁCIDO ESENCIAL (mg/g proteína)	Semilla tierna cocida con vaina	Patrón FAO/OMS/UNU	Razón
ISOLEUCINA	34.3	28	1.22
LEUCINA	66.6	66	1.01
LISINA	60.1	58	1.04
METIONINA +	14.8	25	0.59
CISTINA			
FENILALANINA +	53.9	63	0.85
TIROSINA			
TREONINA	28.2	34	0.83
VALINA	52.1	35	1.49
HISTIDINA	16.4	19	0.86

^{1/} Cocida a ebullición a la presión atmosférica durante 30 minutos.

^{2/} Citado por Alanís Guzmán (1995).

Tabla 20. Puntaje aminoacídico, digestibilidad verdadera^{1/}, y puntaje aminoacídico corregido por la digestibilidad de la proteína de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - sometida a diferentes tratamientos.

TRATAMIENTO	PUNTAJE AMINOACÍDICO	DIGESTIBILIDAD VERDADERA (%)	PUNTAJE AMINOACÍDICO CORREGIDO
Madura cruda	0.56	79.31	0.44
Madura tostada ^a	0.38	91.85	0.35
Tierna cruda	0.56	83.21	0.47
Tierna cocida ^b con vaina	0.59	85.80	0.51
Tierna cocida ^b sin vaina y sin testa	0.59	94.50	0.56 (0.53) ^a

^{1/} Determinada *in vivo* en ratas de la raza Sprague-Dawley.

^a Tostada a 80-90°C por 10 minutos.

^b Cocida a ebullición a la presión atmosférica por 30 minutos.

^a Calculada en base al puntaje aminoacídico de la semilla tierna cruda.

Tabla 21. Puntaje aminoacídico corregido^{1/} y digestibilidad verdadera de la proteína de la semilla de ebano y de algunas leguminosas procesadas^{2/}.

PRODUCTO	PROTEÍNA ^{3/} (N x 6.25) %	DIGESTIBILIDAD VERDADERA %	PUNTAJE AMINOACÍDICO CORREGIDO
Semilla de ebano cocidas ^a	37.4	94	0.56
Frijoles pintos ^b	23.6	73	0.57
Alubias ^b	18.9	81	0.68
Frijoles negros ^a	21.7	72	0.53
Habas ^e	27.9	86	0.47
Lentejas ^e	21.9	85	0.51
Garbanzos ^b	21.4	89	0.66
Chicharos ^e	15.7	84	0.61

^{1/} Corregido por la digestibilidad verdadera de la proteína.

^{2/} Fuente: Report of Joint FAO/WHO (1989).

^{3/} En base seca.

^a Cocidas sin vaina y sin testa a ebullición a la presión atmosférica por 30 minutos.

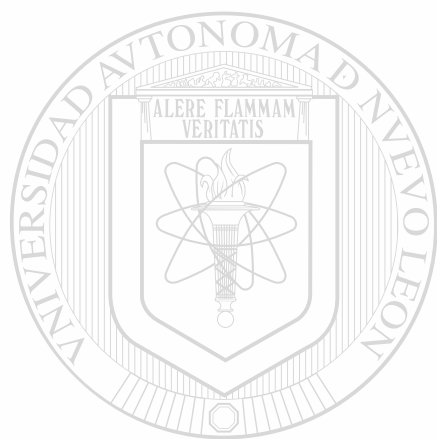
^b Enlatadas.

^e Cocidos en autoclave.

CONCLUSIONES

1. Las semillas de ebano contienen niveles relativamente altos de proteína y grasa, en comparación con muchas leguminosas tradicionalmente comestibles.
2. La composición químico-nutricional de las semillas de ebano fué similar para las tres localidades muestreadas. Presentándose diferencias entre algunas de ellas solo por efecto de los tratamientos a los que fueron sometidas.
3. El tratamiento térmico redujo casi por completo la alta actividad de los inhibidores de tripsina detectada en los cotiledones de las semillas de ebano y de igual manera, aunque en menor grado, disminuyó el contenido de fitatos en todos los tratamientos. Siendo en ambos casos la reducción mayor en las semillas tiernas cocidas sin vainas y sin testas y menor en las tostadas; lo cual evidencia que el calor húmedo fué más efectivo que el seco en la destrucción de estos dos compuestos antinutricionales.
4. El contenido de taninos de los cotiledones de las semillas tiernas cocidas sin vainas y sin testas se redujo significativamente por la acción del calor. Por el contrario, los de las maduras tostadas y tiernas cocidas con vainas y analizadas sin testas, se incrementaron durante el calentamiento debido a la contaminación proveniente de la testa (donde se concentra la mayor cantidad de taninos en la semilla) y de la vaina, según el caso.
5. La digestibilidad verdadera de la proteína de la semilla de ebano se incrementó en las maduras tostadas y en las tiernas cocidas sin vainas y sin testas, por la destrucción de compuestos antinutricionales durante el proceso térmico (con la excepción de taninos en las tostadas); alcanzando los valores más altos en estas últimas semillas.
6. La proteína de la semilla de ebano es alta en sus contenidos de lisina, isoleucina, leucina y valina, sobrepasando para estos aminoácidos los requerimientos del patrón de referencia de la FAO/OMS/UNU de 1991, pero es baja en los aminoácidos azufrados metionina y cistina, siendo estos el primer limitante.

7. **El tostado de las semillas maduras produjo una disminución de todos los aminoácidos esenciales de su proteína, siendo las pérdidas mayores en los azufrados, por lo cual se redujo el puntaje aminoacídico de ésta semilla. Por el contrario, el cocimiento de las semillas tiernas con vainas aumentó el contenido de sus aminoácidos esenciales, mejorando en consecuencia su puntaje aminoacídico.**
8. **El tratamiento donde las semillas de ebano obtuvieron su mejor valor nutricional fué en el aplicado a las tiernas cocidas sin vainas y sin testas, siendo la calidad proteica de las semillas así tratadas similar al de muchas leguminosas tradicionalmente comestibles, con una utilización biológica de la proteína de 53 a 56%.**



UANL

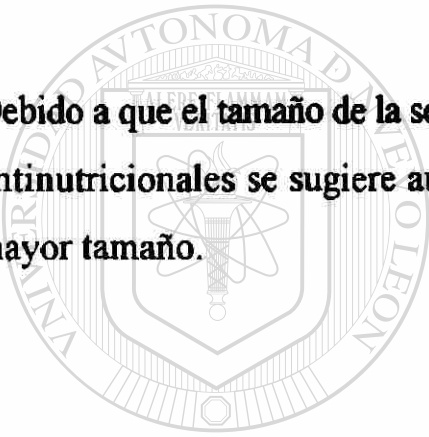
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

RECOMENDACIONES

- 1.- **Por su alto contenido proteico y la excelente digestibilidad de su proteína, se recomienda utilizar las semillas tiernas de ebano cocidas sin vainas y sin testas en la alimentación humana.**
- 2.- **La harina de las semillas tiernas de ebano cocidas sin vainas y sin testas pueden utilizarse para suplementar alimentos con bajos contenidos de lisina como por ejemplo, los cereales.**
- 3.- **Debido a que el tamaño de la semilla influye en la destrucción térmica de compuestos antinutricionales se sugiere aumentar el tiempo de cocimiento para las semillas de mayor tamaño.**



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LITERATURA CITADA

- Alanís-Guzmán, M.G. 1995. **Chemical, nutritional and functional characterization of proteins extracted from wild mustard.** *Economic Botany*. 49(3):260-268.
- AOAC. 1990. **Official Methods of Analysis**, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. USA.p. 879.
- AOAC. 1975. **Official Methods of Analysis**, 12th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. USA.pp. 935, 973.
- Aw, T.L. and Swanson, B.G. 1985. **Influence of tannin on *Phaseolus vulgaris* protein digestibility and quality.** *J. Food Sci.* 50:67-71.
- Badui, S. 1993. **Química de los alimentos.** 3a. ed. Edit. Alhambra Mexicana, México, D.F. pp. 117, 118, 396, 631, 632.
- Barampama, Z. and Simard, R.E. 1994. **Oligosaccharides antinutritional factors, and protein digestibility of dry beans as affected by processing.** *J. Food Sci.* 59(4):833-838.
- Benevenga, N.J.; Gahl, M.J., and Finke, M.D. 1994. **Protein and amino acid requirements for maintenance and amino acid requirements for growth of laboratory rats.** *J. Nutr.* 124:451-453.
- Bressani, R.; Elías, L.G., and Valiente, A.T. 1973. **Effect of cooking and amino acid supplementation on the nutritive value of black beans (*Phaseolus vulgaris*).** *Brit. J. Nutr.* 17:69.
- Central Food Technological Research Institute. 1977. **Grains Legumes: Processing and storage problems.** *Food and Nutrition Bulletin.* 1(2):1-3.
- Chang, M.J.; Collins, J.L.; Bailey, J.W., and Coffey, D.L. 1994. **Cowpeas tanins related to cultivar, maturity, dehulling and heating.** *J. Food Sci.* 59(5):1034-1036.

- Chiou, S. and Wang, K.T. 1988. **Simplified protein hydrolysis with methanesulfonic acid.** J. Chromatogr. 488:404-408.
- Correl, D.S. and Johnston, M.C. 1970. **Manual of vascular plants of Texas.** Texas Research Foundation. Renner, Texas. USA. p. 769.
- Davis, K.R. 1981. **Proximate composition, phytic acid, and total phosphorus of selected breakfast cereals.** Cereal Chem. 58(4):347-350.
- De la vega, A.; Giral, F., and Sotelo, A. 1981. **Nutritional evaluation of the velvet bean (*Stizolobium cinerium*) alone and supplemented with methionine or wheat flour.** Nutrition Reports International. 24(4):817-823.
- Deshpande, S.S. and Cheryan, M. 1985. **Evaluation of vanillin assay for tannin analysis of dry beans.** J. Food Sci. 50:905-910.
- Deshpande, S.S. and Cheryan, M. 1987. **Determination of phenolic compounds of dry beans using vanillin, redox and precipitation assays.** J. Food Sci. 52(2):332-334.
- Deshpande, S.S. and Cheryan, M. 1983. **Changes in phytic acid, tannins and trypsin inhibitory activity on soaking of dry bean (*Phaseolus vulgaris*).** Nutr. Rep. Int. 27:371-377.
- Dhurandhar, N.V. and Chang, K.C. 1990. **Effect of cooking on firmness, trypsin inhibitors, lectins and cystine/cysteine content of navy and red kidney beans (*Phaseolus vulgaris*).** J. Food Sci. 55(2):470-474.
- Dutra de Oliveira, J.E. 1973. **Studies on the nutritive value of beans.** In "Nutritional aspects of common beans (*Phaseolus vulgaris*) and other legumes seeds as animal and human foods". W.G. Jaffé (Ed.), USAID-SLAN. Ribeirao Prieto, Brasil. p. 13.
- Elías, L.G.; Conde, A.; Muñiz, A., and Bressani, R. 1973. **Effect of germination and maturation on the nutritive value of common beans (*Phaseolus vulgaris*).** In "Nutritional aspects of common beans and other legumes seeds as animal and human foods". W.G. Jaffé. (Ed.), USAID-SLAN. Ribeirao Prieto, Brasil. pp. 139-150.

- Estrada, A.E. y Marroquín, J.S. 1992. **Leguminosas en el centro-sur de Nuevo León. Reporte Científico Especial No. 10, Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Linares, N.L. México. p. 71.**
- Estrada López, F. 1995. **Pruebas de germinación y desarrollo temprano del Ebanó (*Pithecellobium flexicaule* Benth.) Coult y su respuesta al establecimiento en suelo de tres municipios del estado de Nuevo León, México. Tesis (Biólogo). Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. San Nicolás de los Garza, N.L., México. pp. 26-35.**
- Felker, P. 1981. **Uses of tree legumes in semiarid regions. Economic Botany. 35(2):174.**
- Felker, P. and Bandurski, R. 1979. **Uses and potencial uses of leguminous trees for minimal energy input agriculture. Economic Botany. 33(2):162.**
- Giral, F.; Sotelo, A.; Lucas, B., and De la Vega, A. 1978. **Chemical composition and toxic factors content in fifteen leguminous seeds. Quart. J. Crude Drug Res. 16(3):143-149.**
- Gómez, R.; Elías, L.G.; Molina, M.; De la Fuente, G., and Bressani, R. 1973. **Changes in chemical composition and nutritive value for common beans (*Phaseolus vulgaris*) and other legumes during house cooking. In "Nutritional aspects of common beans and other legumes seeds as animal and human foods". W.G. Jaffé. (Ed.), USAID-SLAN. Ribeirao Prieto, Brasil. pp. 93-105.**
- González Sánchez, A. 1985. **Colección y caracterización de germoplasma de algunas leguminosas forrajeras existentes en la región semiárida del Noreste de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. San Nicolás de los Garza, N.L. México. pp. 15-25.**
- Gustafsson, E.L. and Sandberg, A.S. 1995. **Phytate reduction in brown beans (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Food Sci. 60(1):149-152.**
- Hernández-Infante, M.; Herrador-Peña, G., and Sotelo-López, A. 1979. **Nutritive value of two different beans (*Phaseolus vulgaris*) supplemented with methionine. J. Agric. Food Chem. 27(5):965-968.**

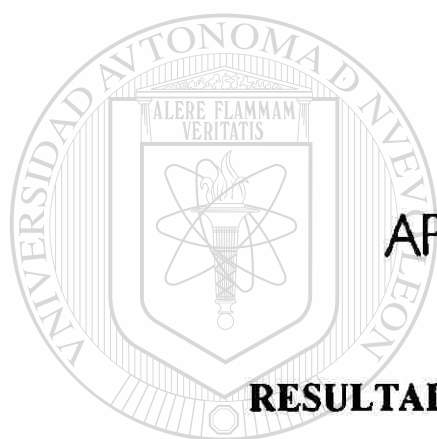
- Herranz, J.; Vidal-Valverde, C.; and Rojas-Hidalgo, E. 1981. **Cellulose, hemicellulose and lignin content of raw and cooked processed vegetables.** *J. Food Sci.* 46:1925-1927.
- Hoppner, K. and Lampi, B. 1993. **Pantothenic acid and biotin retention in cooked legumes.** *J. Food Sci.* 58(5):1084-1085.
- Jaffé, W.G. 1973. **Toxic factors in beans. Their practical importance.** In "Nutritional aspects of common beans (*Phaseolus vulgaris*) and other legumes seeds as animal and human foods". W.G. Jaffé. (Ed.), USAID-SLAN, Ribeirao Prieto, Brasil. pp. 199-208.
- Jansen, G.R., and Harper, J.M. 1987. **A simplified procedure for calculating amino-acid scores of blended foods or dietary patterns.** *Food and Nutrition Bulletin.* 7(4):65-69.
- Johnston, D.E., and Oliver, W.T. 1982. **The influence of cooking technique on dietary fibre of boiled potato.** *J. Food Technol.* 17:98-99.
- Joint FAO/WHO Expert Consultation. 1989. **Protein quality evaluation.** Bethesda, Mo. USA. pp. 4-8, 27, 32-39.
- Jurado, E. y Reid, N. 1989. **Influencia de factores edáficos, topográficos y perturbación sobre el matorral espinoso tamaulipeco en Linares, Nuevo León. Reporte Científico No. 10.** Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Linares, N.L. México. p. 6.
- Kakade, M.L.; Rackis, J.J.; McGhee, J.E., and Puski, G. 1974. **Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: A collaborative analysis of an improved procedure.** *Cereal Chem.* 51:376-382.
- Kaul, M. and Bajwa, M. 1987. **Effect of heat and natural fermentation on trypsin inhibitor and hemagglutinin of black gram (*Phaseolus mungo*).** *J. Nutr. Dietet.* 24:40-44.

- Kelly, J.F. 1973. **Problems in the exploitation of natural variation in composition of legumes.** In "Nutritional aspects of common beans (*Phaseolus vulgaris*) and other legumes seeds as animal and human foods". W.G. Jaffé. (Ed.), USAID-SLAN, Ribeirao Prieto, Brasil. pp. 211-215.
- Koehler, H.H.; Chang, C.H.; Scheier, G., and Burke, D.W. 1987. **Nutrient composition, protein quality and sensory properties of thirty-six cultivars of dry beans (*Phaseolus vulgaris*).** J. Food Sci. 52:1335-1340.
- Krivoruchco, D.; Kaba, H.; Sambucetti, M.E., and Sanahuja, J.C. 1979. **Maturation time and some seed composition characters affecting nutritive value in soybean varieties.** Cereal Chem. 56(4):217-219.
- Lee, S.C.; Proski, L., and De Vries, J.W. 1992. **Determination of total soluble, and insoluble dietary fiber in foods-enzymatic-gravimetric method, mes-tris buffer: Collaborative study.** J. AOAC. International. 75:395.
- Li, B.W. and Cardozo, M.S. 1993. **Simplified enzymatic-gravimetric method for total dietary fiber in legumes compared with a modified AOAC method.** J. Food Sci. 58(4):929-932.
- Linder, E. 1978. **Toxicología de los alimentos.** Edit. Acribia. Zaragoza, España. pp. 4-9.
- Marangoni, A.; Alli, I., and Kermasha, S. 1988. **Composition and properties of seeds of the tree *Tamarindus indica*.** J. Food Sci. 53(5):1452-1455.
- Matthee, V., and Appledorf, H. 1978. **Effect of cooking on vegetable fiber.** J. Food Sci. 43:1341-1344.
- Moore, S. and Stein, W.H. 1963. **Chromatographic determination of amino acids by use of automatic recording equipment.** Meth. Enzymol. 6:819.
- Nielsen. S.S. 1991. **Digestibility of legume proteins.** Food Technol. 45:112-118.
- Oberleas, D. 1973. **Phytates.** In "Toxicants occurring naturally in foods". Committee on Food Protection, N.R.C. National Academy of Sciences. Washington, D.C. USA. pp. 363-371.

- Osborne, D.R. and Voogt, P. 1978. **Calculation of calorific value.** In "The analysis of nutrients in foods". Academic Press. New York, USA. p. 157.
- Paredes-López, O. and Harry, G.I. 1989. **Changes in selected chemical and antinutritional components during tempeh preparation using fresh and hardened common beans.** J. Food Sci. 54(4):968-970.
- Pellet, P.L. y Young, V.R. Editores. 1980. **Evaluación nutricional de alimentos proteínicos.** Publicación Técnica. UNU. pp. 3-145.
- Price, M.L.; Van Scoyoc, S., and Butler, L.G. 1978. **A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain.** J. Agric. Food Chem. 26(5):1214-1218.
- Proulx, W.R.; Weaver, C.M., and Bock, M.A. 1993. **Trypsin inhibitor activity and tannin content do not affect calcium bioavailability of three commonly consumed legumes.** J. Food Sci. 58(2):382-384.
- Rao, B.S. and Prabhavati, J. 1982. **Tannin content of foods commonly consumed in India and its influence on ionizable iron.** J. Sci. Food Agric. 33:89.
- Ravindran, G. and Palmer, J.K. 1990. **Comparison of four different methods for the analysis of dietary fiber in winged bean seeds.** J. Food Sci. 55(1):137-140.
- Reddy, N.R., and Salunkhe, D.K. 1981. **Interactions between phytate, protein, and minerals in whey fractions of black gram.** J. Food Sci. 46:564-567.
- Reddy, N.R., and Pierson, M.D. 1987. **Isolation and partial characterization of phytic acid-rich particles from Great Northern beans (*Phaseolus vulgaris* L.).** J. Food Sci. 52(1):109-112.
- Reddy, N.R.; Sathe, S.K., and Pierson, M.D. 1988. **Removal of phytate from great northern beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and its combined density fraction.** J. Food Sci. 53(1):107-110.
- Rocas, A.N. 1990. **Arboles y arbustos útiles de México - Naturales e introducidos.** Edit. Limusa. México. p. 146.

- Rojas-Mendoza, P. 1965. **Generalidades sobre la vegetación del estado de Nuevo León y datos acerca de su flora.** Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. pp. 17-20.
- Rzedowsky, J. 1987. **Vegetación de México.** Edit. Limusa. México, D.F. pp. 59-63.
- Sarwar, G. 1987. **Digestibility of protein and bioavailability of amino acids in foods. Effects on protein quality assessment.** World Rev. Nutr. Diet. 54:26-70.
- Sarwar, G.; Peace, R.W.; Botting, H.G., and Bruke, D. 1989. **Digestibility of protein and amino acids in selected foods as determined by rat balance method.** Plant. Food Hum. Nutr. 59:1-10.
- Sathe, S.K.; Deshpande, S.S.; Reddy, N.R.; Goll, D.E., and Salunkhe, D.K. 1983. **Effect of germination on proteins, raffinose oligosaccharides, and antinutritional factors in the great northern beans (*Phaseolus vulgaris* L.).** J. Food Sci. 42:1796-1800.
- Sgarbieri, V.C. 1989. **Composition and nutritive value of beans (*Phaseolus vulgaris*).** World Rev. Nutr. Diet. 60:132-198.
- Singleton, V.L. and Kratzer, F.H. 1973. **Plant phenolics.** In "Toxicants occurring naturally in foods". Committee on Food Protection, N.R.C. National Academy of Sciences. Washington, D.C. USA. p. 327.
- Sotelo, A.; Contreras, E., and Flores, S. 1995. **Nutritional value and content of antinutritional compounds and toxics in ten wild legumes of Yucatan Peninsula.** Plant Foods Hum. Nutr. 47:115-123.
- Sousa, D.A. 1993. **Mexican leguminosae: Phytogeography, endemism and origins.** In Ramamoorthy TP, Bye R. Lot A, Fa, J. (eds), Biological diversity of Mexico: Origen and distribution. New York/Oxford: Oxford University. pp. 459-511.
- Torún, B. 1994. **Evaluación de la calidad de las proteínas.** X Congreso Latinoamericano de Nutrición. Dr. José María Benyoa. Conferencia Resúmenes. Caracas, Venezuela. p. 17.

- Turner, B.L. 1959. **The legumes of Texas**. University of Texas. Austin, Texas. USA. p. 28.
- Van der Poel, A.F.B. 1990. **Effect of processing on antinutritional factors and protein nutritional value of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.)**. *Animal Feed Sci. Tech.* 29:179-208.
- Vidal-Valverde, C., and Frias, J. 1991. **Legume processing effects on dietary fiber components**. *J. Food Sci.* 56(5):1350-1352.
- Vidal-Valverde, C.; Frias, J., and Esteban, R. 1992. **Dietary fiber in processed lentils**. *J. Food Sci.* 57(5):1161-1163.
- Vires, R.A. 1986. **Trees, shrubs, and woods vines of the southwest**. University Texas Press. Austin, Texas, USA. p. 514.
- Weaver, C.M.; Hearney, R.P.; Proulx, W.R.; Hinders, S.M., and Packard, P.T. 1993. **Absorbability of calcium from common beans**. *J. Food Sci.* 58(6):1401-1403.
- Wu, W.; Williams, W.P.; Kunkel, M.E.; Acton, J.C.; Wardlaw, F.B.; Huang, Y., and Grimes, L.W. 1994. **Thermal effects on *in vitro* protein quality of red kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.)**. *J. Food Sci.* 59(6):1187-1191.
- Yañez, E.; Lobos, P.; Diaz, G., and Ballester, D. 1986. **Effect of roasting on the chemical composition and protein quality of lupin seeds (*Lupinus albus* c.v. Multolupa)**. *J. Food Sci.* 51(5):1235-1238.
- Ziena, H.M.; Youssef, M.M., and El-Mahdy, A.R. 1991. **Amino acid composition and some antinutritional factors of cooked faba beans (Medammis): Effects of cooking temperature and time**. *J. Food Sci.* 56(5):1347-1349.



APENDICE A

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Tabla 1A. Valores F calculados mediante el análisis de varianza de dos factores (localidad y tratamientos) aplicado a la determinación de la composición proximal de los cotiledones de la semilla de ebano madura de tres localidades del estado de Nuevo León, México.

FUENTE DE VARIACIÓN	PROTEÍNA	GRASAS	FIBRA CRUDA	HUMEDAD	CENIZAS	EXTRACTO LIBRE DE N ₂
LOCALIDAD ^a	12.520**	29.183**	28.379**	2533.537**	0.418	119.986**
TRATAMIENTOS ^b	5.557*	60.907**	143.117**	154.346**	11.506**	5.609*
TOS ^c						
INTERACCIÓN	1.624	2.220	78.548**	2.108	0.226	9.359**

** Altamente significativo (P<0.01).

* Significativo (P<0.05).

^a Tres localidades: Municipios General Escobedo, General Terán y Marín.

^b Dos tratamientos: semilla madura cruda y semilla madura tostada.

Tabla 2A. Valores F calculados mediante el análisis de varianza de dos factores (localidad y tratamientos) aplicado a la determinación de la composición proximal de los cotiledones de la semilla de ebano tierna de tres localidades del estado de Nuevo León, México.

FUENTE DE VARIACIÓN	PROTEÍNA	GRASAS	FIBRA CRUDA	HUMEDAD	CENIZAS	EXTRACTO LIBRE DE N ₂
LOCALIDAD ^a	385.792**	226.768**	40.390**	58.860**	62.176**	25.120**
TRATAMIENTOS ^b	490.589**	2204.630**	82.404**	95.556**	291.351**	104.399**
INTERACCIÓN	12.416**	15.453**	48.178**	2.557*	3.187*	6.417*

** Altamente significativo (P<0.01).

* Significativo (P<0.05).

^a Tres Municipios: General Escobedo, General Terán y Marín.

^b Tres tratamientos: semilla tierna cruda, semilla tierna cocida con vaina y semilla tierna cocida sin vaina y sin testa.

Tabla 3A. Valores F calculados mediante el análisis de varianza, del factor tratamiento, aplicado a la determinación de la composición proximal de los cotiledones de la semilla madura (seca) de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.)-.

FUENTE	PROTEÍNA	GRASA	FIBRA CRUDA	HUMEDAD	CENIZAS	EXTRACTO LIBRE DE N ₂
ENTRE ^v						
TRATAMIENTOS	2.2070	13.0272**	10.1387**	0.4858	13.8553**	0.3315

^v Dos tratamientos: semilla madura (seca) cruda y semilla madura tostada.

** Altamente significativo (P<0.01).

Tabla 4A. Valores F calculados mediante el análisis de varianza de los factores tratamientos y resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey aplicada a las determinaciones de la composición proximal de los cotiledones de la semilla tierna de ebano.

FUENTE	PROTEÍNA	GRASA	FIBRA CRUDA	HUMEDAD	CENIZAS	EXTRACTO LIBRE DE N ₂
ENTRE						
TRATAMIENTOS ^{1/}	14.0294**	99.2057**	6.7847**	15.7134**	45.0830**	26.6811**
COMPARACIONES ^{2/}	1 2 3 a b b	1 2 3 a b b	1 2 3 a b a	1 2 3 a b b	1 2 3 a b c	1 2 3 a b b

^{1/} Tres tratamientos: (1) semilla tierna cruda, (2) semilla tierna cocida con vaina, (3) semilla tierna cocida sin vaina y sin testa.

^{2/} Dos tratamientos señalados con la misma letra en las comparaciones múltiples significa que son homogéneos.

** Altamente significativo (P<0.01).

Tabla 5A. Valores F, calculados mediante el análisis de varianza de dos factores (localidad y tratamientos) aplicado a las las determinaciones analíticas de compuestos antinutricionales de los cotiledones de la semilla de ebano madura (seca) de tres localidades del estado de Nuevo León, México.

FUENTE DE VARIACIÓN	TANINOS	INHIBIDORES DE TRIPSINA	FITATOS
LOCALIDAD ^a	99.900**	50.401**	5.111*
TRATAMIENTOS ^b	2023.336**	19624.031**	62.326**
INTERACCION	107.959**	15.714**	6.555*

** Altamente significativo (P<0.01).

* Significativo (P<0.05).

^a Tres localidades: Municipio General Escobedo, Municipio General Terán y Municipio de Marín.

^b Dos tratamientos: semilla madura cruda y semilla madura tostada.

Tabla 6A. Valores F, calculados mediante el análisis de varianza de dos factores (localidad y tratamientos) aplicado a las las determinaciones analíticas de compuestos antinutricionales de los cotiledones de la semilla de ebano tierna de tres localidades del estado de Nuevo León, México.

FUENTE DE VARIACIÓN	TANINOS	INHIBIDORES DE TRIPSINA	FITATOS
LOCALIDAD ^a	35.088**	0.891	71.466**
TRATAMIENTOS ^b	38372.343**	3852.343**	5439.346**
INTERACCIÓN	29.749**	1.498	35.512**

** Altamente significativo ($P < 0.01$).

^a Tres Municipios: General Escobedo, General Terán y Marín.

^b Tres tratamientos: semilla tierna cruda, semilla tierna cocida con vaina y semilla tierna cocida sin vaina y sin testa.

Tabla 7A. Valores F calculados mediante el análisis de varianza, del factor tratamiento, aplicado a las determinación de compuestos antinutricionales de los cotiledones de la semilla madura (seca) de ebano *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) -.



FUENTE	TANINOS	INHIBIDORES DE TRIPSINA	FITATOS
ENTRE ^{1/} TRATAMIENTOS	75.6859**	2873.7842**	28.2241**

^{1/} Dos tratamientos: semilla madura (seca) cruda y semilla madura tostada.

** Altamente significativo (P<0.01).

Tabla 8A. Valores F calculados mediante el análisis de varianza del factor tratamientos y resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey aplicada a las determinaciones de compuestos antinutricionales de los cotiledones de la semilla tierna de ebano. - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) -.

FUENTE	TANINOS			INHIBIDORES DE TRIPSINA			FITATOS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ENTRE TRATAMIENTOS ^{1/}	4445.2687**			3655.4851**			430.8698**		
COMPARACIONES ^{2/}	a	b	a	b	a	a	a	b	c

Tres tratamientos: (1) semilla tierna cruda, (2) semilla tierna cocida con vaina, (3) semilla tierna cocida sin vaina y sin testa.

^{2/} Dos tratamientos señalados con la misma letra en las comparaciones múltiples significa que son homogéneos.

** Altamente significativo (P<0.01).

Tabla 10A. Valores F, calculados mediante el análisis de varianza del factor localidad, y resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey de los porcentajes de reducción del contenido de ácido fítico y de la actividad de inhibidores de tripsina de los cotiledones de las semillas maduras de ebano, después de tostadas, colectadas en tres localidades del estado de Nuevo León, México.

FUENTE	ÁCIDO FÍTICO			INHIBIDORES DE TRIPSINA		
ENTRE LOCALIDADES ^{1/}	139.5607**			36.5834**		
COMPARACIONES MÚLTIPLES ^{2/} (TUKEY)	1	2	3	1	2	3
	a	b	b	a	b	a

^{1/} Localidad 1: Escobedo, Localidad 2: Terán, Localidad 3: Marín.

^{2/} Dos localidades señaladas con la misma letra en las comparaciones múltiples significan que son homogéneas en el % de reducción, al nivel 0.05.

**Altamente significativo (P<0.01).

Tabla 11A. Valores F calculados mediante el análisis de varianza de dos factores (localidad y tratamientos) aplicado a los porcentajes de reducción^{1/} del contenido de ácido fítico y de la actividad de los inhibidores de tripsina de los cotiledones de las semillas tiernas de ebano, de tres localidades del estado de Nuevo León, México; después de sometida a diferentes tratamientos.

FUENTE	ÁCIDO FÍTICO	INHIBIDORES DE TRIPSINA
LOCALIDAD ^a	3.237	3.640
TRATAMIENTOS ^b	232.125**	34.609**
INTERACCIÓN	13.482**	6.051**

** Altamente significativo (P<0.01).

^a Tres Municipios: General Escobedo, General Terán y Marín.

^b Dos tratamientos: Semillas cocidas con vaina y cocidas sin vaina y sin testa.

^{1/} Las variables fueron transformadas por arco-seno, previo al ANOVA.

Tabla 12A. Valores F calculados mediante el análisis de varianza del factor localidad, aplicado a los porcentajes de reducción del contenido de ácido fítico y de la actividad de los inhibidores de tripsina de los cotiledones de las semillas tiernas de ebano, colectadas en tres localidades del estado de Nuevo León, México.

FUENTE	ÁCIDO FÍTICO	INHIBIDORES DE TRIPSINA
ENTRE LOCALIDADES	0.0819 ^{1/}	2.2038 ^{1/}

^{1/} No significativos al nivel de probabilidad 0.05.

Tabla 13A. Valores F, calculados mediante el análisis de varianza del factor localidad, aplicado al contenido de fibra dietética total de los cotiledones de las semillas maduras y tiernas, crudas, de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - de tres localidades del estado de Nuevo León, México.

FUENTE	SEMILLAS MADURAS	SEMILLAS TIERNAS
ENTRE LOCALIDADES ^{1/}	0.321 ^{2/}	0.728 ^{2/}

^{1/} Tres localidades: Municipios de Escobedo, General Terán y Marín.

^{2/} No significativo al nivel de significancia 0.05.

Tabla 14A. Resultados del ANOVA y de las comparaciones múltiples de Tukey, aplicados al contenido de fibra dietética total de los cotiledones de las semillas tiernas de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - sometidas a tres tratamientos^{1/}.

FUENTE	VALOR F CALCULADO		
ENTRE TRATAMIENTOS	97.135**		
COMPARACIONES MÚLTIPLES ^{2/}	1	2	3
	a	b	c

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

^{1/} Tres tratamientos: (1) Semillas tiernas crudas; (2) semillas tiernas cocidas con vaina; (3) semillas tiernas cocidas sin vaina y sin testa.

^{2/} Dos tratamientos señalados con la misma letra significa que son homogéneos en cuanto al contenido de fibra dietética total.

** Altamente significativo (P<0.01).

Tabla 15A. Resultados de la prueba de Mann-Whitney-Wilcoxon para la comparación de la digestibilidad verdadera de la proteína de la semilla de ebano entre pares de tratamientos^{1/}.

TRATAMIENTOS COMPARADOS	VALOR "Z" CORREGIDO
S y R	- 3.3607**
S y P	- 0.9452
S y Z	- 3.0456**
S y W	- 3.3631**
R y P	- 3.3607**
R y Z	- 3.2557**
R y W	- 2.1020*
P y Z	- 1.4703
P y W	- 3.3631**
Z y W	- 3.3631**

** Altamente significativo (P<0.01).

* Significativo (P<0.05).

^{1/} Tratamientos de la semilla: S = madura cruda, R = madura tostada, P = tierna cruda, Z = tierna cocida con vaina y W = tierna cocida sin vaina y sin testa.

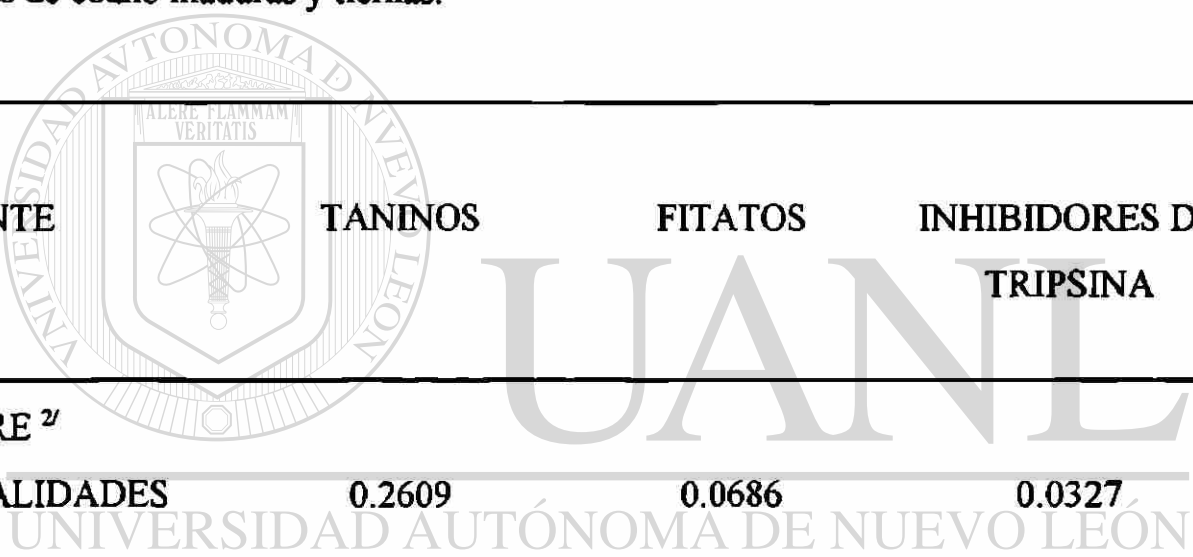
TABLA 16A. Valores F^{1/} calculados mediante el análisis de varianza del factor localidad, aplicado a la determinación de la composición proximal de los cotiledones de las semillas maduras y tiernas de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) -.

FUENTE	PROTEÍNA	GRASA	FIBRA CRUDA	HUMEDAD	CENIZAS	EXTRACTO LIBRE DE N ₂
ENTRE ^{2/}						
LOCALIDA- DES	0.0846	0.0906	0.5704	0.0076	0.0265	0.0945

^{1/} No significativo (P>0.05).

^{2/} Tres localidades: Municipios General Escobedo, General Terán y Marín.

TABLA 17A. Valores $F^{1/}$ calculados mediante el análisis de varianza del factor localidad, aplicado a la determinación de compuestos antinutricionales en los cotiledones de las semillas de ebano maduras y tiernas.



FUENTE	TANINOS	FITATOS	INHIBIDORES DE TRIPSINA
ENTRE ^{2/}			
LOCALIDADES	0.2609	0.0686	0.0327

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

^{1/} No significativo ($P > 0.05$).

^{2/} Tres localidades: Municipios General Escobedo, General Terán y Marín.



APÉNDICE B

• RESULTADOS DE ALGUNAS DETERMINACIONES ANALÍTICAS.

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

• PATRÓN DE REFERENCIA DE AMINOÁCIDOS ESENCIALES.

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 1B. Composición aminoacídica^{1/} de los cotiledones de la semilla de ebano - *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) - sometida a diferentes tratamientos.

AMINOÁCIDO (g/100 gr proteína)	TRATAMIENTO		
	MADURA CRUDA	TIERNA CRUDA	TIERNA [‡] COCIDA CON VAINA
<u>ESENCIAL</u>			
ISOLEUCINA	3.10	2.92	3.79
LEUCINA	6.18	5.96	5.57
LISINA	5.18	4.09	5.66
METIONINA	0.67	0.64	0.93
CISTINA	0.65	0.75	0.71
FENILALANINA	2.79	2.65	2.93
TIROSINA	3.75	3.52	3.50
TREONINA	4.15	2.70	4.46
TRIPTOFANO	0.71	0.57	— *
VALINA	4.17	4.82	3.98
HISTIDINA	1.76	1.75	2.23
<u>NO ESENCIAL</u>			
ÁCIDO ASPÁRTICO	8.25	8.29	8.07
SERINA	3.68	3.72	4.32
ÁCIDO GLUTÁMICO	11.31	11.58	11.07
GLICINA	3.70	3.04	4.37
ALANINA	3.21	2.95	3.04
ARGININA	5.35	4.98	5.16

^{1/} Obtenida por derivatización pre-columna con OPA y separación en fase reversa en HPLC.

[‡] Cocida a ebullición a la presión atmosférica durante 30 minutos.

* No se pudo cuantificar.

Tabla 2B. Patrón de referencia de requerimientos de aminoácidos esenciales.

AMINOÁCIDO ESENCIAL (mg/g proteína)	PATRÓN FAO/OMS/UNU 1991^{1/} (para niños pre-escolares)
ISOLEUCINA	28
LEUCINA	66
LISINA	58
METIONINA + CISTINA	25
FENILALANINA + TIROSINA	63
TREONINA	34
TRIPTOFANO	10
VALINA	35
HISTIDINA	19

^{1/} Citado por Alanís Guzmán (1995).

Tabla 3B. Cantidad de nitrógeno ingerido (N_i), nitrógeno fecal total (N_{Ft}), nitrógeno fecal endógeno (N_{Fend}), y % de digestibilidad verdadera en ratas alimentadas con la dieta S^{1/}.

No. Rata	N_i (mg)	N_{Ft} (mg)	N_{Fend} (mg)	Digestibilidad Verdadera (%)
1	464.80	88.92	15.08	84.11
2	485.34	183.81	15.74	65.37
3	541.34	106.36	17.56	83.59
4	565.61	118.84	18.35	82.23
5	466.67	89.39	15.14	84.08
6	390.14	112.32	12.66	74.45
7	470.41	94.83	15.26	83.08
8	485.34	124.71	15.74	77.54

^{1/} Elaborada en base a la harina de la semilla madura cruda de ebano.

Tabla 4B. Cantidad de nitrógeno ingerido (N_I), nitrógeno fecal total (N_{Ft}), nitrógeno fecal endógeno (N_{Fend}) y % de digestibilidad verdadera en ratas alimentadas con la dieta R^{1/}.

No. Rata	N_I (mg)	N_{Ft} (mg)	N_{Fend} (mg)	Digestibilidad Verdadera (%)
9	398.42	57.52	13.38	88.92
10	515.60	46.18	17.32	94.40
11	542.64	45.81	18.23	94.92
12	398.42	42.18	13.38	92.77
13	418.25	56.21	14.05	89.91
14	346.14	37.20	11.63	92.61
15	328.11	41.83	11.02	90.61
16	638.19	81.14	21.44	90.64

^{1/} Elaborada en base a la harina de la semilla madura tostada de ebano.

Tabla 5B. Cantidad de nitrógeno ingerido (N_I), nitrógeno fecal total (N_{Ft}), nitrógeno fecal endógeno ($N_{Fend.}$) y % de digestibilidad verdadera en ratas alimentadas con la dieta P^{1/}.

No. Rata	N_I (mg)	N_{Ft} (mg)	$N_{Fend.}$ (mg)	Digestibilidad Verdadera (%)
17	619.64	86.72	15.32	88.48
18	529.03	88.58	13.08	85.73
19	543.72	135.23	13.44	77.60
20	585.36	120.32	14.47	81.92
21	661.28	101.87	16.35	87.07
22	519.23	114.66	12.84	80.39
23	541.27	102.35	13.38	83.56
24	548.62	118.33	13.56	80.90

^{1/} Elaborada en base a la harina de la semilla tierna cruda de ebano.

Tabla 6B. Cantidad de nitrógeno ingerido (N_I), nitrógeno fecal total (N_{Ft}), nitrógeno fecal endógeno ($N_{Fend.}$) y % de digestibilidad verdadera en ratas alimentadas con la dieta Z^{1/}.

No. Rata	N_I (mg)	N_{Ft} (mg)	$N_{Fend.}$ (mg)	Digestibilidad Verdadera (%)
25	615.21	104.86	18.19	85.91
26	684.93	127.21	20.23	84.38
27	754.66	132.15	22.29	85.44
28	707.49	116.18	20.89	86.53
29	715.69	142.03	21.13	83.11
30	810.03	128.42	23.92	87.10
31	711.59	131.86	21.01	84.42
32	783.37	105.72	23.13	89.46

^{1/} Elaborada en base a la harina de la semilla tierna de ebano cocida con vaina.

Tabla 7B. Cantidad de nitrógeno ingerido (N_I), nitrógeno fecal total (N_{Ft}), nitrógeno fecal endógeno ($N_{Fend.}$) y % de digestibilidad verdadera en ratas alimentadas con la dieta W^{1/}.

No. Rata	N_I (mg)	N_{Ft} (mg)	$N_{Fend.}$ (mg)	Digestibilidad Verdadera (%)
33	929.48	78.36	24.10	94.16
34	773.02	52.09	20.04	95.85
35	1106.25	93.57	28.70	94.14
36	1039.25	108.57	26.95	92.15
37	838.41	83.00	21.74	92.69
38	973.86	64.59	25.25	95.96
39	1071.95	84.83	27.80	94.68
40	1067.28	70.77	27.68	95.96

^{1/} Elaborada en base a la harina de la semilla tierna de ebano cocida sin vaina y sin testa.

Tabla 8B. Cantidad de alimento ingerido, peso de las heces, % de nitrógeno excretado, nitrógeno fecal endógeno y mg de nitrógeno/gr de dieta ingerida en ratas alimentadas con la dieta control.

No. Rata	Peso alimento seco ingerido (g)	Peso heces secas (g)	% N excretado	N. fecal endógeno (mg)	mg N g dieta	mgN/g dieta (Promedio)
41	29.1	1.1345	1.2918	14.65	0.5034	
42	30.8	1.3890	1.3398	18.60	0.6039	
43	36.3	1.1762	1.8242	21.46	0.5911	
44	27.4	1.0518	1.7772	18.69	0.6821	0.6056
45	27.7	0.9339	1.4873	13.89	0.5014	
46	29.4	0.9939	1.8857	18.74	0.6374	
47	30.3	1.4076	1.3198	18.58	0.6132	
48	37.5	1.1755	2.2724	26.71	0.7123	

