

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, Centro América

"OPTIMIZACION DEL PROCESO DE
EXTRACCION DE PROTEINAS DE
LA SEMILLA DE CANAVALIA"

TESIS

Presentada a la Junta Directiva
de la
Facultad de Ingeniería
de la
Universidad de San Carlos de Guatemala
por

CARLOS ENRIQUE ARGUETA PINZON

Al conferírsele el título de:

INGENIERO QUIMICO

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

Guatemala, noviembre de 1972

DL
08
T(6)

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

Decano	Ing. Hugo Quán Má
Vocal 1°	Ing. Marco Tulio Samayoa
Vocal 2°	Ing. Rodolfo González M.
Vocal 3°	Ing. Adolfo Behrens
Vocal 4°	Br. Jorge L. Cabrera M.
Vocal 5°	Ing. Manuel M. Rendón P.
Secretario	Ing. José Luis Terrón C.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano	Ing. Mauricio Castillo C.
Examinador	Ing. Sergio Barrientos
Examinador	Ing. Juan José Méndez
Examinador	Ing. Leonel Flores
Secretario	Ing. Héctor Centeno B.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR:

Cumpliendo con lo establecido por la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración mi trabajo de tesis titulado:

**"OPTIMIZACION DEL PROCESO DE
EXTRACCION DE PROTEINAS DE
LA SEMILLA DE CANAVALIA"**

tema que me fuera asignado por la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería.

ACTO QUE DEDICO:

A DIOS

A la memoria de mi padre:

SALOMON ARGUETA R.

A mi madre:

ADELA v. de ARGUETA

Como un mínimo reconocimiento
a sus esfuerzos

A mi hermana:

SILVIA R. ARGUETA

Con cariño

RECONOCIMIENTO:

Al personal de la División de Química Agrícola del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), por la ayuda que me prestaron para desarrollar este trabajo, en especial al Doctor Mario Molina y al Doctor Ricardo Bressani científicos de la Institución, y al Ingeniero Químico Oscar Rosal de la Universidad de San Carlos de Guatemala por su orientación.

C O N T E N I D O

- I INTRODUCCION
- II SUMARIO
- III REVISION DE LA LITERATURA
- IV MATERIALES Y METODOS
 - a- Tratamiento de la semilla
 - b- Determinación de la humedad
 - c- Análisis químicos
 - d- Método de extracción
 - e- Sólidos en suspensión
 - f- Recuperación de la proteína
- V RESULTADOS
- VI DISCUSION DE RESULTADOS
- VII CONCLUSIONES
- VIII REFERENCIAS

I INTRODUCCION

El problema de escasez de alimentos, particularmente de buena calidad proteínica, está alcanzando proporciones críticas en el mundo con una rápida expansión popular.

Las tierras centroamericanas constituyen un magnífico medio para el crecimiento de diferentes leguminosas y se encuentra que buena cantidad de ellas crecen sin mayores requerimientos económicos. Algunas de estas leguminosas tienen un contenido relativamente alto de proteína que, mediante una adecuada investigación, pueden llegar a constituirse en valiosas fuentes de proteínas y solucionar en parte el problema de desnutrición que enfrentan los países de centroamérica.

La explotación de estas leguminosas constituye un campo que puede dar muchas satisfacciones tanto en lo científico como en lo humano, pues siendo la desnutrición uno de los problemas más agudos en los países de centroamérica, toda investigación encaminada a explotar los recursos proteínicos de que disponemos, debe ser considerada de suma importancia.

La canavalia (*Canavalia Ensiformis*) es una leguminosa de fácil cultivo y de alta distribución en Guatemala y Centroamérica, encontrándose extensas regiones donde crece fácilmente.

Aún cuando la semilla de canavalia tiene un contenido relativamente alto de proteína (aproximadamente 29%), su uso directo como fuente de este nutriente para el humano, se ve limitado por diversas razones: por una parte, la presencia de factores inhibidores de crecimiento ya ha sido

reportada para esta semilla (18), y por otra, los hábitos dietéticos de nuestros pueblos no incluyen a la canavalia como parte integral de su dieta, siendo ésta, quizás, la razón más importante de la falta de consumo de esta semilla.

A fin de lograr la utilización de esta leguminosa como fuente de proteína, se consideró la posibilidad de someter a la semilla de canavalia a un proceso sencillo de extracción protéica, a fin de obtener un aislado que pueda ser usado en diversas formulaciones alimenticias.

La semilla de canavalia promete ser una magnífica fuente de proteínas, y los resultados obtenidos dan los parámetros de extracción a fin de lograr una eficiente explotación de la semilla.

II SUMARIO

Se presentan los análisis proximales hechos sobre la semilla de canavalia (*canavalia ensiformis*) en forma de harina 30 mesh, y sobre el residuo después de efectuada la extracción, así como el balance total de materiales del proceso de extracción y recuperación de la proteína.

Los solventes usados en el experimento fueron: NaOH 0.5 M, NaCl 0.5 M y agua, presentándose condiciones óptimas para extracciones usando agua como solvente.

En suspensiones acuosas, usando HCl y/o NaOH para ajustar el pH, la máxima solubilidad de la proteína ocurrió debajo de 1 y arriba de 12. Las condiciones determinadas como óptimas para la extracción fueron: pH 13, temperatura 70°C por un tiempo de 1 hora, usando una relación muestra solvente de 6:100. Bajo dichas condiciones se lograron eficiencias de extracción del 80%. El rendimiento de la recuperación de la proteína 69% sobre la proteína extraída y 55% sobre la proteína total contenida en la semilla.

La recuperación de la proteína extraída por tratamiento alcalino se logra fácilmente por precipitación a un pH entre 4.8 y 5, a temperatura ambiente. El aislado obtenido después de la precipitación fue purificado, secado y analizado, contiene de 70 á 75% de proteína (N X 6.25) en base seca.

Se incluyen los patrones de solubilidad estudiados a 25 y 70°C, usando cloruro de sodio 0.5 M como solvente a diferentes pHs. La máxima extracción proteica, que ocurrió a 25°C, fue de 55% y a 70°C fue de 60%.

III REVISION DE LA LITERATURA

Actualmente los usos comerciales para las proteínas, tienen que ser desarrollados empíricamente (19). C.R. Smith et al. (20) afirman que toda la corriente industrial, para la utilización de proteínas en la preparación de diferentes productos, tales como fibras, colas, adhesivos, emulsificantes y aditivos alimenticios, depende de la cantidad de material protéico en solución, este material se obtiene normalmente de fuentes de alto contenido proteínico. Ya que la solubilidad de la proteína parece ser un importante factor para su aplicación industrial, algunas de estas aplicaciones pueden depender del método de extracción.

Una revisión de la literatura revela muy poca información, sobre la extracción de los constituyentes nitrogenados de la semilla de canavalia (*canavalia ensiformis*). Para otras leguminosas tales como frijoles colorados y guisantes (4), frijoles (*phaseolus vulgaris*) (5,6), algodón (7), soya (8,9) y alfalfa (10), se encuentran estudios bastante completos, describiendo detalladamente las técnicas empleadas en el proceso de extracción de sus constituyentes nitrogenados. Para el estudio de la extracción de los constituyentes nitrogenados de la semilla de canavalia, esta fue primeramente reducida de tamaño, ya que el tamaño de la partícula muestra influencia en la extracción de los componentes nitrogenados de varias semillas leguminosas (11, 12, 13). La eficiencia de extracción también puede estar afectada por la relación muestra-solvente (11,12) y por la temperatura (12,14).

En estudios hechos sobre otras leguminosas (4,5,6, 15) se hace notar la importancia que tiene el estudio de ciertos parámetros de extracción, tales como el pH de la suspen-

sión, y la fuerza iónica del solvente sobre la cantidad total de los constituyentes nitrogenados y la proteína extraídos. Se ha encontrado que las fuerzas iónicas de los solventes tienen poco efecto sobre la solubilidad de los componentes nitrogenados bajo condiciones alcalinas (15), y como la extracción alcalina hecha sobre la canavalia presenta características similares a las leguminosas previamente estudiadas (15, 16, 10, 4, 5, 6), se puede afirmar que tiene solubilidades similares a estas semillas.

Reportes indican que usualmente en leguminosas, las proteínas abarcan del 75 al 80% del nitrógeno total (17).

El 15-25% de nitrógeno remanente, está constituido por varios tipos de nitrógeno no-protéico, contenido en diferentes compuestos tales como: aminoácidos libres, nucleótidos, nitratos y amidas. En trabajos hechos sobre alfalfa (10) se han obtenido eficiencias relativamente altas de extracción, reportándose que un 75% del nitrógeno extraído está constituido por nitrógeno protéico, y de este fue muy poca la cantidad que fue precipitado, atribuyéndose este fenómeno al tratamiento que se le dio a la alfalfa antes de efectuar la extracción.

Como en otras leguminosas, la recuperación de la proteína extraída se ha logrado fácilmente, por ajuste de pH hacia el punto isoeléctrico (10, 4, 6), y dada la similitud que existe con la canavalia, se optó por seguir este método de recuperación.

IV MATERIALES Y METODOS

a- Tratamiento de la semilla:

El material empleado en la presente investigación fue semilla de canavalia (*canavalia ensiformis*) procedente de la Finca Experimental San Antonio Pachalí, Sacatepéquez Guatemala. La semilla completa fue molida en un molino tipo "Wiley" hasta obtener una harina de 30 mesh y sobre ésta se hicieron todas las pruebas de extracción a nivel de laboratorio. Las muestras fueron almacenadas en frascos perfectamente cerrados, evitando así cambios en el contenido de humedad.

b- Determinación de humedad:

El contenido de humedad fue determinado sobre la harina, siguiendo el método del horno al vacío de la A.O.A.C. (1), reportando un contenido de humedad del 12.3%.

c- Análisis químicos:

Tanto los análisis proximales sobre la harina de canavalia y el residuo después de efectuada la extracción, como la determinación de proteína sobre el extracto, precipitado y sobrenadante del aislado protéico, se hicieron siguiendo los métodos de la A.O.A.C. (1).

Como una medida de nitrógeno no-protéico en el sobrenadante obtenido después de la precipitación del aislado protéico, fue usado el procedimiento de extracción con ácido tricloroacético de Becker, Milner y Nagel (2), el

cual emplea ácido tricloroacético 0.8 M. Este procedimiento de extracción fue desarrollado para usarse en soya, pero se pensó que puede servir para propósitos de comparación (20). En algunos casos, el nitrógeno no-protéico en vegetales incluye muchos grupos heterogéneos de sustancias, las cuales responde diferentemente a varios precipitados o extractantes (3).

El contenido de nitrógeno en la cáscara fue determinado siguiendo el método Kjeldahl de la A.O.A.C. (1).

d- Método de extracción:

Para comparar las características de solubilidad de las proteínas constituyentes de la semilla de canavalia, fueron estudiados los siguientes solventes, Hidróxido de Sodio 0.5 M, Cloruro de Sodio 0.5 M y agua.

Para los estudios de extracción, fueron pesados 6 gramos de harina de canavalia dentro de un Erlenmeyer de 125 mililitros, a continuación fueron agregados 100 mililitros del agente extractante y la suspensión fue agitada mecánicamente durante 1 hora, a 70°C en un "Reciprocal Water Bath Shaker, Model R-76". El residuo fue separado del sobrenadante usando el filtro centrífugo "International Chemical Centrifuge" usando papel filtro Whatman N° 1, el extracto fue medido y recolectado en un erlenmeyer de 125 mililitros para luego almacenarse en un cuarto frío a 4°C hasta el momento de su análisis. Una alícuota de 15 mililitros de extracto fue transferida a un frasco Kjeldahl y analizada por el método Kjeldahl de la A.O.A.C. (1); la eficiencia de extracción se calculó relacionando la cantidad de proteína contenida en la semilla de canavalia y la cantidad de proteína extraída por el solvente.

Los valores de pH fueron medidos sobre la suspensión - muestra solvente con el "Coleman Metrion III, pH Meter" y ajustados por medio de la adición de NaOH y/o HCl.

e- Sólidos en suspensión:

6 gramos de harina de canavalia fueron extraídos a condiciones óptimas, la suspensión fue centrifugada durante 30 minutos a 2,500 R.P.M. en una "International Chemical Centrifuge", el residuo fue secado y pesado, determinándose el porcentaje de peso perdido respecto a la muestra original seca.

f- Recuperación de la proteína:

La recuperación de la proteína extraída alcalinamente se llevó a cabo mediante su precipitación en el punto isoeléctrico, ajustándose el pH alcalino del extracto a valores de pH entre 4.8 y 5, punto en el que ocurre la menor solubilidad de la proteína, se decidió precipitar la proteína extraída alcalinamente, porque estudios hechos sobre el frijol (*Phaseolus vulgaris*) indican que las proteínas extraídas a pH ácido, no precipitan bien en su punto isoeléctrico (6).

El precipitado y el sobrenadante obtenidos fueron colocados en botellas de centrifuga y centrifugados a 2,500 R.P.M. en una "International Chemical Centrifuge", al sobrenadante se le determinó nitrógeno total de la A.O.A.C. (17), nitrógeno no-proteínico por extracción con ácido tricloroacético (2) y nitrógeno protéico por el método Biuret (21); el aislado fue purificado con agua destilada a pH entre 4.8 y 5, luego fue secado a 35°C durante 7 horas determinándose su contenido de nitrógeno y de proteína (N X 6.25) por

10

el método Kjeldahl (1). La eficiencia de precipitación se calculó relacionando la proteína extraída con la proteína precipitada.

V RESULTADOS

El análisis proximal hecho sobre la harina de canavalia reporta un contenido de proteína (N X 6.25) de 29.3% y 10% de fibra cruda (cuadro I). Sobre el residuo de la extracción (cuadro II) el análisis proximal reporta un contenido del 12.1% de proteína y 21.6% de fibra cruda.

En el cuadro III se comparan las características de solubilidad de las proteínas constituyentes de la canavalia en diferentes solventes, se encontraron eficiencias de extracción de 70%, 58% y 63% para NaOH 0.5 M, NaCl 0.5 M y agua respectivamente.

En el cuadro IV, se presenta el balance total de materiales del proceso de extracción, los resultados indican que de la proteína total contenida en la semilla de canavalia, un 80% es solubilizado, un 17% permanece en el residuo y 3% se pierde como amoníaco (NH_3) durante la extracción, del nitrógeno total el 55% es precipitable en el punto isoeléctrico, el 25% permanece en el extracto; el 5% del nitrógeno total (sin tomar el nitrógeno no extraído) está constituido por nitrógeno no-protéico y el 20% lo constituye nitrógeno no precipitable en el punto isoeléctrico, por lo que del nitrógeno total extraído el 69% se recupera por ajuste del pH hacia el punto isoeléctrico.

El cuadro V presenta las características de cada uno de los productos obtenidos en el proceso de extracción y recuperación de proteínas de la semilla de canavalia, el residuo contiene 12.1% de proteína (N X 6.25), su peso constituye un 57% del sólido original seco; el extracto contiene 1.68 gr. de proteína/100 ml. de solución y 2.1% de sólidos en suspensión; el precipitado después de purificado

contiene el 70% de proteína (N X 6.25) y el sobrenadante 0.09 gr. de nitrógeno/100 ml de solución.

En el cuadro VI se presenta en contenido de proteína de otras leguminosas, reportado por C.R. Smith, Jr., F. R. Earle, and I.A. Wolff.

La harina de canavalia fue sometida a un proceso de extracción acuosa, usando una razón soluto solvente de 5:100 a temperatura ambiente (25°C), los resultados (figura 1) indican que la máxima extracción protéica (63.1%) ocurre después de 1 hora de extracción. La figura 2, muestra que la máxima extracción protéica (68%) ocurre usando una razón soluto-solvente de 1:100 a temperatura ambiente (25°C) durante 1 hora de extracción. La extracción se ve favorecida por un pH ácido entre 1 y 2, y un pH alcalino arriba de 12, la máxima solubilización de la proteína ocurre a un pH de 13, con el que se obtiene una eficiencia de extracción del 73%; el punto mínimo de solubilización se encuentra entre un pH de 4.8 y 5 con una eficiencia de extracción del 34% (figura 3).

El patrón de solubilidad para el frijol (*phaseolus vulgaris*) reportado por Robert John Evans y Mary H. Kerr (6), indica que frijoles extraídos con soluciones de ácido hidróclórico e hidróxido de sodio, presenta puntos de máxima solubilidad (90%) a pHs ácidos entre 1.3 y 1.7, y alcalinos arriba de 12, puntos mínimos (15%) a pHs entre 3.8 y 4.

Los resultados del efecto de la temperatura sobre la eficiencia de extracción se presenta en la figura 5, encontrándose un punto de máxima solubilidad (80%) a una temperatura de 70°C.

En resumen, las condiciones determinadas como ópti-

mas para el proceso de extracción fueron: pH 13, temperatura 70°C, para un tiempo de extracción de 1 hora, usando una relación muestra-solvente de 6:100, bajo tales condiciones se lograron eficiencias de extracción del 80%.

Los distintos patrones de solubilidad encontrados usando cloruro de sodio 0.5 M como solvente, a temperatura ambiente (25°C) y a 70°C, se presentan en las figuras 6 y 7, las máximas solubilidades obtenidas a estas temperaturas fueron de 55% y 60% a 25 y 70°C respectivamente.

La figura 8 muestra que el mayor porcentaje de proteína extraída se recupera a un pH de precipitación entre 4.8 y 5, a estos valores de pH se lograron eficiencias de precipitación de aproximadamente 70%.

De los sólidos totales un 43% se disuelven en el solvente, lo que constituye un contenido de sólidos en suspensión en el extracto del 2.1% (peso/volumen).

La cáscara de la semilla contiene 0.765% de nitrógeno, lo que equivale a un 2.9% del nitrógeno total en la semilla, su peso constituye el 18% del peso total.

ANALISIS PROXIMAL DE CANAVALIA
(Canavalia ensiformis)

Contenido	g, %
Humedad	12.3
Extracto etéreo	2.7
Fibra cruda	10.0
Proteína (N X 6.25)	29.3
Cenizas	2.6
Extracto libre de Nitrógeno	43.1

CUADRO #1

ANÁLISIS PROXIMAL DEL RESIDUO
DE CANAVALIA

Contenido	g, %
Humedad	13.8
Extracto etéreo	1.2
Fibra cruda	21.6
Nitrógeno	1.94
Proteína (N X 6.25)	12.1
Cenizas	13.3

CUADRO #II

CARACTERISTICAS DE SOLUBILIDAD DE LAS
PROTEINAS DE LA SEMILLA DE CANAVALLIA

Solvente	Conc. <u>M</u>	Proteína ext. %
NaOH	0.5	70
NaCl	0.5	58
Agua	---	63

CUADRO #III

CONTENIDO DE PROTEINA DE ALGUNAS
LEGUMINOSAS*

Leguminosa	% Prot.
Frijol (phaseolus V.)	24.2
Guisantes (phas. aureus)	28.2
Algodón	37.1
Soya	41.2
Alfalfa	37.0
Arveja	39.0
Garvanzo	42.8

*Base seca

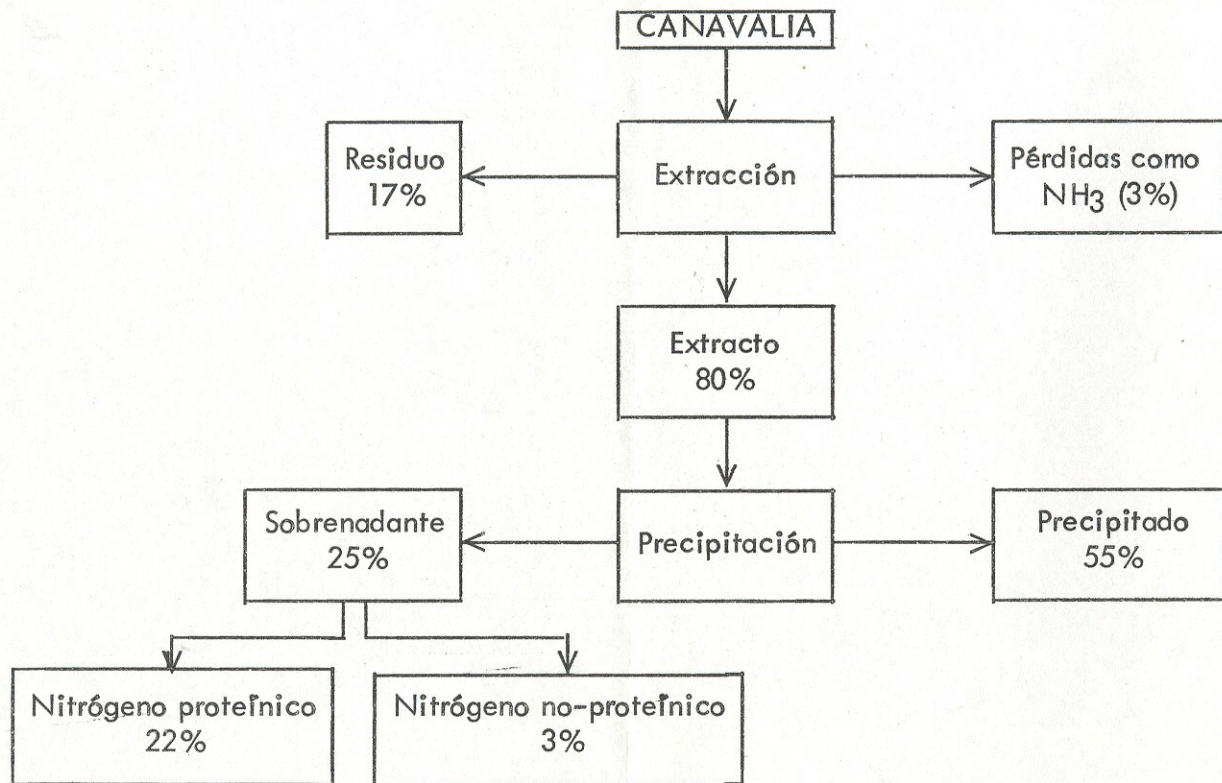
Datos tomados de:

C.R. Smith et al.

Agr. Food Chem. 2, 135, 1959

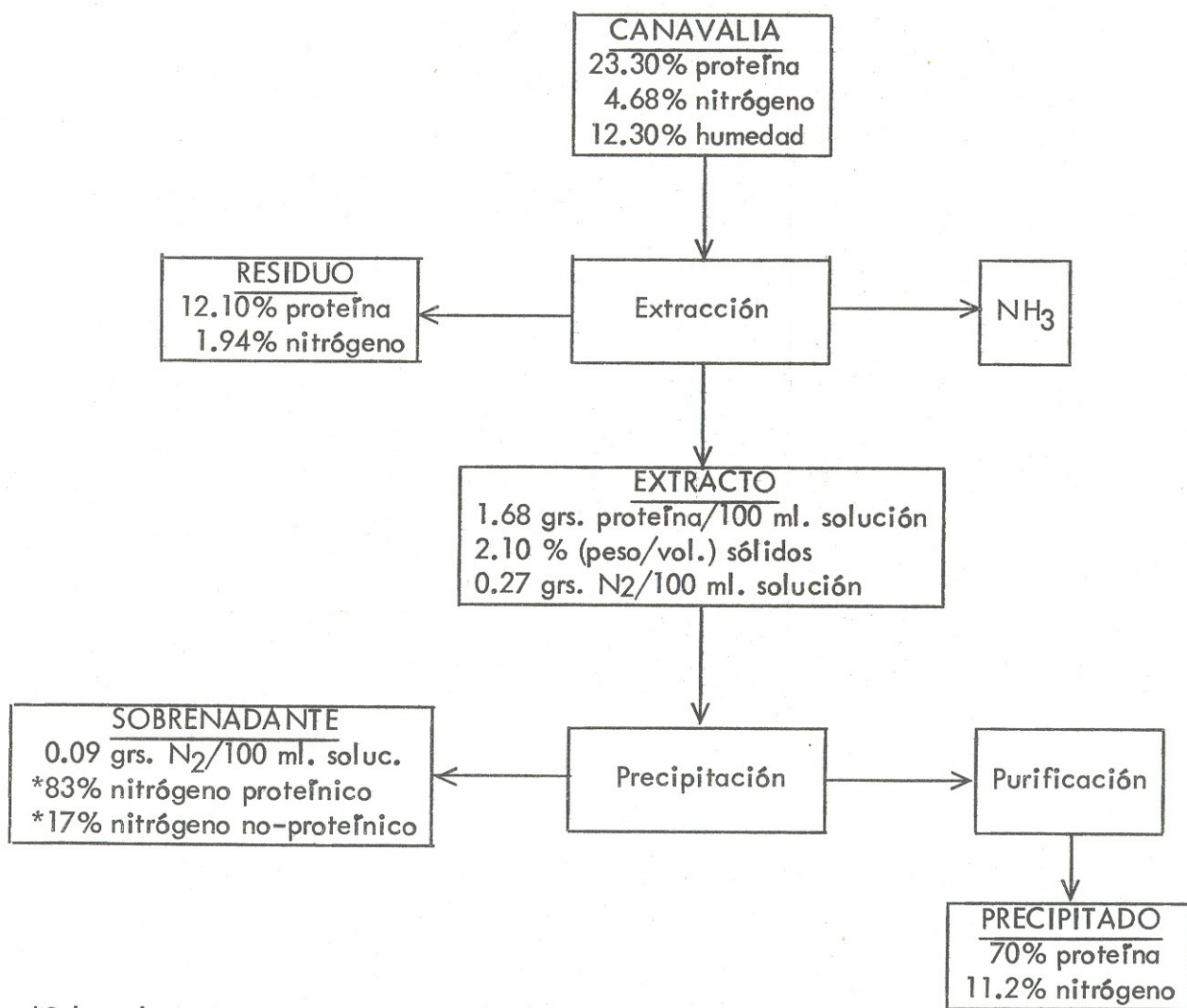
BALANCE TOTAL DE NITROGENO
EN EL PROCESO DE EXTRACCION
DE PROTEINAS DE LA SEMILLA DE
CANAVALIA

CUADRO No. 5



CARACTERIZACION DE CADA PRODUCTO OBTENIDO EN EL PROCESO DE EXTRACCION DE PROTEINAS DE CANAVALIA

CUADRO No. 6



*Sobre el nitrógeno contenido en el sobrenadante

RELACION ENTRE TIEMPO DE EXTRACCION Y EFICIENCIA DE EXTRACCION

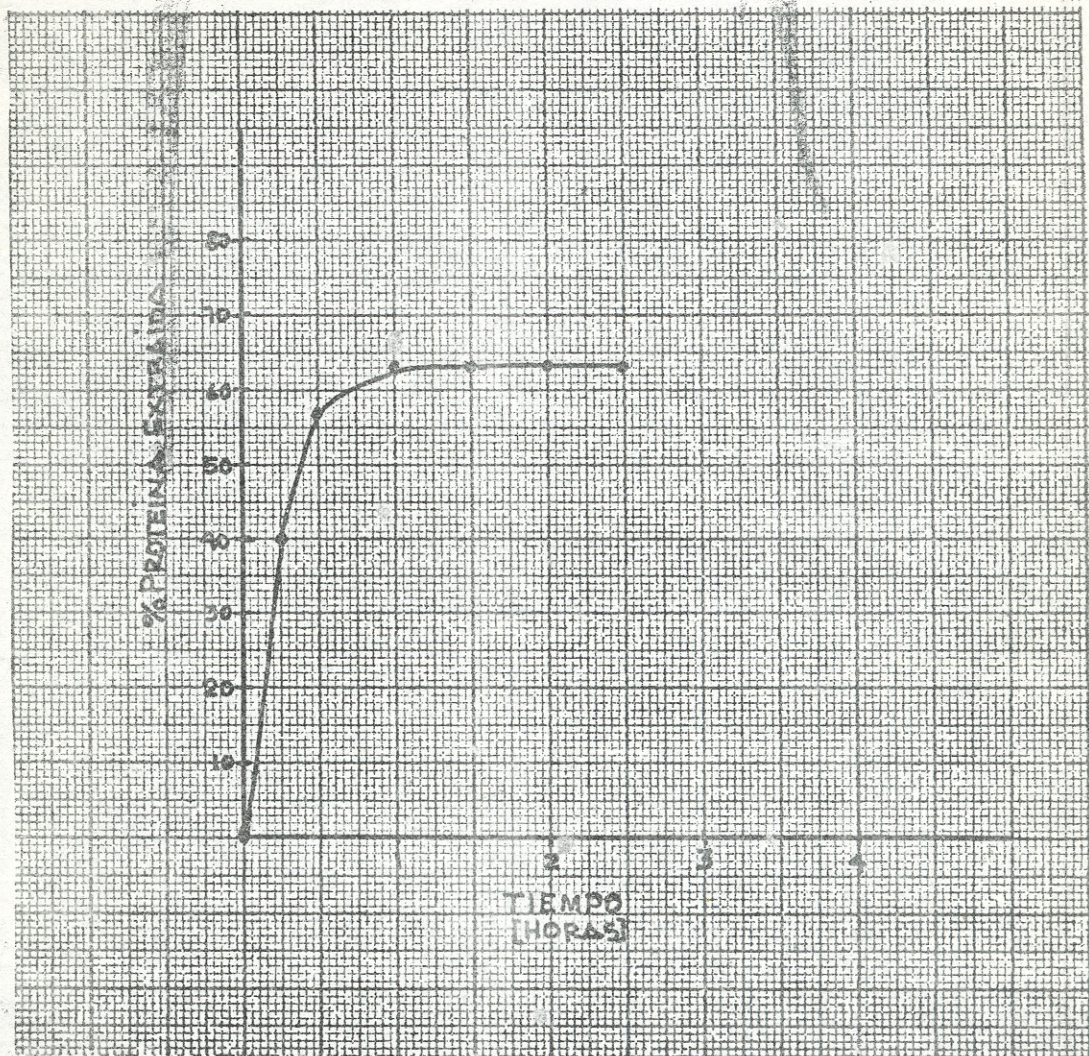


FIGURA 1

RELACION ENTRE RAZON MUESTRA-SOLVENTE Y EFICIENCIA DE EXTRACCION

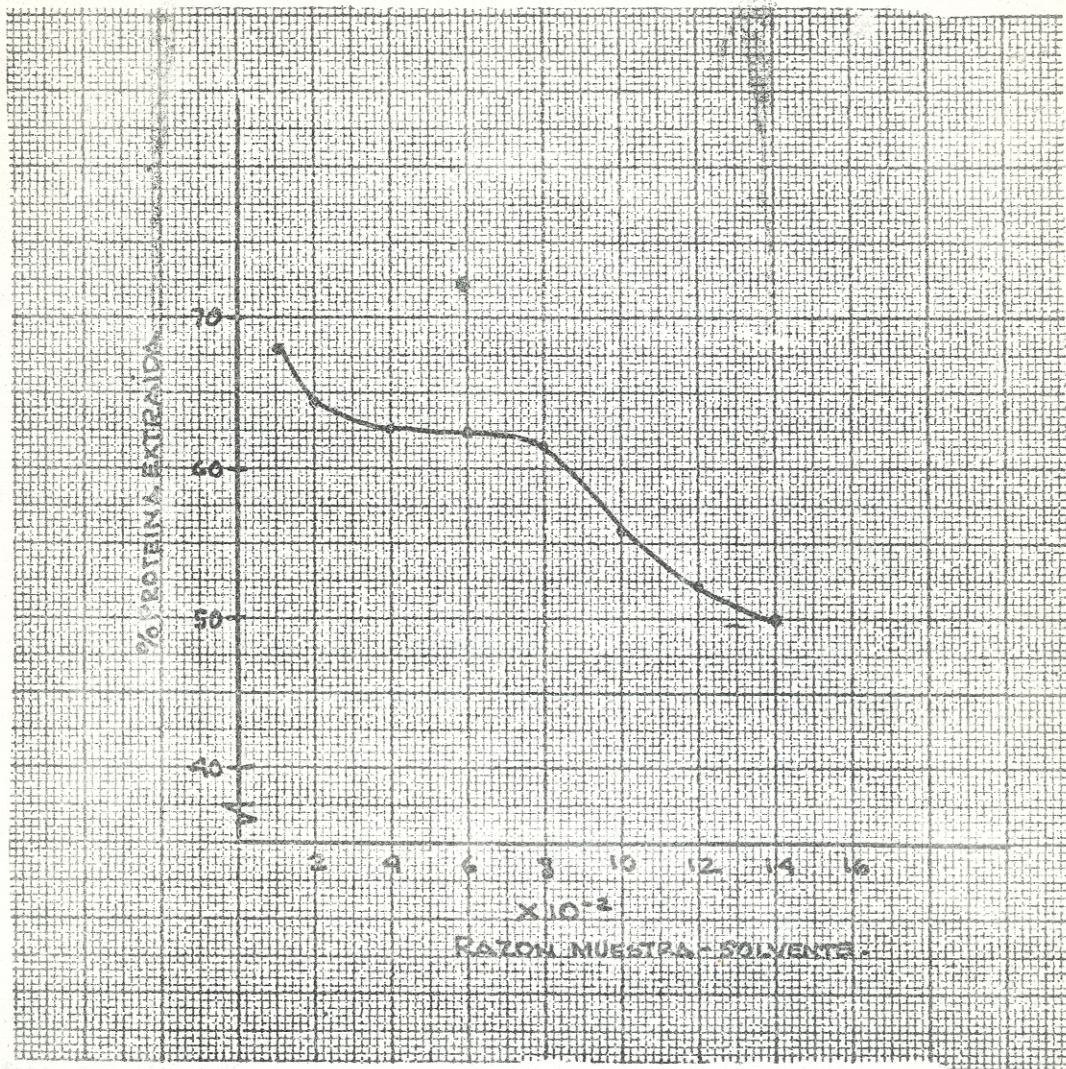


FIGURA # 2

RELACION ENTRE pH Y EFICIENCIA DE EXTRACCION
USANDO SOLVENTE ACUOSO

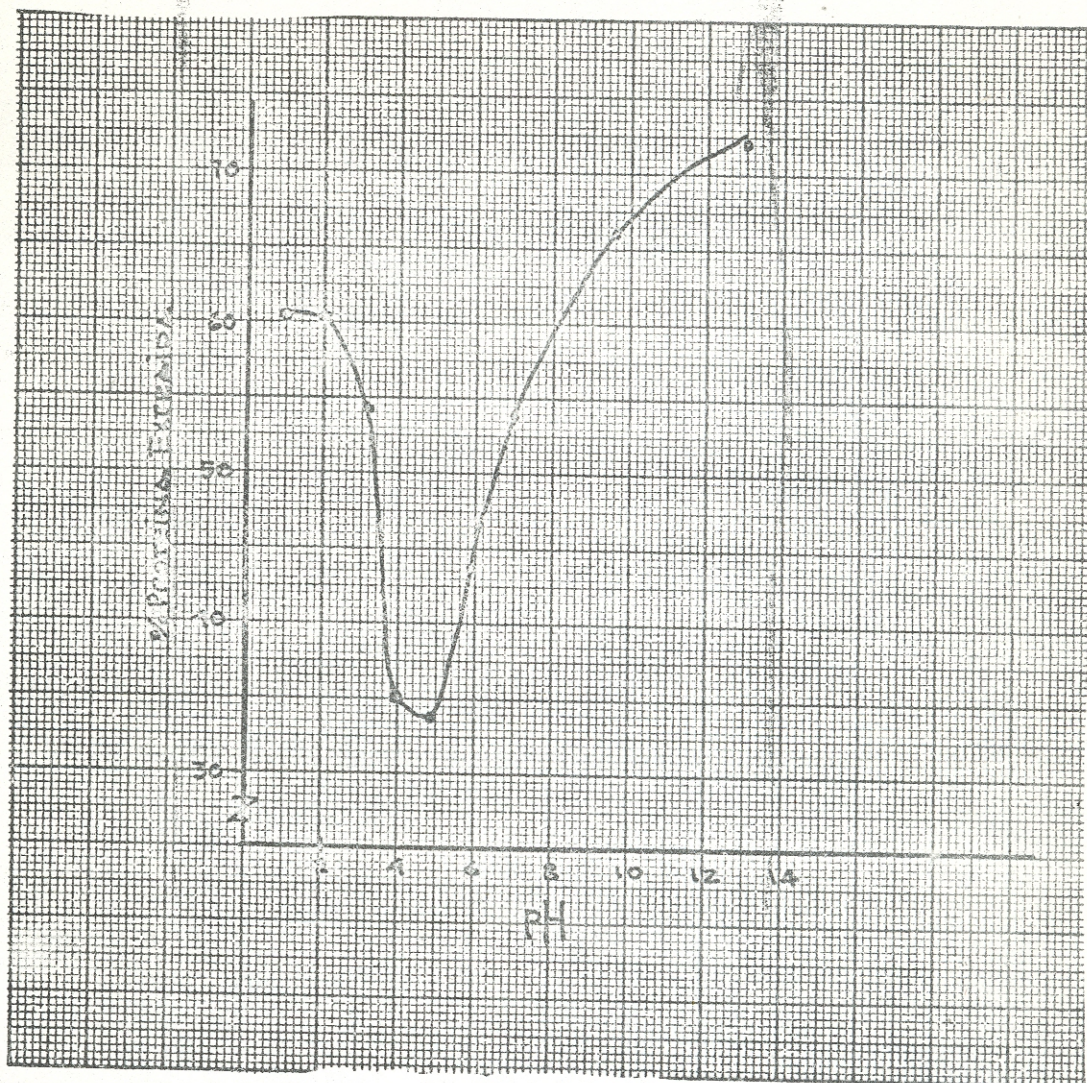
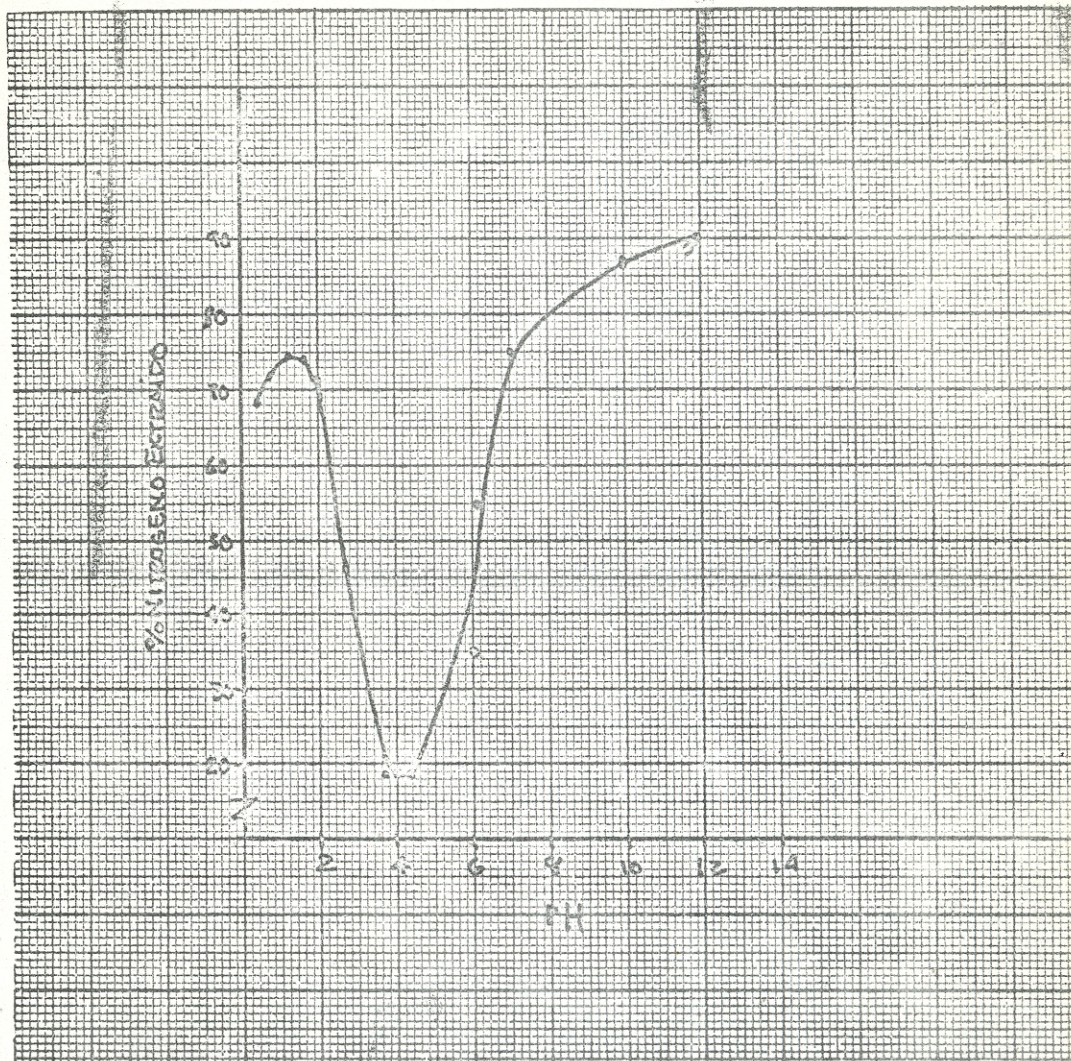
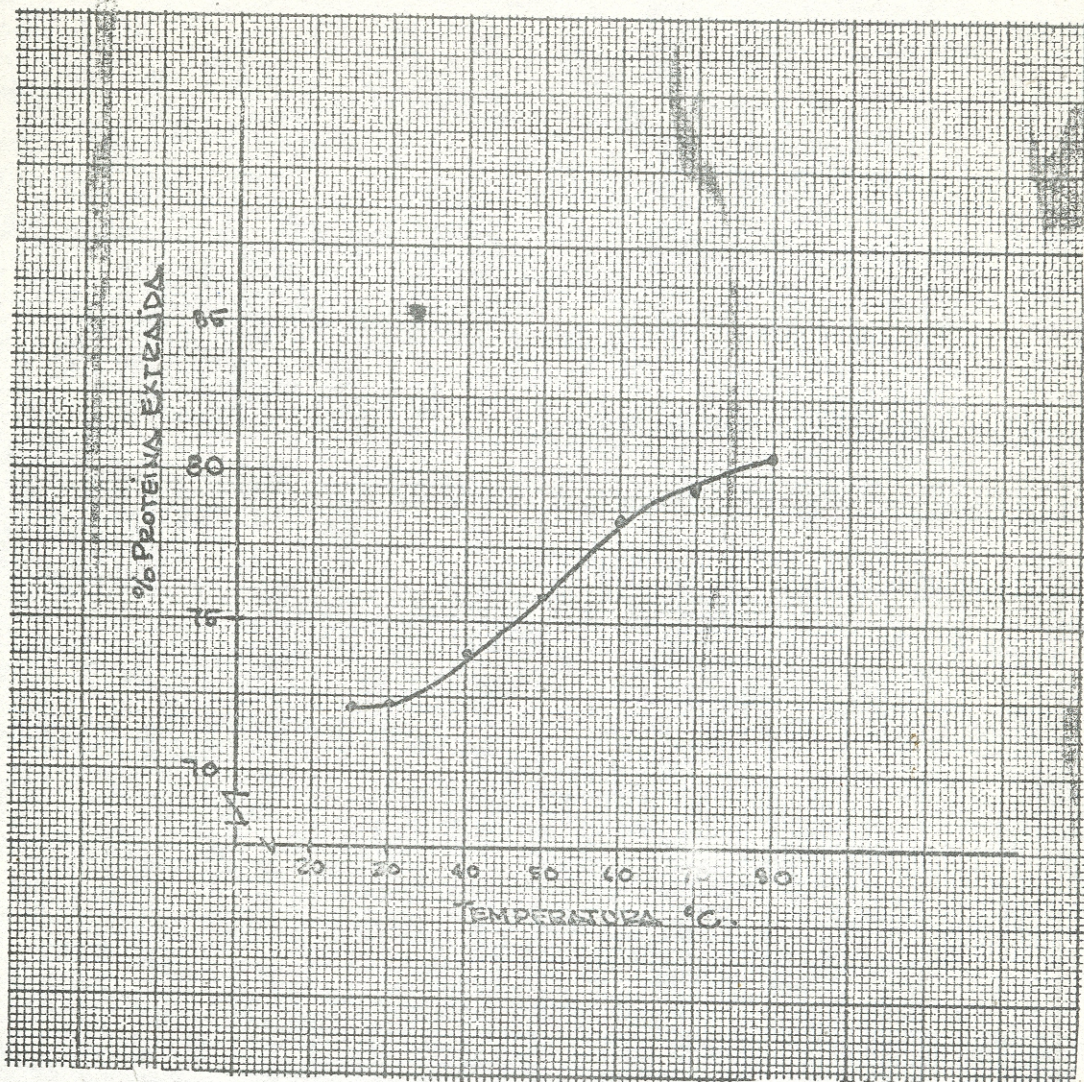


FIGURA # 3

RELACION ENTRE pH DE EXTRACCION Y EFICIENCIA
PARA FRIJOLES (*phaseolus vulgaris*)



RELACION ENTRE TEMPERATURA Y EFICIENCIA DE EXTRACCION



RELACION ENTRE pH Y EFICIENCIA DE EXTRACCION USANDO
SOLUCIONES 0.5 M DE CLORURO DE SODIO
A 25 °C

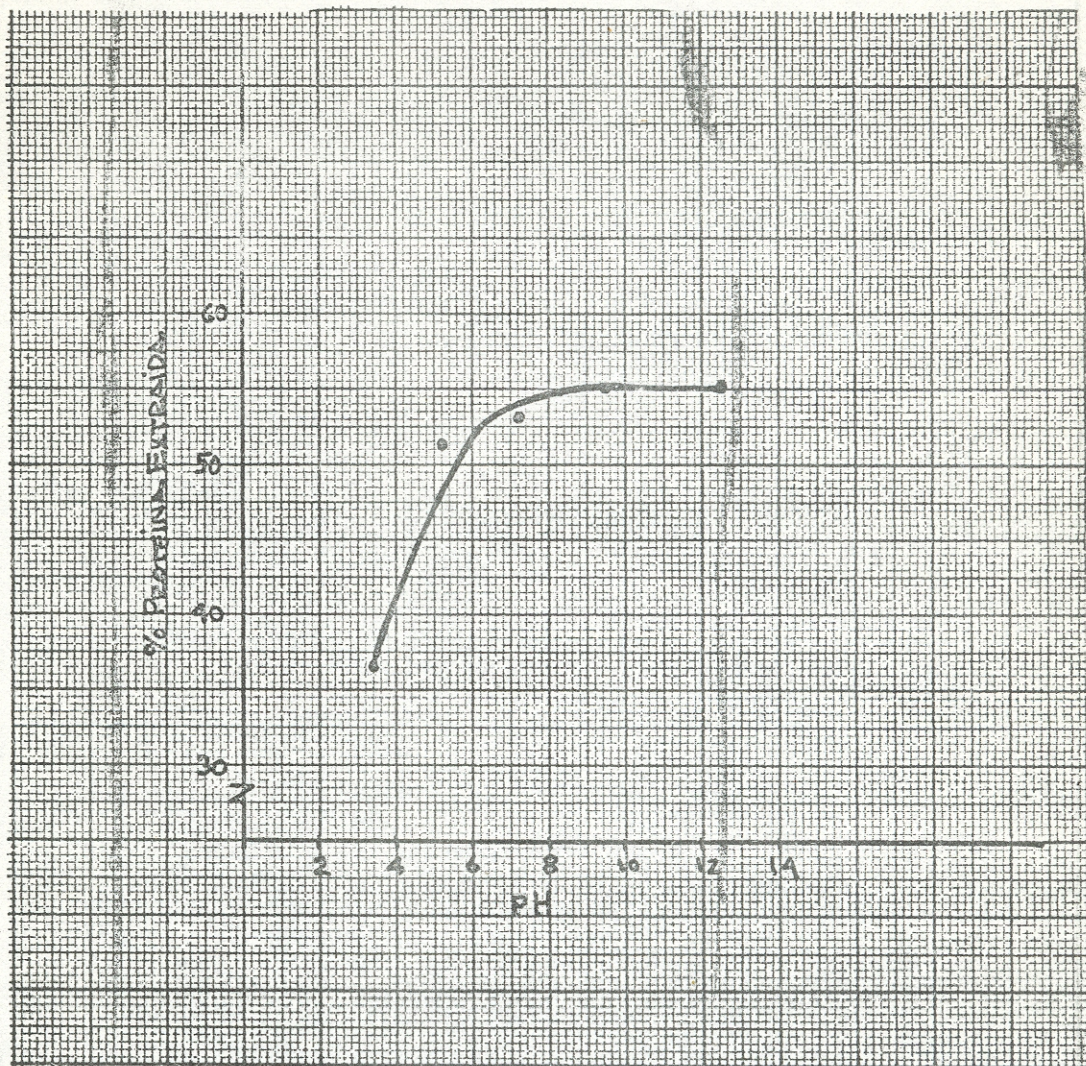
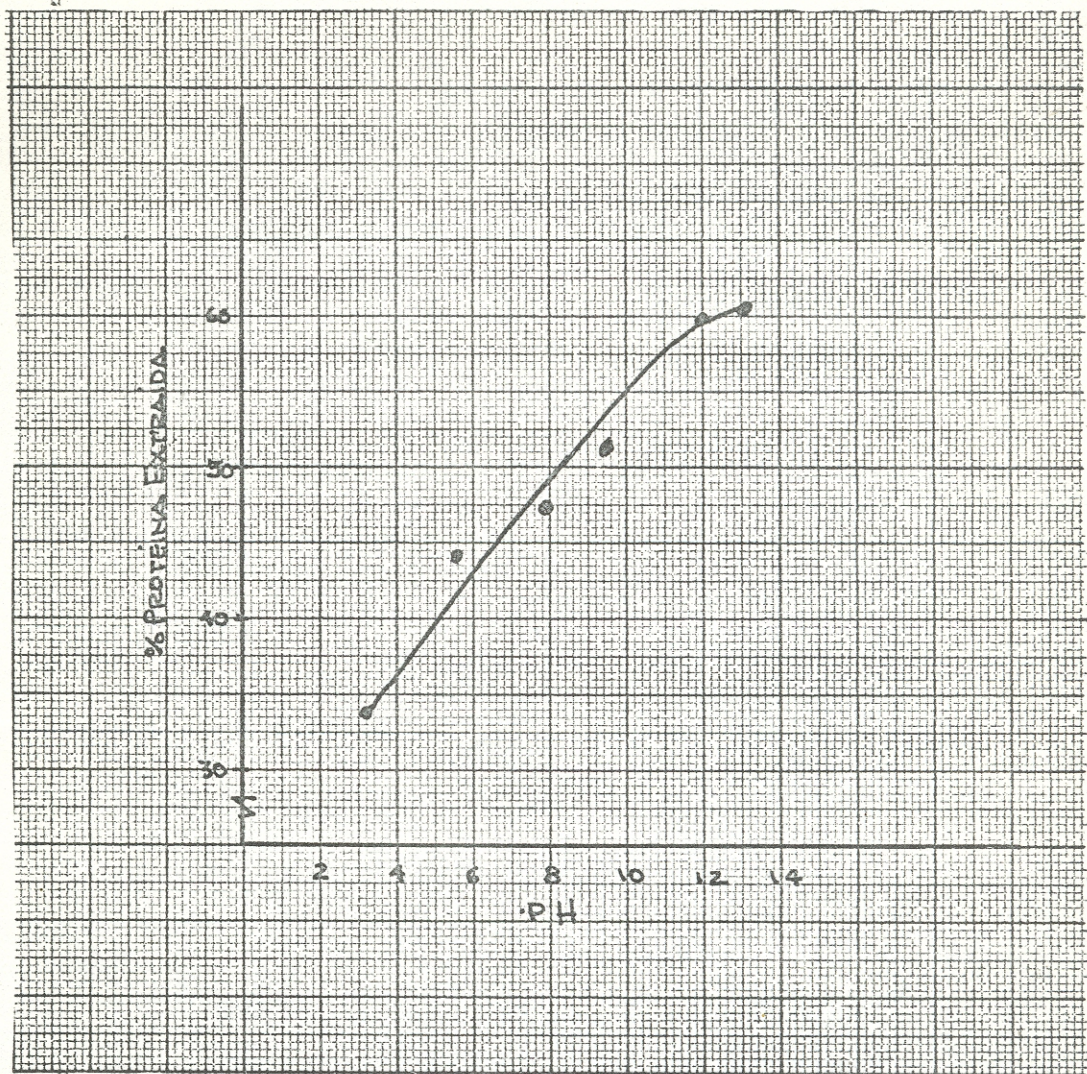


FIGURA # 6

RELACION ENTRE pH Y EFICIENCIA DE EXTRACCION USANDO
SOLUCIONES 0.5 M DE CLORURO DE SODIO
A 70 °C.



RELACION ENTRE pH Y EFICIENCIA DE RECUPERACION PROTEICA

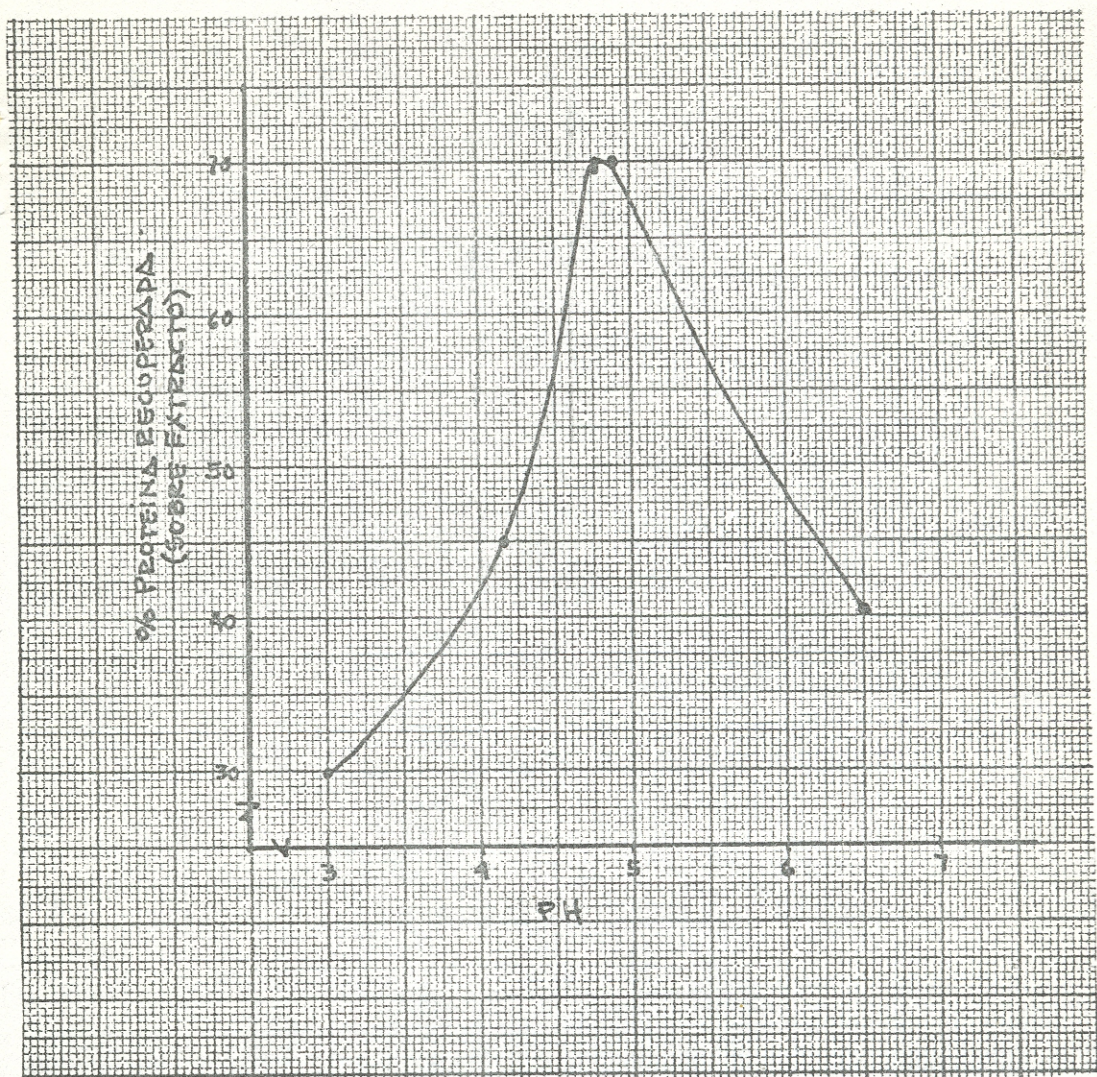


FIGURA # 8

VI DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados de la investigación hecha sobre la semilla de canavalia, muestran que esta leguminosa contiene 29.3% de proteína en base húmeda, lo que equivale a un 33.8 en base seca, por lo que supera en contenido proteínico al frijol, y guisantes pero es inferior al algodón, soya y alfalfa (cuadro VI), por lo que la canavalia puede ser aprovechada para diferentes usos. El alto contenido de fibra cruda (10%) puede explicarse, ya que para preparar la harina la semilla fue molida completa incluyendo la cáscara.

Solvente óptimo:

De los tres solventes experimentados, el NaOH da una mejor eficiencia de extracción (70%), mientras que la del agua resulta ser de 63%, siendo la diferencia entre los dos solventes respectivamente baja (7%), por lo que resulta más económico optimizar el proceso usando agua como agente extractante. Estos resultados están de acuerdo con los obtenidos por otros investigadores, C.R. Smith, et al. (20) reportan que con soluciones de hidróxido de sodio sobre soya, guisantes (*phaseolus aureus*), frijoles (*phaseolus vulgaris*) y alfalfa, se obtienen eficiencias de 97%, 95%, 96% y 78% respectivamente, mientras que con agua la eficiencia baja a 84%, para la soya; 74% para guisantes; 74% para frijoles y 44% para alfalfa, las extracciones hechas sobre estas semillas han sido desarrolladas usando agua como solvente (22,6,5).

Tiempo de extracción:

El tiempo óptimo de extracción para la extracción de proteínas de la canavalia resultó ser de 1 hora, resultado que concuerda con la mayoría de extracciones hechas sobre otras leguminosas (4,5,6,10,15,20,22).

Razón soluto-solvente:

La eficiencia de extracción se ve afectada por la razón soluto-solvente (11,12). En la figura #2 se observa que la eficiencia de extracción guarda una relación inversa con la concentración de la suspensión y la máxima eficiencia de extracción protéica se logra usando una razón soluto-solvente de 1:100, sin embargo, para el efecto de estudios subsecuentes la razón reportada como óptima fue de 1:100 se obtiene una solución extremadamente diluida la cual dificulta su manejo por su volumen, además su contenido final de proteína es menor que usando una razón de 6:100; si se incrementa la razón arriba del valor reportado como óptimo, la suspensión pierde fluidez comprometiendo así las operaciones de recuperación del extracto.

pH de extracción:

La extracción proteínica se ve favorecida por un pH ácido entre 1 y 2 y alcalino arriba de 12. Dichos resultados parecen estar de acuerdo con otros autores para semillas leguminosas (4,5,6,10,17). No se observaron cambios apreciables de pH durante la extracción, por lo que hace suponer que la semilla de canavalia tiene características amortiguadoras (buffer), característica reportada para varias leguminosas (23).

La baja solubilidad de la proteína en los pHs de 4 á 6, puede atribuirse a la atracción protéica intermolecular correspondiente a la zona isoeléctrica, aunque también parte de este efecto podría deberse a la formación de complejos de ácido fítico y proteína como los reportados para el caso del frijol (*Phaseolus vulgaris*) a pHs similares (5).

El frijol presenta puntos de máxima solubilidad a pHs ácidos entre 1.3 y 1.7 y a pHs alcalinos arriba de 12; con puntos mínimos de solubilidad a pHs entre 3.8 y 4. Los resultados indican algunas diferencias entre la eficiencia de extracción del frijol y la canavalia, en el frijol se obtiene una eficiencia máxima de 90% y mínima de 15%, mientras que en la canavalia la máxima fue de 74% y la mínima de 34% a temperatura ambiente (25°C), pero los patrones de solubilidad son semejantes, lo que hace suponer que la canavalia y el frijol tienen composiciones similares.

Extracciones con NaCl 0.5 M:

Los distintos patrones de solubilidad protéica obtenidos con soluciones de NaCl 0.5 M a 25°C y 70°C, parecen soportar la posibilidad de la formación de complejos de ácido fítico y proteína, ya que, en el frijol, los iones cloruro de sodio en igual concentración, evitan la combinación del ácido fítico con las proteínas en soluciones ácidas.

Cabe notar que las máximas eficiencias de extracción protéica usando cloruro de sodio 0.5 M a diferentes pHs - (55% á 25°C y 60% á 70°C), nunca alcanzaron los niveles obtenidos con el solvente acuoso a pHs arriba de 9 (65 á 76 % de proteína). Sin embargo, el cambio de patrón de solubilidad a diferentes pHs, usando solventes con iones como cloruro de sodio, pudiera tener algún significado nutricional.

nal, ya que en otros materiales como harina de soya (16), - se ha demostrado que al efectuar la extracción a pHs arriba de 12 compromete el valor nutritivo de la proteína extraída.

Temperatura y eficiencia de extracción:

Los estudios realizados sobre la semilla de canavalia, indican que la temperatura tiene un efecto marcado sobre la extracción acuosa y que a un pH de 13, el rendimiento máximo correspondiente al 80% puede obtenerse cuando dicha extracción se verifica a una temperatura de 70°C.

Balance de Materiales:

El balance de materiales muestra que del nitrógeno total, se extrae el 80% y se precipita el 55% que equivale a un 69% del nitrógeno extraído.

La cáscara constituye el 18% del peso total de la canavalia y contiene 0.765% de nitrógeno, por lo que sobre la almendra se recupera el 77% de nitrógeno, lo que constituye una eficiencia alta, pues considerando que dentro de la almendra hay nitrógeno no-protéico y nitrógeno constituyente de proteínas de bajo peso molecular, la recuperación por precipitación resulta difícil.

Osborne (22) ha dicho que las proteínas de leguminosas de pericarpio duro, son en gran parte globulinas, las cuales son solubles en soluciones salinas diluidas, y en soluciones diluidas de ácidos y álcalis fuertes, su punto isoeléctrico está entre 5 y 6. El patrón de solubilidad para la canavalia en función del pH con soluciones diluidas de HCl

y NaOH, muestran que las proteínas constituyentes de la canavalia, tienen alta solubilidad a pH ácido y alcalino, mientras que a pHs entre 4 y 6 presenta puntos mínimos de solubilización, por lo que se presume que las proteínas constituyentes de la semilla de canavalia estén constituidas en gran parte por globulinas solubles.

VII CONCLUSIONES

- I- La canavalia es una leguminosa con un contenido de proteína relativamente alto, por lo que puede dársele diferentes usos.
- II- El solvente más conveniente es el agua.
- III- Los parámetros principales de la extracción acuosa son: el pH, razón muestra-solvente y la temperatura.
- IV- Puede aumentarse el contenido de proteína en el extracto mediante un aumento prudencial de la razón soluto-solvente.
- V- La proteína extraída conviene recuperarla por precipitación, un secado no sería conveniente dada la baja concentración de sólidos en suspensión del extracto (2.1%).
- VI- El aislado obtenido disuelto en agua a 70°C se suspende perfectamente.
- VII- La precipitación de la proteína se logra fácilmente - en extractos obtenidos a pHs alcalinos.
- VIII- La tecnología reportada para la extracción proteínica de la semilla de canavalia, puede ofrecer una oportunidad para la utilización industrial de esta leguminosa, por ser relativamente simple y de bajo costo.
- IX- La canavalia presenta características semejantes a las del frijol (*phaseolus vulgaris*).

VIII REFERENCIAS

- 1- Assoc. Offic. Agr. Chemist,
"Official methods of Analysis of the Association of
official Agriculture Chemist"
9th Ed., Washington, D.C., 1960
- 2- BECKER, H.C., MILNER, R.T., NAGEL, R.H.
Cereal Chem. 17, 447, 1940
- 3- VOGELI, H., "SCHWEIZ. LANDWIRTSCH.
MONATSH. N° 1, Sonderheft
60, 71, 1956.
- 4- Y.D. HANG, K.H. STEINKRAUS and L.R. HACKLER.
"Comparative studies on the Nitrogen Solubility of
mung beans, peabeans and red kidney beans"
J. Food Sci. 35 (3) : 318-320; 1970.
- 5- WILLIAM D. POWRIE.
"Extraction of nitrogenous constituents from the navy
bean seed, phaseolus vulgaris"
Agricultural and Food Chemistry. 9 (1) : 67-69; 1961.
- 6- ROBERT JOHN EVANS and MARY H. KERR.
"Extraction and precipitation of nitrogenous consti-
tuents of dry navy beans (phaseolus vulgaris)"
Agr. and Food Chem. 11 (1): 26-29, 1963.
- 7- FONTAINE, T.D., IRVING, G.W., Jr.
Markley, K.S., Ibid 38, 658; 1946.
- 8- CIRCLE, S.J.
"Studies on soybean protein"
Doctoral Dissertations, University of Chicago 1941

- 9- SMITH, A.K., CIRCLE, S.J.
Ind. Eng. Chem. 30, 1414 ; 1938
- 10- PICK-SENG LU and J.E. KINSEL.
"Extractability and properties of protein from alfalfa leaf meal"
J. Food Sci. 37, 94-99; 1970.
- 11- DJANG, S.S.T., LILLEVIK, H.A.
Ball, C.D., *ibid.*, 30, 230, 1953
- 12- NAGEL, R.H., BECKER, H.C. MILNER, R.T.
Cereal Chem. 15, 463, 1938
- 13- NAGY, D., WEIDHEIN, W., HIXON, R.M.
ibid., 18, 514, 1941
- 14- O'HARA, L.P., SAUNDERS, F.,
J. Am. Chem. Soc. 59, 352, 1937
- 15- PUSZTAI, A.
Studies on the extraction of nitrogenous and phosphorus-containing material from the seeds of kidney beans (*phaseolus vulgaris*).
Biochem. J. 94, 611, 1965.
- 16- SMITH, A.K., and CIRCLE, S.J.
Peptization of soybeans proteins. Extraction of nitrogenous constituents from oil-free meal by acids and bases with and without added salts.
Ind. Eng. Chem. 30, 1414, 1938.
- 17- KOLONSEK, J. and COULSON, C.B.
Plant Proteins. Extractions of soy proteins and nitrogenous distributions.
J. Sci. Food Agric. 5, 126, 1954.

- 18- ORRU, A., and V.C. DAMEL.
Physiological and anatomical-pathological observation
on rats feed the seeds of canavalia ensiformis
Quaderny nutriz, 7, 273, 1941
- 19- SMITH, A.K.
Econ. Botany 8, 295, 1954
- 20- C.R. SMITH, Jr., F.R. EARLE, and I.A. WOLFF.
Comparison of solubility characteristics of selected
seeds proteins.
J. Agr. y Food Chem. 7(2), 133-136; 1959.
- 21- LAYNE, E. Spectrophoretic and turbidimetric methods
of measuring proteins. III Biuret methods in: methods
in enzymology. Vol III p. 450.
Academic press inc. New York.
- 22- RADHA PANT and D.R.P. TULSIANI.
Solubility, amino acid composition, and biological evaluation of proteins isolated from leguminous seeds.
J. Agr. Food. Chem. 17, 361-366, 1969.
- 23- OSBORNE, T.B.
The Vegetable Proteins
New York, Bombay and Calcuta, 1912.

Carlos Enrique Argueta Pinzón

Ing. Oscar René Rosal H.
Asesor

Ing. L. Vicente Chavez
Director Esc. Química.

Imprimase

Ing. Hugo Quan Ma.
Decano