



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

## **Los Germinados de Semillas, en Especial de la Soya, en la Alimentación**

**TESIS**

que para obtener el título de:  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO  
presenta

**CLAUDIA CECILIA SOTOMAYOR GARZA**

México, D. F.

1979



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

CLAS TESIS 1979  
ADQ 4.7. 336  
FECHA 336  
PROG \_\_\_\_\_



PRESIDENTE: Profa. Natalia Salcedo Olavarrieta  
VOCAL: Profa. Ninfa Guerrero de Callejas  
SECRETARIO: Prof. Wenceslao Fuentes Solís  
PRIMER SUPLENTE: Prof. Alejandro Garduño Torres  
SEGUNDO SUPLENTE: Prof. Miguel Hernández Infante

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

Facultad de Química U. N. A. M.

SUSTENTANTE: Claudia Cecilia Sotomayor Garza  
ASESOR DEL TEMA: Profa. Natalia Salcedo Olavarrieta

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE QUIMICA

LOS GERMINADOS DE SEMILLAS EN ESPECIAL  
DE LA SOYA EN LA ALIMENTACION

CLAUDIA CECILIA SOTOMAYOR GARZA  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

1979

A MI MADRE

A MI PADRE

A MIS HERMANOS

A MIS TIOS Y SOBRINOS

A LA SRA. CONSUELO TREVIÑO VDA. DE GARZA

A JIMENA ESCOBAR SOTOMAYOR

A TODOS MIS MAESTROS

A LA FACULTAD DE QUIMICA

CON PROFUNDO CARIÑO Y AGRADECIMIENTO A:

MTA. NATALIA SALCEDO OLAVARRIETA

MTA. LUCIA RIEDEMANN GONZALEZ

QFB MARIA GUADALUPE BECERRA CASTELLANOS

CON ESPECIAL GRATITUD A:

M. en ING. JESUS LARA TREJO

A MIS AMIGOS

"LA VIDA ES MUY CORTA PARA QUE SEA PEQUEÑA"

## CONTENIDO

		Página
	LISTA DE TABLAS	III
	LISTA DE FIGURAS	VI
	LISTA DE DIAGRAMAS	VI
Capítulo	OBJETIVO	i
	INTRODUCCION	1
I	GENERALIDADES	5
	Historia de la soya	
	Estadísticas de producción	
	La Soya. Descripción	
II	GERMINACION DE LAS SEMILLAS DE SOYA	24
	Formación de las semillas	
	Condiciones para la germinación	
	Fases de la germinación	
	Proceso de la germinación	
	Fases del crecimiento	
	Cambios metabólicos durante la germinación	
	Carbohidratos	
	Grasas	
	Proteinas	
	Minerales	
III	VALOR NUTRITIVO	64
	Calidad proteica de los germinados de soya	
	Composición de aminoácidos	
	Balance Químico	
	Relación de la eficiencia proteica	
	Balance de nitrógeno	

Capítulo	Página	
	Digestibilidad Utilización neta de proteínas Valor biológico Factor antitripsico Energía disponible	
	Contenido vitamínico  Vitaminas hidrosolubles Vitaminas liposolubles	
	Contenido de minerales	
IV	LOS GERMINADOS DE LA SOYA EN LA DIETA MEXICANA. PARTE EXPERIMENTAL.	107
	Proteínas Complementación de los aminoácidos de los germinados de la soya con tortillas y con pan blanco Minerales Vitaminas  Caroteno Tiamina, riboflavina y niacina Vitamina "C"	
V	RESULTADOS Y CONCLUSIONES	123
VI	BIBLIOGRAFIA	125

## LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Producción y área de cultivo de la soya en el mundo (1972-1977)	9
2	Análisis de la semilla de soya	22
3	Componentes inorgánicos de las semillas de soya	23
4	Grados numéricos y de muestra y sus requisitos para toda clase de semilla de soya	23
5A	Cambios en los aminoácidos libres	59
5B	Cambios en la composición total de los aminoácidos durante la germinación	61
6	Requerimientos proteicos diarios según la edad y el estado de desarrollo	66
7	Requerimientos de aminoácidos por día del hombre y patrones de los aminoácidos con referencia a las proteínas	69
8	Comparación de aminoácidos esenciales del patrón de referencia con respecto a la <u>soya</u> germinada y a la soya sin germinar	70
9	Expresión de cada aminoácido esencial como una fracción del total de los aminoácidos esenciales (A/B) del patrón de la soya sin germinar y de la soya germinada	72

Tabla		Página
10	Proporción del total de los aminoácidos esenciales con el nitrógeno total en - distintos productos respecto al patrón provisional de la FAO 1957.	74
11A	Aminoácidos en la soya y en productos a base de soya.	76
11B	Comparación de los aminoácidos esenciales del patrón de referencia con respecto a algunos productos a base de soya(Trip=1)	77
12	Balance químico de las proteínas del huevo, de los germinados de la soya, y de - otros productos a base de soya.	80
13	Evaluación del PER en productos de soya - mediante experimentaciones con ratas.	82
14	Valor biológico de la soya, germinados de la soya y algunas proteínas animales.	86
15	Calidad de las proteínas de algunos ali--mentos a base de soya.	88
16	Factor antitripsico de la soya y en los - germinados de la soya.	91
17	Energía proporcionada por distintos tipos de semillas y germinados.	93
18	Producción de flatos en el hombre por in--gestión de soya y de germinados de la soya.	95
19	Comparación entre los requerimientos dia--rios de vitaminas y la aportación de 100g. de germinados.	100

Tabla		Página
20	Comparación entre los requerimientos diarios de vitaminas liposolubles y la aportación de 100 g. de germinados de soya.	102
21	Contenido de vitaminas liposolubles en la soya y en los germinados de la soya.	103
22	Contenido de los principales minerales en la soya y en los germinados de la soya.	105
23	Comparación entre los requerimientos diarios de minerales y la aportación de 100g. de germinados de soya.	106
24	Curva de concentración óptima de triptófano y metionina en las mezclas tortilla y germinados de soya.	109
25	Curva de concentración óptima de lisina y metionina en la mezcla de pan y germinados de soya.	112
26	Composición de los alimentos de la mezcla	119
27	Composición de los alimentos de la mezcla (g/100g de alimento bruto)	120
28	Sistema de ecuaciones lineales	121

## LISTA DE FIGURAS

VI

Figura		Página
1	Semilla de soya	19
2	Corte transversal de la semilla de soya	19
3	Cambios en la concentración de estaquiosa y rafinosa durante la germinación	41
4	Contenido de azúcares lípidos y proteínas en el cotiledón en la germinación	44
5	Concentración de proteínas, lípidos, carbohidratos y aminoácidos durante la germinación	45
6	Contenido de aceites y ácidos grasos libres durante la germinación	50
7	Por ciento de ácidos linoleico y linolénico durante la germinación	51
8	Cambios en la actividad de la proteinasa en los cotiledones y en los órganos axiales	54
9	Cambios en el contenido de nitrógeno	58
10	Cambios en el contenido vitamínico de la soya con una germinación de 4 días	97
11	Cambios en la concentración de ác. ascórbico en germinados de la soya	98
12	Curva de concentración óptima de triptófano y metionina	110
13	Curva de concentración óptima de lisina y metionina	113

## LISTA DE DIAGRAMAS

## Diagramas

1	Metabolismo de los lípidos	48
---	----------------------------	----

## O B J E T I V O

El presente trabajo tiene como finalidad determinar el valor nutritivo de los germinados de soya como alternativa para satisfacer en parte necesidades nutricionales del mexicano, sin que por esto se entienda que puedan sustituir a las proteínas de origen animal.

Sería de desearse incorporar este tipo de germinados en la dieta diaria de la población para una mejor y más balanceada alimentación del pueblo, lo cual redundaría en forma considerable en el desarrollo físico y mental, en la productividad y en los años de vida activa; todo esto se reflejaría en un incremento del potencial económico de nuestro país.

## I N T R O D U C C I O N

Difícilmente se pueden encontrar en nuestros días estadísticas sobre el número de personas que mueren directamente por el hambre. En realidad asciende a miles el número de personas que fallecen por tal razón, aunque el certificado de defunción no lo exprese con tal claridad. Quienes mueren víctimas de la desnutrición o de la hipoalimentación aparecen enlistadas en las estadísticas mortuorias como víctimas de enfermedades infecciosas que un organismo fuerte habría podido resistir.

Se calcula que la población mundial aumenta a razón de 3.5% al año, mientras que la producción de proteínas de origen animal apenas lo hace en un 2%. Diariamente se cuestiona más el destino de los cereales y las féculas: dárselos a los animales o directamente al hombre. Si se toma en cuenta que para producir 1 Kg. de ganado vacuno se requieren 10 Kg. de granos o 15 Kg. de hierbas, y que para tener 1 Kg. de carne de cerdo éste consume 7 Kg. de granos, se comprende el alto costo de las proteínas de origen animal.

La problemática de encontrar nuevas fuentes nutricionales, sobre todo para las áreas rurales donde existe una escasa variedad de alimentos, ha traído como consecuencia el establecimiento de métodos y procesos en los cuales se utilizan las fuentes presentes de las diferentes regiones de México.

Mucho se ha dicho acerca de los beneficios de la soya para resolver el problema mundial de la desnutrición. Se la reconoce como un factor complementario en las dietas, principalmente en los países subdesarrollados.

Los germinados de la soya se han desarrollado en China desde hace varios cientos de años. Young, en 1782, observó que durante la germinación las semillas adquirían propiedades antiescorbúticas. Varios estudios han demostrado que las semillas adquieren cantidades apreciables de ácido ascórbico durante la germinación.

La germinación de la soya no requiere de sol ni de tierra, ni se limita a determinadas épocas del año. El tiempo de germinación establecido en el laboratorio es corto (promedio

dio de 4 a 5 días) y el rendimiento de los germinados elevado, Este estudio tiene como propósito desarrollar un método simple y rápido que pueda llevarse a cabo principalmente a nivel casero.

Con un remarcado énfasis en el valor nutritivo de los alimentos y de los llamados "alimentos naturales", se determina el valor nutritivo de las semillas de la soya antes y después de la germinación

Los germinados son productos de fácil preparación en cualquier estación, de bajo costo y supuestamente aportan grandes cantidades de vitaminas y minerales.

El presente trabajo se ha organizado de la siguiente manera: El primer capítulo está dedicado al estudio de la soya; su historia, sus características principales, su composición química y su morfología, así como a datos estadísticos de su producción.

El segundo capítulo trata de los germinados y de los cambios físicos y químicos que experimenta la semilla en el proceso de la germinación.

En el tercer capítulo se hace una comparación entre el valor nutritivo de la soya y de sus germinados.

En el cuarto capítulo se plantea la conveniencia de hacer complementaciones con cereales tales como el trigo y el maíz. Asimismo se hace un estudio comparativo entre la aportación de los principales nutrientes del pan de trigo con algunos vegetales y los germinados de soya en relación con las normas recomendadas, mediante la ayuda de modelos matemáticos por computación. También se llevan a cabo estudios organolépticos.

En el quinto capítulo se analizan los datos obtenidos para dar respuesta a los problemas planteados en esta tesis, esperando sean puntos de partida para investigaciones posteriores.

En el sexto capítulo se consigna la bibliografía consultada.

## C A P I T U L O I

## GENERALIDADES

## HISTORIA DE LA SOYA

El primer registro chino que menciona la soya data del tiempo de la construcción de las pirámides egipcias. En 2838 A.C., el Emperador Shang-Nung publicó los libros de Pen Ts'ao Kong Mu, en donde describe las plantas de China, incluyendo a la soya.

La soya es una de las "Mu Ku" o granos sagrados de China, que junto con el arroz, la cebada, el trigo y el mijo se consideran esenciales para la existencia de la civilización china.

Muchos de los primeros escritos son verdaderos estudios en donde los expertos en la materia hacen determinaciones sobre la tierra adecuada, el tiempo y la época para su cosecha, y la utilización de sus variedades de acuerdo a sus propósitos. (47)

Estos estudios datan del año 2207 A.C. lo que muestra que la soya ha sido, indudablemente, una de las primeras leguminosas utilizadas por el hombre para su subsistencia.

La soya, dependiendo del país donde se ha producido y utilizado, ha recibido diferentes nombres. Se piensa que "soya" deriva del chino "Chiang-yiu", que significa salsa de soya, y que en japonés se pronuncia "shou-yu".

La soya se fué difundiendo en el sudeste asiático para pasar luego a Asia menor y al norte de Africa y hasta 1690, a Europa.

La primera descripción botánica se realiza en 1794, aunque ya había sido mencionada anteriormente en algunos trabajos escritos.

En 1855 es introducida en América a través de los Estados Unidos. China, Rusia e Indonesia han incrementado muy lentamente la superficie cultivada alcanzando en la actualidad unos - - 15,000,000.00 de ha, 1,000,000 de ha y 700,000 ha respectivamente.

Los Estados Unidos utilizaron la soya como forraje hasta 1914, fecha en que, al inicio de la primera Guerra Mundial, comienzan a destinarla a la alimentación de sus soldados. En 1907 cultiva sólo 20,000 ha; en 1935 unas 2,500,000 ha y en 1940 unas 5,000,000 ha. Pero a raíz de la segunda Guerra Mundial y ante la imperiosa necesidad de proporcionar a su pueblo y combatientes un alimento barato y muy nutritivo, expande masivamente el área cultivada, llegando a 23,000,000 en 1975.

En la tabla Núm. 1 se muestran estadísticas de producción y área de cultivo de la soya, a nivel mundial. En dicha tabla se puede observar que México ha aumentado su producción en un 40% durante el período 1972-1975 y se ha calculado un aumento del 42.86% de 1976 a 1977. (46)

En relación a los países de América del Norte nuestro país es el que menor producción tiene de soya; en relación con Latinoamérica ocupa el tercer lugar, y a nivel mundial el séptimo.

La soya comparte en Estados Unidos el segundo lugar junto con el trigo, siendo ambos precedidos por el maíz.

Brasil ha venido cultivando la soya desde 1921, en lento -  
crecimiento hasta 1964-1965. Desde este año y hasta 1969-  
1970 el incremento fué de unas 100,000 ha anuales, pero des  
de la campaña siguiente el crecimiento alcanzó rápidamente  
unos 4,500,000 ha en 1974-1975 con un aumento de 3,500,000  
ha en sólo cinco años. (46)

TABLA NUM. 1

TABLA DE LA PRODUCCION DE LA SOYA EN EL MUNDO DE  
1972-77 1/ EN 1000 TON. METRICAS

<u>Continente y País</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>2/</u>
<b>NORTEAMERICA</b>							
Canadá	375	397	301	367	250	463	
México	375	510	420	625	280	400	
Estados Unidos 3/	34,581	42,108	33,062	42,078	34,425	45,796	
<b>SUDAMERICA</b>							
Argentina	78	272	496	485	695	1,400	
Brasil	3,666	5,012	7,876	9,982	10,810	12,000	
Bolivia	1	3	8	10	10	10	
Chile	3	1	1	2	2	1	
Colombia	122	114	114	169	75	96	
Paraguay 4/	97	122	185	218	253	350	
Perú	1	3	5	8	7	10	
<b>EUROPA</b>							
Bulgaria	13	16	18	62	100	100	
Francia	-	-	5	5	2	2	
Hungría	-	-	14	41	55	75	
Rumania	186	244	298	213	213	180	
Yugoslavia	6	13	14	30	48	66	
U.R.S.S.	258	424	360	780	480	700	
<b>AFRICA</b>							
Etiopía	6	6	6	6	6	6	
Nigeria 6/	4	1	1	1	3	3	
Sud Africa 5/ 7/	3	5	21	20	16	25	
Tansania 8/	4	4	3	4	3	3	
Uganda	3	3	3	3	3	3	
Zaire	2	2	1	1	1	1	

(FOREIGN AGRICULTURE CIRCULAR U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE SERVICE, 1978.)

<u>Continente y País</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>2/</u>
ASIA							
Burma	14	15	15	14	14	15	
Rep. Pop. China	6,500	8,000	9,500	10,000	9,500	10,000	
Taiwan	60	61	67	62	53	62	
India	20	25	30	35	35	35	
Indonesia	516	541	589	590	482	575	
Irán	10	22	36	70	70	70	
Japón 5/	127	118	133	126	110	100	
Rep. Khemer	4	4	4	4	4	4	
Corea del Norte	235	285	235	235	235	235	
Rep. de Corea 5/	224	246	319	311	295	311	
Filipinas	1	2	2	6	10	10	
Tailandia 5/	80	100	115	140	155	155	
Turquia	13	7	9	7	7	9	
Vietnam 9/	19	21	23	23	23	23	
OCEANIA							
Australia	34	38	63	74	45	45	
Estimación Mundial	47,646	58,707	54,390	66,710	58,777	13,353	

(FOREIGN AGRICULTURE CIRCULAR, U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, AGRICULTURE SERVICE, 1978).

TABLA NUM. 1 (CONT.)

TABLA DEL AREA DE CULTIVO DE LA SOYA EN EL MUNDO DE  
1972-1977 1/ EN 1000 HECTAREAS

<u>Continente y País</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>
<b>NORTEAMERICA</b>						
Canadá	164	190	168	158	153	202
México	240	306	255	312	157	210
Estados Unidos 3/	18,494	22,580	21,193	21,757	20,009	23,528
<b>SUDAMERICA</b>						
Argentina	78	157	344	356	434	660
Brasil	2,840	3,615	5,143	5,824	6,416	7,142
Bolivia	1	2	6	6	6	6
Chile	2	1	1	1	2	1
Colombia	58	54	57	88	60	60
Paraguay 4/	76	81	127	160	180	286
Perú	1	1	2	3	3	3
<b>EUROPA</b>						
Bulgaria	14	19	25	31	53	58
Francia	-	-	2	2	4	1
Hungría	-	-	15	25	36	32
Rumania	109	183	238	121	125	171
Yugoslavia	4	9	9	15	31	40
U.R.S.S.	905	838	830	811	762	799
<b>AFRICA</b>						
Etiopía	10	10	10	10	10	10
Nigeria 6/	40	40	40	40	40	40
Sud Africa 5/ 7/	12	-	13	13	12	15
Tanzania 8/	5	5	5	5	5	5
Uganda	5	5	5	5	5	5
Zaire	2	2	2	2	2	2

(FOREIGN AGRICULTURE CIRCULAR, U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE  
AGRICULTURE SERVICE, 1978).

<u>Continente y País</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>2/</u>
ASIA							
Burma	23	21	21	21	22	22	
Rep. Pop. China	8,400	8,500	8,800	9,200	9,100	9,200	
Taiwan	36	36	44	41	36	36	
India	32	35	40	40	40	40	
Indonesia	696	750	768	752	636	636	
Irán	7	14	30	54	54	54	
Japón 5/	89	88	93	87	83	78	
Rep. Khemer	4	4	4	4	4	4	
Corea del Norte	405	405	405	405	405	405	
Rep. de Corea 5/	284	312	286	274	247	247	
Filipinas	1	2	3	8	8	8	
Tailandia 5/	81	95	163	115	126	126	
Turquía	5	5	4	6	6	6	
Vietnam 9/	38	40	42	43	43	43	
OCEANIA							
Australia	18	28	41	46	26	26	
Estimación Mundial Total	33,164	38,457	39,157	40,895	39,346	44,217	

(FOREIGN AGRICULTURE CIRCULAR, U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE,  
AGRICULTURE SERVICE, 1978).

- 1/ Los años que se muestran se refieren a los años de cosecha del Hemisferio Sur cuya recolección se lleva en la primera parte del año, combinado con la cosecha del Hemisferio Norte que se recoge los últimos meses del año.
- 2/ Estimado
- 3/ Hectáreas cosechadas para los frijoles
- 4/ Menos de 1,000 hectáreas
- 5/ Area plantada
- 6/ Cantidades compradas por el mercado nigeriano para exportación
- 7/ Granjas europeas solamente
- 8/ Ventas
- 9/ Incluye Sud Vietnam

(FOREIGN AGRICULTURE CIRCULAR, U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, AGRICULTURE SERVICE 1978).

## GENERALIDADES

La soya *Glycine max* (L) Merrill, llamada también Frijol de Soya, Frijol de Manchuria y Chícharo Chino, es una leguminosa cuya altura oscila entre 30 y 150 cm., que se cultiva especialmente en las zonas templadas.

Es oleaginosa, ya que su semilla contiene de 18 a 20% de aceite, del cual se destina un 90% al consumo humano y un 10% a la industria.

Por hidrogenación se puede transformar en margarinas o grasas.

Es un grano cuya harina, proveniente de su semilla, puede combinarse en proporciones adecuadas con otras para hacer alimentos de consumo como galletas, pan, pastas, etc.

La soya puede administrarse al ganado en pleno estado vegetativo o ensilada, o bien, después de cosechado el grano, como rastrojo.

Con la harina resultante de la extracción del aceite, se formulan alimentos balanceados. Las semillas de la soya o frijoles en estado verde o seco pueden ser consumidas en muy variados tipos de comidas, como ensaladas, guisos, sopas, etc.

(( Los productos alimenticios elaborados con su harina son recomendados preferentemente para personas diabéticas, por tener ésta únicamente de 2 a 3% de almidón y por no producir ácido úrico durante el proceso digestivo. ))

El aceite, la harina y la proteína que contiene la soya, son transformados por diferentes métodos en adhesivos, barnices, cosméticos, glicerina, jabones lubricantes, pinturas, plásticos, etc.

Es fertilizante, ya que después de su cultivo el suelo aumenta su contenido en nitrógeno, beneficiando considerablemente la siembra siguiente.

Se le considera igualmente mejoradora del suelo, porque incorporándola en estado verde, como enmienda, o por la acción propia de su sistema radicular y el efecto de las labores culturales, permite lograr una textura ideal del suelo y una adecuada retención de humedad.

#### DESCRIPCION DE LA PLANTA

La soya es anual, herbácea, pertenece a la familia de las leguminosas, subfamilia Papilionoideas, género Glycine y su nom-

bre específico es Glycine max(L) Merrill, aunque también se le ha llamado Dolichos soja L; Glycine hispida (Moench) max; Glycine soja Sieb y Zucc; Phaseolus max L, y Soya hispida Moench.

Se le conoce con el nombre común de soja o poroto soja en países de lengua castellana, a excepción de ciertos países americanos que la denominan soja y/o frijol de soja. En Alemania y Austria la llaman sojabohne; en China ta-tou; en Estados Unidos soybean; en Francia soja say; en Japón daidzu y en Rusia, sojevlje boby.

RAIZ, HOJA, TALLO, RAMIFICACIONES, FLOR,

FRUTO Y SEMILLA

{ Es una planta de cultivo estival, cuya altura y porte dependen fundamentalmente de la variedad, de su ciclo y de la densidad de siembra. Por ello puede oscilar entre 30 y 150 cm. de altura.

{ Su raíz es pivotante, posee abundantes ramificaciones laterales y suele presentar nudosidades producidas por las bacterias fijadoras de nitrógeno.

{ La hoja es compuesta y está integrada por 3 folíolos en forma

oval, oval acuminada y oval lanceolada, de unos 5 a 10 cm. de largo. Tiene borde entero, aunque a veces parece finamente aserrado u ondulado.

Posee un tallo principal dominante y ramificaciones, cuyo número, ubicación y longitud dan a la planta su porte característico. El tallo puede ser de crecimiento definido o indefinido. Algunas variedades cultivadas en suelo de buena fertilidad, especialmente en años húmedos, suelen producir un tallo de crecimiento desmesurado con entrenudos largos y escasas ramificaciones, tomando un aspecto sarmentoso y nada conveniente.

Las flores aparecen en las axilas de las ramificaciones y/o raquis de las hojas, dispuestas sobre una inflorescencia llamada racimo o ramillete, que según Saumell (1975), sólo tiene de 1 a 3 cm. de largo y sostiene de 5 a 10 flores. Cada flor alcanza a tener entre 4 y 8 milímetros. Sus pétalos son de color azul violáceo o blanco y están dispuestos para brindar adecuada protección a los órganos reproductores, evitando prácticamente los cruzamientos naturales.

El fruto se denomina vaina o legumbre y se le encuentra pendiente y agrupado de 2 a 3 por cada ramillete. Cada fruto posee de 1 a 4 semillas, siendo lo más común encontrar 2 ó 3. El largo

puede ser de 2 a 5 cm. dependiendo de la cantidad de semillas - que contenga y del tamaño de cada una de ellas. Su forma es - oblonga o cilíndrica aplanada; en algunas variedades presenta - construcciones que permiten apreciar la forma y tamaño de las - semillas. En la madurez el fruto toma color amarillo pajizo - y/o parduzco y pierde la pubescencia.

El tamaño, forma y color de las semillas cambia mucho de unas - variedades a otras: desde las semillas pequeñas y redondas has- ta las grandes, oblongas y algo achatadas: los colores son: ama- rillo, pardo, verde, rojizo o negro. La figura Núm. 1 reprodu- ce la semilla de soya Lincoln. El hilo, ombligo o cicatriz "h" de la semilla es elíptico lineal. En un extremo está la chala- za u ombligo interno 'c', punto en que el episperma o cubierta de la semilla está unido al cuerpo del óvulo. En el otro extre- mo está el micropilo 'm', diminuta abertura por donde emerge la raíz primaria al germinar la semilla. El contorno del hipocóti- lo "hy", se percibe bajo el episperma. La semilla consta de la cubierta o cáscara y de la almendra, y ésta se compone del em- brión y de la capa de tejido nutricio que la rodea. La figura Núm. 2 muestra las partes más importantes de la semilla. La - cáscara consta de una capa externa de células en empalizada "p ep" y una capa secundaria de células en forma de reloj de are-

FIG. NUM. 1  
SEMILLA DE SOYA

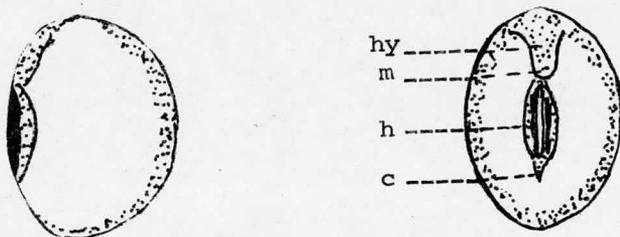
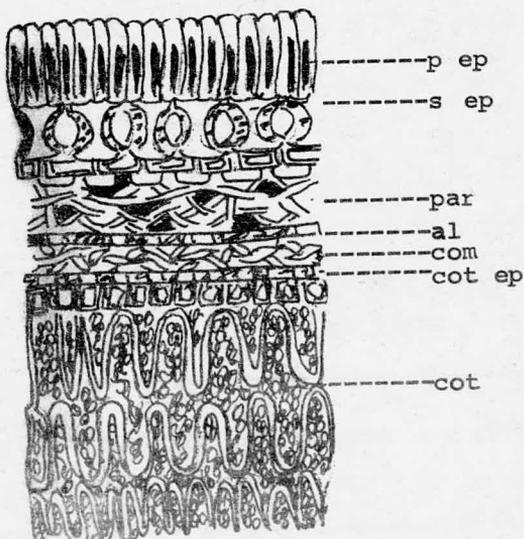


FIG. NUM. 2  
SECCION TRANSVERSAL



na "s ep". Rodeando al embrión hay una capa de células endogérmicas comprimidas "com" (que a veces falta), una capa de células de aleurona (llenas de proteína densa), "al" y varias capas comprimidas de células de parénquima "par". El embrión, la parte más importante de la semilla, comprende los dos cotiledones "cot", con su epidermis "cot ep" y el hipocótilo "hy".

En la semilla de soya las células en forma de reloj de arena son muy grandes, de 30 a 70 micras de longitud por 16 a 36 micras de anchura. Las células alargadas de los cotiledones, cuyo conjunto es parecido a una empalizada, están llenas de aceite y de proteínas.

Los tallos, hojas y frutos están cubiertos en menor o mayor grado por suaves pelos de color gris o castaño y aspecto erecto o volcado que forma una particular pubescencia para cada variedad. Esta pubescencia se presenta grisácea o castaña, rala o abundante, y erecta o decubente.

#### COMPOSICION

\* Las semillas de soya contienen aproximadamente 8% de cáscara, 90% de cotiledones y 2% de hipocótilo y plúmula. En la tabla Núm. 2 se muestra el análisis de la semilla completa, de la

cáscara e hipocótilo. Aunque la soya contiene principalmente - aceite y proteínas, también encierra una cantidad notable de carbohidratos como las pentosanas (3-6%), estaquirosa, rafinosa, sacarosa y otros azúcares (5-10%), fosfátidos (2-4%), esteroides, tocoferoles y cenizas. Además la semilla de soya contiene pequeñas cantidades de enzimas, ureasa y lipoxidasa, esta última, que es una antienzima, es una antitripsina, inhibidora de crecimiento y se destruye en las operaciones de elaboración.

Los componentes inorgánicos de la soya aparecen en la Tabla - Núm. 3.

La composición de la soya cambia de acuerdo con la fertilidad del suelo, condiciones atmosféricas y variedad de la misma.\*

En Estados Unidos las semillas se clasifican junto con los cereales; por consiguiente se rige por la Ley de Normas para los Granos. Se clasifican por su color. La clase de mayor importancia comercial es la soya amarilla que no debe contener más de 10% de semillas de otras clases. Los grados se determinan por el peso de ensayo, contenido de humedad y porcentaje de semillas hendidas, dañadas y materia extraña.

La tabla Núm. 4 indica los grados numéricos y de muestra de todas las clases de semillas de soya.

Tabla Núm. 2. Análisis de la semilla de soya.

Componentes	Semilla Integra				
	Valor Medio	Límites	Cotiledones	Cáscara	Hipocótilo
Humedad	9	5-17	10.6	12.5	12.01
Proteínas	40	36-50	41.3	7.0	36.9
(NX 6.25)					
Carbohidratos <sup>a</sup>	17	14-24	14.6	21.0	17.3
Grasas	18	13-24	20.7	0.6	10.5
Cenizas	4.6	3-6	4.4	3.8	4.1

a. Principalmente sacarosa, rafinosa, estaquirosa y pentosanas.

(BRINK, J.A. 1963)

Tabla Núm. 3 Componentes inorgánicos de las semillas de soya

Componentes	Promedio %	Componentes	Promedio %
Cenizas	5.0 <sup>a</sup>	Cloro	0.024
Potasio	1.67 <sup>a</sup>	Yodo	0.000054 <sup>a</sup>
Sodio	0.34	Fierro	0.0097
Calcio	0.28 <sup>a</sup>	Cobre	0.0012
Magnesio	0.22	Manganeso	0.0028
Fósforo	0.66 <sup>a</sup>	Zinc	0.0022
Azufre	0.41	Aluminio	0.0007

a. Calculado sobre materia desecada; los demás datos sobre materia secada al aire.

(BRINK J.A., 1963)

Tabla Núm. 4 Grados numéricos y de muestra y sus requisitos para toda clase de semilla de soya.

Grados	Peso min./2.72 Kg.	Peso min./hec.	Límite Máximo			
	Kg.	Kg.	%H	s h	s d	m e
Núm. 1	25.40	72.1	13	10	2	2
Núm. 2	24.49	69.5	14	20	3	3
Núm. 3	23.58	66.9	16	30	5	4
Núm. 4	22.22	63.1	18	40	8	6

%H= % de humedad; s.h.= semillas hendidas; s.d.= semillas dañadas; m.e.= materia extraña

## C A P I T U L O I I

## GERMINACION DE LAS SEMILLAS DE SOYA

Una semilla es una forma de vida latente de una planta (embrión). La planta empieza su vida como una sola célula llamada cigote. El nuevo ser se inicia en el momento de la fertilización, cuando un núcleo espermático del tubo polínico se fusiona con la oosfera en el saco embrionario del óvulo, formando así el cigote.

El cigote sufre repetidas divisiones y por crecimiento y diferenciación resulta una planta joven que, con las envolturas que la rodean y el alimento almacenado, se llama semilla. Después de que la semilla ha madurado hay habitualmente un período durante el cual el crecimiento y desarrollo se detienen. La reanudación de estas actividades se llama germinación. Las células del embrión joven son muy semejantes y no existe sino una muy ligera indicación de los diferentes órganos que componen la planta madura. Estas células se dividen repetidas veces, aumentan de tamaño y después de algún tiempo aparecen órganos rudimentarios. Es decir que incluye un aumento en el número, tamaño y diferenciación de las células.

## CONDICIONES PARA LA GERMINACION

1. Agua
2. Temperatura
3. Oxígeno
4. Luz
5. Edad de la semilla

AGUA

Ablanda las envolturas de la semilla permitiendo que el embrión las rompa más fácilmente. El agua absorbida por el embrión y el endospermo hace que la semilla se hinche rompiéndose las envolturas. El agua facilita la entrada de oxígeno a la semilla. Las paredes celulares secas son casi impermeables a los gases, pero si han embebido suficiente agua los gases pueden ser difundidos fácilmente a través de ellas. Según absorben agua las paredes de las células de la envoltura de la semilla y el embrión, la provisión de oxígeno para las células vivientes aumenta, lo que hace posible una respiración más activa. Por la misma razón, el bióxido de carbono producido por la respiración puede difundir hacia afuera.

El agua diluye el protoplasma y permite que sus diversas funcio

nes se realicen activamente. Como el protoplasma de las células del embrión y otras paredes pierden la mayor parte de su agua antes de que éstas se desprendan, sus actividades quedan casi completamente suspendidas hasta la germinación. Las células no pueden llevar a cabo activamente ninguno de sus procesos normales (digestión, respiración, asimilación o crecimiento) a menos que su protoplasma contenga mucha agua.

El agua hace posible el transporte del alimento soluble, del endospermo o cotiledones a los puntos de crecimiento del embrión, donde son necesarios para formar nuevo protoplasma. (15)

#### TEMPERATURA FAVORABLE

Para cada clase de semilla hay una temperatura mínima más abajo de la cual no se realiza la germinación. También hay una máxima arriba de la cual tampoco se lleva a cabo la germinación, y la óptima donde la germinación se verifica más rápidamente.

La soya no germina cuando la temperatura es inferior a los 10°C; entre 10°C y 15°C germina muy lentamente; entre 15°C y 30°C germina en condiciones óptimas; y con más de 30°C decrece la germinación, hasta anularse pasados los 35°C. Por lo tanto, la mayor velocidad de crecimiento se obtiene cuando la temperatura media

oscila entre 15°C y 30°C y es óptima entre 20°C y 25°C.

### OXIGENO

La influencia de la concentración de oxígeno en la respiración de los tejidos, de las semillas depende de la cantidad disponible dentro de la semilla, así como de las condiciones de la semilla; y por lo tanto, de los requerimientos especiales de oxígeno. Los requerimientos de oxígeno en la semilla, antes de la germinación, son muy distintos de los que se requieren una vez que ha comenzado la germinación. Al mismo tiempo la iniciación de la germinación depende de las condiciones fisiológicas del embrión e indirectamente del intercambio gaseoso. Los experimentos hechos hasta la fecha concluyen que hay efectos inhibitorios en la respiración por acumulación de bióxido de carbono. Además, el aire suministra suficiente oxígeno para anular este factor limitante.

### LUZ

En la obscuridad la respiración aumenta con una turgencia al máximo, cae en el punto final de la turgencia y luego decrece poco a poco. Con la luz este decremento no ocurre. La respiración aumenta poco a poco en un principio, y después rápidamente con la iniciación de la germinación. El efecto de la luz, en

la preparación de la germinación involucra los procesos de respiración.

#### EDAD DE LA SEMILLA

Las semillas de soya pueden almacenarse más de 10 años, siempre y cuando se mantengan a una humedad abajo del 10% y a una temperatura entre 5 y 10°C. En estas condiciones no se ve afectado el grado de respiración durante la germinación de estas semillas. (18)

#### FASES DE LA GERMINACION

La semilla representa una fase en el desarrollo de la planta, en la cual puede resistir al frío, calor y corrientes de aire. La principal función de la semilla es contribuir a la continuidad de la especie haciendo vencer a la planta las condiciones desfavorables y facilitando la distribución de las especies.

Primera Fase. Admisión de agua, fase que se completa cuando todas las paredes celulares y protoplastos tienen suficiente contenido de agua. Relacionado con la absorción de agua existe un aumento en la respiración. (15)

Segunda Fase. Excepto en la respiración, no se produce cambio apreciable, el embrión no se agranda y la semilla parece estar en una situación de vida latente.

Durante estas dos fases la germinación es un proceso reversible; las semillas se pueden secar y volver a humedecer cientos de veces sin que se produzca ningún trastorno en su capacidad germinativa. Un gran número de semillas persisten durante años, e incluso décadas en la tierra, sin alcanzar la tercera fase, en la cual se lleva a cabo el agrandamiento real del embrión. Sin embargo, una vez que ha comenzado la tercera fase continúa ininterrumpidamente y el embrión prosigue su crecimiento exponencial hasta formar a la planta o morir.

La segunda fase, la de animación paralizada, es la más crítica, porque es el período en el cual se decide si la semilla germinará o no; es un proceso totalmente positivo o negativo.

No importa lo mucho o poco que dure esta fase, una vez eliminada la causa de su inhibición, el crecimiento de la planta a partir de la semilla siempre será el mismo.

## PROCESO DE LA GERMINACION

Los principales procesos en la germinación son los siguientes:

- |                           |                |
|---------------------------|----------------|
| 1. Absorción de agua      | 4. Asimilación |
| 2. Digestión              | 5. Respiración |
| 3. Transporte de alimento | 6. Crecimiento |

ABSORCION DE AGUA

El proceso inicial en la germinación de la semilla es la absorción de agua, con el consecuente ablandamiento de las envolturas e hinchamiento de la semilla. Las envolturas de la semilla están hechas en gran parte de material que toma fácilmente agua por imbibición, lo que causa una disminución de la resistencia mecánica del material embebido, que en este caso es la pared celular de las envolturas de las semillas. La imbibición de agua por el embrión y el endospermo origina su hinchazón, y por lo tanto la ruptura de las envolturas ablandadas de la semilla.

DIGESTION

Los alimentos almacenados en la semilla son almidón, hemicelulosa, grasa y proteínas, todos los cuales son insolubles o coloidales. En la semilla estos nutrientes almacenados no pueden ser transportados de célula a célula y usados en construir protoplasma y paredes celulares hasta que hayan cambiado a una forma soluble y difusible. Al proceso de solubilización de nutrientes y

su difusión, se le llama digestión. Para ésto es necesaria la presencia de distintas enzimas. Las principales enzimas en las semillas son:

<u>Enzima</u>	<u>Substancia Digerida</u>	<u>Productos</u>
$\alpha$ y $\beta$ amilasa	Almidón	Maltosa
Citasa	Hemicelulosas	Manosa y galactosa
Lipasa	Grasas	Glicerina y a. grasos
Proteasas	Proteínas	Peptonas
Peptasas	Peptonas	Aminoácidos

#### TRANSPORTE DE LOS NUTRIENTES

El tejido conjuntivo está poco desarrollado en la planta rudimentaria o embrión de la semilla, por lo tanto el transporte del material debe hacerse casi enteramente por difusión de una célula a otra. En la semilla en germinación, se establece un gradiente de concentración entre la parte de la semilla donde se está produciendo alimento soluble por digestión del alimento almacenado y las partes (radícula y plúmula) donde el alimento es usado. En los puntos de crecimiento del embrión los nutrientes solubles se transforman en paredes de celulosa y en protoplasma, removiéndose así de la solución. De tal modo se realiza constantemente una reducción en la concentración de los nutrientes solubles en los puntos de crecimiento

to. La dirección de los nutrientes solubles es hacia esos puntos de concentración relativamente baja en tales substancias, alejándose de las partes de la semilla (regiones de almacenamiento) donde se están produciendo alimentos solubles por la acción enzimática sobre el alimento insoluble almacenado.

### ASIMILACION

En la transformación de los nutrientes digeridos en protoplasma y pared celular.

### RESPIRACION

La respiración se lleva mucho más activamente en las semillas en germinación que en cualquier otro órgano o tejido de las plantas. Existe un enlace íntimo entre la respiración y el crecimiento, -- por lo tanto, cuanto mayor es la energía de crecimiento, tanto -- más elevada es la capacidad respiratoria.

### CRECIMIENTO

Una de las manifestaciones fundamentales de la actividad vital -- de las plantas es su crecimiento, o sea, su continuo aumento de tamaño. Este fenómeno está íntimamente relacionado con la formación de nuevas células. Los aumentos reversibles, ocasionados --

por la hinchazón de las semillas en el agua, no se consideran crecimiento. En el transcurso de las primeras etapas de la germinación, mientras no se han desarrollado aún las primeras hojas, pueden observarse considerables pérdidas de materia orgánica debidas al proceso respiratorio; empero, se verifica la formación de nuevas células. En estos casos el aumento total del tamaño de las plántulas ocurre a expensas del agua absorbida durante la formación de nuevas células, junto con el acarreo y empleo de las sustancias para las nuevas estructuras celulares.

La hinchazón, que predomina durante las primeras fases de la germinación, es remplazada más tarde por la mayor capacidad de retención de agua de las estructuras formadas durante el crecimiento de las nuevas células. Desde un punto de vista fisiológico pueden distinguirse tres partes principales de la semilla.

- 1.- Los tegumentos que la recubren exteriormente, protegiéndola contra diversas lesiones y factores externos desfavorables.
- 2.- El embrión, constituido por la radícula rudimentaria, la yémula y el talluelo que une a ambas.
- 3.- Los tejidos de reserva.

La germinación de las semillas comienza con la hinchazón y el desarrollo del embrión; el episperma revienta y deja de oponerse al crecimiento ulterior.

Las zonas embrionales de la semilla crecen a expensas de las materias de reserva hidrolizadas por las enzimas. A medida que se vacían los órganos de reserva se arrugan y desecan terminando - comunmente por separarse de la plántula una vez que ésta ha adquirido independencia completa. Lo mismo ocurre con el endospermo, que se disuelve y absorbe completamente, de modo que sólo queda el tegumento vacío.

El crecimiento ulterior del embrión consiste en un aumento de - tamaño de todos sus órganos iniciales; en primer término la raíz y luego la yémula y el talluelo. A medida que la plántu la aumenta gradualmente de tamaño va formando órganos nuevos - que no existían antes en la semilla, tales como hojas, raíces, ramas, etc.

Al mismo tiempo los órganos preexistentes completan su desarro llo. Por fin cesa el aumento de tamaño y en las últimas etapas del desarrollo vegetal se distinguen órganos y tejidos bien ma duros de los tejidos embrionales que aparecen en los ápices de

raíces y tallos, y que constan de células en estado de división y crecimiento continuos. (48)

### FASES DEL CRECIMIENTO

Desarrollo embrional

Expansión

Diferenciación interna

El crecimiento de los distintos órganos, así como el de la planta entera, es el resultado de los distintos crecimientos de cada una de las células que los componen. Las células meristemáticas son comparativamente pequeñas y tienen membranas delgadas y núcleos grandes. La cantidad de protoplasma de las células meristemáticas comienza a aumentar gradualmente, lo que se refleja en un acrecentamiento del tamaño de las propias células; luego se verifica la división del núcleo y del citoplasma, y las células así nacidas se separan unas de otras mediante membranas nuevas.

Reanúdase entonces la acumulación de materia viva, a la que sigue de inmediato una nueva división celular. (Por lo tanto, el proceso fundamental en las regiones meristemáticas consiste en un aumento del número de células y de masa total de materia viva.) (46)

Durante la segunda fase del desarrollo embrionario se lleva a cabo el alargamiento, el cual se caracteriza por la aparición de vacuolas en el protoplasma que se llenan con jugo celular. Las vacuolas se agrandan rápidamente y por fin el protoplasma queda reducido a una capa sutil que reviste el interior de la membrana. La expansión celular, en la fase de alargamiento, se debe a causas diferentes de las que actúan durante el crecimiento maristemático. En las células meristemáticas las síntesis aumentan la cantidad de protoplasma, mientras que en las células en el alargamiento aumenta el jugo celular.

El aumento de la masa protoplasmática, característico de la fase embrional es reemplazado por una mayor producción de celulosa.

Disminuye así la presión de la membrana sobre los contenidos celulares y en consecuencia aparece una tensión de succión considerable que determina la entrada de agua en la célula. Esta succión es tan intensa que, en el caso de un déficit de agua, las partes jóvenes en crecimiento pueden sustraerla de las células más viejas o ya maduras.

Al alargamiento sucede el tercero y último período del proceso -

llamado "fase de diferenciación interna". La membrana, tenue y dilatada, comienza ahora a engrosar; la célula deja de aumentar en volumen y adquiere su forma y tamaño definitivos. Los tejidos meristemáticos, que constituyen un área homogénea, originan los diversos tejidos del órgano maduro, tales como los elementos mecánicos y de conducción.

#### CAMBIOS METABOLICOS DURANTE LA GERMINACION

El metabolismo de las sustancias orgánicas durante la germinación seminal no llega a su término con los productos finales de la hidrólisis (azúcares simples en el caso de almidón y otros polisacáridos; glicerina y ácidos grasos en el caso de las grasas, y cuando se trata de proteínas, mezclas de aminoácidos). Todos estos procesos de desintegración se vuelven ulteriormente procesos de síntesis, ya que el fenómeno de germinación no se reduce a gastar las reservas acumuladas, sino que da origen a órganos nuevos. La correlación de estos procesos analíticos y sintéticos se manifiesta por un lado en el vaciamiento gradual de aquellas partes de la semilla que actúan como órganos de reserva (los cotiledones y el endosperma, que en consecuencia se arrugan y desecan) y por el otro lado, en el aumento rápido de tamaño de las partes del embrión y el consiguiente desarrollo

de los órganos vegetativos de la nueva planta; raíces, tallo y hojas.

Con el objeto de aislar los procesos digestivos que se llevan a cabo durante la germinación, se acostumbra matar las semillas germinantes, de manera que no se altere el sistema enzimático. Eso se logra aplicando la autólisis, que consiste en sumergir semillas humedecidas, finamente pulverizadas, en la solución de un antiséptico que, como el cloroformo o el toluol, no afecta la actividad de la enzima. El estudio de los procesos sintéticos de la germinación es un asunto mucho más difícil, debido a la imposibilidad de reproducir las condiciones tal como existen en el curso de la síntesis. Por esta razón sólo pueden seguirse dichos procesos comparando las variaciones de composición química, verificadas en la germinación, con aquellas ocurridas en la autólisis.

Tal comparación no alcanza siempre a explicar suficientemente el fenómeno, pues tanto los procesos hidrolíticos como los sintéticos de la germinación son acompañados por una oxidación intensa de la materia orgánica durante el proceso respiratorio. A ésto se debe que las síntesis realizadas en el transcurso de la germinación seminal, sea menos conocida que aquellas concer-

nientes a la desintegración de las semillas.

En un buen lote de semilla debe germinar entre el 85-90% bajo las condiciones estándares utilizadas en las pruebas de laboratorio. La soya requiere de una humedad del 50%, que es mayor que la de cualquier otro cereal (46). El maíz necesita 30% y el arroz 26%. Una excesiva humedad es desfavorable para la germinación, debido probablemente, en gran parte, a la restricción del abasto de oxígeno. Se ha visto que una capa delgada de agua en la semilla interfiere con el movimiento del oxígeno. El  $\text{CO}_2$  puede afectar la germinación de la soya bajo diferentes niveles de humedad y de oxígeno. La temperatura afecta también la germinación y sólo se ha estudiado bajo las condiciones que prevalecen en el campo. Se ha observado que el máximo de germinación es a  $30^\circ\text{C}$ . y que requiere el doble del tiempo con una temperatura que oscile entre los  $20^\circ\text{C}$  y  $30^\circ\text{C}$ .

Una combinación de baja temperatura y elevada humedad puede favorecer el desarrollo de ciertos hongos y bacterias que perjudicarían el desarrollo de la semilla.

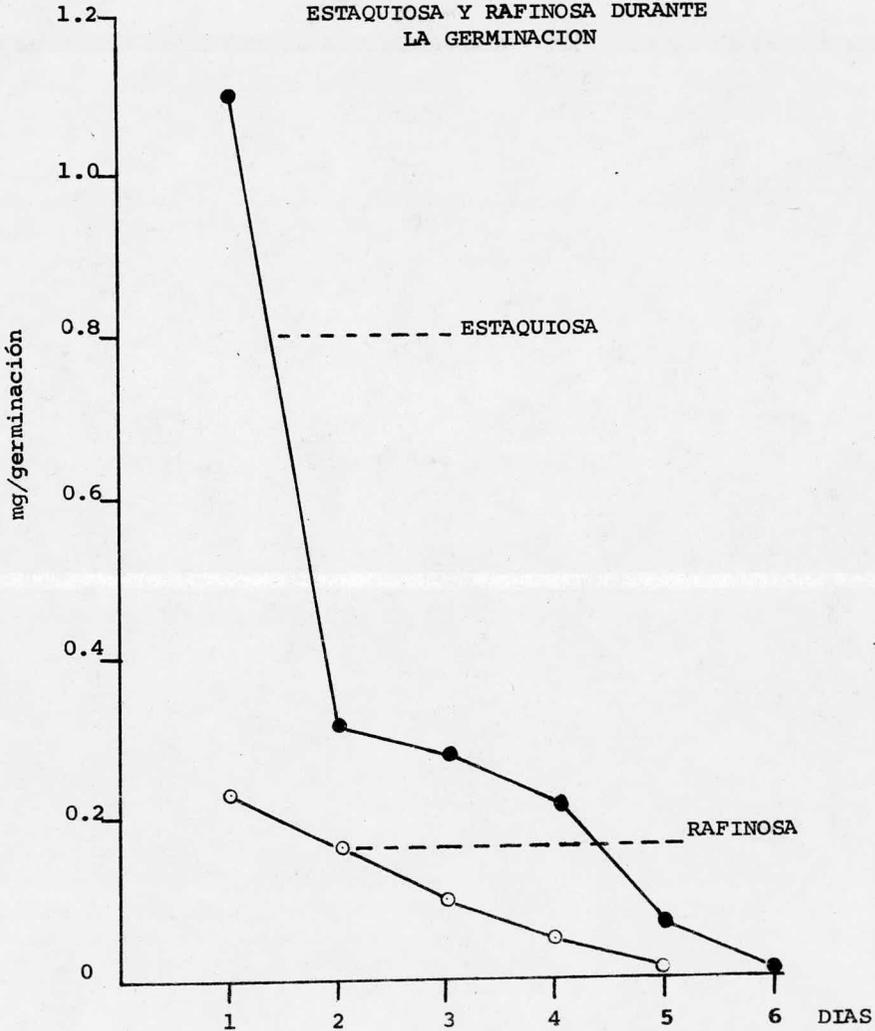
Las semillas de la soya no necesitan tratamientos especiales para romper la dormancia, porque es mínima en la soya; es por esto que se utilizan algunos fungicidas químicos como protectores de las semillas.

#### METABOLISMO DE LOS CARBOHIDRATOS

Lee et al (1959) estudiaron los cambios en la composición de los carbohidratos durante la germinación, y encontraron que hay un rápido decremento en los oligosacáridos que contienen galactosa (estaquiosa y rafinosa) presentes originalmente en la semilla normal, así como un decremento de sacarosa. Los oligosacáridos comprenden aproximadamente el 15% del peso seco de la soya, de acuerdo a Pazur et al (1962). La sacarosa, la estaquiosa y la rafinosa están presentes en abundancia y son metabolizadas rápidamente durante la germinación (ver fig. Núm. 3). La D-fructosa y la D-glucosa se determinan rápidamente en los extractos de las semillas germinantes, pero solamente se han encontrado huellas de D-galactosa. Por lo tanto Pazur et al (1962) dedujeron que la galactosa se utiliza más rápidamente que cualquier hexosa. (42)

FIG. NUM. 3

CAMBIOS EN LA CONCENTRACION DE  
ESTAQUIOSA Y RAFINOSA DURANTE  
LA GERMINACION



(ADJEI-TWUM ET AL, 1976)

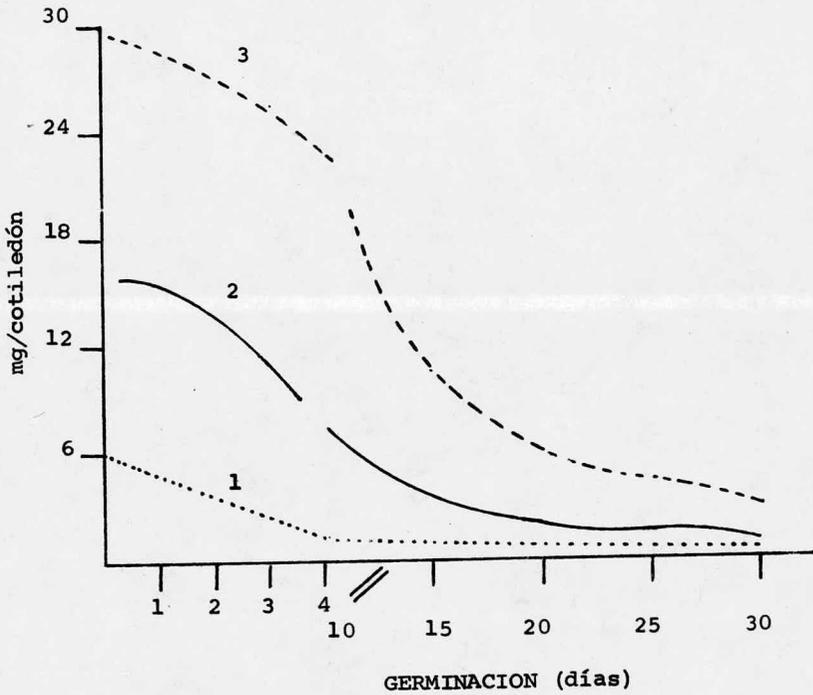
Durante la germinación en la oscuridad el almidón es atacado rápidamente por las amilasas. El alfa amilasa es originada en el escutelo y es secretada al endospermo. Edelman et al (1959) - vieron que la glucosa se remueve del endospermo convertida en - sacarosa en el escutelo y es transportada al embrión. El escutelo siempre tiene menos hexosas y más sacarosa, siendo para el endospermo el caso contrario. Este proceso de transformación de los carbohidratos durante el proceso germinativo se verifica debido al cambio en la actividad de las enzimas hidrolíticas, - principalmente las alfa y beta amilasas, aumentando considerablemente su cantidad. (18)

Abrahamsen y Sudia (1966) reportaron resultados similares a los obtenidos por McAlister y Krober (1951). En sus experimentos - los carbohidratos solubles totales descendieron del 12% a 3%, - aproximadamente, durante los primeros 4 días de germinación. Los azúcares reductores aumentaron de manera constante, dando finalmente una cuenta de aproximadamente la mitad de los carbohidratos solubles en el cotiledón. (1, 38)

Los carbohidratos se agotan más rápidamente que los lípidos y las proteínas en las primeras fases de la germinación (ver fig. Núm. 4). Hay presencia de numerosos y visibles granos de almidón a lo largo de la mayor parte del período del desarrollo seminal. Sin embargo, estas estructuras desaparecen al final del estado de maduración. Los azúcares no reductores desaparecen rápidamente de los cotiledones durante los primeros 4 días de germinación. En los cotiledones de las semillas hay poco almidón, pero aumenta rápidamente tanto en los cotiledones como en la porción proximal del hipocótilo, alcanzando su máximo al 5o. día y llegando a cero en los cotiledones al 19o. día. Los primeros cambios observados son la aparición de azúcares reductores y la aparición o incremento del almidón en varios órganos.

Las reservas solubles de carbohidratos en la soya son sacarosa, estaquiosa y rafinosa, y se convierten en azúcares reductores durante la germinación (Adjei-twum. D.C. et al, 1976). Los carbohidratos totales solubles decrecen aproximadamente en un 60% después de 3 días de crecimiento (ver. fig. Núm. 5). El decremento se debe en gran medida a la lixiviación de los azúcares a partir de la semilla, pero principalmente a la respiración. El pequeño decremento en carbohidratos solubles entre los 3 y 6 días de crecimiento proviene de la conversión de lípidos en sacarosa.

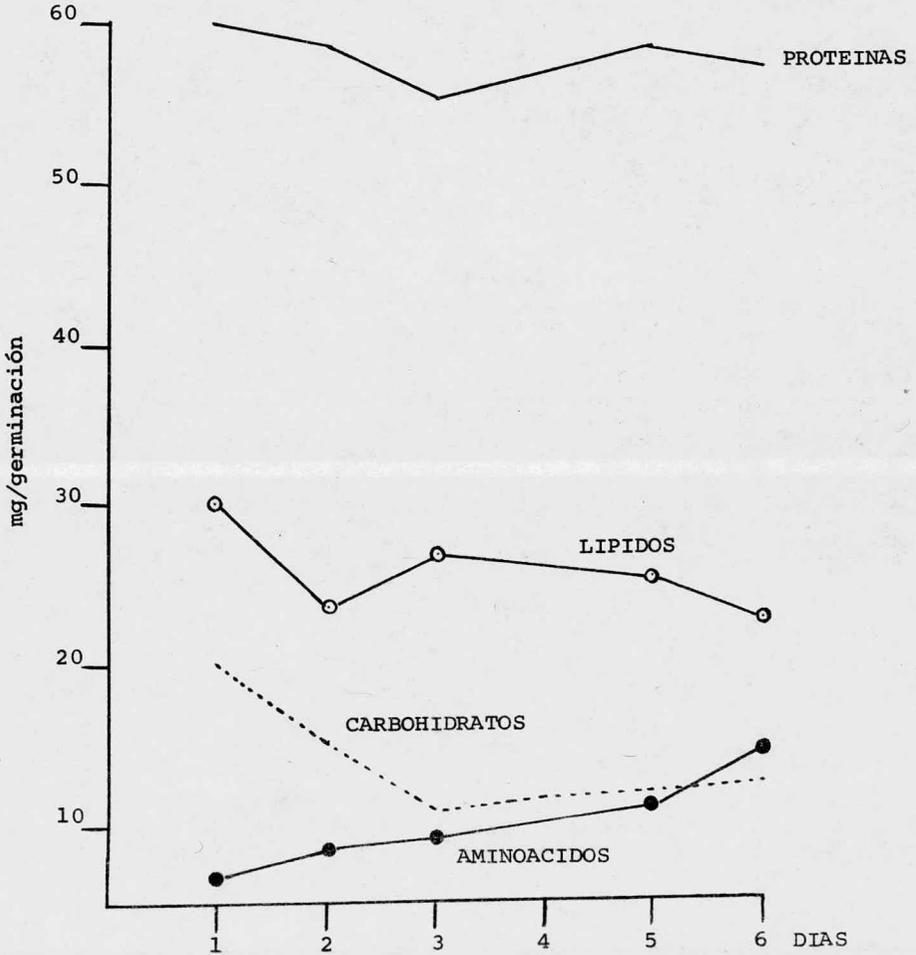
FIG. NUM. 4  
CONTENIDO DE AZUCARES<sup>1</sup> LIPIDOS<sup>2</sup> Y  
PROTEINAS<sup>3</sup> EN EL COTILEDON EN LA  
GERMINACION



(MC ALISTER Y KROBER, 1951)

FIG. NUM. 5

CONCENTRACION DE PROTEINAS, LIPIDOS,  
CARBOHIDRATOS Y AMINOACIDOS DURANTE  
LA GERMINACION



(ADJEI-TWUM ET AL, 1976)

Los germinados de 6 días que carecen de estaquirosa o rafinosa son mejores que los de 3 días en términos de digestibilidad; sin embargo, los de 3 días de germinación tienen mayor aceptabilidad y contienen cantidades mínimas de estaquirosa y rafinosa.

Por otro lado, la cantidad de celulosa aumenta en forma continua; ello es consecuencia del desarrollo de nuevos órganos, lo que implica un acrecentamiento del número de células, y por lo tanto, de tabiques celulares.

#### METABOLISMO DE LAS GRASAS

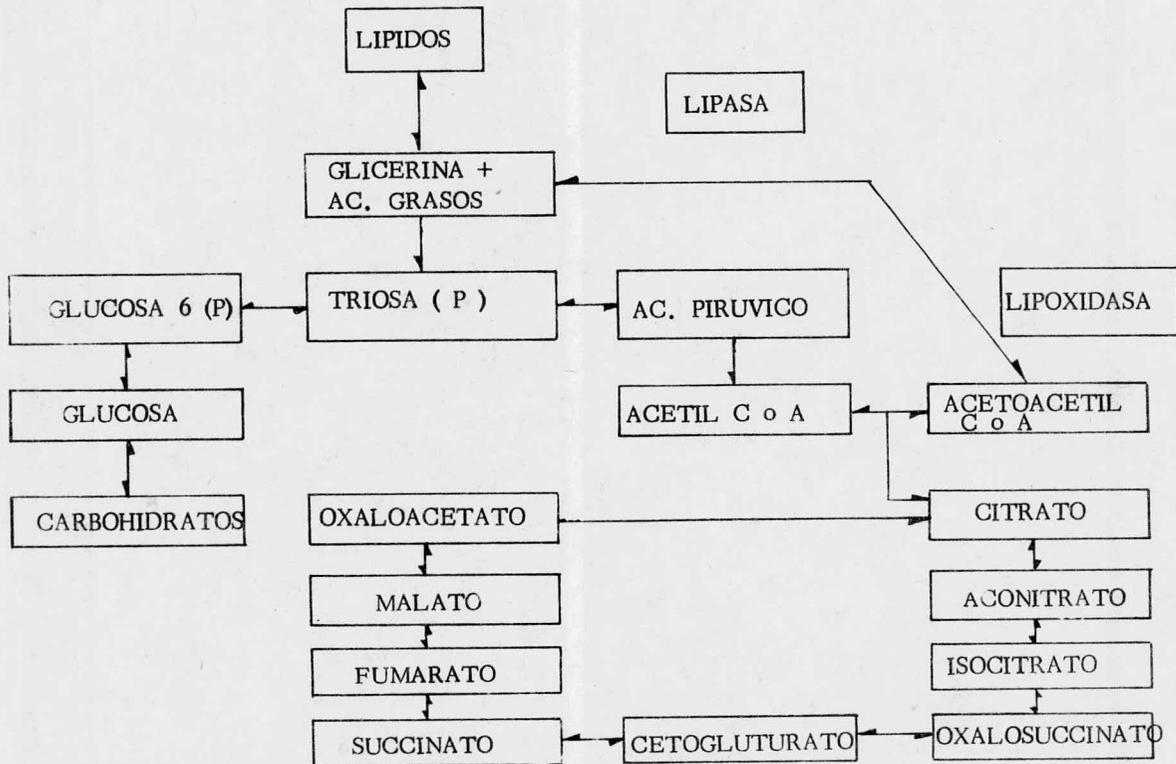
La hidrólisis de las grasas no se traduce sólo en una acumulación de ácidos grasos y glicerina; estos productos, a su vez, experimentan transformaciones rápidas a azúcares. Esta transformación se produce con la misma facilidad con que se verifica el proceso inverso de lipogénesis. La transformación de grasas a azúcares es, esencialmente, un proceso oxidativo que va acompañado por absorción de oxígeno. Es decir, los aceites y grasas se rompen por la acción de las lipasas, las cuales son estearasas no específicas, que rompen la unión que existe entre los ácidos grasos y la glicerina. Los ácidos grasos así formados pueden entrar el proceso de la beta oxidación, dando

esqueletos de dos átomos de carbono en forma de acetilo, el -  
cual puede entrar al ciclo de Krebs. Otra enzima, la lipoxida-  
sa, rompe la cadena de ácidos grasos en dos partes pequeñas, -  
por ataque oxidativo a la doble unión. Estas reacciones ocurren  
en el endospermo. Lo anterior se muestra en el diagrama Núm.1.

La síntesis de aceite queda rezagada en relación con el incremen-  
to inicial de peso seco. El porcentaje de aceite aumenta muy  
rápidamente después de que el peso seco de la semilla alcanza  
aproximadamente 30 mg. y logra su contenido final cuando la se-  
milla está en la mitad de su desarrollo.

MacLachan (1936 encontró que la soya utilizaba la grasa alma-  
cenada en los cotiledores más rápidamente en la luz que en la  
oscuridad cuando germinaba tres semanas; pero las hojas, tallo  
y raíces sintetizaban las grasas con igual facilidad en la os-  
curidad o en la luz. La cantidad de lípidos en los cotiledo --  
nes se conserva constante debido a la formación de esteroles-  
y fosfolípidos. (39)

D I A G R A M A    Núm. 1  
 METABOLISMO DE LOS LIPIDOS



(EMBREE Y DEBEY, 1978)

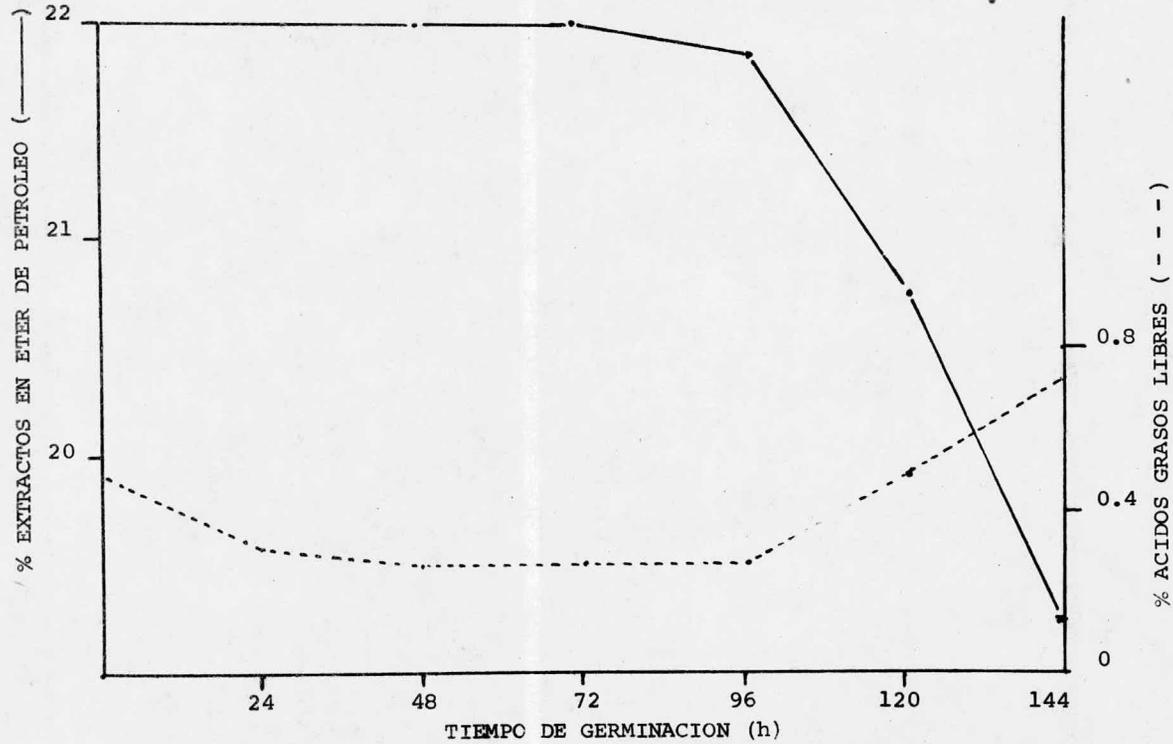
Al cabo de seis días de germinación el 12% del aceite de la soya se ha perdido. El decremento de ácidos grasos va del 0.44 al 0.14%. La hidrólisis de las grasas por la lipasa, en los germinados, procede lentamente al principio, pero conforme aumenta el por ciento de ácido formado, su velocidad aumenta, o sea, pequeñas cantidades de ácidos aceleran la acción hidrolítica de la lipasa. La disminución de los ácidos grasos libres al principio de la germinación puede deberse probablemente a que se metabolizan a una mayor velocidad que a la que se liberan (ver fig. Núm. 6).

#### ACIDOS GRASOS

El ácido linolénico es el que se encuentra en mayor cantidad en las semillas más jóvenes, y decrece durante las fases iniciales del desarrollo, siendo constante al final de 3 a 4 semanas antes de alcanzar su madurez. El por ciento de ácido linoleico es inicialmente bajo y empieza a aumentar conforme el ácido linolénico alcanza su punto final. El por ciento final del ácido linoleico se alcanza poco antes de lograr madurez la semilla (ver fig. Núm. 7). El por ciento de los ácidos linoleico y linolénico está relacionado inversamente con el rango de la temperatura normal encontrada en el campo.

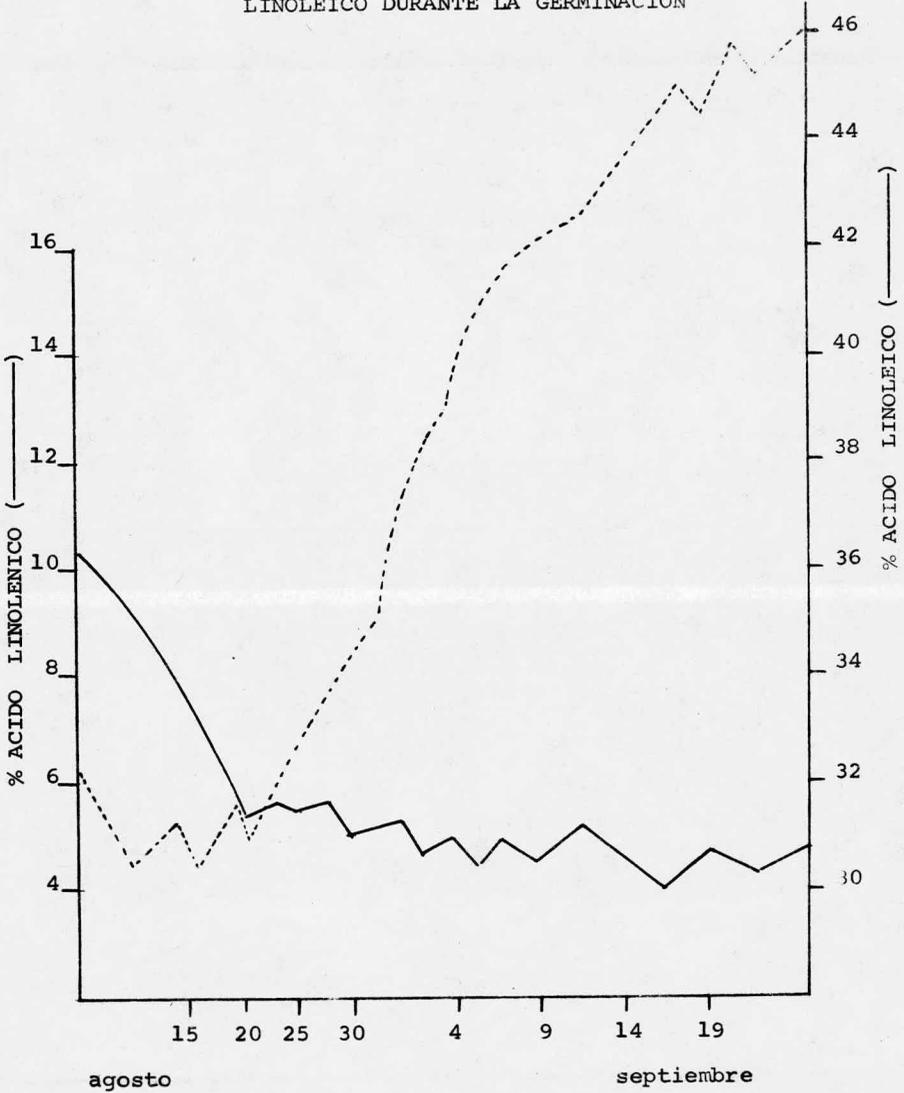
FIG. NUM. 6

CONTENIDO DE ACEITES Y ACIDOS GRASOS  
LIBRES DURANTE LA GERMINACION



(MC KINNEY ET AL, 1956)

FIG. NUM. 7  
POR CIENTO DE ACIDOS LINOLENICO Y  
LINOLEICO DURANTE LA GERMINACION



(HOWEL ET AL, 1972)

Rinne (1969) ha encontrado que la temperatura afecta la incorporación del acetato a ácidos grasos, mediante una solución que contienen los cotiledones de la soya en desarrollo.

A 17°C, el 13% del C<sup>14</sup> se transforma en oleico, el 6% en linoleico y el 13% en linolénico. A 37°C, el 5% se convierte en oleico y no hay ninguna incorporación en linoleico y linolénico. La proporción de C<sup>14</sup> incorporado en ácido esteárico aumenta del 51 al 79% a una temperatura de 29°C a expensas de la pérdida de ácidos insaturados. El ácido palmítico alcanza el 15% del C<sup>14</sup> a ambas temperaturas.

El ácido oleico es el primer ácido graso formado a partir de acetato en la ruta malónica, y es el precursor de los ácidos linoleico y linolénico.

## METABOLISMO DE LAS PROTEINAS

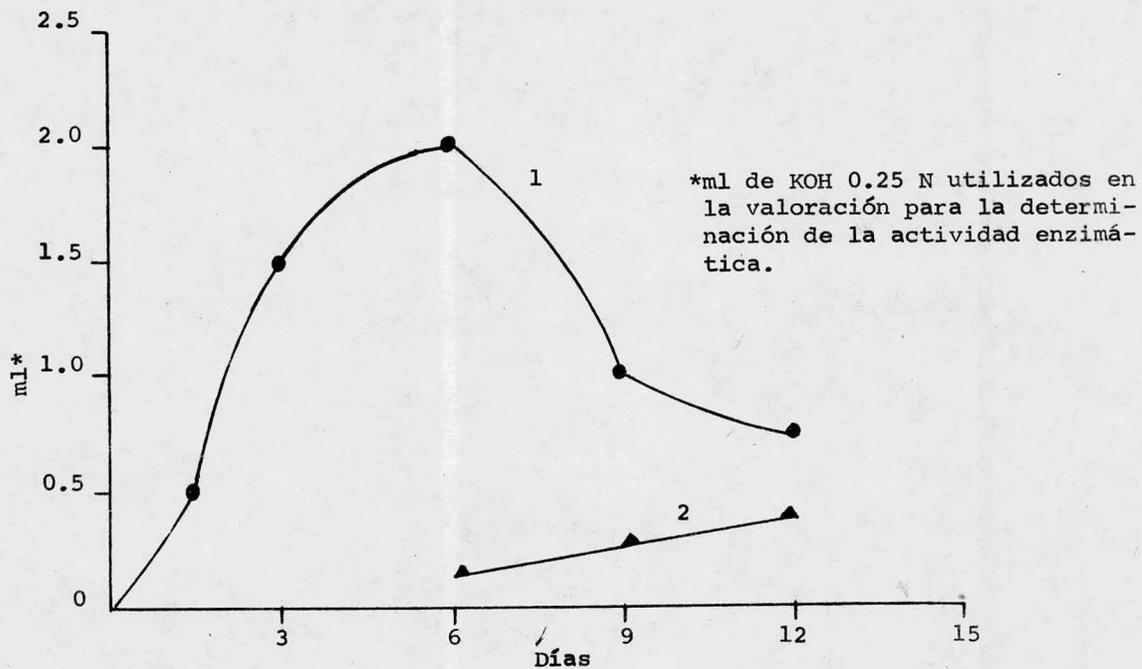
El metabolismo de las proteínas durante el proceso de la germinación, comienza con una demolición intensa de las reservas - proteicas y el acopio de los productos resultantes, fácilmente solubles y cristalinos: los aminoácidos.

Este proceso de desintegración se verifica debido a un aumento en la actividad de las enzimas proteolíticas. Tazakawa y Hirokawa (1956) (ver fig. Núm. 8) mostraron los cambios en la actividad de la proteasa de la soya durante la germinación. La actividad de la proteasa fué muy baja en las semillas, pero au-umentó en los cotiledones aproximadamente a los 6 días, y luego volvió a disminuir. La raíz comenzó a tener actividad proteasa otra vez, después de aproximadamente 6 días, cuando tiene unos 20 centímetros de longitud.

La importancia fisiológica de la demolición de las proteínas - durante la germinación se debe a que en ese estado les permite trasladarse fácilmente a los tejidos de reserva, como son el - endospermo, los cotiledones y los órganos del embrión. Además, las proteínas de reserva sólo son débilmente solubles, y únicamente cuando están solubilizadas son capaces de difundirse a -

FIG. NUM. 8

CAMBIOS EN LA ACTIVIDAD DE LA PROTEINASA  
 EN LOS COTILEDONES<sup>1</sup> Y EN LOS ORGANOS AXIALES<sup>2</sup>



(TAZAKAWA ET AL 1956)

través de las membranas celulares, en virtud de su carácter coloidial. Posteriormente, parte de estos aminoácidos se transforman en amoníaco y cuerpos no nitrogenados por acción de las desamidadas. Sin embargo, esta fase es seguida de procesos sintéticos; el amoníaco se transforma en asparragina, que junto con las sustancias no nitrogenadas da nacimiento a nuevos compuestos proteicos que constituyen el protoplasma de las nuevas células.

La asparragina aparece en el hipocótilo al tercer día y de ahí se incrementa en varios órganos. La asparragina se ha conocido como un intermediario en la descomposición y síntesis de las proteínas.

Kasai et al (1966) estudiaron los cambios de los aminoácidos libres y de los aminoácidos totales y otras fracciones nitrogenadas durante la germinación de las variedades T-201 que no es nodular, y la T-202 relacionada estrechamente con líneas nodulares. Todos los aminoácidos, excepto el ácido aspártico, declinaron durante los primeros 9 días de germinación en la oscuridad. Los autores no reconocen ninguna diferencia significativa entre las dos líneas en el metabolismo de los aminoácidos.

Kasai et al (1966) reportaron que la gama glutamiltirosina y la gama glutamil-fenilalanina, declinaban después de aproximadamente 20 horas de germinación, y que desaparecían al final del tercer día.

La actividad respiratoria, durante la germinación, experimenta cambios correlacionados con el patrón de utilización de las reservas alimenticias. El consumo de oxígeno y la cantidad de nitrógeno mitocondrial activo metabólicamente, llegan a un pico aproximadamente 5 días después de que empieza la germinación. La ruta del glioxalato, mediante la cual los ácidos grasos se convierten en carbohidratos, también parece ser activa por el 15o. día, coincidiendo con los requerimientos de lípidos como fuente energética. (40)

El por ciento de proteínas es ligeramente más alto en las semillas jóvenes, y aumenta solamente poco a poco conforme la semilla se desarrolla. Bils y Howel (1963) mostraron la acumulación de proteínas en "cuerpos proteicos" aparentes en cotiledones en desarrollo. Estos cuerpos proteicos no son homogéneos, pero tienen una alta concentración en proteína. Incrementan en número durante el desarrollo seminal y en la madurez de la célula virtualmente se llenan.

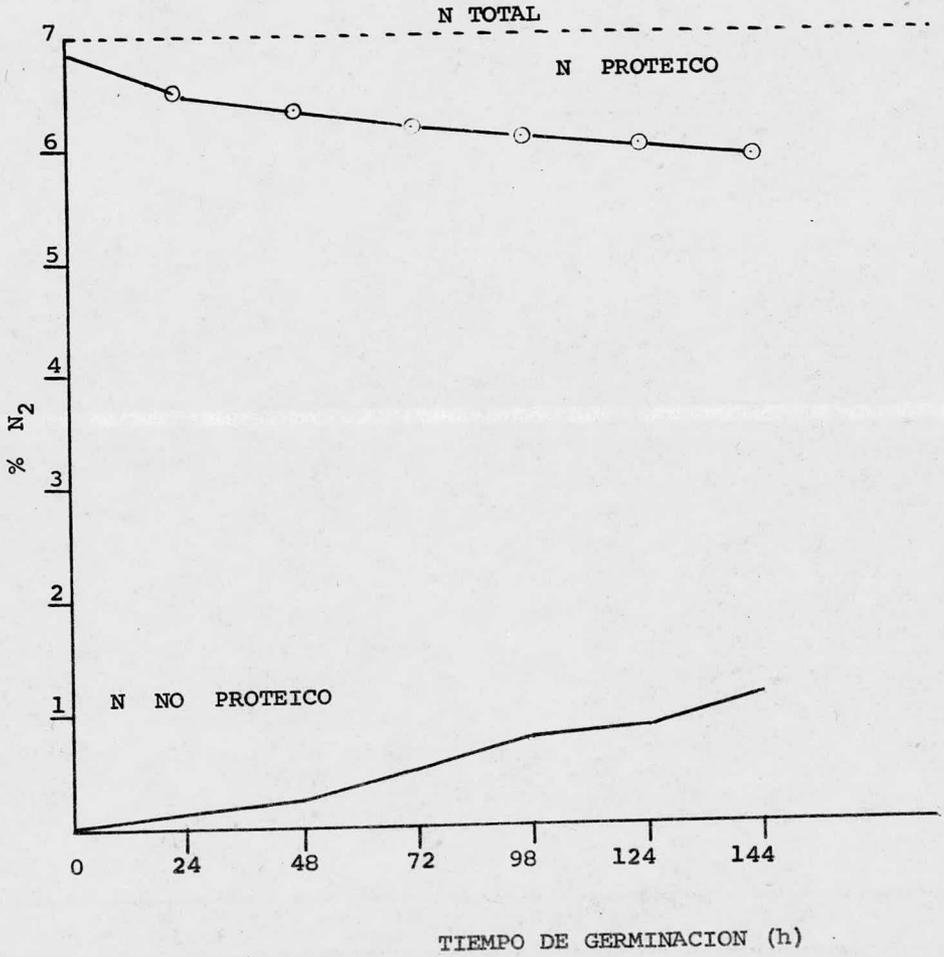
Después de 6 días de germinación la pérdida de nitrógeno total fué de 2.6%, con un decremento en el nitrógeno protéico del 15%, para lo que hay un aumento compensatorio en el nitrógeno no proteico. (ver Fig. Núm. 9).

Kasai et al (1966) determinaron los cambios en la composición de los aminoácidos durante la germinación de la soya (ver tablas Núm. 5A. y 5B) en muestras con 1, 3, 6 y 9 días de germinación en las distintas partes del germinado. A partir de este estudio se vió que el contenido y la composición de los aminoácidos libres y totales de los cotiledones era mayor que en cualquier otra parte del germinado.

Castimpoolas et al (1968), utilizando técnicas de discos y de inmunoelectroforesis, estudiaron las subunidades de proteínas en las semillas sin germinar y germinadas.

FIG. NUM. 9

CAMBIOS EN EL CONTENIDO DE NITROGENO



(MC KINNEY ET AL. 1956)

Tabla Núm. 5A Cambios en los aminoácidos libres

A. A.	Soya	M-1	M-2			(C+H+R)
			C	H	R	
Ac. aspárt	10.0	13.5	5.4	2.2	0.6	8.20
Treonina	*	3.6	4.0	2.6	1.7	8.30
Serina	1.6	9.2	*	*	*	*
Prolina	*	1.4	3.5	1.6	1.2	6.30
Ac. glut	5.2	20.2	31.6	0.4	0.2	32.3
Glicina	0.5	0.7	1.7	0.5	0.6	2.8
Alanina	1.1	6.6	7.1	3.8	2.2	13.10
Valina	+	2.6	4.8	7.3	2.6	14.70
Metionina	0.1	0.7	0.4	-	-	0.4
Isoleucina	0.4	1.9	3.1	3.1	1.2	7.4
Leucina	0.4	1.9	2.4	0.8	0.4	3.60
Tirosina	0.9	1.6	*	*	*	*
Fenilalanina	0.0	2.6	4.5	3.0	0.8	8.30
Lisina	0.5	1.9	1.2	0.4	0.2	1.80
Histidina	0.2	1.4	8.4	6.1	2.1	16.60
Arginina	13.8	11.7	18.1	0.3	0.2	18.60
Cistina		-	-	-	-	-
Amoniaco	3.8	6.6	6.6	17.1	11.5	35.20

Los valores están dados en micro moles por 10 - plantas.

\* El valor no se determinó debido a la superposición del pico en el aminograma.

M-1 = muestra con 1 día de germinación

M-2 = muestra con 3 días de germinación

C = Cotiledón

R = Raíz

H = Hipocótilo

E = Epicótilo + las primeras hojas

(KASAI, T, et al, 1966)

Tabla Núm. 5A Cambios en los aminoácidos  
libres (cont.)

A. A.	M-3			Total (a)	E	M-4			Total (a)
	C	H	R	M-3		C	H	R	M-4
Ac. aspártico	6.3	1.4	0.8	8.50	4.4	6.1	1.6	1.0	13.10
Treonina	8.3	4.9	3.1	16.30	3.5	10.3	⌘	2.2	16.00
Serina	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘
Prolina	9.1	0.7	0.8	10.60	6.5	1.7	4.9	0.5	13.6
Ac. glutámico	33.0	0.9	0.3	34.20	1.1	16.5	0.6	0.3	18.50
Glicina	2.0	0.5	0.5	3.0	1.1	2.1	0.6	0.3	4.10
Alanina	13.3	2.9	2.7	18.90	5.8	5.7	2.1	0.8	14.4
Valina	10.3	15.9	4.6	30.80	31.0	9.2	32.3	2.1	74.6
Metionina	0.4	-	+	0.4	1.0	0.4	+	-	1.4
Isoleucina	7.7	6.5	1.7	15.9	12.4	7.3	11.3	1.1	32.10
Leucina	5.5	2.0	0.8	8.30	4.9	5.2	4.0	0.5	14.60
Tirosina	1.1	±	±	1.1	±	±	±	±	±
Fenilalanina	15.9	9.5	1.0	26.40	12.7	13.9	17.4	0.6	44.60
Lisina	3.5	0.7	0.3	4.50	4.7	5.2	2.3	0.3	12.50
Arginina	37.7	0.4	0.5	38.60	2.8	65.9	1.1	0.4	70.20
Cistina	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amoníaco	7.4	23.2	12.4	43.00	12.0	5.9	20.3	24.0	62.20

M-3 = muestra con 6 días de germinación

M-4 = muestra con 9 días de germinación

(a) = Totales: M-3 = C + H + R

M-4 = E + C + H + R

(KASAI, T. et al, 1966)

Tabla Núm. 5B Cambios en la composición total de los aminoácidos, durante la germinación

A. A.	Soya Seca	M-1	C	H	R	M-2	C	H	R	Total M-3
Ac. aspártico	300.8	357.5	451.3	98.9	38.9	589.10	540.7	178.7	123.6	843.00
Treonina	173.2	148.7	104.8	7.5	5.3	117.60	102.0	8.6	8.4	119.00
Serina	227.7	194.7	163.0	10.2	7.3	180.50	135.2	9.2	10.3	154.70
Ac. glutámico	420.6	453.1	267.8	10.2	6.9	284.90	222.4	6.5	8.8	237.70
Prolina	✕	212.1	128.2	7.5	5.5	141.20	130.1	7.4	7.1	144.60
Glicina	287.1	261.9	198.0	12.1	6.9	217.00	181.0	11.5	11.6	204.10
Alanina	227.7	261.9	192.0	12.1	8.0	204.18	175.4	15.5	11.6	202.50
Valina	232.5	184.1	151.3	13.0	8.2	172.50	158.2	22.0	14.4	194.60
Metionina	34.6	31.9	31.9	1.4	0.7	34.00	28.1	2.1	1.9	32.10
Isoleucina	202.9	166.4	142.7	8.4	5.3	156.40	133.7	11.9	8.8	154.40
Leucina	306.8	293.8	11.1	11.10	6.2	29.20	216.8	12.8	11.2	240.80
Tirosina	89.0	77.9	58.1	2.8	1.4	62.30	62.2	3.9	3.7	69.80
Fenilalanina	153.4	138.1	107.7	5.6	3.2	116.50	111.2	8.0	5.2	124.40
Lisina	272.2	238.9	165.8	11.1	6.6	183.50	148.9	11.9	10.8	171.60
Amoniaco	960.2	674.3	593.7	142.1	84.2	820.00	737.0	272.1	183.3	1192.40
Arginina	262.3	219.5	160.1	4.6	2.5	167.20	141.3	4.8	4.3	150.40
Cistina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

El valor está dado en micromoles por 10 plantas

✕ El valor no está determinado por su sobreposición con otro pico.

C = Cotiledón

H = Hipocótilo

R = Raíz

(KASAI T et al, 1966)

Castimpoollas et al encontraron que todos los componentes son - objeto del proceso de degradación, pero las proteínas más grandes (7S y 11S) desaparecían en una proporción muy pequeña en relación con las proteínas de menor peso. Ellos dedujeron que - la estructura terciaria de este tipo de moléculas actúa como un factor limitante que regula la degradación enzimática, ya que - la disponibilidad de uniones peptídicas susceptibles a la ruptura, varía de una proteína a otra. Sus datos indican que los - componentes proteicos 7S y 11S están presentes en cantidades importantes después de 16 días de germinación. (12)

Las proteínas que componen el núcleo y el citoplasma difieren radicalmente de las que integran las reservas seminales azo--  
das. Casi todas las proteínas son complejas. Las más estu--  
diadas son las nucleoproteínas, que constituyen la parte esen--  
cial de la cromatina nuclear. (44)

## MINERALES

Entre las sustancias minerales que la semilla necesita durante su desarrollo están aquellas que contienen fósforo, azufre, potasio, magnesio, calcio y fierro, principalmente. Se ha visto que el azufre y el fósforo participan directamente en la estructura proteica. El fósforo aparece en las semillas en forma orgánica principalmente, y en pequeña cantidad como ortofosfato inorgánico. Entre los compuestos fosforados se encuentran los ácidos nucleicos, los fosfolípidos, los azúcares esterificados con fosfatos, los nucleótidos y la fitina, las sales de calcio y magnesio del ácido inosínico hexafosfórico. La fitina se encuentra constituyendo aproximadamente el 80% del fósforo total de las semillas y decrece rápidamente durante la germinación por acción de una fosfatasa. Por otro lado, el contenido de nucleótidos aumenta durante la germinación.

Tanto el fósforo como el azufre juegan un papel de gran importancia en la respiración, la cual adquiere gran intensidad durante el proceso germinativo. Por eso aparecen siempre entre las reservas seminales compuestos de azufre y de fósforo, sobre todo como parte integrante de las moléculas proteicas. (44)

## CAPITULO III

## VALOR NUTRITIVO

La mayor parte del conocimiento de las propiedades nutricionales de la soya y de los germinados, así como de otros productos a base de soya, se deriva de los experimentos con animales, los cuales se aplican directamente al hombre. Los experimentos nutricionales con hombres tienen problemas especiales, - siendo el mayor su aceptabilidad, ya que la gente no come los alimentos simplemente porque son "buenos para su salud".

## REQUERIMIENTOS DE PROTEINAS

Como es de esperarse, los requerimientos proteicos son mayores en la etapa del desarrollo rápido. Los requerimientos de proteínas en base al peso del cuerpo son mayores en los bebés, se seguido por los niños, adolescentes y por último en los adultos. Los requerimientos proteicos también dependen del clima, sexo, actividad y del estado fisiológico individual. Las mujeres - lactantes y embarazadas necesitan un requerimiento extra para construir los tejidos del feto y para la producción de leche.

La valoración cuantitativa de los requerimientos proteicos de la dieta se basa en las mediciones científicas y parcialmente en las interpretaciones de los resultados de dichas medidas. Por esta razón se estiman diferentes requerimientos para un mismo grupo de individuos (ver tabla Núm. 6). La discrepancia aparente entre estos dos grupos de recomendaciones estriba en la diferencia de suposiciones en la cual están basadas. Las recomendaciones de la Academia Nacional de Ciencias se basan en la utilización neta de proteínas, que en E.U.A. es de 70% como valor promedio; la limitación del 30% es un factor de seguridad, dependiendo de las variaciones individuales. Las recomendaciones de la FAO se basan en que la cantidad de nitrógeno necesario en la dieta, para reemplazar las pérdidas de nitrógeno en la orina, heces y la piel, requiere una dieta de nitrógeno para la síntesis de tejidos en crecimiento, además de un 10% extra debido a las tensiones producidas por la vida ordinaria. (21,41)

Tabla Núm. 6 Requerimientos proteicos  
diarios, según la edad y  
estado del desarrollo.

Edad y Estado de Desarrollo			Requerimientos proteicos (g./Kg. de peso del cuer po/día	
			NAS <sup>1</sup>	FAO <sup>2</sup>
Niños	0.-3	meses	2.2	2.3
	3 -6	meses	2.0	1.8
	6 -9	meses	1.8-2.0	1.5
	9-12	meses	1.8-2.0	1.2
	1 -3	años	1.8	1.1
	4 -6	años	1.6	1.0
	7 -9	años	1.4	0.9
	10-12	años	1.3	0.9
Adolescentes	13-15	años	1.0	0.8
	16.19	años	0.9	0.8
Adultos	mayores de 21			
	años		0.9	0.7
Embarazo			1.1	0.8
Lactancia			1.3	1.0

<sup>1</sup>NATL ACAD. SCI (1968)

<sup>2</sup>FAO (1965)

## REQUERIMIENTOS DE AMINOACIDOS

Los estudios de Rose (1949 y 1957) establecen que un hombre - adulto normal necesita una dieta de ocho aminoácidos esenciales para mantener el equilibrio nitrogenado, éstos es: isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina. La histidina se requiere en la dieta de los niños. Se cree que la arginina es requerida para alcanzar el máximo -- crecimiento. Ya que la metionina y la fenilalanina se utilizan en el cuerpo para la síntesis de cistina y tirosina respecti -- vamente, los requerimientos de estos dos aminoácidos pueden ser parcialmente satisfechos por la presencia de cistina y tirosina en la dieta. En la tabla núm. 6 se presentan los requerimientos de aminoácidos para niños y adultos. Más importante - que la cantidad de aminoácidos, es la relación de cada uno de ellos con respecto a los otros. Es decir, que cuando un alimento que contiene protefna llega al nivel del requerimiento proteico, la proporción de los aminoácidos esenciales es más importante en la determinación de la calidad proteica, que la cantidad absoluta de cada aminoácido esencial. Para simplificar, se hace referencia a una protefna hipotética en la cual están presentes to -- dos los aminoácidos esenciales en una proporción que refleja --

los requerimientos en aminoácidos. Así la FAO hace referencia proteica a un patrón provisional que refleja los requerimientos en aminoácidos.

La tabla Núm. 7 muestra el patrón de aminoácidos de esta proteína hipotética, en la cual cada aminoácido está dado en función del triptófano tomado con el valor de 1.0. Sin embargo, este patrón provisional de la FAO (1957) fué desechado, ya que investigaciones posteriores demostraron que las proteínas y las mezclas de aminoácido que imitan dicho patrón, son de hecho inferiores nutricionalmente a las proteínas de la leche y del huevo. Esto reunió a expertos a la FAO/WHO para recomendar la adopción del patrón de aminoácidos esenciales de huevo de gallina, con propósitos de referencia. (21, 41)

El patrón de aminoácidos esenciales de la proteína entera del huevo se puede expresar de dos maneras:

1. Como la proporción de cada aminoácido respecto al triptófano tomado con el valor de 1.0. (ver tabla Núm. 8).
2. Como la cantidad existente de cada aminoácido esencial, expresado como una fracción del total de los aminoácidos

Tabla Núm. 7 Requerimientos de aminoácidos del hombre por día y patrones de los aminoácidos con referencia a las proteínas

Aminoácidos	Niños <sup>1</sup> mg/kg	Adultos		Patrón de la <sup>2</sup> FAO 1957; Trip= 1	Prot.huevo (patrón) Trip=1	A/E <sup>3</sup> mg/g total de aminoácidos esenciales
		M	H			
Histidina	32	-	-	-	-	-
Isoleucina	90	450	700	3.0	4.1	147
Leucina	150	620	1100	3.4	5.5	198
Lisina	105	500	800	3.0	4.0	144
Fenilalanina <sup>4</sup>	90	220	300	2.0	3.6	129
Metionina <sup>5</sup>	-	350	200	1.4	1.9	68
Treonina	60	305	500	2.0	3.2	115
Triptófano	22	157	250	1.0	1.0	36
Valina	93	650	800	3.0	4.5	161

M = Mujeres

H = Hombres

<sup>1</sup> Natl. Acad. Sci. (1959)

<sup>2</sup> FAO (1957)

<sup>3</sup> FAO (1965)

<sup>4</sup> Si la tirosina está ausente en la dieta, 1,100 mg/día de fenilalanina, puede satisfacer el equivalente total de los aminoácidos aromáticos.

<sup>5</sup> Si la cistina está ausente en la dieta, 1,100 mg/día de metionina, puede satisfacer los requerimientos del total de los aminoácidos azufrados.

Tabla Núm. 8 Comparación de aminoácidos esenciales del patrón de referencia con respecto a la soya germinada y a la soya sin germinar.

Aminoácido	Patrón Prot.huevo Trip=1	Germinados de soya Trip=1	Soya Sin germinar Trip=1
Isoleucina	4.1	2.17	3.51
Leucina	5.5	3.65	5.28
Lisina	4.0	3.04	4.45
Fenilalanina	3.6	1.74	3.35
Metionina	1.9	0.43	0.93
Treonina	3.2	2.52	2.51
Triptófano	1.0	1.00	1.00
Valina	4.5	2.43	3.51

BASADA EN NATL ACAD. SCI, (1959)

FAO (1957)

FAO (1965)

esenciales (A/E) (ver tabla Núm. 9).

De acuerdo a la tabla Núm. 9, los germinados de la soya son, - en comparación con el patrón y con la soya sin germinar, po- - bres en todos los aminoácidos esenciales, excepto en la treoni- na. (47)

En relación con la tabla Núm. 9, los germinados de la soya tie- nen la relación A/E más alta en leucina, treonina y triptófano, con respecto al patrón y al frijol de soya sin germinar. En - lisina se encuentra en un valor intermedio, pero en metionina, isoleucina y valina su valor es el más bajo.

Sin embargo, expresando el patrón de aminoácidos esenciales de las proteínas de cualquiera de las dos formas anteriores, no - se toman en cuenta el papel de los aminoácidos no esenciales.

En ausencia de una suplementación inadecuada de aminoácidos no esenciales en la dieta, los aminoácidos esenciales se utilizan para la síntesis de los aminoácidos no esenciales, ya que és- - tos son necesarios para la elaboración de las proteínas. Por esta razón el grupo FAO/WHO (1965) sugirió que un índice protei- co provechoso podría expresarse en términos del contenido de - aminoácidos esenciales de una proteína como una fracción del - nitrógeno total. (21)

Tabla Núm. 9 Expresión de cada aminoácido esencial como una fracción del total de los aminoácidos esenciales (A/E) del patrón, de la soya sin germinar y de la soya germinada.

Aminoácidos	Patrón	Soya Germinada	Soya sin Germinar
Isoleucina	147	128	143
Leucina	198	215	215
Metionina	68	25	37
Fenilalanina	129	102	136
Treonina	115	149	102
Triptófano	36	59	40
Valina	161	143	143
Lisina	144	179	181

BASADA EN NATL. ACAD. SES, SCI, (1959)

FAO (1965)

La proporción (E/T) se muestra en la tabla Núm. 10 de acuerdo a esta tabla los germinados de la soya se encuentran por encima - del frijol de soya sin germinar.

#### EVALUACION DE LA CALIDAD PROTEICA

##### COMPOSICION DE AMINOACIDOS

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, la calidad proteica - puede adecuarse con la composición de los aminoácidos.

Las tablas Núm. 11A y 11B dan la composición de los aminoácidos totales y de los aminoácidos esenciales con referencia al triptófano en distintos alimentos a base de soya; se hace hincapié en la metionina, que es el aminoácido limitante de la proteína de la soya. Aunque el contenido de metionina parece no tener relación con la estación y la localización, hay algunas indicaciones que muestran que el nivel de metionina en las semillas - aumenta proporcionalmente con el contenido de proteínas.

Tabla Núm. 10 Proporción del total de los aminoácidos esenciales con el nitrógeno - total en distintos productos respecto al patrón provisional de la FAO de 1957.

P r o d u c t o	Proporción E/T g/g N total
Proteína total del huevo	3.22
Leche de vaca	3.20
Soya germinada	3.02
Frijol de soya	2.36
Patrón de la FAO, 1957	2.02
Gelatina	1.05

(DATOS BASADOS EN LA FAO, 1957., Y STANDAL, B.R., 1966).

En base a los aminoácidos esenciales, los aminoácidos que contienen azufre limitan el valor nutritivo de la proteína de la soya.

De acuerdo con la tabla Núm. 11A, se observa que los valores menores en alanina se tienen en el tofu; de ácido glutámico, en los germinados de la soya; serina, en tofu y treonina en edamame y en tofu. Los mayores valores de histidina se encuentran en el tofu y en edamame, para triptófano en el tofu y en los germinados de la soya. (48)

Para comparar la distribución de los aminoácidos esenciales en los productos a base de soya mencionados, con respecto a los aminoácidos de la proteína total del huevo, al triptófano se le da el valor de 1.00. En los aminoácidos isoleucina, leucina, lisina, fenilalanina y valina, el edamame se asemeja más a la proteína del huevo. Los germinados se encuentran en un lugar intermedio entre la proteína y el tofu, en relación a los primeros tres aminoácidos, arriba mencionados. Los germinados contienen la proporción más baja de metionina, pero la más alta en treonina con respecto al edamame y al tofu, y en valina se encuentra en una posición intermedia. (Ver tabla Núm. 11B)

Tabla Núm. 11A Aminoácidos en la soya y en productos a base de soya (g de a.a./100g de proteína)

Aminoácido	Huevo Entero	Edamame	Germinados	Tofu
Alanina	-	4.4	4.7	2.5
Arginina	6.6	7.7	4.8	4.3
Ac. aspártico	7.0	8.9	14.5	8.5
Cistina	2.3	-	0.4	-
Ac. glutámico	12.4	21.6	14.2	18.6
Glicina	3.5	4.8	3.9	3.0
Histidina	2.4	5.1	2.7	4.4
Isoleucina	6.6	6.6	5.0	4.1
Leucina	8.8	7.1	8.4	6.7
Lisina	6.4	8.5	7.0	5.6
Metionina	3.1	0.8	1.0	1.3
Fenilalanina	5.8	5.0	4.0	5.5
Serina	8.4	5.6	7.5	3.9
Treonina	5.0	1.9	5.8	2.2
Triptófano	1.6	1.0	2.3	2.1
Tirosina	4.3	2.8	3.3	3.2
Valina	7.1	5.6	5.6	4.4

(STANDAL, B.R. 1963)

Tabla Núm. 11B Comparación de los aminoácidos esenciales del patrón de referencia con respecto a algunos productos de soya. (Trip=1)

Aminoácido	Huevo Entero	Edamame	Germinados	Tofu
Isoleucina	4.1	6.6	2.17	1.95
Leucina	5.5	7.1	3.65	3.19
Lisina	4.0	8.5	3.04	2.67
Fenilalanina	3.6	5.0	1.74	2.62
Metionina	1.9	0.8	0.43	0.62
Treonina	3.2	1.9	2.52	1.05
Triptófano	1.0	1.0	1.00	1.00
Valina	4.5	5.6	2.43	2.10

(DATOS BASADOS EN STANDAL, B.R., 1963)

## BALANCE QUIMICO

El punto en el cual una proteína suple al aminoácido limitante en comparación con un patrón de referencia proteica, tal como la proteína del huevo, se denomina balance químico de dicha proteína.

La concentración de los aminoácidos se expresa en miligramos/gramo de los aminoácidos esenciales totales.

El método del balance químico para evaluar la calidad proteica tiene serias limitaciones, que son particularmente evidentes en el caso de la soya. (47)

Aunque el balance químico pone en evidencia el hecho de que la proteína de la soya es deficiente en metionina y cistina, no revela la mayor parte de los atributos nutritivos de la proteína de la soya, debido a que tiene un contenido mucho mayor de histidina que la mayoría de las plantas.

En la tabla Núm. 12 se muestra el balance químico de la proteína del huevo, así como el de los germinados de soya y otros productos a base de soya.



El balance químico, basado en la cantidad de aminoácidos que pueden ser recobrados mediante la hidrólisis ácida de la proteína, asume que el animal utiliza todos y cada uno de los aminoácidos que se miden. Esta es una suposición que no toma en cuenta varios factores que pueden alterar la viabilidad fisiológica de los aminoácidos, tales como:

1. La digestibilidad de la proteína. Es decir el punto en el cual los aminoácidos se liberan de la proteína en el aparato digestivo del animal.
2. La proporción en la cual los aminoácidos se absorben en el conducto intestinal.
3. Las complejas interacciones con otros nutrientes que pueden afectar a cualquiera de los dos puntos mencionados arriba.

Aunque mediante el conocimiento de la composición de los aminoácidos de las proteínas se puede dar un índice en cuanto a su valor nutritivo potencial, la proteína presente en el animal intacto fija, en última instancia, la calidad proteica de un alimento determinado. (47)

Tabla Núm. 12 Balance Químico de las proteínas del huevo de los germinados de la soya y otros productos a base de soya.

	Huevo	Tofu	Edamame	Germinados de la Soya
Balance Químico	100	41	25	31

(STANDAL, B.R., 1963)

Idealmente deberían hacerse pruebas experimentales en el hombre mismo, para poder ser aplicados directamente a él los resultados que se obtengan. Sin embargo, este tipo de experimentos son muy complicados, requieren mucho tiempo y son caros. Por lo tanto, deben hacerse interpretaciones mediante la extrapolación de los datos obtenidos en los experimentos con animales.

#### RELACION DE EFICIENCIA PROTEICA

El PER es una técnica biológica que se utiliza con el fin de conocer el valor de una proteína desde el punto de vista nutricional. Es la técnica más usada para la determinación de la calidad proteica. Se define como el peso ganado por el animal, entre la proteína ingerida. Como patrón se utiliza el PER de la caseína. (51)

La tabla Núm. 13 muestra el PER determinado por Everson et al (1943), observándose que los germinados de la soya superan por mucho el valor del PER de la soya sin germinar. Los datos que muestra esta tabla demuestra que los productos de so-

Tabla Núm. 13 Evaluación del PER en productos de soya mediante experimentaciones con ratas.

Fuente de Proteína	PER
Soya inmadura	1.1
Tratamiento con autoclave, inmadura	2.0
Soya madura	0.5
Tratamiento con autoclave, madura	1.5
Cruda, germinada	1.4
Tratamiento con autoclave, germinada	1.9

El patrón es la caseína con un PER de 2.5

(EVERSON, G.J., et al 1943)

ya pueden presentar variaciones considerables, dependiendo de las condiciones térmicas a las que se expongan.

#### BALANCE DE NITROGENO

El valor nutritivo de una proteína puede ser evaluado en términos de su capacidad para proveer los aminoácidos para la síntesis o renovación de los tejidos del cuerpo.

Tres métodos biológicos que se basan en el balance de nitrógeno para la determinación de la calidad proteica de un alimento son:

1. Digestibilidad
2. Valor biológico
3. Utilización neta de proteínas

Esto puede llevarse a cabo en un animal intacto, mediante la comparación de la cantidad de nitrógeno ingerido (I), con la cantidad excretada en la orina (U) y en las heces fecales (F).

La diferencia entre estos dos valores, en relación con el balance nitrogenado (B), indica cuándo un animal está perdiendo, ganando o manteniendo sus recursos de nitrógeno.

$$B = I - (F + U)$$

Si el nitrógeno ingerido es mayor al excretado ( $I > F + U$ ), el animal retiene nitrógeno y se dice que se encuentra en un balance nitrogenado positivo. Si el nitrógeno ingerido es menor al excretado, se dice que el animal está perdiendo nitrógeno del cuerpo y se encuentra en un balance nitrogenado negativo ( $I < F + U$ ). Si el nitrógeno ingerido es igual al excretado ( $I = F + U$ ) el animal se encuentra en el equilibrio nitrogenado. La habilidad de un animal para mantener el equilibrio nitrogenado (como en un animal que no está creciendo) o para retener nitrógeno (animal en crecimiento) depende de la disponibilidad de la provisión balanceada de los aminoácidos esenciales de la dieta. Una dieta deficiente en uno o más de los aminoácidos esenciales, no permite la utilización eficiente del nitrógeno. Por otro lado, una dieta con exceso de nitrógeno puede perderse en la orina y en las heces, condición que puede producir un balance nitrogenado negativo. (20)

Debido a la simplicidad de la técnica del balance nitrogenado, puede aplicarse a estudios con sujetos humanos. Sin embargo, el uso de animales permite un refinamiento mayor, ya que permite distinguir entre las fracciones de la dieta nitrogenada que

Tabla Núm. 14 Valor biológico de la soya, germinados de la soya y algunas proteínas animales.

Fuente de Proteínas	BV
Huevo	87 - 97
Leche	85 - 90
Carne	76
Soya madura cruda X	78.6
Soya germinada X	75.7
Soya inmadura X	79.5

X Datos obtenidos con grupos  
de 6 ratas.

(EVERSON G.J., 1943 Y LIENER I.E. 1972)

no se digieren o que no se absorben y aquella fracción que es retenida y absorbida.

#### DIGESTIBILIDAD

La digestibilidad de una proteína (D) se define como el % de nitrógeno ingerido que puede ser absorbido y está dado por la siguiente ecuación:

$$D = I - (F-F_0)/I \times 100$$

De donde:  $F_0$  es la cantidad de nitrógeno presente en las heces o nitrógeno fecal endógeno.

#### VALOR BIOLÓGICO

El porcentaje del nitrógeno absorbido que retiene el animal se denomina valor biológico (BV), y está dado por la siguiente expresión: (ver tabla Núm. 14).

$$VB = N \text{ retenido} / N \text{ absorbido} \times 100$$

$$VB = \frac{I - (F - F_0) - (U - U_0)}{I - (F - F_0)} \times 100$$

El término  $U_0$  se refiere al nitrógeno urinario de origen metabólico.

## UTILIZACION NETA DE PROTEINAS (NPU)

Tanto la digestibilidad como el valor biológico pueden ser combinados para dar un solo valor llamado utilización neta de proteínas (NPU) que es simplemente el producto de la digestibilidad por el valor biológico. El NPU puede calcularse directamente combinando las dos expresiones de D y VB:

$$NPU = \frac{I - (F - F_0) - (U - U_0)}{I} \times 100$$

Standal, B.R. (1963) determinó el NPU y el PER de los germinados de la soya, así como de otros productos, fijando así la calidad proteica de los mismos. (ver tabla Núm. 15).

De acuerdo con sus resultados, la soya fresca y los germinados de la soya permiten un mejor crecimiento en las ratas jóvenes en desarrollo, que las semillas de soya sin tratamiento térmico y maduras. (48)

Los germinados de la soya contienen proteína de una calidad relativamente buena, siendo su NPU de 56 y su PER de 1.36.

Tabla Núm. 15 Calidad de las proteínas de algunos alimentos a base de soya

Dieta	Ratas	Réplicas	Núm. consumo en 10 días/ rata (g)	NPU	PER	Prot. <sup>1</sup>	Pm <sup>2</sup>
Tofu							
(soya cruda)	14	2	1.24	65 ± 1.2	1.93	10.93	6.15
Edamame	9	1	1.55	71.5 + 11.2	1.52	17.73	5.59
Germinados	17	3	1.04	56 + 3.3	1.36	8.66	7.14
Caseína	7	1	0.82	68 + 11.0	1.44	9.32	5.88
Proteína total del huevo	74	12	1.20	90.9 ± 7.5	3.05	9.31	4.40

<sup>1</sup>prot. se refiere a la cantidad de proteínas-calorías proporcionadas por la dieta. (Expresado en % de calorías totales)

<sup>2</sup>Pm es la cantidad de requerimientos calórico-proteicos en la dieta para el mantenimiento. (Dado en % de calorías totales)

$$Pm = 4.0 \times 100/NPU$$

(STANDAL, B.R., 1966)

Los requerimientos calórico proteicos (Pm) que se necesitan en una dieta para mantener el peso con +1 g., sobre un período de 10 días, se calculan utilizando el NPU medido a niveles de 10% de proteína por peso. (10)

Se sabe que la soya madura contiene nitrógeno gastrogénico y - factores antitripsicos. Ya que éstos son termolábiles, se presume que sus actividades se anulan mediante tratamientos térmicos. A partir de lo anterior se puede concluir que la caseína y el tofu son semejantes en cuanto a sus valores de NPU. El edamame es superior a la caseína y al tofu, mientras que los germinados son un poco inferiores. (48)

Se ha observado que la soya produce un balance nitrogenado positivo en el hombre, es decir, que el valor biológico y la digestibilidad de la proteína de la soya son satisfactorios cuando - se les compara con proteínas animales. (22)

#### FACTOR ANTITRIPSICO

La soya contiene un número menor de constituyentes que se caracterizan por tener alguna actividad biológica específica que se puede medir in vitro. Sus actividades pueden verse afectadas --

dependiendo del proceso empleado y han sido utilizadas como indicadores de los efectos concomitantes en el valor nutritivo de las proteínas. (47)

Debido a la implicación del factor antitrípico en el bajo valor nutritivo de la proteína de soya sin calentamiento, la medida de la actividad de este factor es usada frecuentemente para asegurar el tratamiento térmico adecuado en los productos de la soya. Se ha encontrado que el valor nutritivo de harinas de soya parcialmente calentadas, es inversamente proporcional a su contenido del factor antitrípico. Aunque la actividad del factor antitrípico puede reflejar la cantidad de calor en el tratamiento de una muestra dada de proteína de soya, este parámetro no debe ser tomado como un índice infalible de la calidad nutritiva de la proteína. Por ejemplo, las fracciones de soya que poseen altos niveles de actividad antitrípica han tenido -- muy poca influencia en la depresión del crecimiento.

El factor antitrípico se ve disminuído considerablemente durante la germinación de las semillas de soya. Sin embargo, la soya madura, que se somete a un tratamiento térmico (ver tabla Núm. 16) contiene menor cantidad que los germinados que sufren el mismo tratamiento térmico. (4)

Tabla Núm. 16 Factor antitripsico en soya y en germinados de la soya.

Producto	Factor antitripsico $-\Delta A/\text{min}/\text{g}$ proteína
Soya madura cruda	49.0
Soya madura con tratamiento térmico	1.5
Soya germinada cruda	17.8
Soya germinada con tratamiento térmico	1.7

(BATES, R.P. et al, 1972)

## ENERGIA DISPONIBLE

La energía disponible por el metabolismo (metabolismo energético) a partir de la soya, debe ser calculada a partir de su contenido de carbohidratos, grasas y proteínas, teniendo en cuenta la digestibilidad de cada uno de estos componentes, así como su calor de combustión. Excepto en condiciones de pérdida extrema de energías, la proteína no se utiliza como fuente de energía. (47)

La cantidad de energía teóricamente disponible de la proteína de la soya, puede ser calculada multiplicando el contenido proteico por el factor de 3.47 cal. por gramo.

En el caso de los carbohidratos digeribles, el factor es de 4.07 cal/g. y para los lípidos es de 9.00 cal/g. Los germinados de la soya proporcionan 319.79 cal/100 g. de germinados en base seca; en cambio los frijoles de soya sin germinar proporcionan 465.72 cal./100 g. en base seca. (47)

En la tabla Núm. 17 se muestra la cantidad de energía que proporcionan distintos germinados, en comparación con los germinados de la soya. En dicha tabla se puede ver que en todos los

Tabla Núm. 17 Energía proporcionada por distintos tipos de semillas y germinados.

Producto	Energía proporcionada (K. cal./g)
Alfalfa	4.20
Alfalfa germinada	3.50
Lenteja	3.76
Lenteja germinada	3.81
Garbanzo	3.72
Garbanzo germinado	3.76
Soya	4.67
Soya germinada	3.90

(DATOS BASADOS EN KYLEN, A.M. et al, 1975)

vegetales mencionados la cantidad que aporta cada gramo de ellos ( en base seca) se ve disminuída por efectos de la germinación.

La estaquiosa y la rafinosa presentes en las semillas de soya no son digeribles por el hombre, por lo que son fermentadas por la microflora intestinal produciendo flatulencia. (35)

La tabla Núm. 18 muestra la reducción de flatulencia por ingestión de germinados de la soya, ya que a los 6 días de germinación éstos carecen de dichos azúcares. Los germinados de 3 días contienen cantidades mínimas de estaquiosa y de rafinosa, por lo que no deben causar ningún problema digestivo. (11)

La cantidad de fibra cruda en los germinados de la soya aumenta en un 35.08%. Su presencia puede interferir con la digestibilidad de los demás nutrientes, particularmente en los animales monogástricos, como el hombre. La presencia de la pared celular en el tracto digestivo, evita el acceso de los jugos digestivos a la proteína del interior de las células.

Tabla Num. 18 Producción de flatos en el hombre por ingestión de soya y germinados de la soya.

Alimento	Producción de flatos Volumen de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y H <sub>2</sub> (ml/h)
Soya	43
Germinados de la soya	17

(CALLOWAY, D. et al, 1971)

## VITAMINAS

Las vitaminas son sustancias vitales que, en cantidades huella, se necesitan para la función celular normal y que algunas especies son incapaces de sintetizar y deben obtenerla de fuentes exógenas. Cuando los productos de la soya se consumen como parte de una dieta mixta, pueden servir en gran medida como fuente de vitaminas.

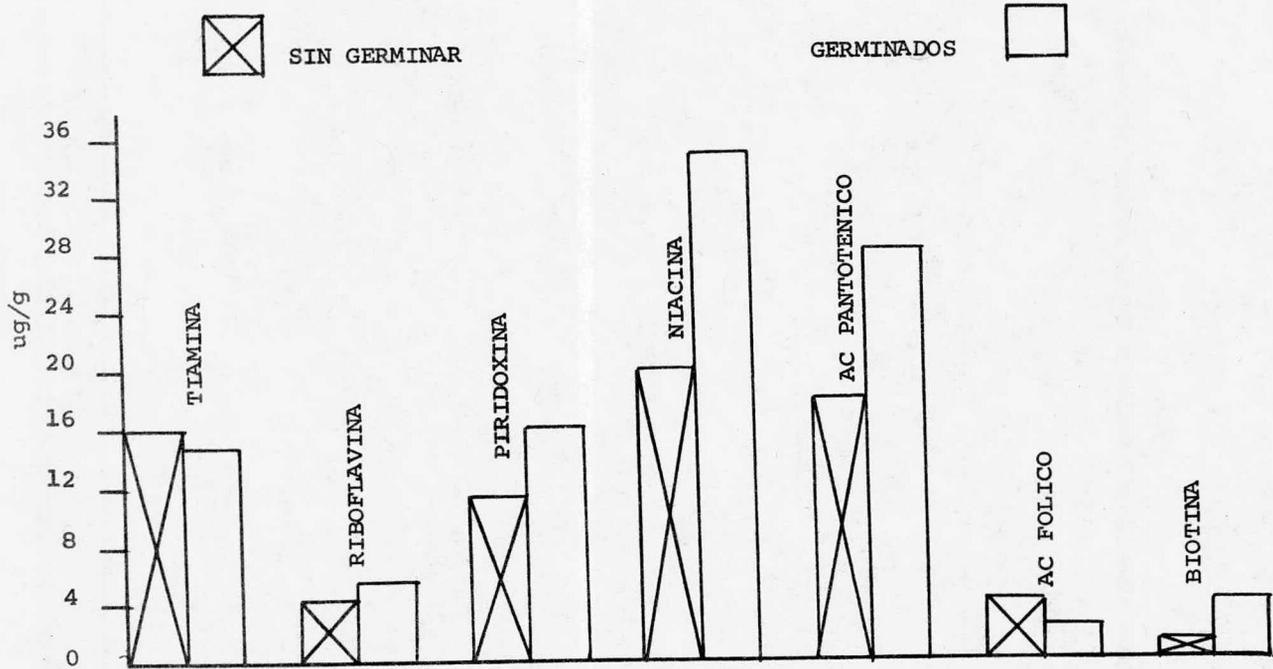
## VITAMINAS HIDROSOLUBLES

Las vitaminas hidrosolubles comprenden el ácido ascórbico, la nicotinamida, el ácido pantoténico, la tiamina, la riboflavina, piridoxina, niacina, biotina, ácido fólico y cianocobalamina.

La figura Núm. 10 resume la cantidad de vitaminas B que se encuentran en los frijoles de soya sin germinar y en los germinados. Los cambios en ácido ascórbico que ocurren durante la germinación se muestran en la figura Núm. 11. El ácido ascórbico está ausente en las semillas sin germinar, pero aparece durante las primeras 24 horas de germinación llegando a 390 microgramos/g. después de 3 días. (4)

FIG. NUM. 10

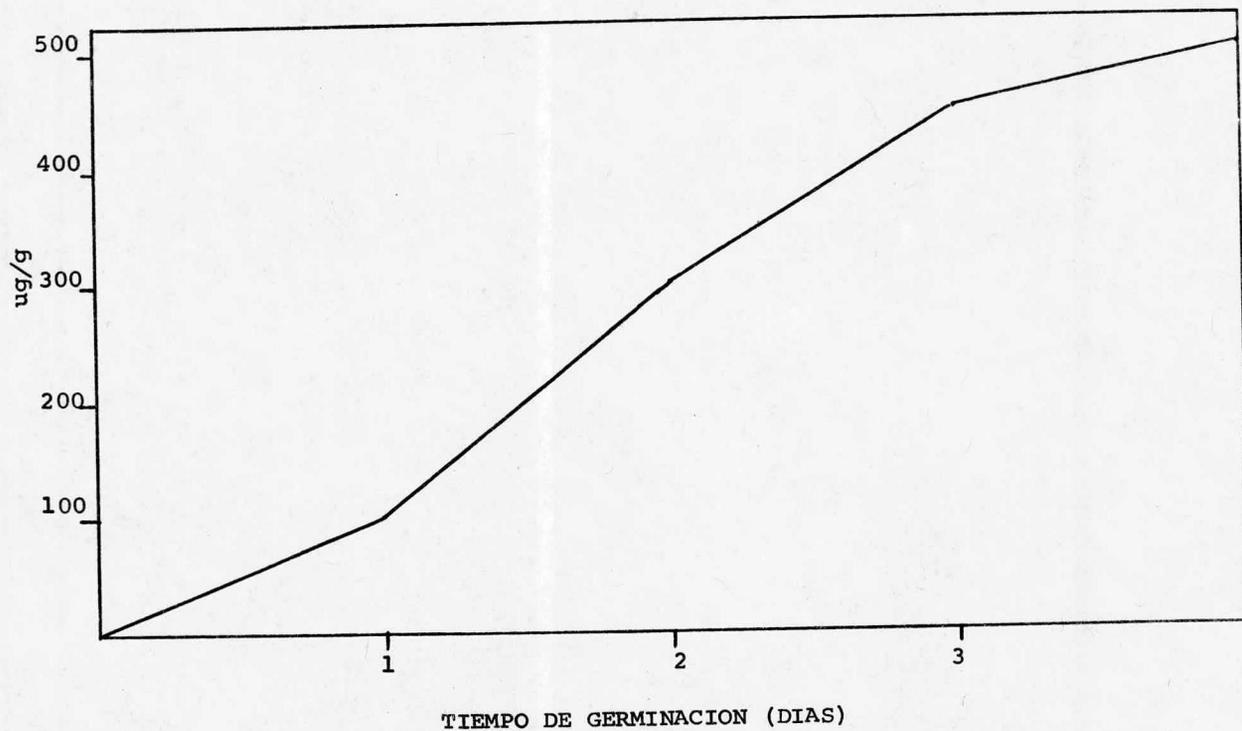
CAMBIOS EN EL CONTENIDO VITAMINICO DE LA  
SOYA CON UNA GERMINACION DE 4 DIAS



(BUCKHOLDER Y MC VEIGH 1945)

FIG. NUM. 11

CAMBIOS EN LA CONCENTRACION DE AC  
ASCORBICO EN GERMINADOS DE SOYA



(MC KINNEY ET AL 1958)

Un alimento se considera rico en vitaminas si una porción promedio contiene por lo menos la mitad de las necesidades diarias. La tabla Núm. 19 muestra los requerimientos diarios de las vitaminas y lo que proporcionan 100 g. de germinados. Según la tabla Núm. 19 los germinados de la soya son alimentos ricos en todas las vitaminas hidrosolubles, exceptuando el ácido fólico, ya que una ración de 100 g. de germinados de soya (14.50 g. en base seca) proporciona por lo menos la mitad de los requerimientos diarios en dichas vitaminas. (21, 23, 40)

Tabla Núm. 19 Comparación entre los requerimientos diarios de vitaminas hidrosolubles y el aporte de 100 g. de germinados.

Vitamina	Requerimientos	Aporte de Vitaminas de los germinados de la soya (mg/100.0 g)
Acido ascórbico	55-60	21.1
Riboflavina	1.5-1.7	0.86
Tiamina	1.0-1.4	2.46
Piridoxina	2.0	2.31
Niacina	13-18	5.64
Ac. Pantoténico	5-10	3.86
Biotina	0.15-0.13	0.2030
Acido Fólico	4.0	0.54

(DATOS BASADOS EN LA FAO, 1968., KINNEY, L.L., 1958.,  
Y FORDHAM, J.R. et al, 1975)

## VITAMINAS LIPOSOLUBLES

Las vitaminas liposolubles comprenden las vitaminas A, D, E, y K; la base molecular de sus funciones no es bien conocida. Aunque se hayan presentes sólo en pequeñas cantidades en fuentes naturales, se considera que son lípidos, puesto que son insolubles en el agua, pero extraíbles con disolventes orgánicos.

Aunque las plantas carecen de vitamina A, contienen un grupo de sustancias llamadas carotenos, que actúan como precursores de la vitamina A en los mamíferos.

El consumo de soya cruda en un 30% o más, causa una disminución en los niveles de la vitamina A y caroteno en sangre. Se piensa que este efecto se debe a la presencia de la lipoxidasa, la cual oxida al caroteno.

De cualquier modo, tanto la soya como los germinados de la soya no representan una fuente rica de vitamina A (ver tabla Núm. 20) la tabla Núm. 21 muestra la cantidad de vitaminas liposolubles presente en la soya y en los germinados de la soya. (21, 23, 40)

Tabla Núm. 20 Comparación entre los requerimientos diarios de vitaminas liposolubles y la aportación de 100g. de germinados.

Vitamina	Requerimientos	Aportación de Vitaminas de los germinados de la soya. (mg./100 g)
A	0.012-0.015	0.28
E	25 - 30	0.085

(DATOS BASADOS EN LA FAO, 1968 Y MC KINNEY, L.L.,1958)

Tabla Núm. 21    Contenido de vitaminas liposolubles  
en la soya y en los germinados de  
la soya.

Vitamina (mg/100g)	Soya	Germinados
Beta caroteno	.1634	.0328
Tocoferol	1.87	085

(BASADA EN FORDHAM, J. R. 1975)

## MINERALES

La tabla Núm. 22 muestra la composición en minerales de la soya así como de los germinados de la soya. De acuerdo con los datos que ahí se muestran, las cantidades de fierro, de zinc y de fósforo disminuyen durante la germinación. Sin embargo, en la soya se presentan ciertos constituyentes que interfieren con la disponibilidad del calcio, fósforo, zinc, manganeso, cobre y molibdeno.

La principal sustancia que interfiere con esta disponibilidad es el ácido fítico, el cual desaparece durante la germinación. De acuerdo con lo anterior, se puede decir que aunque en los germinados de la soya disminuyen las cantidades de ciertos minerales durante la germinación, éstos están disponibles para el organismo.

La tabla Núm. 23 hace una comparación entre los requerimientos diarios de minerales y los que aporta una ración de 100 g. de germinados (14.50 g. en base seca). De acuerdo a esta última tabla, los germinados de la soya no deben considerarse como una fuente de minerales, excepto en manganeso. (23)

Tabla Núm. 22 Contenido de los principales minerales en la soya y en los germinados de la soya.

Minerales (mg/100g.) <sup>a</sup>	Soya	Germinados de la soya
Fierro	9.53	0.60
Magnesio	200	15
Calcio	318	32
Fósforo	427	12
Potasio	1362	157
Manganeso	18.2	15.0

<sup>a</sup>Calculado en base húmeda

(BASADA EN FUENTE: FORDHAM, J.R. Y CHEN, L.H.,  
1975)

Tabla Núm. 23 Comparación entre los requerimientos diarios de minerales y la aportación de - 100g. de germinados de soya.

Mineral	Requerimientos (mg)	Aportación en los germinados de la soya (mg/100g)
Calcio	800	32
Fósforo	800	12.0
Fierro	10	0.60
Magnesio	350	15.0

(BASADA EN FUENTE: FAO, 1968, Y FORDHAM, J.R. 1975)

## CAPITULO IV

LOS GERMINADOS DE LA SOYA EN LA DIETA MEXICANA  
PARTE EXPERIMENTAL

Para juzgar la calidad de los alimentos mexicanos se necesita conocer en detalle su composición, que puede decir mucho acerca de su valor nutritivo; además, es necesario suplementar -- estos trabajos con la experiencia biológica para catalogarlos con exactitud. Al mismo tiempo se deben tomar en cuenta factores tales como son la forma y la cantidad en que se ingieren, así como la frecuencia en su consumo, la dificultad o facilidad para obtenerlos, los hábitos alimenticios de una población dada, y el número de individuos que los utiliza. Las determinaciones del valor nutritivo de los alimentos mexicanos se han hecho en base a un criterio analítico, ya que solamente unos cuantos alimentos han sido sometidos a análisis biológicos. (14)

## 1. PROTEINAS

Los alimentos de origen animal, más ricos en proteínas, son de uso poco común, con excepción de la leche seca, queso, cecina y en algunas regiones, charales y camarones.

La dieta mexicana se considera inadecuada en cuanto a la calidad de sus proteínas debido a que dominan en ella alimentos de origen vegetal como el maíz que es deficiente principalmente en triptófano.

El requerimiento de la FAO para el triptófano y metionina por cada 100 gramos de proteína es de 1.4 g. y 2.1 g. respectivamente. Los germinados de soya contienen 2.3% de triptófano y 1.0% de metionina; la tortilla de maíz y de germinados de soya y por lo tanto la proporción de proteínas, se puede llegar a un balance y a encontrar el punto en el cual ambos aminoácidos se encuentren en su máxima concentración en la mezcla de ambos alimentos.

A medida que aumenta la proporción de germinados de soya, el triptófano se va incrementando, sucediendo lo contrario en el caso de la metionina: al aumentar la concentración de tortilla aumenta también el contenido de metionina. El punto en el cual las proporciones de ambos aminoácidos se encuentran en la mayor cantidad posible, considerando también el contenido proteico, es el que corresponde a 30% de tortilla y 70% de germinados de soya (ver figura Núm. 12 tabla Núm. 24).

TABLA Núm. 24

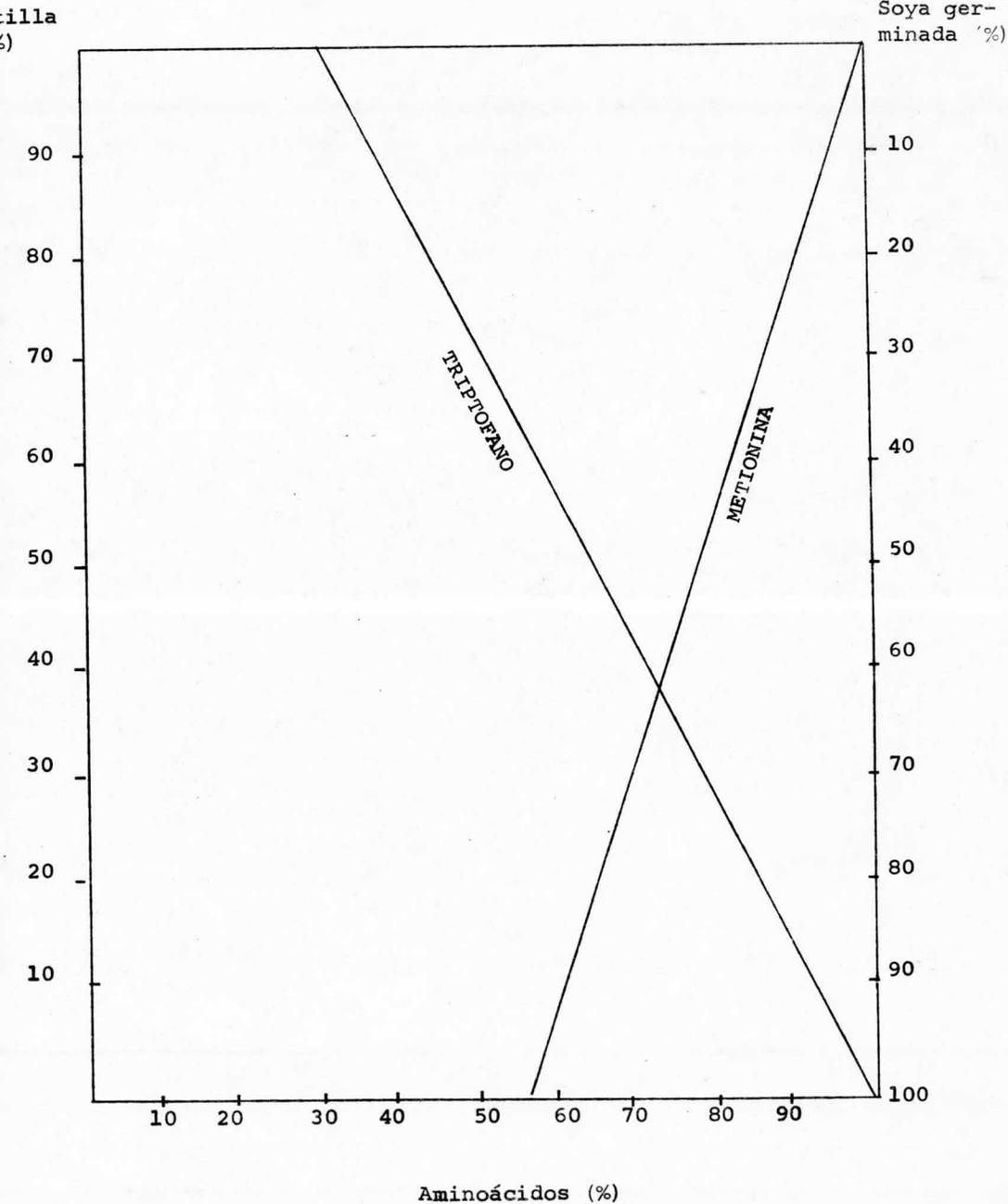
Curva de concentración óptima de triptófano y metionina, en la mezcla  
tortilla y germinados de soya

Concentración de proteína en la mezcla

Proporción:					
<u>Tortilla/Germinados</u> <u>de soya</u>	<u>%</u> <u>Proteína</u>	<u>Triptófano</u> <u>mezcla</u>	<u>Metionina</u> <u>mezcla</u>	<u>Triptófano</u> <u>%</u>	<u>Metionina</u> <u>%</u>
100/0	100.00	.0354	.1121	20.22	100.0
90/10	87.47	.0493	.1085	28.17	96.79
	12.53				
80/20	75.61	.0633	.1049	36.17	93.57
	24.39				
70/30	64.40	.0772	.1013	44.11	90.36
	35.60				
60/40	53.76	.0912	.0977	52.11	87.15
	46.23				
50/50	43.67	.1052	.0941	60.11	83.94
	56.33				
40/60	34.07	.1191	.0905	68.05	80.73
	65.93				
30/70	24.94	.1331	.0869	76.05	77.52
	75.05				
20/80	16.23	.1471	.0833	84.05	74.30
	83.76				
10/90	7.93	.1610	.0797	91.98	71.09
	92.06				
0/100	0.0	.1750	.0761	100.00	67.88
	100.00				

Figura Núm. 12

CURVA DE CONCENTRACION OPTIMA DE  
TRIPTOFANO Y METIONINA



(Sotomayor, C. 1979)

Tomando en cuenta el gran consumo de pan blanco en México, se podría pensar en hacer una mezcla germinados de soya/pan, de la misma manera que con la tortilla. El pan es deficiente en lisina y los germinados lo son en metionina; los requerimientos de la FAO para ellos son de 4.2% y 2,1% respectivamente; el pan contiene 2.5% de lisina y 2.2% de metionina y los germinados 7.0% y 1.0% respectivamente. La curva de concentración óptima de la mezcla de ambos alimentos se muestran en la fig. Núm. 13 Tabla Núm. 25.

TABLA Núm. 25

Curva de concentración óptima de lisina y metionina en la mezcla  
pan/germinados de soya

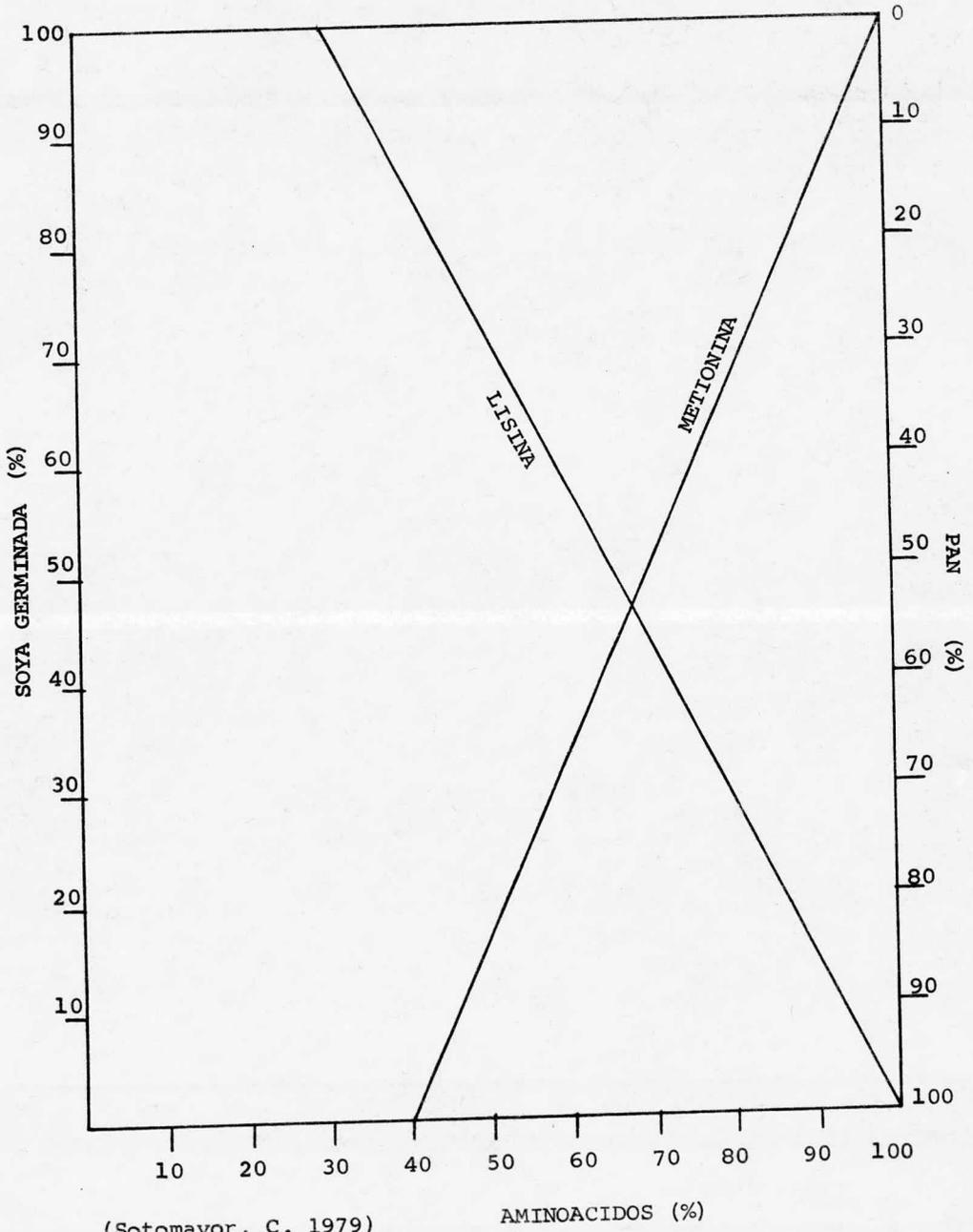
## Concentración de proteína en la mezcla

Proporción					
<u>Pan/germinados de soya</u>	<u>% Proteína</u>	<u>Lisina mezcla</u>	<u>Metionina mezcla</u>	<u>Lisina %</u>	<u>Metionina %</u>
100/0	100.00	.2325	.2046	47.44	100
90/10	92.28	.2582	.1911	52.70	93.40
	7.71				
80/20	84.16	.2840	.1776	57.95	86.84
	15.83				
70/30	75.60	.3097	.1642	63.21	80.26
	24.39				
60/40	66.58	.3355	.1507	68.46	73.65
	33.41				
55/45	61.88	.3482	.1439	71.07	70.34
	38.11				
50/50	57.05	.3612	.1373	73.72	67.10
	42.94				
40/60	46.96	.3870	.1238	78.97	60.52
	53.03				
30/70	36.28	.4127	.1103	84.23	53.94
	63.71				
20/80	24.93	.4385	.0969	89.49	47.36
	75.06				
10/90	12.86	.4642	.0834	94.74	40.79
	87.13				
0/100	0.00	.4900	.0700	100.00	34.21
	100.00				

(Sotomayor, C. 1979)

FIG. NUM. 13

CURVA DE CONCENTRACION OPTIMA  
DE LISINA Y METIONINA



(Sotomayor, C. 1979)

AMINOACIDOS (%)

## 2. MINERALES

Se puede considerar que la dieta mexicana no es deficiente en calcio ni en fósforo, ya que además de la tortilla, que es -- una magnífica fuente de calcio y de fósforo, existen alimentos muy ricos en ambos elementos, entre los que destacan por su contenido en calcio los charales, los acociles, la rosita de cacao, el chipilín, las hojas de chaya, el quelite, el frijol, etc. ; por lo que respecta al fósforo, tienen cantidades elevadas los charales, queso, cacao y en general las semillas que se usan tanto en el país. (14)

## 3. VITAMINAS

### 4.1 CAROTENO

Debido a que los alimentos de origen animal son en general poco accesibles a los grupos de bajo nivel económico, la principal fuente de vitamina A es el caroteno, que obtienen de -- vegetales que usan en su alimentación. Los chiles secos destacan notablemente, ya que tienen 56mg. por ciento de caroteno. En general las verduras también tienen un alto contenido, --- siendo las más ricas las hojas de chaya, malva, orégano, ho--jas de ciruelo, zanahoria, jitomate, etc. En este renglón los germinados de la soya no se consideran fuente rica en carote--no.

### 3.2 TIAMINA, RIBOFLAVINA, NIACINA

En general los alimentos de origen vegetal, que son buena fuente de estas vitaminas, se consumen en cantidades relativamente pequeñas o su uso está restringido a grupos limitados de población; tal es el caso de los hongos, yerbabuena, cacahuate, etc. Por otro lado, los de origen animal, ricos en estas vitaminas, tales como carnes, algunos pescados, ahuate axayacatl, etc., se consumen poco por la mayor parte de nuestra población. En la dieta mexicana el suministro de estas vitaminas pueden obtenerse con una dieta que incluye a los germinados de la soya.

### 3.3 VITAMINA C

Existen numerosos alimentos mexicanos de alto contenido en esta vitamina, la mayor parte de los cuales se consumen sin sufrir ningún tratamiento previo, por lo que no hay pérdidas debidas al cocinado u otros procedimientos de preparación.

Entre los alimentos que se consumen y que tienen elevadas cantidades de vitamina C se encuentran los frutos de "uste", la guayaba, el chile trompito, las hojas de chaya, la flor de yuca, el perejil, el zapote negro y el mango.

No obstante que el pulque tiene un bajo contenido en vitamina C, se consume en cantidades tan grandes por ciertos grupos de población, que significa un aporte excelente de esta vitamina (14)

El ácido ascórbico aumenta notablemente durante la germinación, por lo que se considera una excelente fuente de dicha vitamina.

Desde el inicio de las computadoras, éstas constituyen un poderoso auxiliar en el campo científico, donde existen necesidades de cálculo y operaciones muy complicadas o largas. De una manera teórica se puede hacer uso de las computadoras para atacar, desde otro punto de vista, algunos aspectos de nutrición.

Un análisis comparativo de los elementos nutricionales que suministra una mezcla de alimentos con los requerimientos numéricos que recomienda la FAO, involucra técnicas de optimización.

Eligiendo una dieta de uso muy generalizado entre los "naturistas" y con la ayuda de un modelo matemático de programación lineal, se determina su validez nutricional.

Dicha mezcla está constituida por lechuga, jitomate, pan y germinados de soya.

Los nutrientes que se comparan son: los ocho aminoácidos esenciales, proteínas, calcio, fierro, tiamina, riboflavina, niacina y ácido ascórbico. (Ver Tabla Núm. 26)

Para poder establecer el sistema de ecuaciones es necesario mantener uniformidad en las unidades. (Ver Tabla Núm. 27)

El sistema de ecuaciones lineales está constituido por un grupo de 15 ecuaciones (dadas por cada uno de los nutrientes)

con 4 incógnitas. (dadas por cada alimento de la mezcla)

(Ver Tabla Núm. 28)

Tabla Núm 26

COMPOSICION DE LOS ALIMENTOS DE LA MEZCLA

Factor	lechuga	germinados	jitomate	pan	requerimientos
lis	3.81	7.0	7.20	2.5	4.2
iso	3.81	5.0	3.30	4.10	4.2
treo	4.10	5.8	3.4	3.1	2.8
val	5.41	5.6	4.4	3.8	4.2
leu	6.3	8.4	7.6	6.3	4.8
trip	0.80	2.3	0.90	0.90	1.40
met	1.79	1.0	0.20	2.20	2.20
fenala	5.10	4.0	3.80	4.0	2.80
prol	1.6g	7.61g	0.80g	9.3g	45.0g
Ca	74mg	32mg	7mg	32mg	500mg
Fe	5.6mg	0.6mg	0.6mg	1.7mg	10mg
Tia	0.06mg	2.46mg	0.06mg	0.1mg	1.3mg
ribo	0.08mg	0.86mg	0.05mg	0.06mg	1.3mg
nia	0.4mg	5.64mg	0.7mg	1.10mg	1.9mg
Ac.Asc.	30.0mg	21.1mg	23.0mg	0.0mg	50mg
F.C.	69%	92%	88%	100.0%	

a La composición de los aminoácidos está dada en g/100g de proteína.

b F.C. es la fracción comestible

(Basada en Hernández M., Chávez, A., y Burgos, H., 1974)

Tabla Núm. 27

COMPOSICION DE LOS ALIMENTOS DE LA MEZCLA  
( g/ 100 g de alimento bruto)

Factor	lechuga (w)	germinados (x)	jitomate (y)	pan (z)	Requeri mientos
lis	$4.2 \times 10^{-2}$	$49 \times 10^{-2}$	$5.12 \times 10^{-2}$	$23.25 \times 10^{-2}$	$78.97 \times 10^{-2}$
iso	$4.2 \times 10^{-2}$	$35 \times 10^{-2}$	$2.35 \times 10^{-2}$	$38.13 \times 10^{-2}$	$67.6 \times 10^{-2}$
treeo	$4.52 \times 10^{-2}$	$40.6 \times 10^{-2}$	$2.42 \times 10^{-2}$	$28.83 \times 10^{-2}$	$47.77 \times 10^{-2}$
val	$5.97 \times 10^{-2}$	$39.2 \times 10^{-2}$	$3.13 \times 10^{-2}$	$35.34 \times 10^{-2}$	$72.47 \times 10^{-2}$
leu	$6.95 \times 10^{-2}$	$5.81 \times 10^{-2}$	$5.4 \times 10^{-2}$	$58.59 \times 10^{-2}$	$100.42 \times 10^{-2}$
trip	$0.88 \times 10^{-2}$	$16.1 \times 10^{-2}$	$0.64 \times 10^{-2}$	$8.37 \times 10^{-2}$	$23.53 \times 10^{-2}$
met	$1.976 \times 10^{-2}$	$7.0 \times 10^{-2}$	$0.14 \times 10^{-2}$	$20.46 \times 10^{-2}$	$97.17 \times 10^{-2}$
fenala	$5.60 \times 10^{-2}$	$28.0 \times 10^{-2}$	$2.70 \times 10^{-2}$	$37.2 \times 10^{-2}$	$100.42 \times 10^{-2}$
prot	1.104	7.0	0.7	9.30	45.0
Ca	5.10	2.90	0.616	3.2	0.5
Fe	0.386	0.0552	0.0528	0.17	0.01
tia	$4.14 \times 10^{-3}$	$226.32 \times 10^{-3}$	$5.28 \times 10^{-2}$	$10.0 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-3}$
ribo	$5.52 \times 10^{-3}$	$79.12 \times 10^{-3}$	$4.4 \times 10^{-3}$	$6.0 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-3}$
nia	$2.76 \times 10^{-2}$	$51.88 \times 10^{-2}$	$6.16 \times 10^{-2}$	$11.0 \times 10^{-2}$	$1.9 \times 10^{-2}$
Ac.Asc.	2.07	1.94	2.024	0.0	0.5
Costo(\$)	0.903	0.70	0.70	0.714	

(Sotomayor G.C., 1979)

Tabla Núm. 28

SISTEMA DE ECUACIONES LINEALES

4.20 w + 49.0 x + 5.12 y + 23.25 z	≅	78.97
4.20 w + 35.0 x + 2.35 y + 38.13 z	≅	67.60
4.52 w + 40.6 x + 2.42 y + 28.83 z	≅	47.77
5.97 w + 39.2 x + 3.13 y + 35.34 z	≅	72.47
6.95 w + 58.81x + 5.4 y + 58.59 z	≅	100.42
0.88 w + 16.1 x + 0.64 y + 8.37 z	≅	23.53
1.97 w + 7.0 x + 0.14 y + 20.46 z	≅	97.17
5.6 w + 28.0 x + 2.7 y + 37.2 z	≅	100.42
1.1 w + 7.0 x + 0.7 y + 9.3 z	≅	45.0
5.10 w + 2.9 x + 0.616 y + 3.2 z	≅	0.50
0.386w + 0.0552x + 0.0528y + 0.17 z	≅	0.01
4.14 w + 226.32x + 5.28 y + 10.0 z	≅	1.30
5.52 w + 79.12x + 4.4 y + 6.0 z	≅	1.30
2.76 w + 51.88x + 6.16 y + 11.0 z	≅	1.90
2.07 w + 1.94x + 2.024y + 0.0 z	≅	0.5
min: 0.903 w + 0.7 x + 0.7 y + 0.714 z		

(Sotomayor G.C., 1979)

Cada una de las incógnitas que se determina representa el por ciento mínimo necesario de cada uno de los alimentos, para satisfacer por lo menos los requerimientos recomendados.

Los datos obtenidos son los siguientes:

$w = 0.0$  (lechuga)

$x = 5.25$  (germinado de soya)

$y = 0.0$  (jitomate)

$z = 94.75$  (pan)

De lo anterior se deduce que los germinados de soya pueden considerarse solamente complementarios en cuanto a las vitaminas C, tiamina y riboflavina, pero nunca en cuanto a los demás nutrientes.

## CAPITULO V

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

1. La suplementación óptima de los aminoácidos esenciales de los germinados de la soya con tortillas y con pan blanco se logra en proporciones de 60/40 en ambos casos, por lo cual podría pensarse en elaborar alimentos que lo incluyan tales como sopas, tostadas, ensaladas, etc.
2. La mejor proteína de los productos a base de soya es la del edamame seguido por el tofu y finalmente por los germinados de la soya. Los tres son considerados como fuente de buena proteína vegetal.
3. Los germinados de la soya contribuyen notablemente a cubrir los requerimientos de las vitaminas C, tiamina, riboflavina y niacina; esto es muy importante ya que la dieta del mexicano es deficiente en las tres últimas.
4. Los germinados de la soya no son una rica fuente de minerales. Sin embargo este factor limitante no acarrea consecuencias en la dieta mexicana ya que ésta cubre los requerimientos de dichos nutrientes.
5. La rafinosa y la estaquiosa disminuyen en gran medida durante la germinación con lo cual se eliminan los problemas de flatulencia que producen las leguminosas en general.

6. El factor antitripsico desciende a niveles tales que no causan problemas de digestibilidad, por lo que los germinados pueden ingerirse frescos.
7. Se pueden elaborar fácilmente a nivel casero recurriendo a vasijas de barro.
8. En pruebas para la determinación de las características organolépticas de los germinados de la soya, los catadores que intervinieron fueron personas de distintos extractos sociales y las encontraron aceptables. Esto facilitaría la introducción de los germinados en la dieta mexicana.
9. Los germinados de la soya no pueden sustituir la ingestión de proteínas animales como ciertos medios publicitarios afirman, originando, en general, únicamente desorientación en el consumidor.
10. Sería interesante hacer una serie de análisis por computación de mezclas de alimentos y compararla con análisis biológicos con animales de experimentación para ver la relación que guardan entre sí. De esta manera se podría ver la validez de los datos teóricos con respecto a los datos reales.

## BIBLIOGRAFIA

1. Abrahamsen, M. y T.W. Sudia. 1966. Studies on the soluble carbohydrates and carbohydrate precursors in germinating soybean seed. In Smith, A.K. y Circle, S.J. Soybeans chemistry and technology vol. 1. Westport, Connecticut The Avi Publishing Co. Inc. U.S.A.
2. Adjei-Twum. D.C. et al, 1976. Use of soy beans as sprouts. HortScience' 11 (3) : 235-236.
3. Barnes, R.H., Fiala G. y Kwong E. 1962. Methionine supplementation of processed soybeans in the rat. J. Nutr. 77, 278-284.
4. Bates, R.P., Knapp F.W. y Araujo, P. E. 1977. Protein quality of green mature, dry mature and sprouted soybeans. J. Food. Sci. 42.271-272.
5. Behar, M. e Icaza, S.J. 1972. Nutrición. Ed. Interamericana México, D.F.
6. Belavady, B. Y Bernerjee, S. 1953. Studies on the effect of germination on the phosphorous values of some common indian pulses. Food Res. 18 223-226.

7. Berg, A. 1975. Estudios sobre nutrición. Ed. Limusa México, D.F.
8. Berra Garcia-Coss, R. y Pontecorvo, A. 1977. La soya en las áreas rurales de México. La alimentación latinoamericana, Ciencia y Tecnología Moderna. 106,24-26.
9. Brink, J.A. 1968. Soya. Tecnología Química. Vol. 14.,670-682.
10. Burton, B.T. 1969. Nutrición Humana, 2a. edición. Organización Panamericana de la Salud. O.M.S.
11. Calloway, D.H., Hickey, C.A. y Murphy, E.L. 1971. Reduction of intestinal gas forming properties of legumes. J. Food. Sci. 36,251-255.
12. Castimpoalas, N. y Ekntam, C. Rogers D.A. y Meyer, E.W. 1968. Protein subunits in dormant and germinating soybean seeds. Biochem, biophys, Acta. 168,122-131.
13. Courter, G.E. 1972. From Seed to salad in less a week. Woman's day 35,6,162-164.

14. Cravioto, R. O. 1951. Valor nutritivo de los alimentos - mexicanos Ciencia . 11,9.
15. Crocker, W. y Barton, L. V. 1957. Physiology of seeds. Waltham, Mass. USA. Chronica Botanica, Co.
16. Davis, P. N., Norris, L. C. y Kratzer, F. H. 1962. Interference of soybean proteins with the utilization of trace minerals. J. Nutr. 77,217-223.
17. Dunn, M. S., Camien, M. N., Shankman, S. y Block, H. 1948. Aminoacids in lupine and soybean seeds and sprouts. -- Arch Biochem. 18,195-200.
18. Edelman. J., Shibko. S. I. y Keys, A. J. 1959. J. Exp. Bot. 10,178. En Mayer, A. y Mayben Poljakoff A. 1963. The germination of seeds la. edición. Pergamon Press. Inc. New York, E. U. A.
19. Embree, H. D. y De Bey, H. J. 1968. Introduction to the chemistry of life. Addison-Wesley Publishing, Co. Ontario, Canada.
20. Everson, G. J. Steenbock Cederquist D.C. y Parsons, H. T. 1944. The effect of germination, the stage of maturity and the variety, upon the nutritive value of soybean protein, J. Nutr. 27.225.

21. FAO. 1957. Protein requeriments. Food. Agr. Organ UN studies, 16. FAO. 1965. Protein requirements. Food Agr. Organ UN Nutr. Meeting Rept. Ser. 37. En Smith A. K. y -- Circle, S. J. Soybeans chemistry and technology vol. 1. Westport, Connecticut. The Avi Publishing Co. Inc. U.S.A.
22. Fisher, P. y Bender, A. 1976. Valor nutritivo de los alimentos. 1a. Edición. Ed. Limusa. México, D. F.
23. Fordham, J. R., Wells. C.E. y Chen, L. H. 1975. Sprouting of seeds and nutrient composition of seeds and --- sprouts. J. Food Sci 40. 552 556.
24. Foreign agriculture circular FOP. 1978, Record world - soybean production and exports anticipated in 1977/78.
25. Gupta, A. K., Kapoor, M. y Deodar, A. D. 1976. Chemical composition and cooking characteristics of vegetable - and grain type soybeans J. Food Sci. Technology 13, -- 133-137.
26. Hernández, M., Chávez A. y Bourges. H. 1974. Valor nutritivo de los alimentos mexicanos. 6a. edición. Instituto Nacional de la Nutrición México, D. F.

27. Howell, R. N. y Caldwell, M. S. 1972. En Smith, A. K. y Circle, S. L. 1972. Soybeans chemistry and technology - vol. 1 Westport Connecticut. The Avi. Publishing Co. Inc. U. S. A.
28. Huan, Wu Ch. y Fenton, F. 1953. Effect of sprouting and cooking of soybean on palatability, lysine, triptophane, thiamine and ascorbic acid 18. 640-645. Food Res.
29. Ilany, J. 1973. Soybean food for today and tomorrow - 11, 428.-430 12, 390-391, 12 464-465. Gordian.
30. Kakade M. L., Rackis, J. J. Mcghee J. E. y Puski, G -- 1974. Determination of trypsin inhibitor activity of soybean products. Cereal Chem. 51. 376-382.
31. Kasai, T., Ishikawa y Obata Y. y Tsukamoto T. I. 1966. I. Changes in aminoacids composition during germination of soybean. Agr. Biol. Chem. 30, 973-978- II. -- Identification of two gamma glutamil peptides and --- their change during germination. 30 (10) 979- 981.
32. Kent N. L. 1971. Tecnología de los cereales la. edición. Ed. Acribia, Zaragoza, España.

33. Krober, O. A. y Carter, J. L. 1966. Relation Of ---- methionine content levels in soybeans. Cereal Chem. 43, 320-325.
34. Kwong, E., Barnes, R. H. y Fiala, G. 1962, Intestinal - absorption of nitrogen and methionine from processed -- soybeans in the rat.. J. Nutr. 77. 312-316.
35. Kylen, A. M. y Mc. Cready, R. M. 1955. Nutrient in ---- seeds and sprouts of alfalfa, lentils, mung beans and soybeans. J. Food Sci. 40. 1008-1009.
36. Lee, F. A. 1959. Changes in the composition of soybean during germination. J. Am. Diet 21, 696-698.
37. Lehninger, A. L. 1972. Bioquímica 2a. edición. Edicio- nes Omega. Barcelona, España.
38. Mc Alister A. y Krober, J. L. 1951. Changes on the com- position of soybeans and soybeans sprouts. J. Biol. -- Chem. 114, 185-191.
39. MacLahan, P.L. 1936. Fat metabolism in plants, with -- special reference to sterols. J. Biol. Chem. 113, 197, 204. En Crocker. W. y Barton, L. V. 1957. Physiology - of seeds. Wlatham, Mass, U. S. A. Chronice Botanica, - Co.

40. McKinney, L.L., Wakley, F.B. Campbell R.E. y Cowan, J.C. 1958. Changes in the composition of soybeans on sprouting J. Am. Oli Chem. Soc. 35, 364-366.
41. Natl. Acad. Sci. 1959. Evaluation of protein nutrition. Natl. Res. Council Publ. 711.II.Recommmeded dietary - - allowances. Natl. Res. Council, Publ. 1694. En Smith, A.K. Circle, S.J. 1972.Soybeans, chemistry and technology vol. 1 The Avi Publishing Co. Inc. Westport Connecticut U.S.A.
42. Pazur. J.H., Shadaksharaswamy y Meidell G.E. 1962. The metabolism of oligosacharides in germinating soybeans Glycine max. Archives of Biol. 99, 78-85.
43. Rinne, R.W. y Ogren W.L. 1969. Photosyntesis and seed metabolism. En Cadwell, B.E. (ed). 1973. Soybeans, - improvement production and uses. Amer. Soc. Agr. Núm. 16. Madison, Wis.
44. Rojas Garcidueñas, M. 1959. Principios de fisiología vegetal, la. edición. Manuales universitarios. México, D.F.

45. Rose, W.C. 1937. Science 86, 298. En Klares Markly (ed.) 1951. Soybeans and soybeans products. Interscience Publishers Inc. Nueva York E.U.A.
46. Saumell, H. 1975. Soja. 1a. edición. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
47. Smith, A.K. y Circle, S.J.  
Soybeans Chemistry and Technology. Vol. 1  
Wesport. Connecticut. The Avi Publishing Co. Inc. U.S.A.
48. Standal. B.R. 1963. Nutritional value of proteins of oriental soybean foods. J. Nutr. 81 279-285.
49. Tazakawa, Y. e Hirokawa, I. 1956. J. Biochem Tokyo 43, 785. En Mayer A y Mayben-Poliakoff. A.1963. The germination of seeds. 1a. edición. Pergamon-Press Inc. Nueva York, E.U.A.
50. Vázquez, R. y Salazar, O. C. 1976. Preparación y análisis de tempeh. Un alimento oriental. Tesis inédita para licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
51. Wilson, E.D., Fisher, K.H. y Fuqua M. 1978. Fisiología de la alimentación. 2a. edición Nueva Editorial Interamericana. México, D.F.

52. Young, J.L., Varner, J.E. 1959. Enzyme Synthesis in the cotyledons of germinating seeds, Arch. Biochem. Biophys 84, 71-78.