

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Alimentos y Nutrición



**CONTENIDO DE HIERRO BIODISPONIBLE Y DE ACIDO ASCORBICO
EN VERDURAS AUTOCTONAS CRUDAS Y PROCESADAS**

IRMA YOHANNA GUILLEN KRISCHE

Trabajo de graduación presentado para optar
al grado académico de

Licenciatura en Ingeniería en Ciencias de Alimentos



Guatemala
1996

**CONTENIDO DE
HIERRO BIODISPONIBLE
Y DE
ACIDO ASCORBICO
EN VERDURAS AUTOCTONAS
CRUDAS Y PROCESADAS**

Us. Re.

Ricardo Bressani

(f) Dr. Ricardo Bressani Castiglioni

Asesor

Tribunales

Ricardo Bressani

(f) Dr. Ricardo Bressani Castiglioni

Patricia de Palermo

(f) Lic. Patricia Palacios de Palermo

Ana Silvia C de Ruiz

(f) Lic. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Fecha de aprobación: 18 de marzo de 1996

Agradecimiento:

Al Dr. Ricardo Bressani

A Lic. Rony Perez

A Fam. Gutierrez Krische

INDICE

	Páginas
. PREFACIO	ix
. RESUMEN	xii
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LA LITERATURA	2
A. Hierro: importancia en la dieta	2
Funciones	2
Absorción	4
Requerimientos	5
B. Estudios de biodisponibilidad del hierro ...	6
C. Medidas de biodisponibilidad del hierro	10
D. Importancia de la Vitamina C	11
E. Acido Ascórbico	11
Fuente	12
Química	12
Función bioquímica	13
F. Efectos del procesamiento de alimentos	13
Deshidratación	14
Escaldado	14
Cocción	15
G. Rol nutricional de los vegetales	16
Bledo	18
Quixtán	19
Hierba mora	20
Chipilín	21

H. Tabla No. 1	"Efectos de vitamina C en la absorción del vitamina C"	23
I. Tabla No. 2	"Composición química de vegetal no convencionales consumidos por la población rural de Guatemala"	24
III. OBJETIVOS		25
IV. HIPOTESIS		26
V. MATERIALES Y METODOS		27
Parte analítica		27
Equipo		28
Cristalería		29
Reactivos		31
Diseño experimental		30
Tamaño de muestra		31
Análisis estadístico		32
VI. RESULTADOS Y DISCUSION		35
VII. CONCLUSIONES		49
VIII. RECOMENDACIONES		50
IX. BIBLIOGRAFIA		52
APENDICE		
A. Tablas de resultados en verduras autóctonas		
1. Composición química		55
2. Contenido de Vit C en verduras frescas		56
3. Contenido de humedad		57
4. Contenido de proteína		58
5. Contenido de cenizas en hojas		59
6. Contenido de cenizas en caldo		60

7.	Contenido de hierro total y biodisponible en hojas	61
8.	Contenido de hierro total y biodisponible en caldo de cocción	62
9.	Contenido de vitamina C.....	63
10.	Contenido de Vit. C en verduras frescas cocidas	64
11.	Contenido de Vit C en caldo de cocción de verduras frescas cocidas	65
B.	Gráficas de resultados	
1.	Humedad en vegetales	66
2.	Proteína en vegetales	67
3.	Cenizas en vegetales	68
4.	Hierro total en vegetales	69
5.	Hierro biodisponible en vegetales	70
8.	Hierro total v biodisponible en bledo ...	71
9.	Hierro total y biodisponible en quixtan .	72
10.	Hierro total v biodisponible en n. mora .	73
11.	Hierro total v biodisponible en cnipilín	74
12.	Vitamina C en vegetales	75
C.	Análisis estadístico	76

PREFACIO

Las deficiencias nutricionales de hierro y Vitamina A son consideradas de gran importancia para la salud y bienestar de la población, en particular para la población joven de Guatemala. Se han implementado programas de fortificación de alimentos para que a través de esos modelos, esas deficiencias puedan ser corregidas. Sin embargo también se hacen esfuerzos para incrementar la ingesta de esos nutrientes de fuentes naturales como son, por ejemplo, las verduras autoctónas del país, entre ellas el chipilín, la hierba mora, el bleado o amaranto, el quixtan y otras.

Por lo general estas verduras reciben un tratamiento térmico húmedo previo a su consumo, el cual posiblemente altera el contenido de esos nutrientes y en particular el contenido biodisponible de esos nutrientes. La biodisponibilidad también depende de otros factores diferentes al procesamiento, factores que también son susceptibles a cambios por procesos térmicos, como es la vitamina C, de importancia para favorecer la utilización biológica del hierro.

El presente estudio se planificó con el propósito entonces de conocer el efecto de procesamiento térmico húmedo sobre el contenido de hierro biodisponible y sobre la estabilidad de vitamina C en verduras autóctonas.

RESUMEN

En este estudio se determinó la influencia de dos procesos de cocción, cocción en agua y escaldado sobre la biodisponibilidad del hierro en bledo (Amaranthus sp.), hierba mora (Solanum americanum), quixtán (Solanum wendlandii) y chipilín (Crotalaria longirostrata), así como sobre el contenido de vitamina C, nutriente que favorece la utilización biológica del hierro.

Todas las muestras fueron divididas en tres grupos: crudas, cocidas en agua y escaldadas con vapor de agua, que después de ser procesadas se deshidrataron con aire a 60 grados Centígrados y molieron para analizarlas por su contenido de humedad residual, proteínas, cenizas, hierro total, hierro biodisponible y vitamina C.

El contenido de hierro total fue de 8.4, 9.3, 14.0 y 28.5 % (en base seca) en quixtán, chipilín, hierba mora y bledo, y el hierro biodisponible de 46.4, 32.2, 57.4 y 36.8 % del total, respectivamente. Los procesos de cocción en agua y el escaldado no redujeron el hierro total, excepto en un 20 % en hierba mora. La cocción en agua redujo el hierro biodisponible a valores de 40.9, 26.0, 37.3 y 30.2 % en las verduras en el orden indicado, mientras que el escaldado redujo el hierro biodisponible a valores intermedios de 42.2, 28.1, 47.8 y 30.1 % del hierro total.

El caldo de cocción contenía 45.4, 44.8, 12.0 y 42.3 % del hierro total en las verduras, del cual 42.5, 39.5, 72.2 y 51.2 % era hierro biodisponible, que es mayor al de la verdura.

Las verduras contenían cantidades variables de vitamina C, siendo la hierba mora y el chipilín las de mayor contenido. La cocción en agua y el escaldado redujeron significativamente el contenido de vitamina C con retenciones entre 7.2 a 66.7 % del valor inicial.

De los datos de hierro biodisponible y vitamina C en verduras procesadas, se puede concluir que el escaldado es posiblemente más adecuado, sin embargo el consumo conjunto de la verdura cocida y el caldo de cocción ofrecen una mayor ingestión de hierro biodisponible.

I. INTRODUCCION

La anemia causada por deficiencia de hierro es un problema nutricional en muchas partes del mundo. Entre los factores responsables de la deficiencia de hierro, se ha demostrado que la baja biodisponibilidad de hierro dietético es uno de los más importantes. Lo anterior es especialmente cierto en lugares en donde la dieta de la población se basa casi exclusivamente en alimentos de origen vegetal. Es bien conocido el hecho de que la absorción de hierro no hemínico está influenciada por una variedad de promotores e inhibidores de absorción.

En Guatemala, una parte de la población consume verduras autóctonas, entre ellas bledo, hierba mora, quixtan y chipilín. Se han realizado algunos estudios que muestran que estas verduras contienen en su composición química muchos nutrientes indispensables en la dieta humana, pero se conoce poco sobre la biodisponibilidad de estos nutrientes y su estabilidad al procesamiento.

El propósito del presente trabajo es el de estudiar la influencia de diversas tecnologías de procesamiento del bledo, hierba mora, quixtan y chipilín, sobre la biodisponibilidad del hierro, así como sobre el contenido de Vitamina C, nutriente que favorece la utilización biológica del hierro.

II. REVISION DE LA LITERATURA

Hierro: importancia en la dieta

El hierro es uno de los elementos mas abundantes en la corteza terrestre, pero el organismo de un adulto normal que pesa 70 kg contiene únicamente 3-4 g de hierro (Martin, 1984).

Funciones

El principal uso del hierro en el organismo es en el transporte de oxígeno por la hemoglobina. Ambos iones, el ferroso y el férrico son insolubles a pH neutro y por lo tanto se requieren sistemas especiales para insertar estos iones en los sitios donde actúan. La carne de órganos, legumbres, melazas, mariscos y perejil son fuentes de hierro (Martin, 1984).

El hierro de la alimentación se encuentra predominantemente como ion ferrico, fuertemente unido a las moléculas orgánicas. En el estómago, donde el pH es de 4, el ión ferrico puede disociarse y reaccionar con sustancias de peso molecular bajo como fructosa, ácido ascórbico, ácido cítrico y aminoácidos para formar complejos que permitirán al ión ferrico permanecer soluble en el pH neutro del líquido intestinal. El hierro no se desprende del hem en el estómago sino que es llevado como tal al intestino (Martin, 1984).

El hierro juega un importante papel en el transporte de oxígeno de los pulmones a los tejidos, en el transporte de dióxido de carbono de las células a los pulmones y en el proceso de la respiración celular. Estudios realizados en animales experimentales y seres humanos demuestran que la anemia produce una reducción en la capacidad de trabajo, especialmente cuando las concentraciones de hemoglobina son inferiores a 10 g/dl. Otros estudios demuestran que sujetos anémicos que han recibido suplementación con hierro, mejoran su rendimiento físico (Viteri, 1984).

Hay evidencia que la deficiencia de hierro afecta la respuesta inmunológica y consecuentemente, aumenta la susceptibilidad a infecciones. Los niños con deficiencia de hierro presentan alteraciones en la función de linfocitos y neutrófilos, dos tipos de glóbulos blancos importantes en la defensa del organismo frente a infecciones. El hierro es esencial en el crecimiento de microorganismos, es parte integral de las enzimas y las proteínas inmunológicas (Vyas, 1982).

Diversos estudios realizados en niños entre 5 y 15 años han demostrado una mejor respuesta en las pruebas de desarrollo mental y capacidad cognoscitiva después de recibir suplementación con hierro (Dallman, 1990).

Existe suficiente información de estudios que indican que la deficiencia de hierro produce alteraciones en el desarrollo psicomotor y actividad intelectual (Dallman, 1990).

Se tienen evidencias de que este micronutriente contribuye en la conversión de B-caroteno en vitamina A, en la síntesis de purinas, en el aclaramiento de lípidos sanguíneos y en la desintoxicación del hígado por drogas. El hierro libre (porfirina) es útil también para la excreción de bilirrubina en el hígado, pues se convierte en bilirrubina (Krause, 1979).

Absorción

El hierro del hem es absorbido por la célula mucosa intestinal intacto y a continuación el hem es desintegrado y el hierro se libera dentro de la célula. El hierro que no procede del hem es absorbido en el estado ferroso. El ion ferroso se absorbe en la célula mucosa del duodeno y del yeyuno proximal y es rápidamente oxidado al estado férrico. El ion férrico es entonces fijado por una molécula intracelular transportadora. Dentro de la célula, la molécula transportadora libera el ion férrico a las mitocondrias y entonces, dependiendo del estado del metabolismo del hierro en el individuo, se distribuye el ion férrico en proporciones específicas a la apoferritina o a la apotransferrina. La apotransferrina se puede convertir en transferrina, la cual se encarga de transportar el hierro (Martín, 1984).

Requerimientos de hierro

La necesidad de hierro en un individuo depende de su

estado fisiológico. En niños se requieren cantidades suficientes para reponer las pérdidas corporales y para el crecimiento. Las reservas de hierro se agotan alrededor del cuarto mes en lactantes y a los dos o tres meses para prematuros. A consecuencia de esto, el lactante empieza a depender del aporte exógeno para mantener un estado nutricional adecuado. El requerimiento de hierro absorbido es de 0.4 mg/día y se incrementa en el segundo semestre a 0.53 mg/día (Stekel, 1982).

En el embarazo se necesita un total de 500 a 600 mg. adicionales debido a la formación de nuevos tejidos, tanto maternos como fetales. En esta etapa se forman los depósitos de hierro en el feto, los cuales son obtenidos de las reservas de la madre. En la lactancia, las fuentes dietéticas deben proveer hierro para cubrir las necesidades de la madre y también para la leche materna (DeMaeyer, 1991).

En adultos, los requerimientos dependen principalmente de las pérdidas corporales. Se ha estimado que las pérdidas de hierro por el intestino, la piel y la orina son cerca de 14 microgramos por kilogramo de peso al día (0.9 mg/día para hombres, 0.7 mg/día para mujeres). La mujer pierde más hierro desde el momento que empieza a tener menstruación, por lo que su requerimiento en la edad fértil es de 2.1 mg/día (INACG, 1977).

Estudios de biodisponibilidad de hierro

Para hablar de biodisponibilidad de hierro, primero se

debe conocer bien el significado de la palabra y su diferencia con otros términos como "utilización" o "absorción".

La absorción de hierro se define como el porcentaje del hierro ingerido que, después de la digestión del alimento, pasa por las células de la mucosa intestinal y llega a la sangre (Van Dokkum, 1991). La biodisponibilidad es el porcentaje de hierro ingerido que llega a ser disponible para la acción metabólica. Por lo tanto, la biodisponibilidad incluye la absorción del hierro, su transporte a los tejidos y su conversión en la forma fisiológicamente activa. La utilización abarca un paso más, pues incluye el metabolismo del hierro (Van Dokkum, 1991).

Durante cada etapa de su utilización, el hierro puede interactuar con otros componentes del alimento ingerido u otras sustancias contenidas en el tracto gastrointestinal. Estas interacciones influyen en la absorción, biodisponibilidad, y/o utilización del hierro de manera positiva o negativa. El resultado neto de estas reacciones es un estado del hierro que, generalmente, puede ser caracterizado como disponible o como no disponible para absorción. Esta "disponibilidad para absorción" es, cuantitativamente, el elemento más importante de la biodisponibilidad. Está claro que la mayoría de promotores o inhibidores de biodisponibilidad de hierro juegan un papel decisivo en la etapa de pre-absorción del mineral (Van Dokkum, 1991).

Está bien documentado que existen muchos factores que influyen en la biodisponibilidad del hierro. Son de particular interés los factores que juegan un papel durante la etapa de pre-absorción. Es sabido que ocurren varias interacciones, tales como la adsorción de hierro a macronutrientes, quelaciones del hierro con otros componentes e inclusiones. Además, también ocurren reducciones y oxidaciones del hierro. Un conocimiento del estado de valencia del hierro y del "ambiente" químico puede contribuir al entendimiento y predicción de la biodisponibilidad del hierro (Van Dokkum, 1991).

El término "especie" ha sido creado para determinar la forma química del hierro y otros minerales. Incluye el estado de valencia, los complejos hierro-ligando y los compuestos de hierro (Van Dokkum, 1991).

Está claro que la biodisponibilidad depende de la especie formada en el tracto gastrointestinal. La absorción de hierro hemínico casi no se ve influenciada por los factores que afectan la absorción del hierro no hemínico. Durante la digestión, el hierro no hemínico puede cambiar su estado de valencia y rápidamente formar quelatos. La fuerza del enlace hierro-quelante, la solubilidad del complejo, y los factores ambientales tales como pH y la presencia de otros compuestos quelantes (competidores), son decisivos para determinar si el hierro estará disponible al menos para ser absorbido por la mucosa intestinal (Van Dokkum, 1991). En general, la fuerza del enlace de un

ligando con el hierro puede contribuir a promover o inhibir la disponibilidad del hierro (Van Dokkum, 1991).

Para una óptima absorción, el hierro debe estar disponible en una forma soluble en la parte intraluminal del tracto intestinal. Para la mayoría de los factores dietéticos que influyen en la disponibilidad para absorción, significa que tienen una influencia directa o indirecta en la solubilidad del hierro. A pesar de que son varios factores distintos los que influyen en la biodisponibilidad del hierro, hay que recordar que muchas de las interacciones entre los diversos componentes del alimento ocurren al mismo tiempo. Por lo tanto, los efectos de varios de los factores pueden contrabalancearse durante el proceso de digestión (Van Dokkum, 1991).

Diversos estudios de biodisponibilidad de hierro han señalado a varias sustancias como promotoras o inhibidoras de absorción de hierro. Entre las sustancias promotoras se pueden mencionar el ácido ascórbico, cisteína e histidina, el ácido cítrico y fructosa. Por otro lado, oxalatos, polifenoles (taninos), fitatos y fibra dietética han sido señalados como inhibidores de absorción de hierro (Van Dokkum, 1991 y Cook, 1983).

Diversos estudios han sugerido que los polifenoles (taninos) tienen un fuerte efecto inhibidor de la absorción de hierro. Se cree que los compuestos con estructura polifenólica son responsables por la disponibilidad reducida de hierro debido a la formación de complejos insolubles

(tanatos) (Disler, et al. 1975 ; Rao y Prabhavathi, 1980; Lynch, et al. 1984). Rao y Prabhavathi (1980) estudiaron el efecto del contenido de taninos sobre la cantidad de hierro ionizable de diversas legumbres y encontraron que si se desechaba la cascara de las semillas (que es donde se encuentran más concentrados los taninos), la reducción en el nivel de taninos causaba un aumento en el nivel de hierro ionizable.

Respecto de los fitatos, a pesar que está bien documentado el hecho de que estos compuestos pueden interferir de gran manera con los metales divalentes, su efecto sobre la disponibilidad de hierro es todavía un tema controversial (Van Dokkum, 1991). A pesar que se han hecho muchas investigaciones, han aparecido numerosos resultados opuestos. Mientras algunos autores reportan un efecto inhibitor de absorción de hierro, otros reportan un efecto nulo (Maga, 1982). Por el hecho que los fitatos se encuentran más que todo en cereales y legumbres, que son alimentos que contienen cantidades apreciables de fibra dietética, se ha sugerido que es la fibra y no los fitatos el principal responsable de la baja disponibilidad de hierro en estos alimentos (Van Dokkum, 1991).

El efecto posible de los fitatos en la disponibilidad de hierro está influenciado fuertemente por la presencia de otros metales divalentes, que pueden formar precipitados insolubles de hierro-metal-fitato (Van Dokkum, 1991).

Medida de la biodisponibilidad del hierro

La forma más confiable de determinar la biodisponibilidad del hierro en un alimento consiste en medir la absorción de hierro usando el método de etiquetado extrínseco (extrinsic tag) (Narasinga y Prabhavathi, 1978). Este y otros métodos "in vivo" que existen tienen varios inconvenientes, ya que generalmente son caros y consumen mucho tiempo (Narasinga y Prabhavathi, 1978).

Los métodos "in vitro" tienen la ventaja de que son bastante más rápidos y baratos. Se han desarrollado varios métodos, de los cuales el más confiable hasta ahora parece ser el encontrado por Narasinga y Prabhavathi (1978). El método se basa en el desprendimiento de hierro ionizable, de alimentos sujetos a un tratamiento con pepsina-HCl a un pH de 1.35, seguido de un ajustamiento del pH a 7.5, simulando las condiciones prevalentes en el estómago e intestino (Narasinga y Prabhavathi, 1978). Los detalles del método se explican más adelante en el trabajo.

En un estudio de biodisponibilidad de hierro en varias legumbres, Lynch et al. (1984) midieron la absorción de hierro en humanos por el método de etiquetado extrínseco. Los resultados indicaron que en general, las legumbres son fuentes pobres de hierro biodisponible. Los porcentajes de absorción fueron todos bajos, estando en el rango de 0.84 % para el frijol negro común hasta 1.66 % para el frijol de soya.

Importancia de la Vitamina C

Debido a que la presencia de sustancias inhibidoras en las dietas a base de cereales constituye un factor dietético muy importante para la absorción del hierro, se recomienda el consumo de alimentos ricos en vitamina C como una manera eficaz y económica de mejorar el estado de hierro entre las familias de bajos ingresos. La vitamina C aumenta la absorción del hierro en la alimentación. (vease el cuadro No. 1 sobre los efectos de vitamina C en las dietas vegetarianas).

Las frutas y legumbres constituyen una buena fuente de vitamina C. De hecho, algunas proporcionan tanta vitamina C como β -caroteno.

En el estudio de Basta et al. (1974) en Indonesia, el equivalente de 3 centavos de dólar en la compra principalmente de hojas verdes proporciona suficiente hierro disponible (3-5 mg), además de pequeñas cantidades de proteína y de las vitaminas A y C. Esto fue suficiente para corregir la anemia a pesar de la presencia continua de anquilostomiasis en la población estudiada.

Acido ascórbico

El ácido ascórbico, conocido también como vitamina C, es aquella cuya ausencia da origen al escorbuto. Esta enfermedad, antes tan común entre los marinos, se

caracteriza por la tendencia a sangrar y el aparecimiento de cambios patológicos en dientes y encías.

Fuente: Durante mucho tiempo se sabía que los frutos frescos y las verduras son excelentes fuentes antiescorbúticas. Los cereales y las legumbres secos prácticamente no contienen vitamina C. Las semillas secas están desprovistas en general de vitamina C. pero como resultado de la germinación (al humedecerlas y calentarlas ligeramente) aparece la vitamina (Harrow, 1976).

Son muy buenas fuentes de vitamina C los frutos cítricos (naranja, uvas, limón, etc) y las plantas verdes de ensalada. Los vegetales foliáceos verdes contienen cantidades apreciables, aunque al guisarlos se producen pérdidas (Harrow, 1976).

Química: El aislamiento y la caracterización del ácido ascórbico requirió la labor de muchos investigadores durante un periodo largo. Zilva preparó una forma de la vitamina pura y muy activa, pero no era cristalina. Szent-Gyorgyi aislaron el compuesto cristalino de la planta pàprica y le llamaron ácido hexurónico. Luego, King lo aisló del jugo de limón (Harrow, 1976).

La sustancia pura es ópticamente activa, es soluble en agua y es un reductor muy fuerte. Se oxida fácilmente en el aire, en especial en presencia de indicios de iones metálicos, como Cu (++) ó Fe (+++).

Función Bioquímica: El ácido ascórbico interviene en reacciones de hidroxilación y en el transporte de electrones en la fracción microsómica. En esta fracción celular se halla presente una oxidasa de NAD que requiere ácido ascórbico para su actividad. Se necesita ácido ascórbico y ATP en la reacción que conduce a separación de Fe (+++), fuertemente enlazado, de la transferrina del plasma y la incorporación de este hierro en la ferritina tisular (Harrow, 1976).

Efectos del procesamiento de alimentos

La mayoría de los alimentos sufre un proceso de transformación previo a su consumo por parte de la población. El procesamiento tiene como finalidad no sólo mejorar y adaptar las características de aceptabilidad reclamadas por el consumidor, sino también conservar por un tiempo más prolongado sus características nutricionales y mejorar sus condiciones sanitarias, para que sean consumidos cuando se necesiten. Tan sólo estos tres objetivos del procesamiento de alimentos, tanto a nivel del hogar como a nivel industrial, muestran las grandes implicaciones de naturaleza económica, alimentario-nutricional y de salud de esta actividad (Elias, 1989).

Deshidratación de alimentos

El secado ha sido, desde los tiempos más remotos, un medio de conservación de los alimentos. Su aplicación en la forma más sencilla se aprendió sin duda mediante la observación de la naturaleza.

Una amplia escala de cambios químicos pueden tener lugar durante la deshidratación de los alimentos, junto con los cambios físicos. Con frecuencia estos cambios ocurren sólo en determinados productos, pero algunos de los principales tienen lugar en casi todos los alimentos sometidos a la deshidratación, y el grado en el que ocurren depende de la composición del alimento y la severidad del método de secado.

Las reacciones de encafecimiento pueden deberse a cualquiera de las causas usuales, inclusive las oxidaciones enzimáticas de los polifenoles y de otros compuestos susceptibles, en los casos en donde no se han inactivado las enzimas oxidantes (Potter, 1973).

Escaldado

El escaldado es un tipo de pasteurización que se emplea generalmente en las frutas y hortalizas con el fin principal de inactivar enzimas naturales. Esta práctica es común en los casos donde los productos van a ser congelados, ya que

la congelación en sí no detendría completamente la actividad enzimática. Según el grado en que sea aplicado, el escaldado también destruye algunos microorganismos (Potter, 1973).

En el proceso de escaldado se usa el vapor de agua como medio de transferencia de calor. Como es de esperarse, la pérdida de vitaminas solubles en agua, aumenta al incrementar el tiempo de contacto con el vapor de agua, y las vitaminas liposolubles no son afectadas, aunque, generalmente, se ha observado una gran retención de nutrientes solubles en agua cuando se utiliza vapor (Karmas, 1977).

Cocción

Cuando los alimentos vegetales son cocinados, la pérdida de nutrientes varía de acuerdo al tipo de alimento, la estabilidad del nutriente, la cantidad de agua utilizada para cocinar, el tiempo de cocción y el tipo de equipo.

Se han reportado resultados de estudios sobre el efecto de la preparación de alimentos sobre las vitaminas y minerales y se ha comprobado que el ácido ascórbico ha sido el más sensible de todos los nutrientes. Se ha encontrado que el caroteno ha sido la vitamina más estable, con una retención de casi 100 en la mayoría de los casos. Las retenciones más bajas de caroteno que se han encontrado, han sido del 33 en hojas verdes de repollo cocinado (Karmas, 1977).

Debido a su solubilidad en agua, la retención de minerales en vegetales cocinados ha sido entre 50 y 100%. Al usar mayor cantidad de agua en la cocción, la pérdida de minerales es mayor (Karmas, 1977).

Rol Nutricional de los Vegetales.

Los vegetales son una excelente fuente de vitaminas, particularmente niacina, riboflavina, tiamina y vitaminas A y C. También son fuente de minerales tales como calcio y hierro, aunque en algunos casos estos no son completamente disponibles para el organismo humano (Goodard, 1979).

Los vegetales están representados por cualquier parte comestible de una planta herbácea. Para el propósito de esta investigación, le daremos mayor atención a las hojas, particularmente a las que son consumidas por las poblaciones rurales de los países en desarrollo.

Las hojas son muy atractivas química y nutricionalmente más que cualquier otra parte de la planta, excepto por la semilla. Estas son, sin embargo, bajas en contenido de materia seca (una importante fuente de nutrientes concentrados). Las hojas tienen relativamente alto contenido de proteína vegetal y fibra cruda. Un alimento común del área rural en Guatemala es el constituido por maíz nixtamalizado conteniendo hojas de chipilin (Crotalaria longitostrata), conocido comúnmente como "Tamalito de

Chipilín" , que contiene alto contenido de lisina, debido al chipilín y que compensa el aminoácido limitante de la calidad de la proteína del maíz (Bressani, 1983).

Las hojas de bledo y chipilín contienen bajo contenido de aminoácidos sulfurados. Con la adición de metionina se aumenta la calidad de la proteína acerca de 79 % . Sin embargo, los vegetales son usados como fuente de proteína, ellos pueden ser usados para producir jugos y concentrados de proteínas. Su principal rol en la nutrición es que ellos contribuyen con las vitaminas de la dieta. Aunque es difícil realizar una evaluación del valor nutricional de los vegetales , debido a que necesitan mucho tiempo para su realización y el uso de evaluaciones bioquímicas, algunos resultados son mostrados en la tabla No 2 (pag. 24).

Los vegetales también pueden ser usados exitosamente para ayudar a reducir las deficiencias de hierro, debido a su alto contenido de vitamina C. Por ejemplo, en un estudio realizado por Hallberg, en 1982, la inclusión de hojas frescas a las hamburguesas y puré de papas, aumentó la absorción de hierro nonheme de 0.36 a 0.66 mg. No todo este efecto es debido al ácido ascórbico pero este tiene una útil función. El contenido de ácido ascórbico, debe ser considerado en los programas de educación vegetal (Bressani, 1983).

Los vegetales también contienen caroteno en cantidades relativamente altas , los que deben ser incrementados, si es posible, a través de programas de educación.

Existen muchas opciones que pueden ayudar a reducir los problemas de desnutrición. El problema es, naturalmente, mas serio para los niños en crecimiento y para las mujeres embarazadas y con niños lactantes. Las mejores soluciones son ofrecidas por la ingesta de cereales y legumbres que ofrecen una buena calidad nutricional. Los vegetales también pueden utilizarse como suplemento de cereales y pueden contribuir a la absorción de nutrientes de origen vegetal.

En Guatemala, una parte de la población rural consume alimentos de origen vegetal, entre ellos bledo, también conocido como amaranto (Amaranthus). quixtan (Solanum wendlandii), chipilin (Crotalaria longirostrata) . hierba mora (Solanum americanum), también conocida como quilete o macuy y otros. La mayoría de estas verduras son consumidas en forma de caldos, fritos y algunos en ensaladas. El chipilin se utiliza comúnmente para elaboración de tamalitos.

Bledo (Amaranthus caudatus)

Comunmente es cultivado en varias formas, en jardines para ornamento, también como semilla de jardines, entre plantaciones de maíz, asimismo crece en lugares silvestres.

Entre los lugares de nuestro país donde se cultiva esta: Alta Verapaz, Izabal, Jutiapa, Zacapa, Retalhuleu, Sacatepéquez, Chimaltenango, Quetzaltenango, San Marcos,

Huehuetenango y probablemente es encontrado, al menos en un jardín de todos los departamentos. Está ampliamente distribuido en los trópicos de ambos hemisferios, pero principalmente en los cultivos del trópico americano. Su habitat original es desconocido.

La planta de bleo mide aproximadamente 60 cm de alto, puede ser simple o con ramificaciones, sus hojas son ovaladas o rombico-ovaladas, de 4-12 cm. de largo y de 2-8 cm. de ancho. Las ramas y hojas son de color verde o verde morado o rojo.

La semilla de bleo es usada en Cobán, Alta Verapaz para hacer dulce con panela, llamado poroc. En México es usada para hacer atol.

Quixtán (Solanum wendlandii)

Es cultivado para ornamento en: El Petén, Zacapa, Chiquimula, Guatemala. Sacatepequez. Quetzaltenango, Jutiapa, Santa Rosa, Retalhuleu, Suchitepequez, San Marcos. También se cultiva en la parte Sur de México hasta Costa Rica, en la Indias Orientales y en América del Sur.

La plantación de Quixtán tiene forma de enredadera y es distinguida por las espinas que contiene en sus ramas y hojas, posee un amplio y superficial lóbulo en el limbo.

El quixtán se cultiva en todos los países de Centro América, pero se cree que es nativo únicamente de Costa

Rica. En Guatemala se encuentra frecuentemente en las montañas del centro y del este, pero también es común observar su cultivo en todas partes del país. La planta comúnmente se produce en abundancia. En Retalhuleu es conocido como Ixtán y en El Salvador es conocido como Elisa.

Hierba Mora (Solanum americanum)

Se cultiva en Chimaltenango. Jutiapa. Alta Verapaz (conocida como macuy), Santa Rosa (quilete). El Petén, Zacapa, Baja Verapaz. Sacatepequez, Chimaltenango, Huehuetenango. Escuintla, Retalhuleu, San Marcos. También se han observado cultivos de hierba mora en Estados Unidos, México, Centro y Sur América.

Es una hierba perenne. Mide un metro de alto o menos, sus hojas pueden observarse en pares o solitarias y difieren en tamaño y forma, generalmente son de color verde o verde morado, algunas hojas suelen tener espinas pequeñas. Las hojas varían de 3.5 - 1.4 cm. de largo y de 1.5 a 5.5 cm. de ancho. Algunas ramificaciones poseen flores pequeñas.

En Guatemala, la hierba mora es consumida por gran cantidad de la población en su alimentación y es muy común encontrarla en la mayoría de los mercados.

Chipilín (Crotalaria longirostrata)

Se cultiva en El Petén, Alta Verapaz, El Progreso, Zacapa, Jalapa, Jutiapa, Santa Rosa, Escuintla, Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango, Huehuetenango y San Marcos. También en la parte Sur de Estados Unidos y en México.

Es una planta anual, pero frecuentemente persiste por mas de un año. Es erecta, algunas veces muy ramificada, usualmente mide un metro de alto. es de color rojo oscuro y verde. Sus hojas son elípticas u ovaladas y de color verde. miden de 1 a 3 cm. de largo.

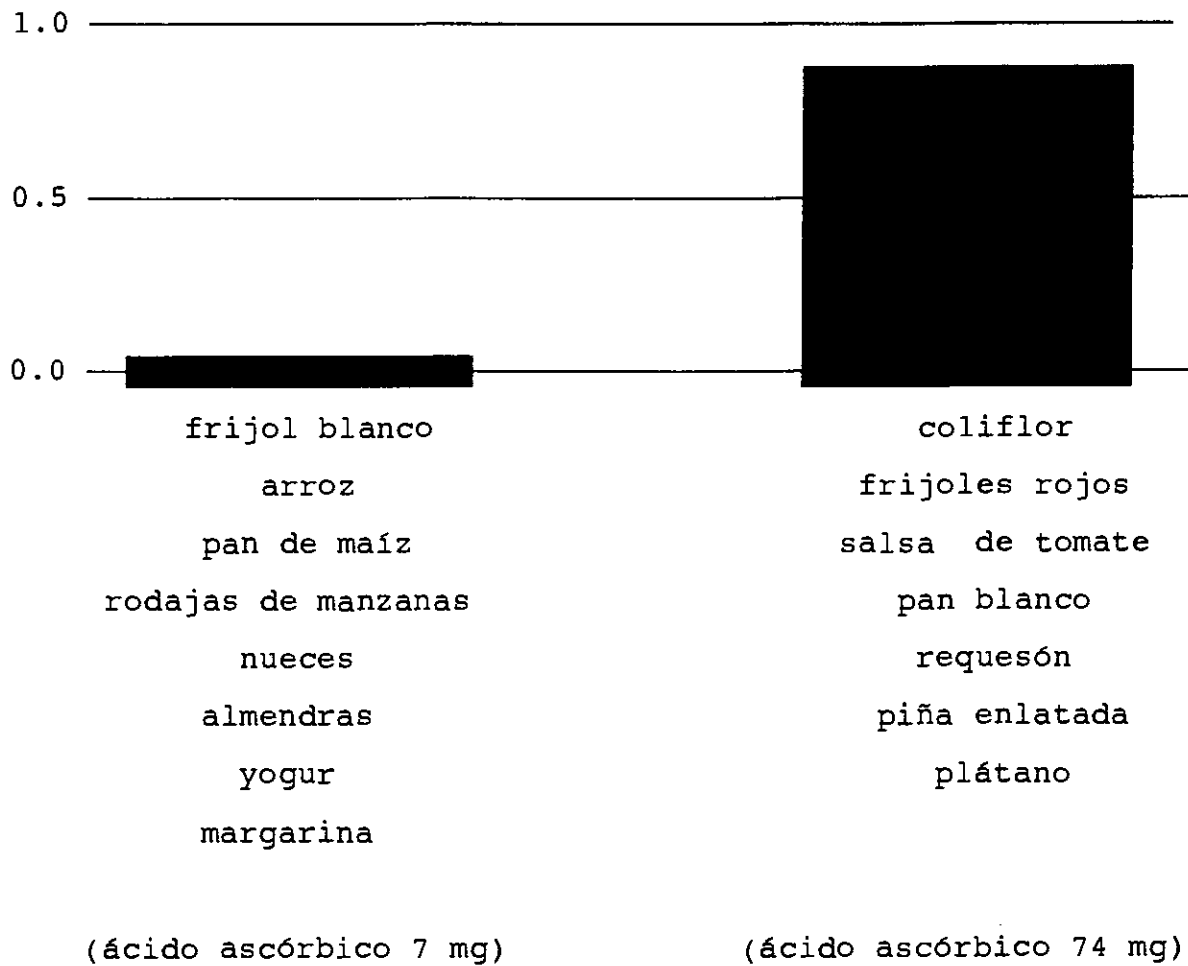
Esta es una planta alimenticia muy importante en Guatemala. Las hojas son cocinadas y consumidas como las espinacas y en muchas otras variedades de alimentos. Se puede encontrar facilmente en los mercados, debido a que crece en forma espontanea en algunos jardines y plantaciones de maiz, pero generalmente las plantas crecen en jardines como los otros vegetales.

El nombre "chipilín" es de derivación Nahuatl. Asimismo existe el toponimo Los Chipilines en Huehuetenango. En Escuintla, Chipilapa, significa lugar donde el chipilín es abundante.

Se ha establecido que cuando la planta es comida, esta algunas veces produce somnolencia, debido a que algunas de estas especies contienen pequeñas cantidades de alcaloides. En Guatemala las raíces son consideradas venenosas y son mezcladas, algunas veces, con maiz o masa de maiz y se

colocan en los campos para envenenar a los animales que producen daños en los cultivos. En la región de Jocotán (Chiquimula), las hojas de chipilín son utilizadas como purgante o vomitivo.

EFECTOS DE LA VITAMINA C
 EN LA ABSORCION DEL HIERRO DE DIETAS VEGETARIANAS
 (contenido de hierro de 5-8 mg)



Fuente: Hallberg, citado en INACG, 1983

TABLA No. 2

**COMPOSICIÓN QUÍMICA DE VEGETALES NO CONVENCIONALES
CONSUMIDOS POR LA POBLACIÓN RURAL EN GUATEMALA**

Vegetal	Humedad (%)	Proteína (%)	Hierro (mg)	Vit. C (mg)	Vit. A (mcg)
Bledo	86.0	3.7	5.6	65	1600
Hierba Mora	85.0	5.0	9.9	61	230
Chipilín	81.6	7.0	4.7	100	3065
Quixtan *	85.8	8.3	---	---	---

* Publicaciones de INCAP

Datos tomados de Food Composition Table for use in Latin America.

III. OBJETIVOS

A. Generales

1. Determinar el efecto de la cocción de verduras autóctonas de Guatemala sobre la biodisponibilidad del hierro y el contenido de ácido ascórbico.

b. Específicos

1. Establecer el contenido de hierro total y hierro biodisponible y el de vitamina C en 4 verduras autóctonas de Guatemala.
2. Determinar los cambios en el contenido de hierro biodisponible y de vitamina C en verduras autóctonas de Guatemala sometidas a dos sistemas de cocción.
3. Establecer el contenido de hierro biodisponible y de Vitamina C en el agua de cocción de las 4 diferentes verduras.
4. Evaluar la recuperación de hierro biodisponible y de vitamina C con base en los métodos de cocción y establecer la relación entre estos dos micronutrientes.
5. Crear incentivos en la población guatemalteca para que consuma productos locales de bajo costo y alto valor nutritivo y recomendar métodos de cocción.

HIPÓTESIS

Los procesos de cocción no disminuyen la biodisponibilidad del hierro presente en las verduras autóctonas.

IV. MATERIALES Y METODOS

Parte analítica

Se realizaron analisis de:

- Humedad: utilizando metodo gravimétrico.

Las muestras se secaron en el horno a una temperatura de 130 grados Centigrados durante 1 hora.

- Proteinas: utilizando metodo de Kjendhall.

Se tomó un gramo de muestra y se le realizo el proceso de digestión. luego se destiló y tituló para determinar el contenido de nitrógeno. Con el factor de conversión (6.25) se obtuvo el valor de la proteina.

- Cenizas: utilizando metodo de incineración.

El contenido de cenizas se determinó pesando el residuo de un gramo de muestra, después de haber estado durante 5 horas en la mufia a una temperatura de 550 grados Centigrados.

- Hierro Total: utilizando método descrito en AOAC usando Absorción Atómica.

Se incineró un gramo de muestra y se disolvió en ácido. La determinación de hierro se realizó

leyendo directamente la muestra en el espectrofotómetro de absorción atómica.

- Hierro Biodisponible: Utilizando método in vitro descrito por B.S. Narasinga y T. Prabhavathi.

La muestra se disolvió en una solución de pepsina y ácido clorhídrico ajustándola a un pH de 7.5. El hierro ionizable o biodisponible se determinó en el filtrado de pH 7.5 por el método de AOAC. Todas las muestras fueron leídas finalmente en el espectrofotómetro de absorción atómica.

- Vitamina C: Utilizando método de titulación con 2,6-dicloroindofenol.

La muestra a analizar se disolvió en una solución de $\text{HPO}_4 - \text{HClAc}$ y se tituló hasta que la muestra viró de incolora a rosa pálido durante la titulación. El contenido de vitamina C se determinó utilizando la fórmula dada en el método descrito en AOAC.

Equipo

- | Balanza mecánica Triple Beam. Ohaus. 2610 gr.
- | Deshidratador Snackmaster, 2400. American Harvest
- | Refrigeradora General Electric
- | Molino al vacío Udy
- | Mufla Type 4800. Therylone Sybron

1 Horno Fisher Scientific Isotemp. Modelo 6306
1 Aparato de Microjendall
2 Estufas. Stirrer Hot Plate Corning
1 Desecadora Pyrex
1 Aparato de digestión
1 Centrifuga
1 Espectrofotómetro de Absorción Atómica
1 Baño térmico
1 Horno al vacío
1 Balanza Analítica
1 Espátula
6 Embudos Buchner
Papel filtro

Cristalería

6 Cajuelas de numeración
12 Frascos de vidrio obscuro
6 Erlenmeyer 125 ml. Pyrex
1 Bureta 50 ml. Pyrex
1 Bureta 25 ml. Pyrex
6 Beaker 200 ml. Pyrex
12 Beaker 250 ml. Pyrex
6 Beaker 400 ml. Pyrex
1 Probeta 50 ml.
1 Probeta 10 ml.

4 Pipetas volumétricas de 0.5 , 1, 2, 3 ml
12 Balones aforados 100 ml
12 Balones aforados 50 ml
12 Balones aforados 25 ml
6 Embudos de vidrio. Pyrex

Reactivos

Acido Sulfúrico
Sulfato de Potasio
Acido Bórico
Verde de Bromocresol
Rojo de Metilo
Etanol
Hidróxido de Sodio
Acetona
Eter de Petróleo
Acido Clorhídrico
Pepsina
Acido Metafosfórico
Agua desionizada
Catalizador Kjendahl
Acido Acético
Acido Ascórbico USP 01/146
Bicarbonato de Sodio
Azul de Timol

2,-6, dicloroindofeno!

Diseño experimental.

Unidad experimental:

Se analizaron hojas de: Amaranto,
Hierba Mora,
Quixtán y
Chipilín.

Las hojas se recolectaron de diferentes cultivos de una misma región, realizando el siguiente procedimiento con cada una de ellas: se:

- Tomaron aproximadamente 3 kilogramos de hojas frescas.
- Colocaron en refrigeración para su transportación.
- Limpiaron las muestras, eliminándole hojas dañadas y basura que pudiera contener.
- Lavaron las hojas con agua desionizada o desmineralizada.
- Separaron la muestra en tres porciones de igual tamaño.
- Con las tres porciones separadas se realizó lo siguiente: se:
 - Dejó una porción cruda
 - Cocció la segunda porción en agua desionizada

(aproximadamente 300 ml de agua), durante 15 minutos.

- Escaldó la tercera porción con vapor de agua, durante 10 minutos.
- Deshidrató cada una de las muestras (cruda, cocida y escaldada) en el deshidratador de bandejas a temperaturas entre 115-130 grados Fahrenheit.
- Molió cada una de las muestras, hasta obtener harina.
- Realizar en triplicado cada uno de los análisis de humedad, cenizas, proteína, hierro, hierro biodisponible y vitamina C para cada una de las muestras.

Tamaño de muestra

Para cada análisis se tuvieron 12 muestras y cada una se trabajó en triplicado.

Análisis estadístico

Los datos que se obtuvieron en el estudio fueron sometidos a uno o varios de los siguientes métodos estadísticos:

- a. Rechazo de datos sospechosos: El método consiste en calcular la divergencia entre los resultados mas altos y

más bajos de una serie. Esta se divide entonces entre la diferencia entre el dato sospechoso y su vecino más cercano para obtener el coeficiente Q. Si el valor de este es mayor que el de un Q crítico, el dato sospechoso se rechaza (Mendenhall, 1986).

- b. Cálculo de la desviación estandar: Se calcula mediante la fórmula

$$s = \sqrt{\Sigma(X_i - m) / (N-1)} \quad , \quad \text{donde}$$

X_i = dato i de la serie de datos:

m = media de la serie:

N = número total de medidas

(Mendenhall, 1986).

- c. Regresión lineal: Sirve para obtener la ecuación de la recta de una serie de datos relacionados linealmente. Varios métodos de análisis se basan en regresiones lineales (Mendenhall, 1986).

- d. Análisis de varianza: Los ANDEVA se utilizan para averiguar si existen diferencias significativas entre datos obtenidos. El objetivo de esta prueba es tanto analizar la variación de las respuestas, como identificar variables independientes importantes en el estudio y determinar cómo afectan los resultados. El nivel de significancia utilizado fue de 0.05. El tipo de análisis de varianza que se utilizó fue el de

comparación de más de dos medias para un diseño completamente aleatorio.

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En muchas comunidades de Guatemala se cultivan y se consumen algunas verduras autóctonas que pueden ofrecer soluciones a nuestros problemas y deficiencias nutricionales, por lo que se hace necesario conocer su composición química y nutricional para poder aprovechar de una forma mas eficiente los recursos que nos ofrece nuestra naturaleza.

Con el fin de contribuir a difundir las soluciones nutricionales, especialmente para el aprovechamiento del hierro, se realizo el estudio en las verduras: bledo, quixtán, hierba mora y chipilín, bastante populares en la dieta del guatemalteco.

Caracterización de la materia prima.

Se realizó el análisis químico de las verduras crudas para poder conocer la diferencia existente entre cada una de ellas. Con el fin de reducir la variabilidad en contenido por efectos del medio de cultivo todas las verduras fueron colectadas de una misma región y tratadas de la misma manera.

Sin embargo, es importante indicar que las verduras se recolectaron de su habitat natural, tal y como lo hace la población rural que las consume, ya que no existen siembras

formales de las mismas. La recolección se llevó a cabo de 7 a 9 a.m. y luego se almacenaron bajo refrigeración para su traslado al laboratorio.

Como puede observarse en la tabla No.1 , todas las verduras crudas presentan variaciones en cuanto a su composición química.

Inicialmente se realizó el análisis de humedad de las hojas frescas y pudo notarse que el porcentaje de agua que cada una de las verduras presenta es alta, entre 83.0 a 89.0 % . Aunque varía de una a otra, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ellas. La variación observada puede ser debido a su estado de maduración, estado fisiológico y a la ubicación en el terreno (si es húmedo o seco) del cual fueron recolectadas.

De los resultados obtenidos notamos que en las verduras frescas, el quixtan reporto el valor mas alto de humedad (89.09 %). Esta hoja tiene una textura rígida y gruesa.

La textura de las hojas de bleo, hierba mora y chipilin es un poco más suave y bastante similar entre si, por lo que la varianza de la humedad entre ellas fue de ± 0.97 y los valores fueron de 83.34 , 84.84 y 83.02 % , respectivamente.

Los datos obtenidos de humedad para las cuatro verduras son bastante similares a los reportados en las tablas de composición química de alimentos (INCAP).

El contenido de humedad es muy importante en un alimento, debido a que está relacionado inversamente con el contenido de materia seca, que también es de importancia económica y nutricional. El contenido de agua es un indicador de la estabilidad del alimento.

En la investigación, también se realizó el análisis de humedad residual de las hojas después de deshidratarlas y molerlas, para poder tener una base estándar al expresar los resultados analíticos de proteína, cenizas, hierro y vitamina C que se realizaron a todas las muestras.

En las verduras deshidratadas vemos que los porcentajes de humedad cambian respecto de las verduras frescas. Aquí notamos que el quixtán tiene el valor más bajo de humedad (4.09%), mientras que en las muestras frescas tenía el valor más alto (89.09 %). Esto puede explicarse con base en el tiempo de deshidratación, debido a que para lograr una mayor remoción de agua y lograr una mayor estabilidad de la harina de quixtán, se dejó deshidratar por mayor tiempo que las demás verduras, debido a que sus hojas eran más grandes y gruesas. El bledo, hierba mora y chipilín se dejaron el mismo tiempo en el deshidratador por su similitud de textura, pero las hojas de chipilín son más delgadas y

pequeñas por lo que se logró una mayor remoción de agua y se obtuvo un valor de humedad más bajo (4.15%). El bledo y la hierba mora muestran valores similares.

Según los resultados obtenidos, las cuatro verduras contienen, con base en la humedad residual, un alto porcentaje de proteína, variando de un 30.77 % en el bledo a un 37.33 % en el quixtán. Estos valores son similares a los informados en la literatura. Es importante hacer notar que estos valores de proteína son bastante atractivos nutricionalmente, ya que el maíz contiene 9 % y el frijol 22 % en las mismas bases de humedad. La proteína que nos ofrecen los vegetales es mucho más accesible para las personas de escasos recursos y al consumirla estarían obteniendo la mayoría de los aminoácidos necesarios para el crecimiento de una fuente mucho más económica. Se ha demostrado que estas proteínas suplementan eficientemente a la proteína en los cereales y dietas de cereal/leguminosa (Bressani, 1983).

Para medir la proteína se utilizó el método de Kjendahl, por lo que el análisis se basó en la medición de nitrógeno. Los resultados obtenidos no pueden ser considerados como proteína verdadera debido a que no todos los compuestos nitrogenados son proteínas. Además del nitrógeno proteico, el nitrógeno puede derivarse de amidas, aminas, purinas, pirimidinas y compuestos cuaternarios nitrogenados. Sin embargo, la presencia de compuestos

nitrogenados no proteicos es , como regla, muy pequeña comparada con el contenido de nitrógeno de proteína de la mayoría de vegetales.

En cuanto al contenido de cenizas puede notarse que es bastante alto en todas las plantas comparado con el contenido de cenizas de otros alimentos. Los frijoles contienen un poco más del 4 % de cenizas, mientras que el quixtan reportó un 17 % y el valor mas bajo se obtuvo con el chipilin (7.01 %). Se sabe que las cenizas son el residuo inorgánico de la incineración de los compuestos orgánicos y el contenido va a depender de la capacidad de la planta en absorber y translocar los minerales del suelo y depositararlos en la hoja.

El contenido de cenizas es un parametro util para determinar el valor nutricional de un alimento, que generalmente está constituido de minerales, tanto elementos mayores como de micro-elementos.

Los valores de cenizas de las cuatro verduras son relativamente altos, debido a que la mayoría de legumbres, además de contener hierro, también están compuestas de potasio, calcio y fósforo y pequeñas concentraciones de sodio, cobre, magnesio y otros (Pomeranz, 1982). Todos estos elementos minerales son esenciales para el sistema biológico de las plantas e indispensables en la dieta

humana. Es importante notar que la determinación de cenizas se realizó a 550 grados Centígrados, mientras que a 450 grados Centígrados parte del hierro se podría volatilizar como cloruro férrico (Gorsuch, 1959).

En algunas frutas y verduras se ha notado que el contenido de cenizas es inversamente proporcional al contenido de humedad y si observamos los resultados de la tabla 1 podemos notar que las verduras que reportaron mayor porcentaje de humedad tienen menor contenido de cenizas, con excepción del chipilín, que presenta un porcentaje de humedad baja y también su contenido de cenizas es bajo, posiblemente esta verdura contiene menor cantidad de minerales.

A todas las verduras crudas se les determinó el contenido de hierro total. Con la excepción de hierro total en el bledo los valores para las otras 3 verduras se encontró en niveles bajos cuando se expresaron con base en el contenido de humedad de la verdura en estado fresco. No se puede dar una explicación de éste hecho, que podrá ser un resultado causado por la edad de la hoja, la disponibilidad del hierro en el suelo y otros factores ambientales en donde se encontraba la planta al momento de ser cosechada. Se descartó el método analítico ya que todas las muestras fueron analizadas en triplicado y todas las muestras, tanto crudas como procesadas se analizaron al mismo tiempo. El análisis de hierro incluyó el hierro

biodisponible y pudo observarse que no todo el hierro que contienen es apto para ser absorbido. Se sabe que el hierro que se encuentra en los alimentos de origen vegetal es el hierro no-hemínico o hierro inorgánico y el que tiene más dificultades para ser absorbido.

El bledo reportó 28.5 mg de Fe en 100 gr de muestra, pero de este, sólo el 36 % es biodisponible.

De las cuatro verduras crudas analizadas, la hierba mora presentó el mayor porcentaje de hierro biodisponible (51 %).

El quixtán reportó el menor porcentaje de hierro total (8.4 %). aunque de este, el 46 % es biodisponible.

El chipilin presentó la más baja biodisponibilidad del hierro (32 %).

Estas diferencias en la biodisponibilidad in vitro pueden atribuirse al alto contenido de fibra que poseen las verduras, y posiblemente también al contenido de oxalatos y polifenoles (taninos) y fitatos, ya que se han encontrado en niveles de hasta 5 % en peso en algunas legumbres (Markakis, 1975). Todos estos compuestos tienen la capacidad de ligar el hierro en forma que no es biológicamente activo.

En las muestras se determinó el contenido de vitamina C

y debido a que las muestras fueron deshidratadas, molidas y luego almacenadas en frío durante un periodo de 3 meses, antes de realizarse los análisis, se obtuvieron valores bajos en todas las verduras, debido a que la vitamina C es bastante sensible al calor y la luz, aunque para protegerlas de este último factor, las muestras se almacenaron en recipientes correctamente cerrados y protegidos de la luz.

Para observar el efecto del proceso de deshidratación sobre el contenido de la vitamina C, también se realizaron análisis de las verduras frescas crudas y se obtuvieron valores más altos (ver tabla 2). Los materiales deshidratados de las verduras frescas dieron valores de vitamina C similares a los valores en fresco por lo que se puede concluir que la deshidratación no reduce el contenido de vitamina C y que los valores bajos del cuadro 1, se debe más bien al almacenamiento.

Efecto de Procesamiento.

Debido a que el bledo, quixtan, hierba mora y chipilin, generalmente son cocinados antes de ser consumidos, se evaluó el efecto del proceso de cocción y escaldado sobre cada uno de los nutrientes analizados.

Se notó que cuando las verduras fueron cocinadas, en este caso, con agua y vapor de agua, ocurrieron cambios

físicos y químicos. Se asume que se llevaron a cabo numerosas reacciones, basándose en el cambio de apariencia, textura, color y olor que las verduras presentaron.

Como resultado de los cambios en la estructura celular, todas las verduras presentaron una apariencia suave cuando se cocinaron, sin importar por cuál de los dos métodos, esto debido a que durante la cocción las células se contraen, se rompen o se separan.

Es importante hacer notar que las verduras fueron cocinadas durante 15 minutos, siendo este un tiempo un poco alto comparado con el tiempo que las amas de casa generalmente utilizan para la cocción de estas mismas verduras, por lo que los datos de los nutrientes analizados en esta investigación pueden considerarse un poco bajos a los que realmente consume la población.

De los resultados de la tabla 3 y de la fig. 1, podemos notar que en la mayoría de verduras, el contenido de humedad residual fue similar entre procesos. En el proceso de cocción, las verduras se cocinaron directamente en agua durante 15 minutos y aunque se utilizó agua desionizada para evitar mayores reacciones, se sabe que debido al calor y a la presencia de agua pudieron ocurrir cambios en las sustancias pecticas (hidrólisis de pectinas), por lo que la apariencia se observó suave. También pudieron haber cambios

en la celulosa y ácidos volátiles que hacen variar el color y sabor de los vegetales cocinados.

Comparando el método de cocción en agua con el escaldado, en este último las verduras no estuvieron en contacto directo con el agua, sino únicamente con el vapor y el tiempo de exposición fue más corto que el cocido, por lo que posiblemente no se logró el rompimiento total de las células, sino que pudo ser que únicamente se provocó un hinchamiento. Esto podría traducirse a una capacidad de mayor retención del agua.

Al observar el contenido de proteína (tabla 4 y fig.2), las cuatro verduras disminuyeron el contenido de este nutriente al cocinarse. La pérdida en el contenido de proteínas puede deberse a la lixiviación de compuestos nitrogenados que no son proteínas, pero que el análisis químico (determinación de N) las detecta. Aunque no reduce el contenido de proteína, la cocción posiblemente induce reacciones entre la proteína y los azúcares presentes y hace que se produzca un encafecimiento que pudo observarse en todas las hojas cocinadas.

Al escaldar las muestras en el bleco y la hierba mora, el contenido de proteína disminuyó en comparación con las cocidas, mientras que en el quixtán y chipilín aumentó. Aquí es importante notar que el grado de destrucción de un

nutriente va a depender de las condiciones y severidades del proceso al que se someta, así como también a los compuestos nitrogenados no proteicos que pueda contener. El tiempo de exposición del escaldado fue menor y el contacto con el agua no fue directo, por lo que no hubo más lixiviación de éstos que cuando se cocinaron en agua. Aquí nuevamente podemos demostrar que las cuatro verduras son diferentes, en su comportamiento en relación al contenido de proteína total.

Se han realizado varios estudios que reconocen que el valor nutritivo de las proteínas cambia al ser tratadas con calor y muchas de ellas han demostrado disminución, aunque unas pocas han aumentado.

El contenido de cenizas del bleo, quixtán, hierba mora y chipilin disminuye durante el proceso de cocción, tanto por cocción en agua como por escaldado (tabla 5 y fig 3). Esto podría explicarse porque la ceniza generalmente está formada de sales que se disuelven fácilmente en el agua, y por lo tanto, se pierden en el agua de cocción. Esto podemos asumirlo, al observar los datos en la tabla 6. Las cantidades en el bleo son diferentes y puede ser debido al contenido en la verdura fresca así como también a la forma química en que se encuentra en los tejidos vegetales.

El contenido de cenizas en las verduras escaldadas disminuye en un rango mucho menor que las cocidas. Esto

debido a que nuevamente el contacto con el agua no fue directo y, por lo tanto, la pérdida fue menor. En el caso del bledo, se observó que aumentó el contenido de cenizas. Posiblemente, esto es un efecto de concentración por pérdida de compuestos orgánicos solubles en la hoja.

En el análisis de hierro total (tabla 7 y fig. 5), observamos que las variaciones entre cada uno de los procesos no es significativa. todas las verduras presentan entre sí variaciones muy pequeñas.

Según los resultados (tabla 7 y fig. 6), la biodisponibilidad del hierro se ve afectada por los métodos de cocción, ya que se observó que las verduras crudas presentaron un mayor porcentaje de biodisponibilidad, mientras que las cocidas y escaldadas tienen una biodisponibilidad similar, pero menor.

También puede notarse que parte del hierro se solubiliza en el agua de cocción (tabla 8) y en este caso se notó que la biodisponibilidad es mucho más alta que en las hojas cocidas. Se obtuvieron valores de hasta 72.22 % de biodisponibilidad en la hierba mora, aunque en el caldo únicamente se tenía el 26.6 % de la cantidad de hierro que contenía la verdura cocida, por lo que se hace necesario indicar que para poder obtener la mayor cantidad de hierro biodisponible es importante consumir tanto las hojas como el

caldo.

Debido a que durante los procesos de cocción existen pérdidas en nutrientes, y aunque el contenido de hierro total permaneció estable al cocer la verdura, la biodisponibilidad del hierro disminuyó (fig. 7), posiblemente debido a que la absorción de este mineral está ligada a diversos factores tales como azúcares, aminoácidos, fibra y otros factores que se pierden o cambian durante el proceso de cocción. También pueden ocurrir oxidaciones y cambio de valencia del hierro y llegar a formar quelatos con los demás compuestos químicos de las verduras, ya que para que este sea absorbido debe estar disponible en forma soluble.

En todas las verduras y en todos los procesos de cocción, el contenido de hierro biodisponible es mucho menor que el contenido de hierro total. (fig. 7, 8, 9 y 10). Esto debió a que el hierro en las plantas, generalmente está presente en forma insoluble, formando complejos con el ácido fítico, fosfatos y carbonatos y su biodisponibilidad va a depender principalmente de esos factores, tanto como de la cantidad de fibra dietética que poseen y que se sabe que es alta.

Con base en una recomendación de 15 mg. de Fe/persona, podrían 100 gr. secos de las verduras aportar entre el 17 al

58 % de esa cifra.

Experimentalmente también se analizó el contenido de vitamina C en las cuatro verduras al cocinarlas y se comprobó que las cuatro verduras crudas poseían mayor cantidad de vitamina C que las cocidas y escaldadas (tabla 8 y fig. 11) ya que se sabe que esta vitamina es bastante sensible a las temperaturas altas.

Para observar únicamente el efecto de cocción, se tomaron dos verduras frescas y se cocinaron, se observó que el contenido de vitamina C se perdía grandemente (tabla 10) y también que en el caldo de cocción se encontraba presente una cantidad muy pequeña de vitamina C, pero no se recuperaba totalmente la pérdida.

VI. CONCLUSIONES

- A. El bledo, hierba mora, quixtán y chipilin contienen en base seca entre 8.4 a 28.8 mg. de hierro total por 100 gramos.
- B. El hierro biodisponible varió entre 3.0 a 10.5 mg/100 gr. (en base seca), equivalente a 32 a 51 % del hierro total.
- C. Los métodos de cocción en agua y escaldado (cocción en vapor) no cambian el contenido de hierro total, pero reducen el hierro biodisponible.
- D. El método de cocción en agua indujo un poco más de pérdida en hierro biodisponible que el de escaldado, pero no significativamente.
- E. El caldo de cocción en agua contenía hierro con una biodisponibilidad mayor a la de la verdura, particularmente en hierba mora.
- F. Las muestras de verduras frescas contenían altas cantidades de vitamina C que se redujeron por procesamiento.

VII. RECOMENDACIONES

- A. Debido a la variabilidad que se encontró en el hierro total y biodisponible es recomendable en futuros estudios disponer de muestras de verduras bajo cultivo formal.
- B. Para ingerir la mayor cantidad de hierro biodisponible se recomienda consumir el caldo y la verdura.
- C. Siempre que sea posible se recomienda consumir las verduras crudas para obtener la mayor cantidad de hierro biodisponible.
- D. Ya que el ácido ascórbico es muy importante en la bioutilización del hierro, el manejo de las muestra y los efectos de procesamiento deben estudiarse con más detalle.
- E. Aunque el método in vitro para el estudio de la biodisponibilidad del hierro es aceptable, es recomendable hacer pruebas bajo las mismas condiciones con seres vivos.
- F. Con base en la importancia de estas y otras verduras autóctonas para la población, es recomendable ampliar

los estudios para establecer mejor su potencial nutricional.

- G. Seria útil emplear estas verduras para desarrollar un producto comercial en el mercado (p.ej. sopas) y aprovechar todos los nutrientes que nos proporciona.

IX. BIBLIOGRAFIA

Charley, H. Tecnología de Alimentos. 1a. Edición.
Editorial Limusa. México. 1991.

Bressani, R. World Needs for Improved Nutrition and the Role
of Vegetables and Legumes. Publicaciones AVRDC.
Taiwan. 1983.

Dallman PR, MA Siimes, A. Stekel. Iron deficiency in
infancy and childhood. Am. J. Clin. Nutr. 33:86-118.
1980.

DeMaever EM. Preventing and Controlling Iron Deficiency
Anemia Through Primary Health Care. World Health
Organization. Genova. 1989.

Desnosier, N. Conservación de Alimentos. 2da. Edición.
Editorial Continental. México. 1991.

Goodard, M.S. and R.H. Matthews. Current Knowledge of
nutritive values of vegetables. Food Technol. 33:71-
73. 1983.

Hallberg, L. and L. Rossander. Absorption of iron from
Western type lunch and dinner meals. Amer. J. Clin.

Nutr. 35:502-509. 1982.

INACG. Guidelines for the Eradication of Iron Deficiency Anaemia. A Report of the International Nutritional Anaemia Consultative Group. Washington. 1985.

Karmas, E., K. Harris. Nutritional Evaluation of Food Processing. 2da. Edición. Editorial AVI. USA. 1977.

Krause M. y L. Mahan. Food, Nutrition and Diet Therapy. W.B. Saunders Company. Montreal, Canada. 1979.

Kluwer Academic Publishers. 1994. Fibre Constituents of some foods. Plant Foods for Human Nutrition. 45:343-347.

Mendenhall, W. Estadística Matemática con Aplicaciones. Editorial Iberoamerica. Mexico. 1986.

Narasinga, B. T. Prabhavathi. 1978. An in vitro method for predicting the bioavailability of iron from foods. Am. J. Clin. Nutr. 31: 169-175.

Potter, N. La Ciencia de los Alimentos. Editorial Haria. Mexico. 1978.

Rodriguez, D.. J. Amaya. 1992. Estado actual de los métodos analíticos para determinar provitamina A. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 42:180-189.

Sidney Williams. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists. 14 th Ed. Edited by Sidney Williams. Association of Analytical Chemist. USA. 1984.

Standley, P., L. Williams. 1973. Flora of Guatemala. Publicado por Field Museum of Natural History. USA. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 42:180-189.

Van Dokkum. W. Significance of Iron Bioavailability for Iron Recommendations. Biological Trace Elements Research. 35:1-11. 1991.

Viteri F y B Torún. Anaemia and physical work capacity. Clin. Haematol., 3:609-24. 1974.

TABLAS DE RESULTADOS

TABLA No. 1

ANALISIS QUIMICO DE VERDURAS AUTOCTONAS CRUDAS

(peso seco)

VERDURA	HUMEDAD (%)		PROTEINA (%)	CENIZAS (%)	Fe TOTAL (mg/100 g.)	Fe BIODISPONIBLE (mg/100 g.)	VIT. C (mg/g)
	Fresco	Seco					
BLEDO	83.34±0.1	6.27±0.9	30.77 ± 0.7	14.27 ± 0.2	28.50 ± 0.5	10.50 ± 0.7	0.42 ± 0.01
QUIXTAN	89.09±0.2	4.09±0.6	37.33 ± 0.0	17.03 ± 0.1	8.40 ± 0.2	3.90 ± 0.1	0.77 ± 0.02
HIERBA MORA	84.84±0.1	7.29±0.4	37.04 ± 1.5	10.78 ± 0.1	14.00 ± 1.0	7.20 ± 0.4	3.52 ± 0.05
CHIPILIN	83.02±0.1	4.15±0.5	36.46 ± 0.3	7.01 ± 0.0	9.30 ± 0.1	3.00 ± 0.2	4.85 ± 0.07

Tabla No. 2

CONTENIDO DE VITAMINA "C" EN VERDURAS AUTOCTONAS

FRESCAS CRUDAS

(mg vitamina / gr muestra)

Verdura	Peso fresco	Peso seco
Bledo	1.33 ± 0.1	1.42 ± 0.1
Quixtán	1.71 ± 0.3	0.98 ± 0.3
Hierba Mora	1.27 ± 0.3	1.38 ± 0.3
Chipilín	1.43 ± 0.2	1.48 ± 0.2

Tabla No. 3

CONTENIDO DE HUMEDAD EN VERDURAS AUTOCTONAS

DESHIDRATADAS

(%)

Verdura	Cruda	Cocida	Escaldada
Bledo	6.27 ±0.9	6.64 ±0.7	6.89 ±0.9
Quixtán	4.09 ±0.6	4.03 ±0.3	4.48 ±0.7
Hierba Mora	7.29 ±0.4	7.12 ±0.7	7.29 ±0.6
Chipilín	4.15 ±0.5	4.91 ±0.4	5.02 ±0.3

Tabla No. 4

CONTENIDO DE PROTEINA EN VERDURAS AUTOCTONAS

DESHIDRATAS

(%)

Verdura	Cruda	Cocida	Escaldada
Bledo	30.77 ±0.7	29.75 ±1.1	28.15 ±1.5
Quixtán	37.33 ±0.0	34.71 ±0.3	35.29 ±0.9
Hierba Mora	37.04 ±1.5	36.75 ±1.4	34.42 ±1.5
Chipilín	36.46 ±0.3	34.71 ±0.9	35.88 ±0.0

Tabla No. 5

CONTENIDO DE CENIZAS EN VERDURAS AUTOCTONAS

DESHIDRATAS

(%)

Verdura	Cruda	Cocida	Escaldada
Bledo	14.27 ±0.17	11.67 ±0.36	16.43 ±0.04
Quixtán	17.03 ±0.10	8.52 ±0.07	14.92 ±0.05
Hierba Mora	10.78 ±0.11	4.29 ±0.03	9.94 ±0.05
Chipilín	7.01 ±0.01	3.39 ±0.02	6.96 ±0.03

Tabla No. 6

CONTENIDO DE CENIZAS EN CALDO DE COCCION DE VERDURAS
AUTOCTONAS

Verdura	(%)
Bledo	0.42 ± 0.005
Quixtán	0.69 ± 0.005
Hierba Mora	0.85 ± 0.003
Chpilín	0.39 ± 0.003

Tabla No. 7

CONTENIDO DE HIERRO EN VERDURAS AUTOCTONAS

DESHIDRATADAS

(mg/100 gr)

Verdura	Proceso	Fe total	Fe Biodisponible
Bledo	crudo	28.5 ± 0.5	10.5 ± 0.7 = 37 %
Bledo	cocido	29.1 ± 0.1	8.8 ± 0.6 = 30 %
Bledo	escaldado	28.2 ± 0.2	8.5 ± 0.5 = 30 %
Quixtán	crudo	8.4 ± 0.2	3.9 ± 0.1 = 46 %
Quixtán	cocido	8.8 ± 0.3	3.6 ± 0.0 = 41 %
Quixtán	escaldado	8.3 ± 0.3	3.5 ± 0.1 = 42 %
Hierba Mora	cruda	14.0 ± 1.0	7.2 ± 0.4 = 51 %
Hierba Mora	cocida	15.0 ± 0.0	5.6 ± 0.2 = 37 %
Hierba Mora	escaldada	11.3 ± 0.1	5.4 ± 0.0 = 48 %
Chipilín	crudo	9.3 ± 0.1	3.0 ± 0.2 = 32 %
Chipilín	cocido	9.6 ± 0.0	2.5 ± 0.1 = 26 %
Chipilín	escaldado	9.6 ± 0.2	2.7 ± 0.1 = 28 %

Tabla No. 8

CONTENIDO DE HIERRO EN CALDO DE COCCION DE VERDURAS

AUTOCTONAS

(mg/100 gr)

Verdura	Fe total	Fe biodisponible
Bledo	12.3 ± 0.1	6.3 ± 0.1 = 51 %
Quixtán	4.0 ± 0.2	1.7 ± 0.1 = 42 %
Hierba Mora	1.8 ± 0.2	1.3 ± 0.2 = 72 %
Chipilín	4.3 ± 0.1	1.7 ± 0.1 = 39 %

Tabla No. 9

CONTENIDO DE VITAMINA "C" EN VERDURAS AUTOCTONAS

DESHIDRATADAS

(mg vitamina / gr muestra)

Verdura	Cruda	Cocida	Escaldada
Bledo	0.42 ± 0.01	0.28 ± 0.05	0.28 ± 0.03
Quixtán	0.77 ± 0.02	0.42 ± 0.01	0.35 ± 0.01
Hierba Mora	3.52 ± 0.05	0.28 ± 0.02	0.42 ± 0.03
Chipilín	4.85 ± 0.07	0.42 ± 0.06	0.35 ± 0.05

Tabla No. 10

CONTENIDO DE VITAMINA "C" EN VERDURAS AUTOCTONAS

FRESCAS COCIDAS

(mg vitamina / gr muestra)

Verdura	Peso fresco	Peso seco
Quixtán	0.36 ± 0.10	1.80 ± 0.01
Chipilín	0.14 ± 0.05	0.83 ± 0.05

Tabla No. 11

CONTENIDO DE VITAMINA "C" EN CALDO DE COCCION
DE VERDURAS AUTOCTONAS

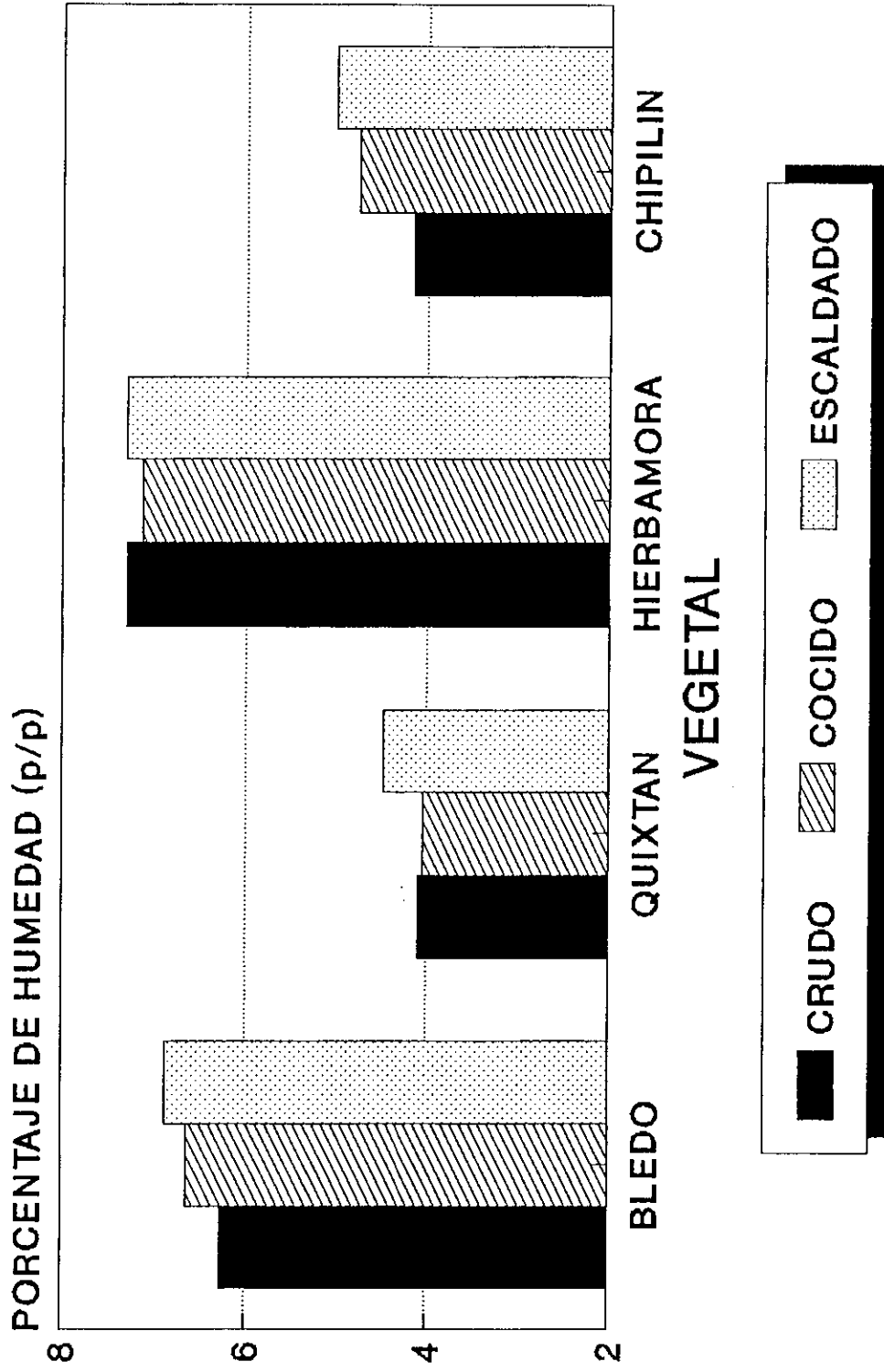
Verdura (mg vitamina / gr muestra)

Quixtán 0.11 ± 0.05

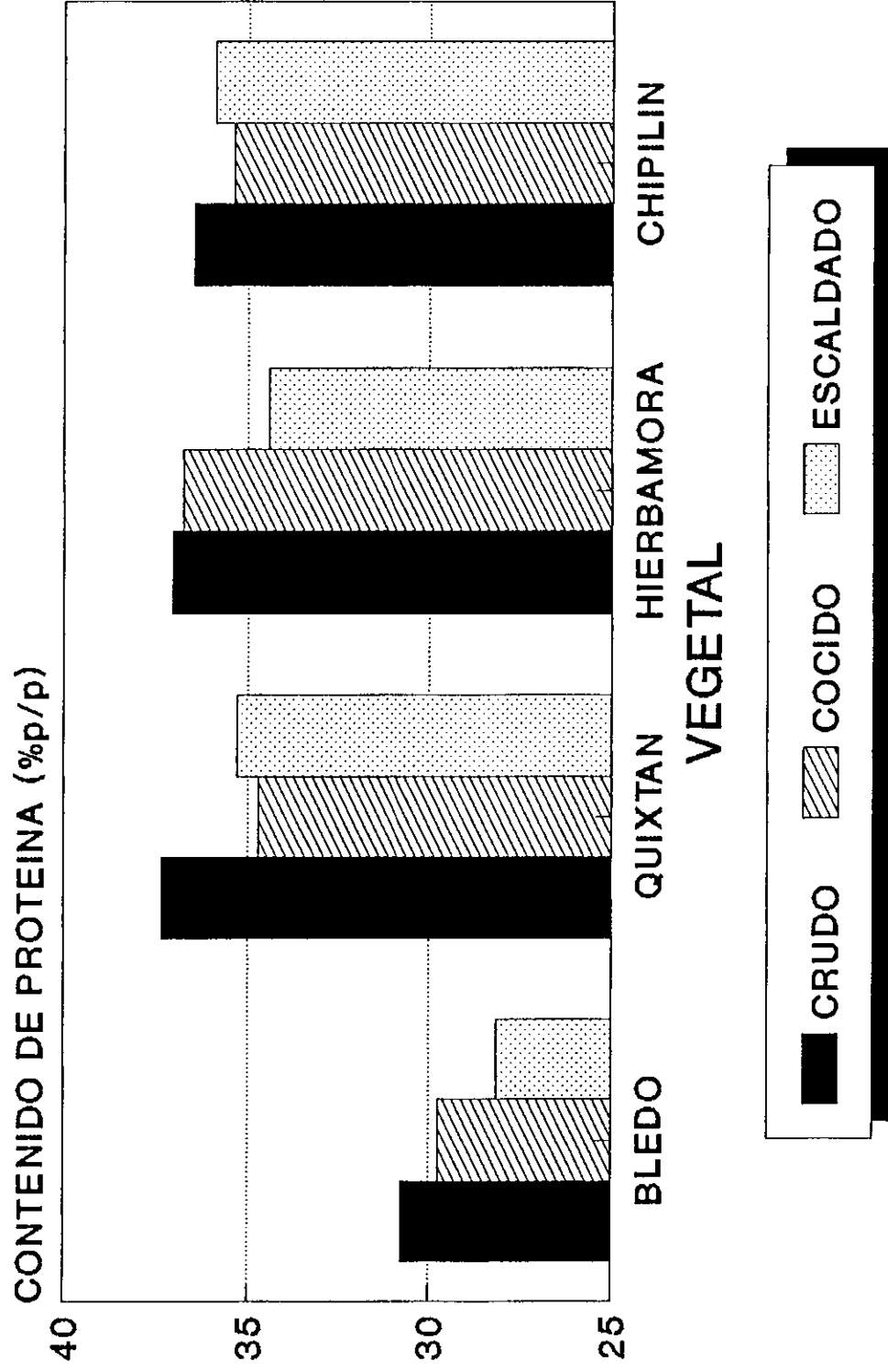
Chipilín 0.17 ± 0.10

GRAFICAS DE RESULTADOS

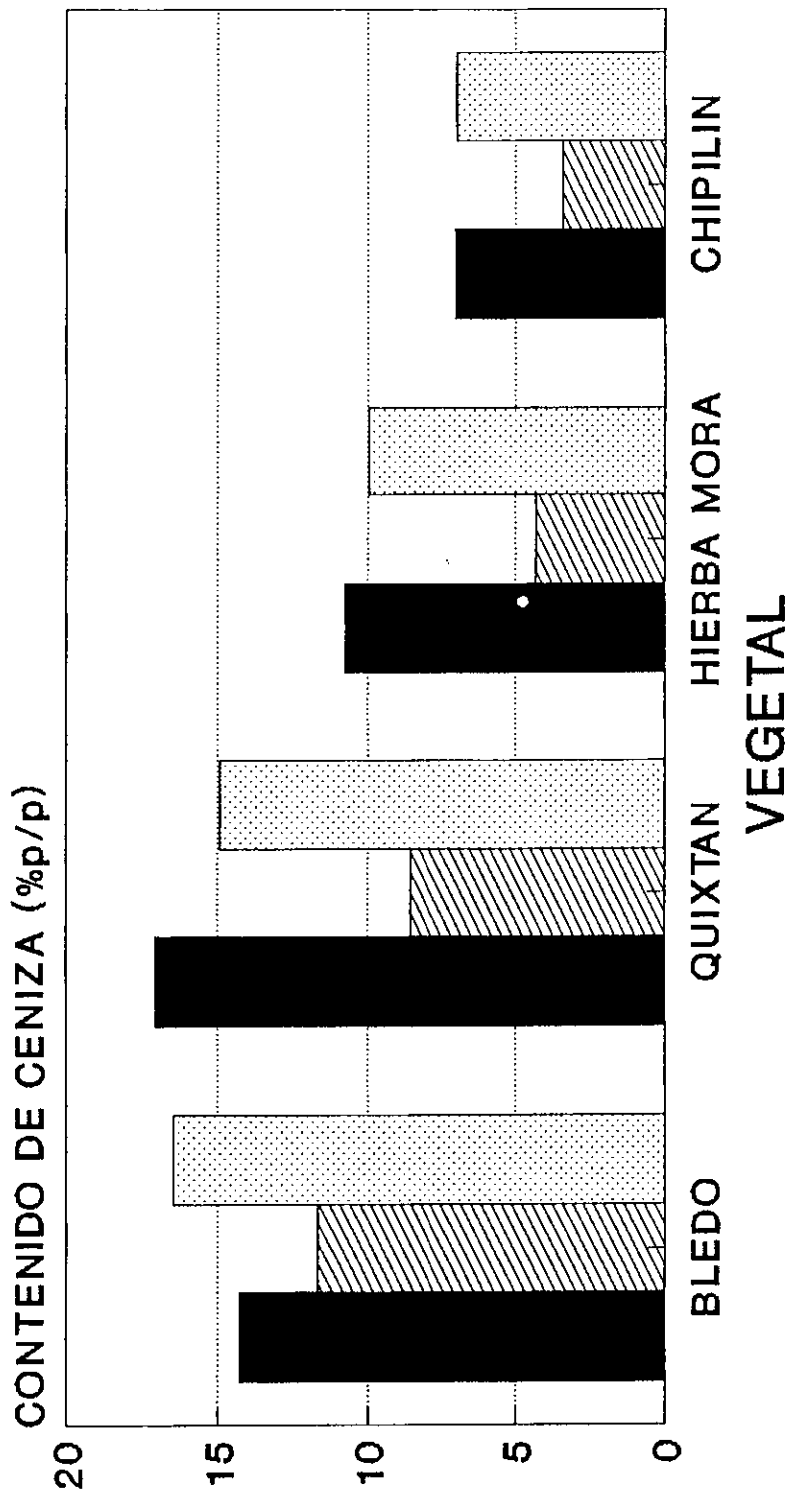
PORCENTAJE DE HUMEDAD EN VEGETALES SEGUN METODO DE COCCION



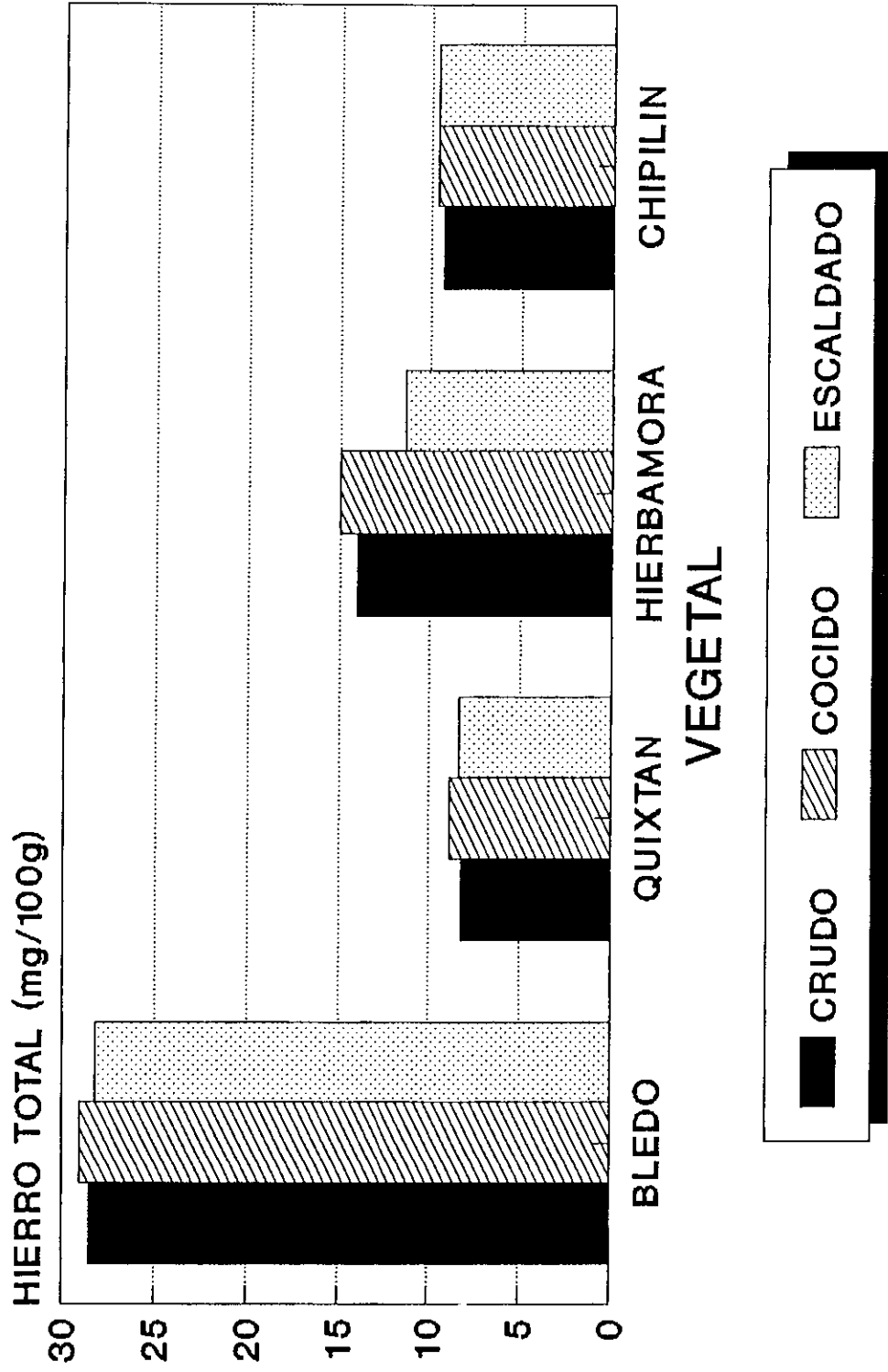
CONTENIDO DE PROTEINA EN VEGETALES SEGUN METODO DE COCCION



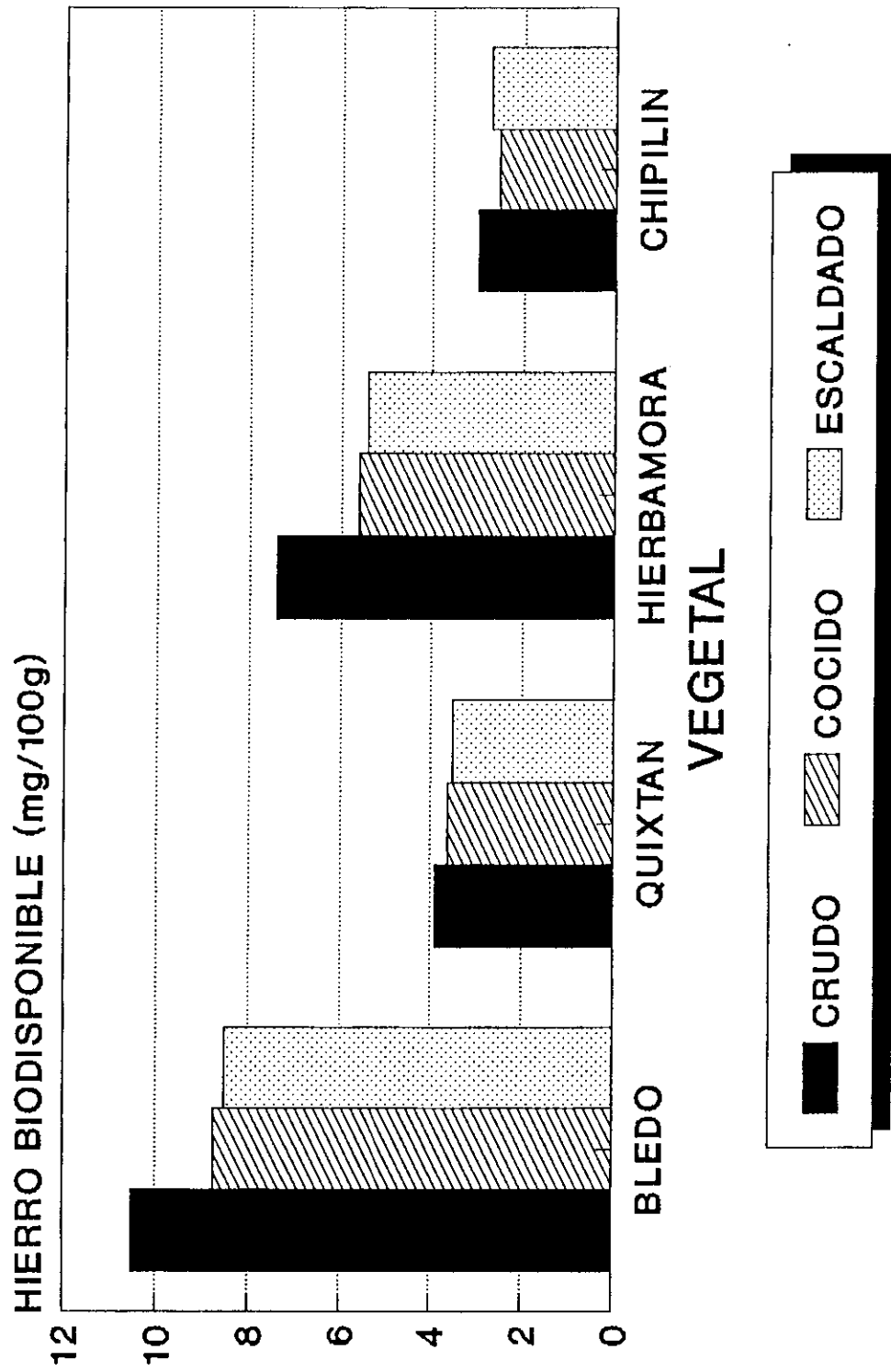
CONTENIDO DE CENIZA EN VEGETALES SEGUN METODO DE COCCION



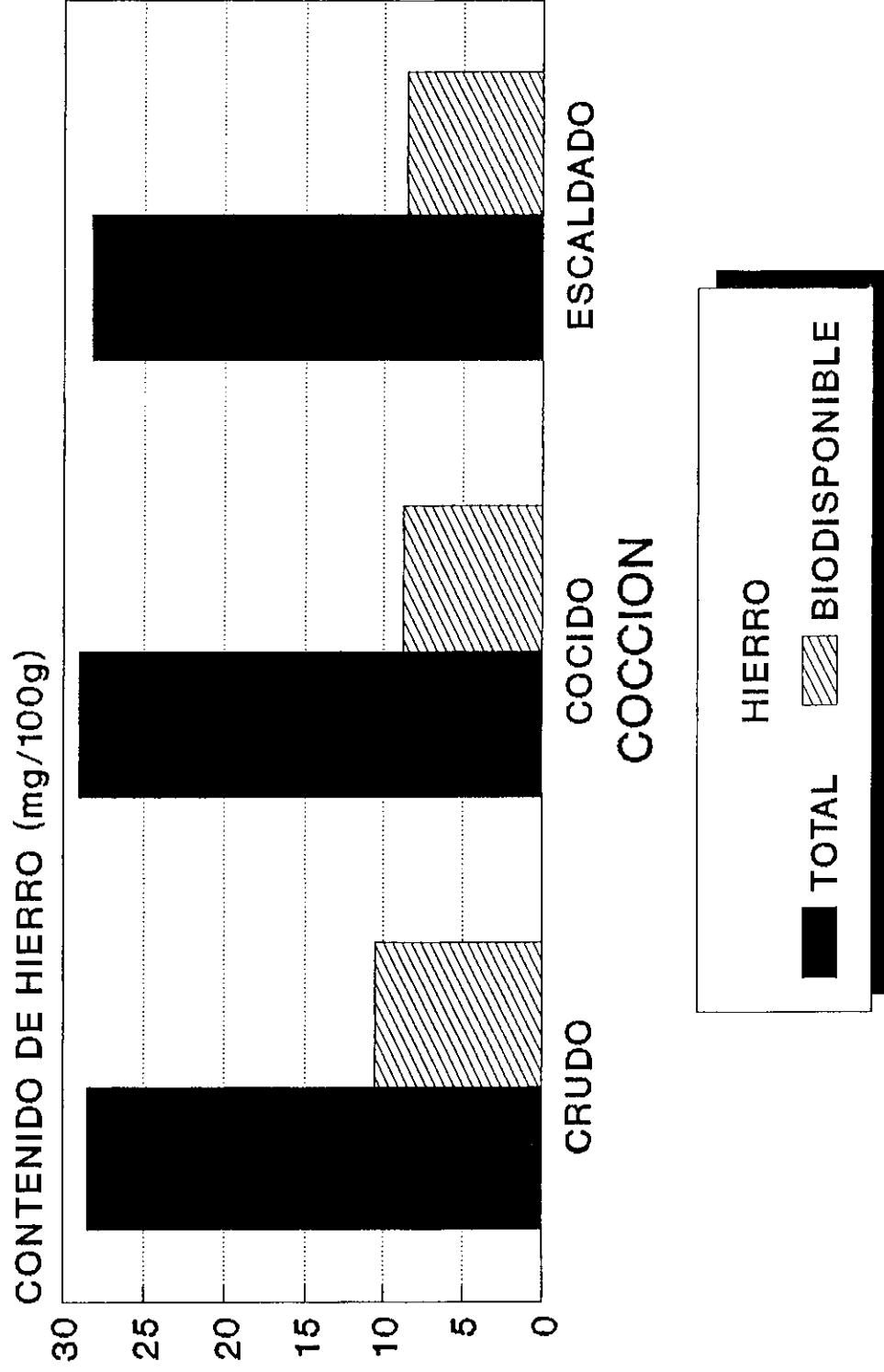
CONTENIDO DE HIERRO TOTAL EN VEGETALES SEGUN METODO DE COCCION



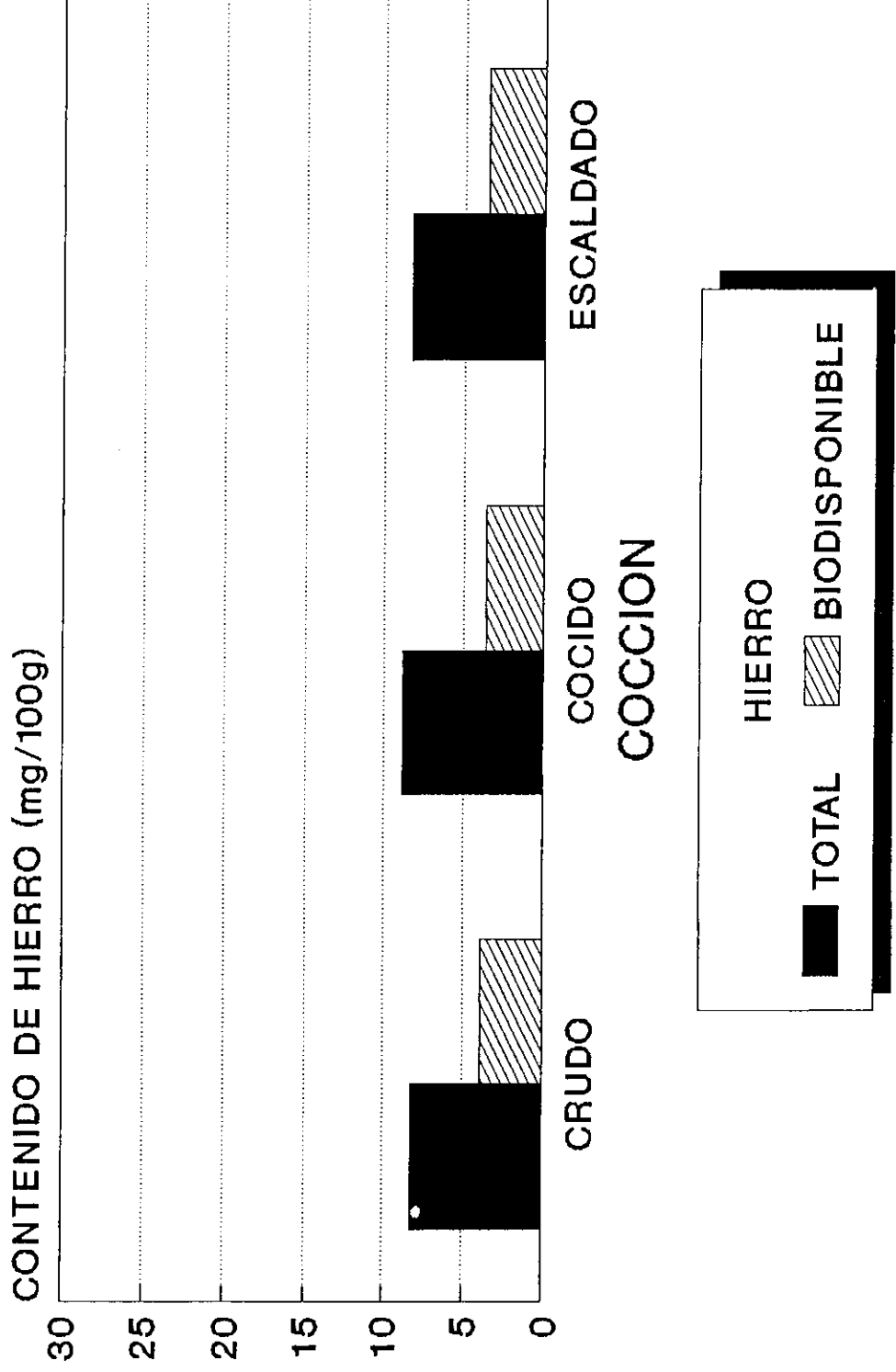
HIERRO BIODISPONIBLE EN VEGETALES SEGUN METODO DE COCCION



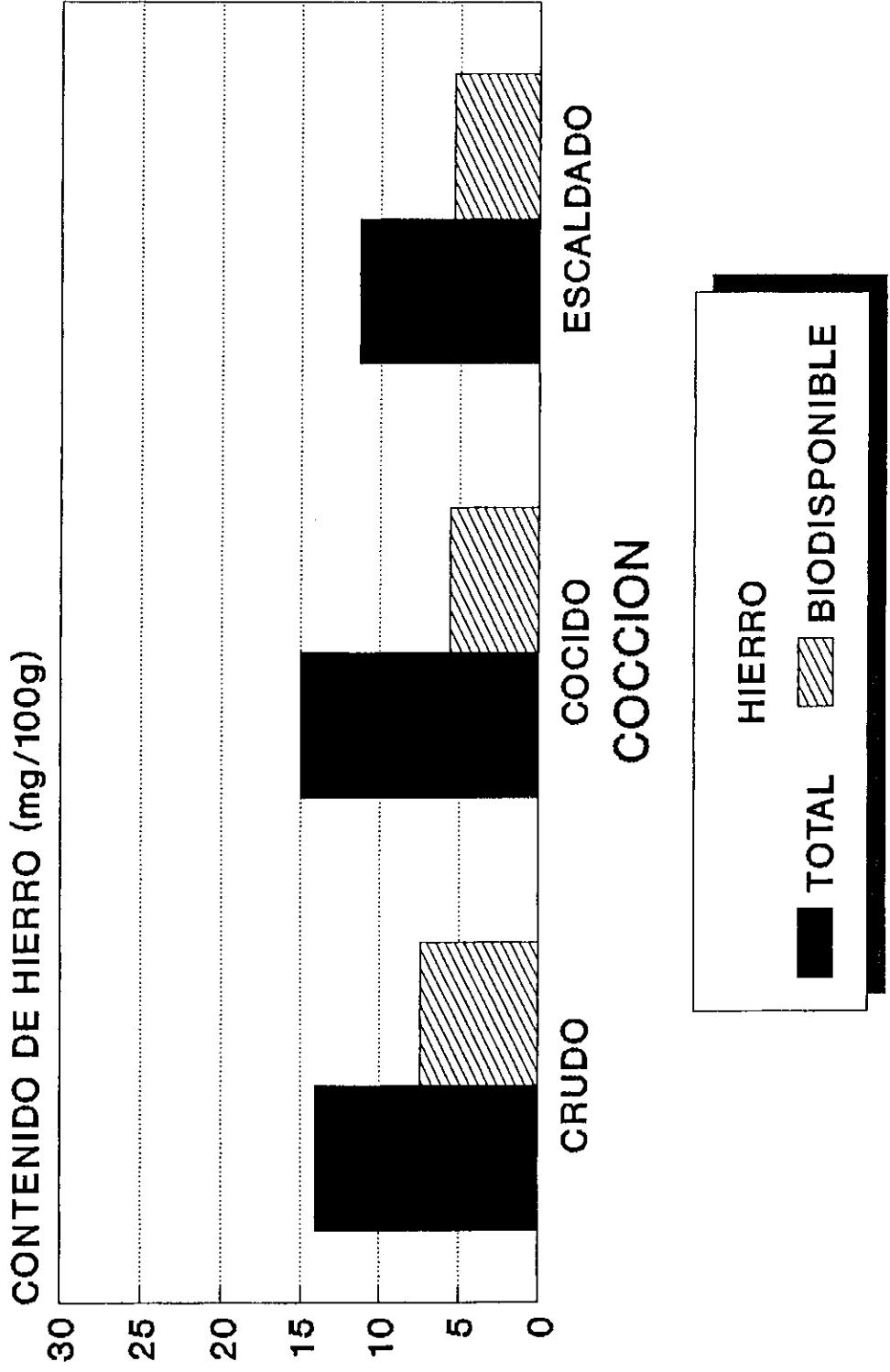
RELACION ENTRE HIERRO TOTAL Y BIODISPONIBLE EN BLEDO



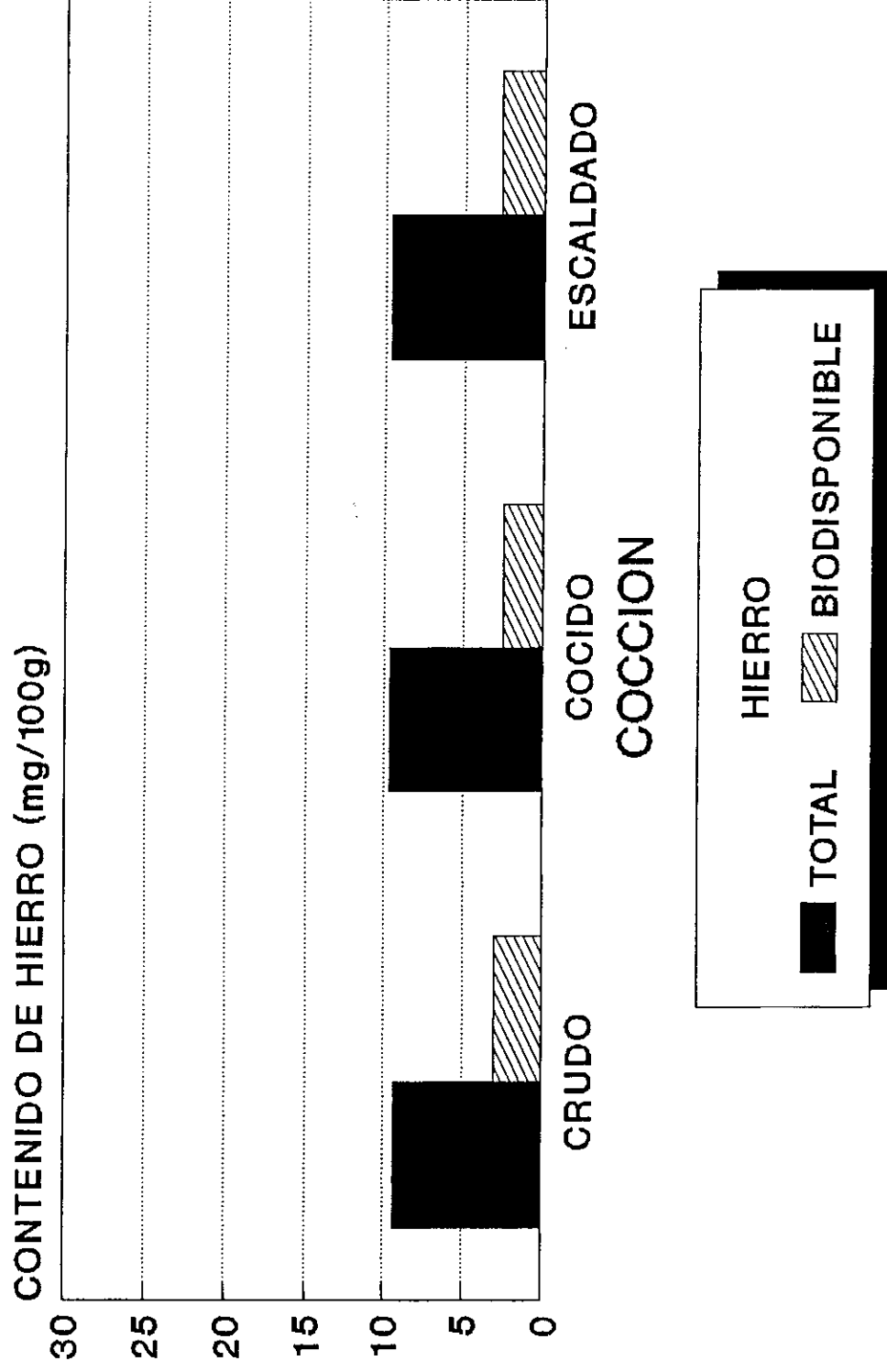
RELACION ENTRE HIERRO TOTAL Y BIODISPONIBLE EN QUIXTAN



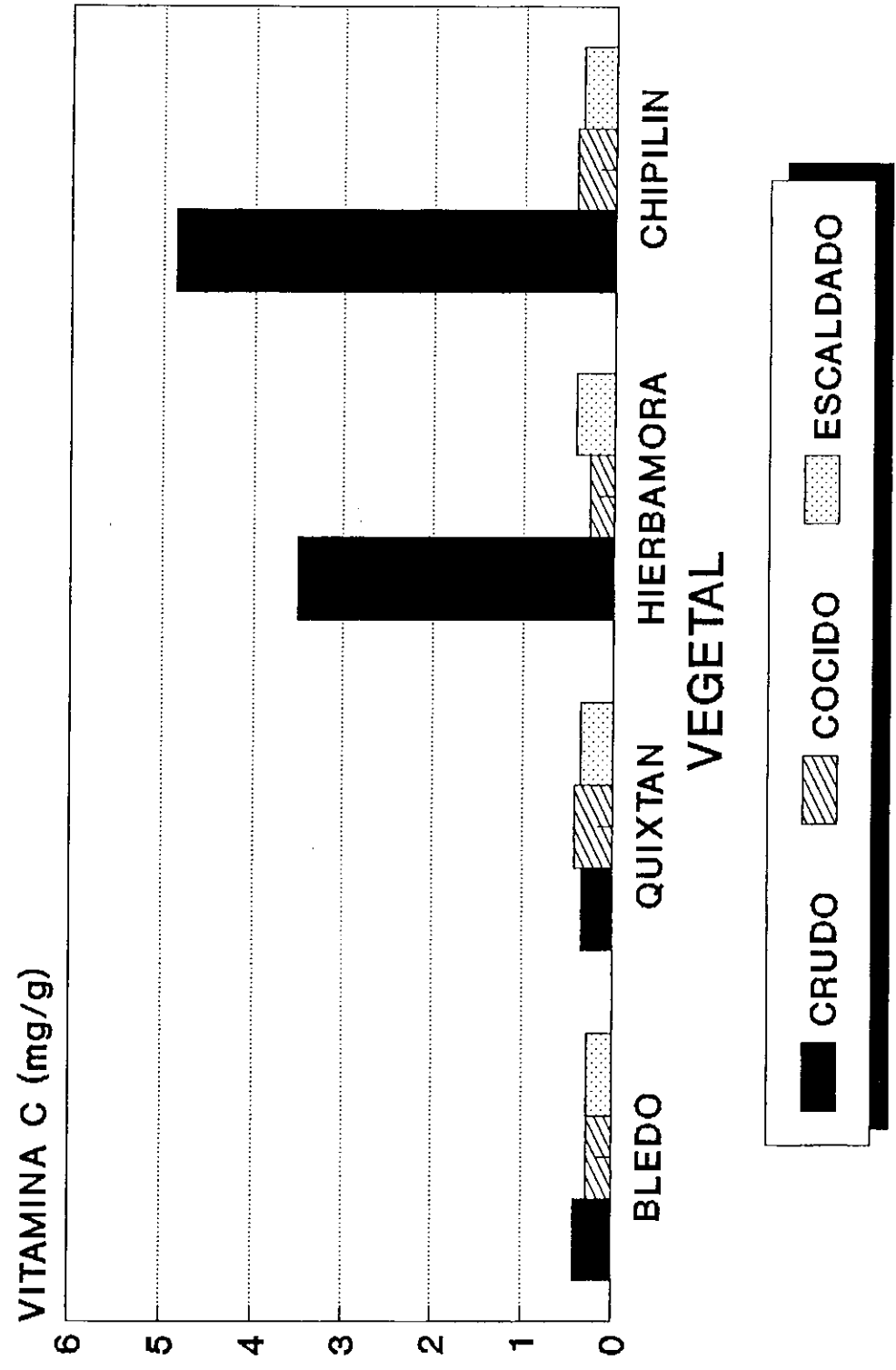
RELACION ENTRE HIERRO TOTAL Y BIODISPONIBLE EN HIERBAMORA



RELACION ENTRE HIERRO TOTAL Y BIODISPONIBLE EN CHIPILIN



CONTENIDO DE VITAMINA C EN VEGETALES SEGUN METODO DE COCCION



ANALISIS ESTADISTICO

VEGETAL	COCCION	REP	PROT	CENIZA	FETOT	FEBIO	VITC	PHUM
1	1	1	31.5	14.1	28.5	10.5	0.42	6.3
1	1	2	30.04	14.44	28.2	10.3	0.41	7
1	1	3	30.77	14.27	28.8	10.7	0.42	5.5
1	2	1	29.74	11.65	29.1	8.5	0.28	6.66
1	2	2	28.58	12.14	28.9	8.9	0.29	6.62
1	2	3	30.93	11.24	29	8.8	0.28	6.64
1	3	1	30.63	16.44	28.4	8.8	0.28	7
1	3	2	28.14	16.47	28.2	8.3	0.28	6.7
1	3	3	25.68	16.39	28	8.4	0.29	6.9
2	1	1	37.33	17.02	8.2	4	0.35	4.09
2	1	2	37.33	16.97	8.4	3.9	0.34	4.03
2	1	3	37.32	17.17	8	3.8	0.35	4.15
2	2	1	34.7	8.59	8.6	3.6	0.42	4.06
2	2	2	35	8.46	8.7	3.6	0.41	4
2	2	3	34.44	8.51	9.1	3.6	0.42	4.03
2	3	1	36.17	14.88	8	3.5	0.35	4.5
2	3	2	34.42	14.9	8.3	3.6	0.36	4.47
2	3	3	35.29	14.98	8.6	3.4	0.35	4.48
3	1	1	35.58	10.78	14	7.4	3.51	7.3
3	1	2	38.5	10.67	13	7.6	3.52	7.22
3	1	3	37.04	10.89	15	7.2	3.5	7.35
3	2	1	35.29	4.29	15	5.6	0.28	7.13
3	2	2	38.2	4.32	15	5.4	0.26	7.6
3	2	3	36.75	4.27	15	5.8	0.24	6.63
3	3	1	32.96	9.94	11.3	5.4	0.45	7.29
3	3	2	35.88	9.89	11.2	5.4	0.42	7.89
3	3	3	34.42	9.99	11.4	5.4	0.39	6.69
4	1	1	36.17	7.01	9.3	3	4.85	4.5
4	1	2	36.75	7.02	9.2	3.2	4.86	3.75
4	1	3	36.46	7	9.4	2.8	4.85	4.2
4	2	1	35.83	3.39	9.6	2.5	0.42	4.92
4	2	2	34.71	3.37	9.6	2.5	0.48	4.95
4	2	3	35.58	3.41	9.6	2.6	0.36	4.41
4	3	1	35.88	6.96	9.6	2.8	0.35	5.3
4	3	2	35.88	6.99	9.8	2.7	0.4	4.89
4	3	3	35.89	6.93	9.4	2.6	0.3	4.88

TRANSLATE FROM 'A:\JOHANNA.WK1' /FIELDNAMES.

ANOVA /VARIABLES PROT CENIZA FETOT FEBIO BY VEGETAL(1,4) COCCION(1,3).

*** ANALYSIS OF VARIANCE ***

PROT
BY VEGETAL
COCCION

Source of Variation	Sun of Squares	DF	Mean Square	F	Signif of F
Main Effects	297.182	5	59.436	45.448	.000
VEGETAL	273.482	3	91.161	69.706	.000
COCCION	23.701	2	11.850	9.061	.001
2-way Interactions	12.202	6	2.034	1.555	.203
VEGETAL COCCION	12.202	6	2.034	1.555	.203
Explained	309.384	11	28.126	21.506	.000
Residual	31.387	24	1.308		
Total	340.771	35	9.736		

*** ANALYSIS OF VARIANCE ***

CENIZA
BY VEGETAL
COCCION

Source of Variation	Sun of Squares	DF	Mean Square	F	Signif of F
Main Effects	657.796	5	131.559	5887.779	.000
VEGETAL	441.129	3	147.043	6580.741	.000
COCCION	216.667	2	108.333	4848.335	.000
2-way Interactions	36.213	6	6.035	270.109	.000
VEGETAL COCCION	36.213	6	6.035	270.109	.000
Explained	694.008	11	63.092	2823.595	.000
Residual	.536	24	.022		
Total	694.545	35	19.844		

*** ANALYSIS OF VARIANCE ***

FETOT
BY VEGETAL
COCCION

Source of Variation	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Signif of F
Main Effects	2348.290	5	469.658	4025.640	.000
VEGETAL	2338.910	3	779.637	6682.600	.000
COCCION	9.380	2	4.690	40.200	.000
2-way Interactions	14.380	6	2.397	20.543	.000
VEGETAL COCCION	14.380	6	2.397	20.543	.000
Explained	2362.670	11	214.788	1841.042	.000
Residual	2.800	24	.117		
Total	2365.470	35	67.585		

*** ANALYSIS OF VARIANCE ***

FEBIO
BY VEGETAL
COCCION

Source of Variation	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Signif of F
Main Effects	238.536	5	47.707	1866.802	.000
VEGETAL	228.285	3	76.095	2977.634	.000
COCCION	10.251	2	5.125	200.554	.000
2-way Interactions	4.801	6	.800	31.308	.000
VEGETAL COCCION	4.801	6	.800	31.308	.000
Explained	243.336	11	22.121	865.624	.000
Residual	.613	24	.026		
Total	243.950	35	6.970		

ANOVA /VARIABLES VITC PHUM BY VEGETAL(1,4) COCCION(1,3).

*** ANALYSIS OF VARIANCE ***

VITC
BY VEGETAL
COCCION

Source of Variation	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Signif of F
Main Effects	45.812	5	9.162	14217.666	.000
VEGETAL	15.910	3	5.303	8229.305	.000
COCCION	29.902	2	14.951	23200.207	.000
2-way Interactions	30.218	6	5.036	7814.891	.000
VEGETAL COCCION	30.218	6	5.036	7814.891	.000
Explained	76.030	11	6.912	10725.243	.000
Residual	.015	24	.001		
Total	76.046	35	2.173		

*** ANALYSIS OF VARIANCE ***

PHUM
BY VEGETAL
COCCION

Source of Variation	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Signif of F
Main Effects	59.839	5	11.968	96.812	.000
VEGETAL	58.516	3	19.505	157.787	.000
COCCION	1.323	2	.661	5.351	.012
2-way Interactions	.854	6	.142	1.151	.364
VEGETAL COCCION	.854	6	.142	1.151	.364
Explained	60.693	11	5.518	44.633	.000
Residual	2.967	24	.124		
Total	63.660	35	1.819		

MORE

----- O N E W A Y -----

Variable PHUM
(Continued)

		G G G G
		r r r r
		p p p p
Mean	Group	2 4 1 3
4.2011	Grp 2	
4.6444	Grp 4	
6.5911	Grp 1	* *
7.2333	Grp 3	* * *

MORE

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

SUBSET 1

Group	Grp 2	Grp 4
Mean	4.2011	4.6444

SUBSET 2

Group	Grp 1
Mean	6.5911

SUBSET 3

Group	Grp 3
Mean	7.2333

MORE

----- O N E W A Y -----

Variable PROT
(Continued)

Mean	Group	1	2	4	3
29.5567	Grp 1				
35.7778	Grp 2	*			
35.9056	Grp 4	*			
36.0689	Grp 3	*			

G G G G
r r r r
p p p p

MORE

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

SUBSET 1

Group	Grp 1
Mean	29.5567

SUBSET 2

Group	Grp 2	Grp 4	Grp 3
Mean	35.7778	35.9056	36.0689

MORE

----- O N E W A Y -----

Variable CENIZA
(Continued)

		G G G G
		r r r r
		p p p p
Mean	Group	4 3 2 1
5.7867	Grp 4	
8.3378	Grp 3	
13.4978	Grp 2	* *
14.1267	Grp 1	* *

MORE

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

SUBSET 1

Group	Grp 4	Grp 3
Mean	5.7867	8.3378

SUBSET 2

Group	Grp 2	Grp 1
Mean	13.4978	14.1267

MORE

----- O N E W A Y -----

Variable CENIZA
(Continued)

G G G
r r r
p p p

Mean	Group	2 3 1
6.9700	Grp 2	
12.0633	Grp 3	*
12.2783	Grp 1	*

MORE

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

SUBSET 1

Group	Grp 2
Mean	6.9700

SUBSET 2

Group	Grp 3	Grp 1
Mean	12.0633	12.2783

MORE

----- O N E W A Y -----

Variable FETOT
(Continued)

		G G G G
		r r r r
		p p p p
Mean	Group	2 4 3 1
8.4333	Grp 2	
9.5000	Grp 4	
13.4333	Grp 3	* *
28.5667	Grp 1	* * *

MORE

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

SUBSET 1

Group	Grp 2	Grp 4
Mean	8.4333	9.5000

SUBSET 2

Group	Grp 3
Mean	13.4333

SUBSET 3

Group	Grp 1
Mean	28.5667

MORE

----- O N E W A Y -----

Variable FEBIO
(Continued)

Mean	Group	G G G G
2.7444	Grp 4	r r r r
3.6667	Grp 2	p p p p
6.1333	Grp 3	4 2 3 1
9.2444	Grp 1	* * * * * *

MORE

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

SUBSET 1

Group	Grp 4
Mean	2.7444

SUBSET 2

Group	Grp 2
Mean	3.6667

SUBSET 3

Group	Grp 3
Mean	6.1333

MORE

SUBSET 4

Group	Grp 1
Mean	9.2444
-----	-----

MORE

----- O N E W A Y -----

Variable VITC
(Continued)

		G G G
		r r r
		p p p
Mean	Group	2 3 1
.3450	Grp 2	
.3517	Grp 3	
2.2817	Grp 1	* *

MORE

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

SUBSET 1

Group	Grp 2	Grp 3
Mean	.3450	.3517

SUBSET 2

Group	Grp 1
Mean	2.2817
