



NIVELES DE ENZIMAS AMILOLITICAS EN LA  
GERMINACION DEL MAIZ.

T E S I S  
Que Para Obtener el Título de:  
Q U I M I C O  
P r e s e n t a  
Everardo Blanco Labra



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

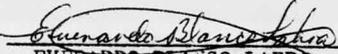
MT 61



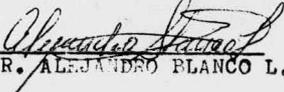
Jurado asignado originalmente según el tema

PRESIDENTE: Prof. Rubén Berra G.  
VOCAL: Prof. Luis Enrique Sánchez S.  
SECRETARIO: Prof. Salvador Baduí D.  
1er. SUPLENTE: Prof. Ezequiel Murillo  
2do. SUPLENTE: Prof. Eduardo Bárcena

Sitio donde se desarrolló el tema: Departamento de Bioquímica. División de Estudios Superiores, Facultad de Química UNAM.

Nombre completo y firma del sustentante:   
EVERARDO BLANCO LABRA

Nombre completo y firma del asesor del tema:   
ING. RUBEN BERRA GARCIA C

Nombre completo y firma del Co-asesor del tema:   
DR. ALEJANDRO BLANCO L.

A MI ESPOSA:

Que sin su apoyo e insistencia, jamás  
hubiera llegado a ser Químico.

A MIS HIJOS:

Que siempre han sido un aliciente para  
ese esfuerzo extra.

A MIS PADRES:

A quienes les debo la carrera.

A MIS HERMANOS.

AL DR. ALEJANDRO BLANCO:

Por el tiempo y entusiasmo con -  
que dirigió este trabajo de tesis.

Y a todos los que me ayudaron y  
orientaron.

Se agradece al Banco de Germoplasma del  
INIA el habernos proporcionado los granos  
usados en el presente estudio.

El maíz es la causa de la dicha y la desgracia del pueblo mexicano. De la dicha, porque le ha dado el sustento básico y le ha permitido desarrollar su cultura -- en la extrema variabilidad del país; de la desgracia, -- porque sus deficiencias nutritivas se reflejan en la salud y el desarrollo del pueblo, en su conjunto y en sus individuos. (1)

## CONTENIDO

	Pág.
I. - INTRODUCCION. . . . .	1
II. - OBJETIVO. . . . .	2
III. - GENERALIDADES	
GENERALIDADES SOBRE MAIZ. . . . .	3
SIGNIFICADO NUTRICIONAL DEL MAIZ. . . . .	9
ESTRUCTURA DEL GRANO. . . . .	18
CARACTERISTICAS DE LAS ENZIMAS. . . . .	35
ALFA AMILASAS. . . . .	37
BETA AMILASAS. . . . .	45
IV. - MATERIALES Y METODOS	
METODOS. . . . .	48
PARTE EXPERIMENTAL. . . . .	52
APARATOS. . . . .	54
V. - RESULTADOS Y DISCUSION. . . . .	57
VI. - CONCLUSION. . . . .	60
VII. - BIBLIOGRAFIA. . . . .	75

## INTRODUCCION

Se ha escogido este trabajo debido a que a través de toda la historia de nuestro país, la agricultura ha sido y seguirá siendo una de las fuentes más importantes para el abastecimiento de las necesidades primarias de nuestro pueblo, es por ésta razón por la que casi una tercera parte del dinero que por concepto de recaudación de impuesto obtiene el Gobierno, es invertido en el campo. Esto es una erogación sumamente fuerte para que los beneficios de esta inversión dependan en su mayor parte de las posibles variaciones climatológicas, que a pesar de tener un patrón determinado, están sujetas a frecuentes variaciones drásticas las cuales son las causas de pérdidas parciales o totales de las cosechas; viendo que estas pérdidas llegan hasta un 50% de la cantidad total invertida, tomando en cuenta desde la compra de la semilla, su almacenamiento, la preparación de la tierra y las horas hombre empleadas, pudimos darnos cuenta que, si se aumentan los conocimientos de los productos que manejamos y sus limitaciones, nos ayudarán a disminuir las pérdidas tan cuantiosas, aumentando el rendimiento de la inversión, lo cual ayudaría también a evitar la huida del campesino hacia la ciudad en busca de un trabajo.

Enfocamos el estudio hacia el maíz, cereal de gran importancia por su alto consumo en México, principalmente en las clases económicamente bajas, en donde la dieta es casi esclava de este cereal.

## OBJETIVO

Nuestro objetivo es poder aportar conocimientos que nos permitan manejar los resultados obtenidos en la siembra de maíz. Esto podremos lograrlo conociendo mejor sus características metabólicas, entre ellas, el comportamiento de sus enzimas amilolíticas que son las encargadas de degradar el almidón, principal material de reserva del grano, hasta hacerlo aprovechable por el embrión para su crecimiento y germinación; y conociendo las características de estas enzimas poderlas relacionar con las condiciones ambientales que más favorecería a determinadas razas de maíz para su cultivo, las precauciones que debemos tomar para evitar las pérdidas y cuales serían las ventajas para su siembra en determinadas regiones de la república.

Por medio de este estudio esperamos aportar más datos acerca de la respuesta que diferentes razas de maíz presentan en condiciones de germinación. Específicamente en lo concerniente a la inducción de actividad amilolítica, la cual representa uno de los eventos más importantes durante los primeros estadios de la germinación.

Dirigimos esta investigación hacia el conocimiento de una de las enzimas más importantes durante la germinación, midiendo la actividad amilolítica que se presenta en cada raza durante los primeros 10 días de la germinación de los granos.

Esta actividad la medimos por medio del reactivo de Nelson-Copper.

## GENERALIDADES SOBRE EL MAÍZ

La importancia que el maíz ocupa en México, puede analizarse en relación a diferentes factores, muy variados entre sí, los que se tratarán brevemente.

En México se siembran alrededor de 8 millones de hectáreas de Maíz anualmente, o sea un 50% de la superficie cultivada (Tabla 1) (1969). La producción anual es de más de 9 millones de toneladas y vale más de \$26 730 000 000.00. Es la producción de mayor valor en el país, estimándose que el rendimiento promedio nacional de grano por hectárea es de 1200 a 1250 kilogramos.

El maíz es principalmente un cultivo de autoconsumo que ocupa el primer sitio en la preferencia y en la cantidad de grano consumida por habitante (120-130 Kg./año/per cápita). Además de las tradicionales tortillas, son muy numerosas las formas en que se consume y utiliza. Para la alimentación pecuaria se utilizan aproximadamente 1.5 millones de toneladas; para la industria, importación y otros usos se utilizan de quinientos mil a un millón de toneladas por año.

Por lo anterior, es evidente la importancia agrícola, económica y social del maíz en México. Hasta hace pocos años, la producción de maíz estuvo supeditada a ser un asunto exclusivamente de cantidad para cubrir los déficits tradicionales de las décadas pasadas causadas en gran parte por las vicisitudes del temporal, en los millones de hectáreas sembradas bajo éste régimen y mucho más grandes son las pérdidas por el almacena

miento, al desconocerse las características responsables de la resistencia a las variaciones de temperatura y humedad de todas y cada una de las diferentes razas de maíz cultivadas en la república, provocando éste desconocimiento, elevadas pérdidas, por ataques de hongos, parásitos, mala ventilación y/o germinación precoz del grano.

En los últimos años, éstos déficits han sido superados en su mayor parte, gracias al gran número de estudios que se han efectuado y que se están llevando a cabo sobre el mejoramiento genético sobre el maíz, así como a la investigación agrícola más efectiva. Se empieza a prestar mayor atención a la calidad nutritiva del maíz, y es uno de los puntos más importantes el conocer más detalladamente las características y cuidados de las diferentes razas de maíz que se cultivan en México, ya que el desconocimiento de éste redundará en cuantiosas pérdidas para la nación, tanto alimenticias como económicas.

Y la falta de estos conocimientos nos da como resultado que una de las causas más importantes en la pérdida de granos es el almacenamiento que en seguida trataremos.

TABLA 1

ENTIDAD	S U P		P O R	Ha.	Rend.	Pds.	Valor Cosecha
	Riego	Jugo o hum.	Temporal	Total	Kg./ha	Tons.	Miles \$
T O T A L	696546	348273	5920641	6965460	1200	8355350	24 815 389
1a. Aguas Cal.	20808		86231	101039	463	48217	143 204
Baja Calif. Nte.	2498			2498	2854	7130	21 176
Baja Calif. Sur	460			460	2537	1167	3 466
1a. Campeche		500	50020	50520	932	47081	139 830
3a. Coahuila	10492			46997	1039	48818	144989
1a. Colima	8760		32167	40927	1582	64742	192 284
1a. Chiapas	100	400	382628	383128	1502	575506	1 709 253
1a. Chihuahua	17810		204821	222631	354	78765	233 932
1a. D.F.	1099		12641	13740	1169	16057	47 689
1a. Durango	17038	110	202298	219846	595	130816	388 523
1a. Guanajuato	40299	20	295529	335828	1199	402645	1 195 855
1a. Guerrero	23887	532	259065	283484	1004	284618	845 315
1a. Hidalgo	24577		202102	226679	762	172623	512 690
1a. Jalisco	12250	49503	767296	829049	2329	1931192	5 735 640
1a. México	71090		475757	546847	1460	778272	2 311 467
1a. Michoacán	53029	41844	330569	425442	1007	428454	1 272 508
1a. Morelos	5000		32167	37167	1046	38874	115 455
1a. Nayarit	29304	39363	51376	127043	1395	167474	497 397
1a. Nuevo León	12441		56673	69114	942	65114	193 388
1a. Oaxaca	43907	59361	383136	486404	754	366531	1 088 597
1a. Puebla	27208	16215	291247	334670	1260	421683	1 252 398
1a. Queretaro	16513	7374	79968	103855	667	69234	205 624
1a. Quintana Roo			25011	25011	669	16730	496 881
1a. S.L.P.	14007		263049	277056	623	172483	512 274
4a. Sinaloa	23790		55977	79767	1390	110889	329 340
6a. Sonora	19948			19948	3653	72876	216 441
1a. Tabasco			64791	64791	993	64342	191 095
2a. Tam	182844		93657	276501	1602	442986	1 315 668
1a. Tlaxcala	2126		104210	106336	722	76824	228 167
1a. Veracruz	6418	149658	474943	631019	1554	986392	2 929 584
2a. Yucatán			117859	117859	624	109189	324 291
1a' Zacatecas	15096		488095	503191	344	173168	514 308

Valorización Nacional de la Producción Agrícola Sup. Rendim., Precio Rural y Valor

MAIZ	Sup. Cosechada Ha.	Rend. Kg./ha	Prod. Tons.	Precio Rural s/tons.	Valor Pesos
	6'965,460	1200	8'355,350	2970	24 815 389

\* Importancia en el cultivo del Estado.

Importancia de las pérdidas por el almacenamiento de los granos.

Miembros de la organización para el alimento y la agricultura - - (FAO) han estimado que más del 5% de todos los granos cosechados, se pierden antes de su consumo. Estas pérdidas son más relevantes si se consideran las correspondientes a los países menos desarrollados, por ejemplo: La India, parte de Africa y algunos países americanos. Se estima que estas pérdidas sobrepasan el 30% de la cosecha anual.

Si la estimación de la FAO es correcta, aproximadamente 23 000 millones de kilogramos de trigo y arroz se perdieron en la cosecha de 1975, lo que hubiera sido suficiente para proporcionar 40 kg. más por persona a una población de 500 millones (3). Parte de las razones de estas pérdidas son causadas porque el clima es muy favorable al deterioro de toda clase de productos almacenados, pero también por la falta de conocimientos y facultades para reducir y prevenir dichas pérdidas.

Las principales causas de las pérdidas en cantidad y calidad de los granos almacenados son: roedores, insectos, ácaros y hongos. (4).

Una vez comprado el maíz, éste se almacena, tanto en bodegas horizontales, como en silos verticales. Cabe hacer notar que el costo inicial de las bodegas es menor que el de los silos, pero el costo de manejo y cuidado de los silos es menor que el de las bodegas y esto compensa con creces la inversión.

Aquí es donde empieza uno de los problemas más grandes del maíz: su almacenamiento, ya que si desconocemos las cualidades y ca -

racterísticas de cada raza de maíz que vayamos a almacenar, podemos almacenar incorrectamente los granos y sufriremos pérdidas cuantiosas tanto en cantidad (toneladas), como en calidad, con las consecuentes mermas económicas. Existe un gran número de investigadores, que enfocan sus investigaciones al mejoramiento de la calidad protéica y rendimiento del grano, pero se ha hecho muy poco con respecto al mejoramiento del maíz en lo relativo a su resistencia a los diferentes factores del medio ambiente que causa la mayor cantidad de pérdidas durante su almacenamiento; como son los hongos, los ácaros, la humedad, etc. (2, 9)

## SIGNIFICADO NUTRICIONAL DEL MAIZ

El maíz en comparación con otros cereales, es un alimento de alto valor energético, por su alto contenido de carbohidratos, bajo en contenido de fibras, y de un 3 a 4% en contenido de proteínas, principalmente de zeína que es deficiente en los aminoácidos esenciales. En general - la proteína de otros cereales es de mayor calidad que la del maiz, sin embargo no se puede considerar que alguno de los cereales tenga proteínas de "alta calidad", por otra parte el maíz elaborado en forma de tortillas - supera a otros granos en minerales y por ciento de carbohidratos, pero - en ellas se reduce la diferencia en el contenido de proteínas con relación a otros cereales. (5)

En realidad no es mejor o peor que otros cereales, su valor nutritivo es semejante al de la harina blanca, al sorgo y sólo un poco más - deficiente que el trigo integral, la avena y el arroz. Las diferencias no - son tan importantes como para que basados en ellas debamos asegurar - que los pueblos europeos son más fuertes porque comen trigo y nuestro pueblo más débil porque consumimos maíz, la verdadera diferencia radica en la dieta total complementaria, en la forma en que combinamos los cereales con otros alimentos. Como todos los cereales, el maíz es rico - en carbohidratos y desequilibrado en sus proteínas, vitaminas y minerales, su principal deficiencia de proteínas es la falta de triptofano y lisina, dos aminoácidos esenciales, el primero no se puede sintetizar industrialmente, respecto a vitaminas carece mucho de niacina, que unida a la es-

casez del triptofano, es la causa de la pelagra, siendo en Africa y en México los únicos lugares en donde se presenta esta enfermedad. En cuanto a minerales, también es pobre, pero al hacerlo como tortilla se le agrega cal y con ello se le adiciona suficiente calcio.

Aproximadamente el 45% del consumo calórico nacional es proporcionado por el maíz. Hace 30 años se consumían 96 kg/per cápita, ahora son 122 kg mejorando también el consumo de otros alimentos, siguiendo igual su proporción en la dieta.

En el medio rural, su consumo representa hasta el 70% de las calorías totales; en las regiones centrales del sur y del sureste; mientras que en las regiones urbanas no es mayor de un 25%.

Si se estudian los consumos de maíz en relación a las zonas de desnutrición publicadas por el Instituto Nacional de la Nutrición, se encuentra que entre más desnutridas son, mayor es el consumo de maíz per cápita. Las poblaciones más pobres consumen proporcionalmente mayor cantidad, mientras que la de mayor ingreso, consumen una dieta más balanceada, reduciendo la cantidad de maíz. Por lo que se deduce que la desnutrición es por causa de una esclavitud de más de cuatro siglos de consumo desproporcionado de maíz. Desde que se tiene registro, se margina a la población a una dieta con base en éste cereal.

Se ha definido al mexicano como "Hombre de Maíz" por usar en forma exhaustiva éste cereal, consumir poco, ahorrar esfuerzo y no producir, por lo que contribuye escasamente al desarrollo del país.

No se menciona que la explotación de éste sector ha producido -- unos quinientos mil millones de pesos, y que ellos no participan de esa -- riqueza; la mitad más pobre de los agricultores sólo perciben el 0.55% -- del PNB (Producto Nacional Bruto) (5), esto nos lleva a concluir que la -- desnutrición limita el desarrollo de los hombres, y los hombres mal -- desarrollados contribuyen poco al desarrollo de sus pueblos.

El origen de éste hombre de maíz, que no es un ente económico, -- sino un mexicano con derechos, comienza desde la más temprana edad. -- En un estudio que se llevó a cabo en Tezonteopan, se reportó que las ma-- dres desnutridas no producen la cantidad de leche necesaria para que el -- niño se desarrolle después de los tres primeros meses, por lo que a par-- tir de ahí, hasta que se les desteta, aproximadamente a los 18 o 24 me-- ses, se van debilitando progresivamente y llegan a la edad pre-escolar -- en condiciones desventajosas debido a que el consumo casi exclusivo de -- este alimento no les permite recuperarse en el transcurso de su vida.

Cabe señalar la importancia de este hecho experimental, con im-- plicaciones de tanto alcance, como el aceptar la formación deficiente de -- una sociedad de individuos mentalmente subdesarrollados.

Según los datos aportados por la S. A. G. en 1978, se afirma que -- en México ya no se necesita más maíz para la alimentación y que sólo se -- requiere para la producción de carne, leche y huevo. El programa que -- desarrolló el gobierno federal en los últimos 45 años con respecto al -- maíz ha sido muy exitoso, desde 1937 ya no tenemos hambre aguda, aun-- que tengamos mucha desnutrición. Es importante señalar que de los niños--

que murieron de desnutrición en el continente americano en 1968, el 40% perteneció a México y es posible que de los dos millones de niños que nacieron en 1972, trescientos mil no lleguen a los 5 años, por el llamado "Complejo-desnutrición-Infección" y lo que es peor, casi un millón más no desarrollarán al máximo sus capacidades humanas.

Lo que se hizo con el maíz hace 40 años, se debe hacer con los demás alimentos. Se necesita promover la producción, distribución y consumo de otros cereales, de leguminosas, verduras y sobre todo de productos para la infancia y de alto valor biológico. Esto constituye una parte muy importante del programa nacional de la alimentación y se deben mencionar las aportaciones tan importantes que en el programa de nutrición infantil ha tenido el DIF. (6)

## EL MAIZ

En la figura uno y tabla uno se muestran las principales regiones productoras de maíz en México, que son el estado de Jalisco con el 28% del total, el estado de Veracruz con el 12%, el estado de México con el 8%, los estados de Chiapas, Guanajuato, Michoacán y Tamaulipas con el 4.5% cada uno y el estado de Oaxaca con el 3%, también nos proporciona datos sobre la superficie cultivada, el rendimiento promedio y la producción total para cada una de estas regiones.

Como se indicó anteriormente, el gobierno de México mediante la CoNaSuPo (7) compra y vende artículos de primera necesidad, incluyendo maíz, con el fin de evitar acaparamientos y especulaciones de precios con estos productos que son de primera necesidad, esto lo hace para proteger tanto a los productores, como a los consumidores, especialmente a los segmentos más pobres de la población. La CoNaSuPo compra y vende en todo el país a un precio fijo, mejor conocido como "Precio de Garantía". En 1977 el precio de garantía del maíz en México fue de \$ 1,970.00 la tonelada (8). Con este sistema cualquier productor está asegurado de vender su producto cuando menos al precio de garantía, los precios de garantía de la CoNaSuPo varían de un año a otro, dependiendo principalmente de la abundancia de la cosecha y de otras consideraciones de índole nacional. El maíz de riego tiene un precio de garantía más bajo que el de temporal. Un dato más de interés con respecto al maíz es el de distribución de consumo de este producto en México.

En términos generales el 70% de la producción nacional está destinada a la alimentación humana, el 2% a las semillas, el 20% a forrajes y el 8% a usos industriales, incluyendo ésto: aceite comestible, almidón, dextrinas, comida para animales monogástricos, aceite para la industria y comida de alta energía, amilosa para plásticos, celofán, films y otros productos. El maíz es materia prima para más productos en la industria que cualquier otro grano. Entre otras cualidades tiene un alto contenido de carbohidratos, abasteciendo a bajo costo y relativamente imperecedero.

El primer problema para la industria es la separación de la parte llamada "pepita" en sus diferentes sustancias y el segundo, es la aplicación de estas sustancias en la mayor cantidad de usos posibles.

La pepita de maíz tiene la siguiente composición:

carbohidratos	-	80%
proteína	-	10%
aceite	-	4.5%
fibra	-	3.5%
minerales	-	2.0%

Son tres las principales industrias las que aprovechan el maíz: las de los molinos húmedos, las de los molinos secos y las productoras de alcohol.

Entre las principales propiedades nutritivas del aceite de maíz refinado encontramos que es un alimento valioso y fácil de digerir y se ha hecho de este aceite el favorito para las dietas por su baja incidencia-

del colesterol, su uso es amplio, se puede usar en panaderías, como - - aceite de cocina, oleomargarinas, mayonesas, guisos salados, produc-- tos farmacéuticos y jabones. Su contenido de ácidos grasos insaturados - es alto, por lo que se recomienda su uso durante el crecimiento, la pre-- ñez, la lactancia, y para el funcionamiento normal de la piel y el riñón;- el uso de éstos aceites puede aminorar el riesgo de la acumulación de lí- pidos o materia grasa en las arterias.

El consumo normal de maíz por la industria de la harina para tor tilla, es actualmente mayor de 396 000 Ton/año. En México se emplea - casi exclusivamente maíz blanco para hacer harina para tortillas, la ra- zón para ésto, es que el gusto general del país favorece éste tipo de gra- no y que las tortillas son consideradas de mejor calidad cuanto más blan- cas sean, pero también se hacen tortillas amarillas y moradas.

## PRODUCCION DE CONSUMO DE MAIZ EN MEXICO

La producción de maíz guarda una estrecha vinculación con el desenvolvimiento económico y social del país, de ahí la impostergable necesidad de considerar éste cultivo como elemento clave en todo esfuerzo -- con propósito de desarrollo agrícola nacional.

Para ver su importancia cabe mencionar que representa el 30% - del valor del producto agrícola total y el 2.1% del P.N.B. En ésta producción se ocupa el 35% de la población agrícola activa, y el 50% de las tierras laborables del país. La producción de maíz pasó de 5, 420, 000 toneladas en 1960 a 9, 200, 000 toneladas en 1971, presentó un aumento del - - 69.8% en once años, esto es muy importante si consideramos que la población aumento en 39.8%; según encuesta hecha por la CoNaSuPo sobre la producción total, el 58% es de autoconsumo y el 42% restante se destina al mercado; el cultivo de éste cereal se extiende a todas las zonas de las distintas entidades federativas del país, por lo cual es visible que la producción se realiza en condiciones naturales y socioeconómicas heterogéneas, no obstante conforme a sus características se ha clasificado a la producción nacional de este cereal, en agricultura de subsistencia o tradicional, y agricultura nacional.

Agricultura de Subsistencia o tradicional. - Más de 80% de los - - 1 800 000 productores de maíz, pertenecen a éste sector, y se caracteriza por un uso de tecnología atrasada, y un 80% de las tierras son de temporal.

Agricultura Comercial. - Se localiza preferentemente en las zonas de riego, donde en cierta forma se ha generalizado el uso de maquinaria e implementos agrícolas modernos, lo cual al contrario de la Agricultura de subsistencia, ha permitido que se obtengan rendimientos mayores por hectárea cosechada.

La producción se destina preponderantemente al mercado, por lo que el estímulo principal para el productor, lo constituye la obtención de ganancias. A este sector le corresponde el 14% del total producido, que es cerca de 1, 300. 000 toneladas (1971), se calcula que el 58% de éstas - toneladas se destinan al mercado libre y 42% lo adquiere la CoNaSuPo.

Una vez vistos sus principales problemas y sus generalidades, veremos lo que son los granos en sí, su estructura, sus razas, etc.

## ESTRUCTURA DEL GRANO

Cubiertas. - El pericarpio o pared ovárica transformada, constituye la cubierta dura del grano y protege a las paredes internas, los hay con diferentes coloraciones, y esto se debe a los taninos y pigmentos antociánicos, ésta cubierta o pericarpio tiene una gran influencia en la habilidad del grano para germinar, estableciendo una barrera de permeabilidad, regulando la toma de agua por embebimiento, y la subsecuente salida de la raicilla, los cambios gaseosos, la toma de oxígeno necesario para la respiración. Algunas capas evitan la germinación entorpeciendo éstas funciones, o por su dureza, como sucede con algunas leguminosas: el extremo opuesto lo presenta el maíz opaco, el cual posee un pericarpio muy débil, lo que lo hace muy susceptible a los ataques de insectos. - (10).

Embrión. - Representa del 10 al 14% del peso seco del grano, y es aquí donde se efectúan todos los cambios y las diferenciaciones celulares, para dar paso a una nueva planta; aquí se encuentra del 15 al 20% de la proteína del grano, de muy buena calidad debido a la alta concentración de albúminas y globulinas, fracciones que son solubles en agua y en soluciones ácidas, ambas tienen un alto contenido de lisina y triptofano. - (11, 12).

Endosperma. - Está constituido de paredes delgadas, y con material de reserva, granos de almidón y proteína localizada dentro de la célula. Earle y colaboradores encontraron que del contenido total del almi-

dón en el grano, el 86.4% se localiza en el endosperma; también aquí se localiza del 80 al 85 por ciento de la proteína del grano, sólo que de muy baja calidad, debido a la alta concentración de prolaminazeína, fracción de la proteína soluble en alcohol y de poco o nulo contenido de aminoácidos esenciales, lisina y triptofano (4, 11 y 12). Conociendo ésta relación se comprende que sea el endosperma la estructura que merece primordial atención para su desarrollo y posible mejoramiento (Federico R. Poey). Otra alternativa, es la de producir granos con mayor embrión que el grano normal.

El endosperma puede contener una variedad de material "almacenado" como: almidón, aceites, proteínas o hemicelulosas, aunque no siempre es el endosperma el mayor almacén de los materiales de reserva, ya que en algunas plantas casi no existe éste, por ejemplo: las orquídeas no tienen endosperma y en los frijoles y la lechuga, la reserva del material se encuentra en los cotiledones. (13)

Tipos de Granos de Maíz escogidos para su estudio y su localización en el país.

La selección de estos granos, se hizo en base a los estudios previos realizados en el Colegio de Post graduados de Chapingo en donde el Dr. Engleman llevó a cabo un amplio estudio sobre las características de los endospermas de estos granos. Se pretendió al realizar estos estudios, conocer las características de inducción de amilasas y saber si guardaban alguna correlación con los estudios anteriores. (14, 15, 16).

Palomero. - Es una raza de grano que solamente se da a altitudes elevadas. Se encuentra en pocos lugares de la meseta central, en altitudes que van desde 2200 a 2800 metros, son más comunes en el valle de Toluca (2600 mts.), este grano se derivó del cónico y se ha recolectado principalmente en Toluca, San Mateo Atengo, en el estado de México y en Tres Cumbres, Morelos. (14, 15, 16).

Chapalote. - Este grano se cultiva tan sólo en las tierras bajas de Sinaloa, Sonora, en el noroeste de México, en Culiacán Sinaloa, Sahuaripa, Suaqui, Ures y Moctezuma en Sonora, de 100 a 600 metros, se puede adaptar a las alturas de 2200 metros, pero es mejor a altitudes bajas. (14, 15, 16).

Dulce. - Este grano se cultiva principalmente en el estado de Jalisco, a una altitud que varía de 1000 a 1500 metros principalmente al suroeste de Jalisco, Nayarit, Michoacán, Guanajuato y Durango, además Tenancícuaro Mich., Atoyac y Yahualica Jalisco; Comontorte, Irapuato, Guanajuato; los Vatos Durango, por ejidos: Chilapa y Palma Grande en --

Nayarit. (14, 15, 16).

Cónico. - Esta clase de grano se siembra predominantemente en la meseta central y en altitudes que van de 2200 a 2800 metros, crece en el estado de México, Tlaxcala, Puebla y parte de Michoacán, durante la época de lluvias, su distribución en el área montañosa es a través de Michoacán hasta Jalisco, norte de Querétaro, Guanajuato y Zacatecas. (14, 15, 16).

H-28. - Esta raza es un grano híbrido desarrollado en México, en los programas de temporalero, propio para valles altos y de gran capacidad productiva. Su ciclo vegetativo aumenta con la altura, es de 120 a 135 días en Texcoco, Ecatepec, Teotihuacán, Chalco, Temascaltepec, San Simón de Guerrero, Zumpango y Melchor Ocampo, en el estado de México; San Martín y Amozoc en el estado de Puebla, así como la parte norte del estado de Guanajuato. Es de 180 días en el valle de Toluca en las siembras de marzo y un poco menos en las zonas temporales de Tlaxcala. Es un híbrido obtenido en el INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas). El Horno, Chapingo, México, propio para terrenos cuya altura fluctúa entre 2000 a 2600 metros, y aún mayores si las noches son cálidas y días despejados, presenta mayor resistencia a la sequía y heladas que los demás maíces mejorados, anteriormente estudiados, habiendo resistido temperaturas de  $-7^{\circ}\text{C}$  sin disminución en su capacidad productiva. (14, 15, 16)

Apachito, Cristalino. - Estas razas se cultivan principalmente en el estado de Chihuahua, parte de Sonora, Coahuila, Sinaloa y Durango, a

una altitud que varía de 1300 - 1450 mts. (14, 15, 16).

Bofo. - Esta raza se cultiva principalmente en el estado de Guerrero, teniendo como entidad principal Iguala, también se cultiva en el estado de Oaxaca y Michoacán a una altitud que varía de 550 - 650 mts. (14, - 15, 16).

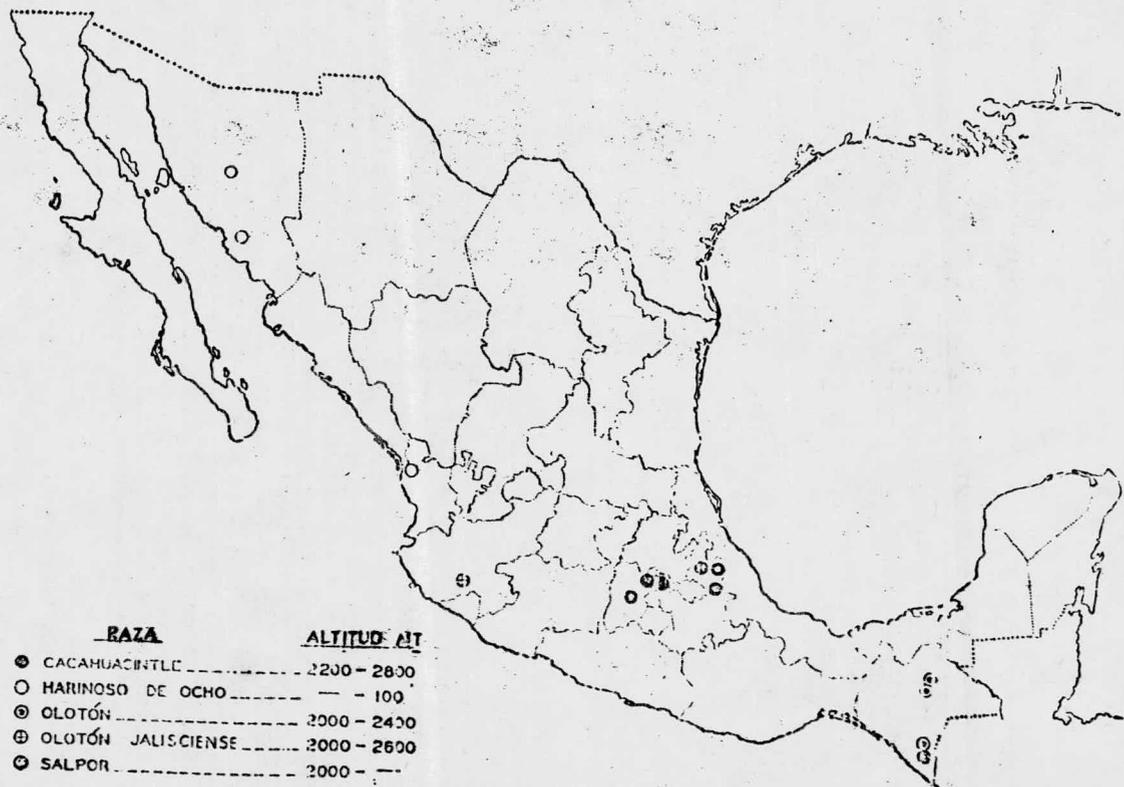


Fig. 2. Distribución de Cacahuacintle, Harinoso de Ocho, Olotón, Olotón jalisciense y Salpar.

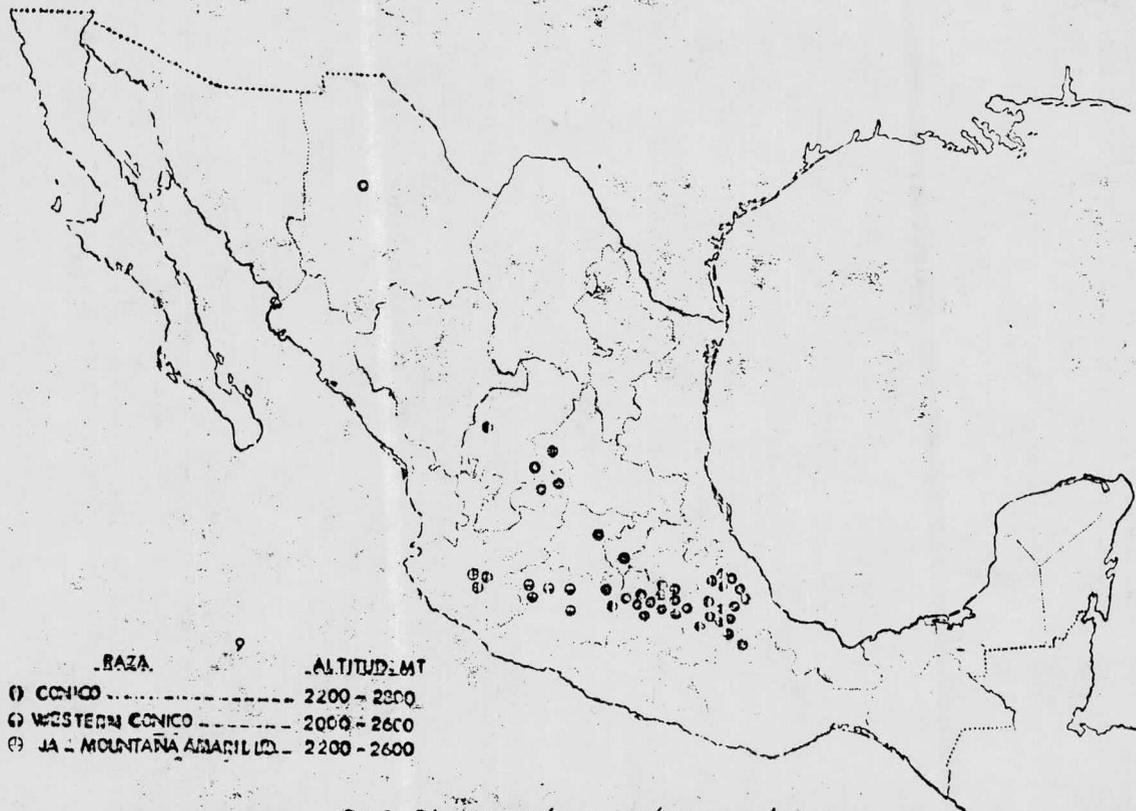


Fig. 3 Distribución de Cónico, Cónico Occidental y Amarillo Serrano Jaliscoense.

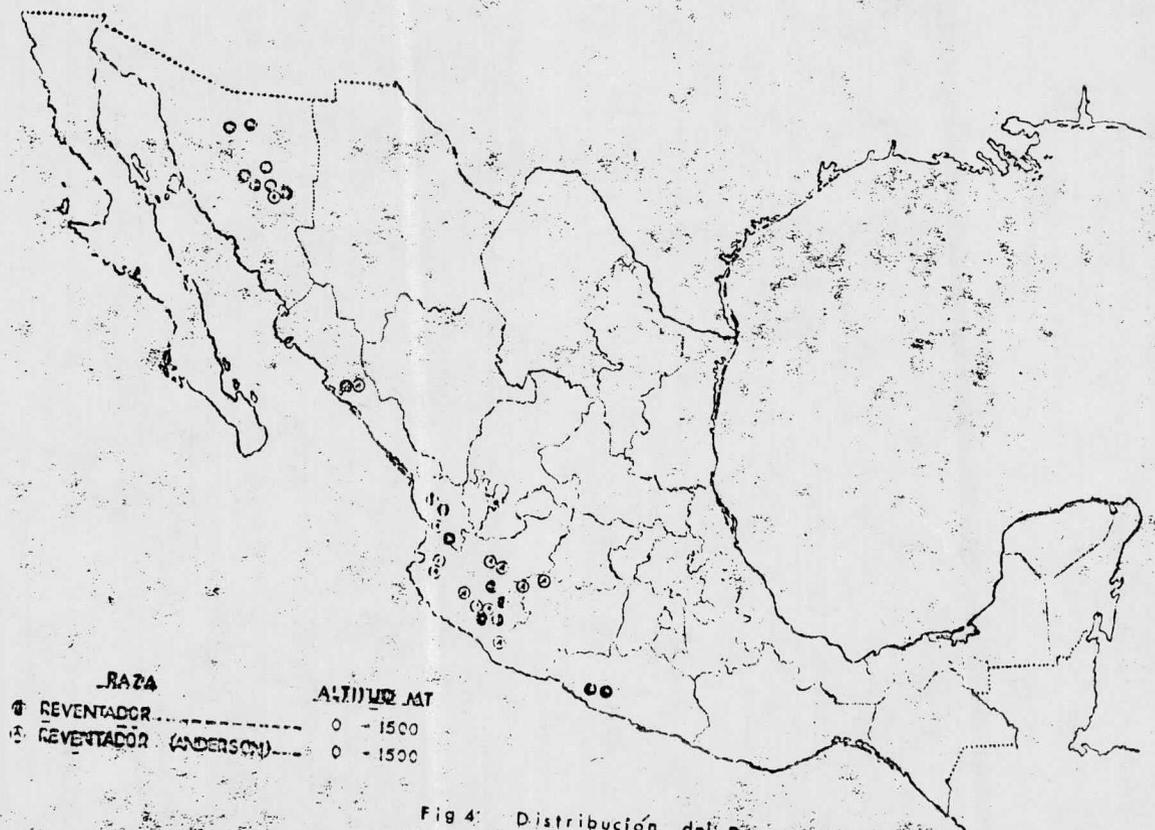
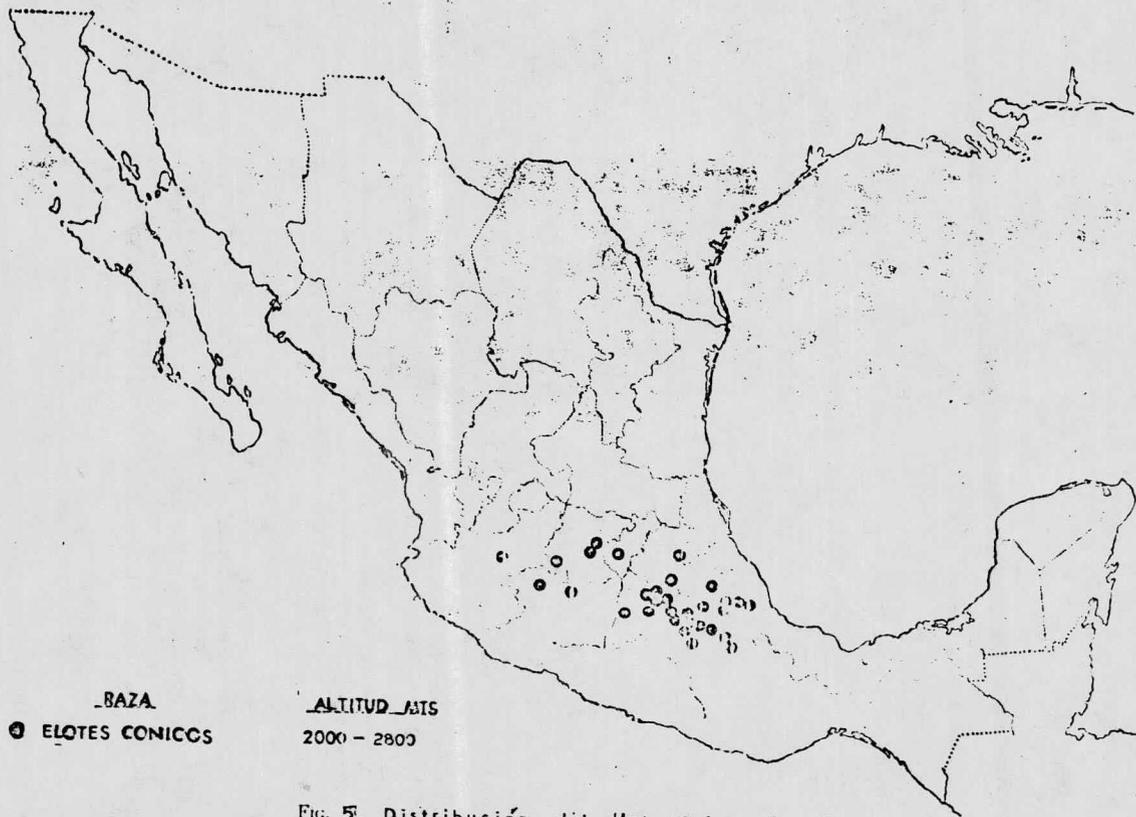


Fig 4: Distribución del Reventador.



BAZA  
● ELOTES CONICOS

ALTITUD MS  
2000 - 2800

FIG. 5. Distribución del elote Cónico en la  
Mesa Central

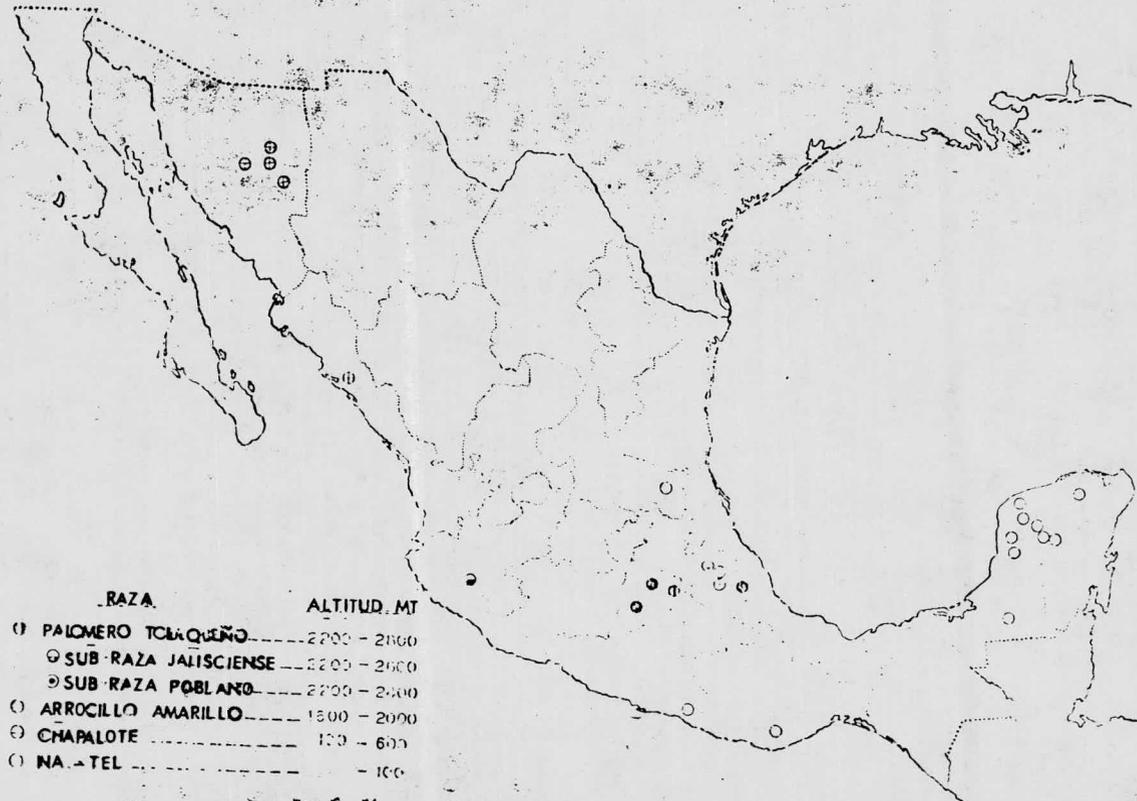


Fig 6. Mapa mostrando las cuatro razas y sub-razas de Indígenas Antiguos



FIG. 7. mapa mostrando dónde las recaudaciones se hicieron

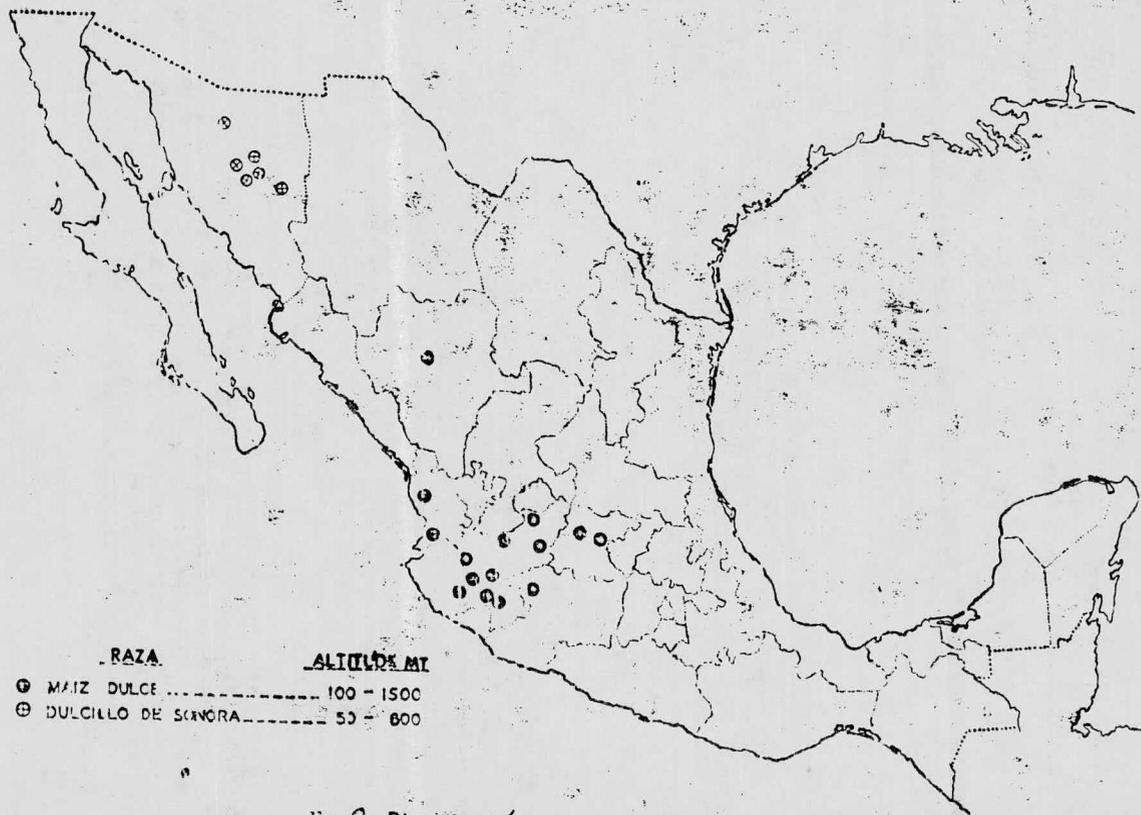


FIG. 8. Distribución de maíz Dulce y  
Dulcillo de Sonora

TABLA 2. - RAZAS DE MAÍZ DE MEXICO COMPARADOS EN CARACTERES DE LAS PLANTAS.

Razas	Núm. de Colecciones Estudiadas.	* Altitud en metros	Planta; Altura en mts.	HOJAS				
				Núm. Total	Núm. sobre mazorca	Anchura En cm.	Longitud en cm.	Indice Nervadura
<b>A. Indígenas Antiguos</b>								
1. - Palomero Toluqueño	2	2200-2800	1.7	12.2	4.0	6.5	66.0	2.81
2. - Arrocillo Amarillo	2	1600-2000	-	-	-	-	-	-
3. - Chapalote	1	100-600	1.6	12.8	4.6	7.6	80.5	2.62
4. - Nal-Tel	1	100	1.3	12.0	4.3	8.7	65.6	3.03
<b>B. Pre-Colombiano Exótico</b>								
5. - Cacahuacintle	1	2200-2800	1.8	12.8	4.2	8.2	81.5	3.16
6. - Harinoso de Ocho	1	100	1.6	12.1	4.3	8.6	84.3	2.56
7. - Sub-raza Elotes Occidentales	5	0-1500	2.0	14.3	4.9	8.7	89.5	3.14
8. - Olotón	2	2000-2400	2.5	16.0	-	9.0	-	2.89
9. - Maíz Dulce	1	1000-1500	2.0	13.2	4.2	8.0	80.0	3.46
<b>C. Mestizos Prehistóricos</b>								
10. - Cónico	12	2200-2800	1.7	11.2	3.5	8.2	72.0	2.78
11. - Reventador	2	0-1500	1.5	11.0	4.9	7.1	75.7	3.33
12. - Tabloncillo	7	0-1500	2.4	14.6	5.0	8.6	79.8	3.56
Sub-raza Perla	3	0-1000	1.5	10.4	4.1	7.7	61.8	3.23
13. - Tehua	6	600-1000	3.3	20.5	-	8.7	-	3.22
14. - Tepecintle	3	0-600	1.8	13.6	5.6	10.0	85.7	2.88
15. - Comiteco	5	1100-1500	3.1	20.0	-	10.5	-	2.79
16. - Jala	3	1000	3.1	14.4	5.0	7.8	82.3	2.94
17. - Zapalote Chico	7	100	1.2	10.0	4.0	7.9	64.2	3.30
18. - Zapalote Grande	2	100-600	1.6	15.9	5.4	9.6	81.4	2.92
19. - Pepitilla	3	1000-1700	2.7	14.9	5.1	8.4	85.0	2.78
20. - Olotillo	6	300-700	2.9	20.0	-	10.5	-	3.23
21. - Tuxpeño	5	0-500	2.7	18.0	6.0	10.5	95.0	3.11
22. - Vandeño	7	0-500	2.5	13.7	5.1	9.5	93.3	3.00
<b>D. Incipiente Moderno</b>								
23. - Chalqueño	8	1800-2300	2.3	14.7	4.6	9.7	84.1	2.93
24. - Celaya	9	1200-1800	2.5	16.0	4.9	8.9	82.3	2.84
25. - Cónico Norteño	24	1600-2100	2.0	12.8	4.2	7.9	74.6	2.93
26. - Bolita	5	900-1500	2.0	13.5	4.8	9.2	77.8	3.14

\* Altitud a la cual se ha encontrado comunmente la raza.

TABLA 3. - RAZAS DE MAIZ COMPARADAS CON LAS CARACTERISTICAS EXTERNAS DE LA MAZORCA.

Razas	Long. cms.	Diam cms.	Núm. filas	Diam. Canilla mm.	Prom. long. cm canilla	Núm prom pancas	Ancho Prom.	Grosor mm.	Long. mm.	Mella	Estria- ciones
A. Indígenas Antiguos											
1. - Palomero Toluqueño	10.2	3.4	23.0	8.2	7.4	8.2	4.7	2.8	11.4	0.8*	0.5
2. - Arrocillo Amarillo	9.8	2.7	15.4	8.3	17.5	10.8	5.5	2.5	8.8	0.1	0.5
3. - Chapalote	11.0	2.9	12.3	9.7	7.0	7.8	6.7	4.1	7.2	0.0	1.6
4. - Nal Tel	7.9	2.7	11.4	7.1	7.1	11.4	6.7	3.9	7.4	0.1	1.0
B. Precolombiano Exótico											
5. - Cacahuacintle	14.5	4.7	15.2	10.3	7.3	7.4	9.8	5.2	14.0	0.0	0.2
6. - Harinoso del ocho	19.5	3.8	8.0	14.0	18.3	8.8	12.0	4.4	11.2	0.0	1.0
Sub-raza elotes											
Occidentales	17.1	4.0	9.9	11.7	10.4	7.6	10.7	4.5	-	0.4	1.3
7. - Olotón	18.3	4.3	11.7	17.7	-	-	9.7	6.0	11.2	0.0	0.4
8. - Maíz Dulce	13.7	4.5	14.5	11.3	11.6	8.5	4.0	4.0	12.3	1.5**	-
C. Mestizos Prehistoricos											
9. - Cónicos	13.6	4.3	16.0	8.8	10.6	7.6	6.6	3.6	14.8	1.3	0.0
10. - Reventador	16.5	3.2	11.9	8.8	5.1	7.8	7.4	3.6	7.3	0.0	2.0
11. - Tabloncillo	16.4	4.1	9.1	11.0	15.3	9.2	11.5	4.3	10.3	1.7	1.2
Sub-raza Perla	17.0	3.7	8.3	10.7	7.9	7.6	11.3	4.2	-	0.2	1.7
12. - Tehua	19.1	5.7=	17.0	21.5	10.0	14.0	9.1	3.9	11.6	1.0	0.2
13. - Tepecintle	10.4	4.9	11.8	10.8	6.0	14.6	9.1	3.7	11.9	1.7	0.3
14. - Comiteco	28.7	5.2	13.5	22.6	14.9	10.6	9.5	4.5	13.7	0.5	0.1
15. - Jala	30.5	5.9	14.7	34.5	9.0	15.6	10.9	4.6	14.2	2.0	0.2
16. - Zapalote Chico	9.9	4.2	10.7	13.7	6.0	13.4	9.8	3.6	10.1	2.0	0.0
17. - Zapalote grande	14.8	4.9	15.7	18.1	5.3	18.2	9.3	3.8	11.1	2.0	0.0
18. - Pepitilla	12.3	5.3	15.5	12.0	13.6	14.6	7.9	3.5	20.8	0.8*	0.0
19. - Olotillo	19.8	3.8	9.4	10.5	9.0	10.8	10.8	3.9	11.7	1.8	0.2
20. - Tuxpeño	19.7	4.4	12.6	13.4	9.3	15.6	9.3	3.7	12.8	2.0	0.1
21. - Vandeño	17.2	5.1	13.2	13.0	8.4	12.4	9.1	3.6	13.9	1.8	0.2
D. Incipiente Moderno											
22. - Chalqueño	16.0	4.9	16.6	10.1	14.7	7.2	7.2	3.9	15.4	1.8*	0.0
23. - Celaya	17.0	4.5	12.4	9.9	12.1	11.8	9.1	3.9	12.9	1.7	0.3
24. - Cónico norteño	13.1	4.6	16.0	11.3	10.6	7.4	7.3	3.5	14.9	1.8	0.1
25. - Bolita	11.6	4.21	10.2	9.8	9.9	8.6	10.4	4.1	12.3	1.8	0.2

\* Punteado  
\*\* Arrugado

TABLA 4. - RAZAS DE MAIZ EN MEXICO COMPARADAS CON CARACTERES DE BORLA.

Razas	Longitud en cm.		Espacio de ramificación		Núm.	Rama		Indice Condensación
	Borla	Pedúnculo	Long. en cm.	Por ciento		% Secundario	% Terciario	
A. Indígenas Antiguos								
1. - Palomero Toluqueño	33.4	6.8	3.4	10	3.6	2.8	0.0	2.52
2. - Arrocillo Amarillo*	-	-	-	-	-	-	-	-
3. - Chapalote	35.8	6.0	9.2	26	13.0	16.0	0.0	1.20
4. - Nal-Tel	32.7	3.2	11.8	30	22.8	30.0	0.4	1.00
B. Pre-Colombiano Exótico								
5. - Cacahuacintle	36.8	6.2	4.9	14	5.6	8.0	0.9	1.60
6. - Harinoso de Ocho Sub-raza elotes occidentales	41.9	4.2	11.2	25	10.0	12.0	0.0	1.05
7. - Olotón	39.2	7.3	8.2	20	8.8	9.5	0.0	1.07
8. - Maíz Dulce	46.8	-	13.0	28	16.8	23.5	0.0	1.27
8. - Maíz Dulce	44.0	4.0	11.6	25	18.1	15.4	0.0	1.67
C. Mestizos Prehistóricos								
9. - Cónico	34.5	6.5	4.5	14	5.5	7.0	0.0	2.58
10. - Reventador	40.7	1.9	7.6	19	8.4	5.9	0.0	1.15
11. - Tabloncillo Sub-raza Perla	40.0	7.2	9.0	23	8.8	11.5	0.0	1.10
12. - Tehua	37.0	9.1	12.4	32	13.2	13.0	0.0	1.04
13. - Tepecintle	43.0	-	16.9	40	27.7	21.1	0.1	1.33
14. - Comiteco	41.5	4.1	14.4	34	24.7	21.5	1.3	1.0
15. - Jala	39.6	-	13.7	35	21.3	18.3	0.0	1.22
16. - Zapalote Chico	39.5	4.9	11.1	35	17.9	12.3	0.0	-
17. - Zapalote Grande	34.0	6.5	10.7	34	18.9	16.0	0.0	1.72
18. - Pepitilla	39.7	3.4	13.0	30	23.9	12.6	0.0	1.55
19. - Olotillo	38.6	3.2	11.7	35	21.8	10.9	0.0	1.47
20. - Tuxpeño	39.2	5.2	17.6	45	30.3	34.0	2.3	1.01
21. - Vandeño	42.6	5.1	14.4	30	22.9	20.5	0.7	1.55
21. - Vandeño	40.5	6.0	12.5	33	20.8	18.2	1.4	1.21
D. - Incipiente Moderno								
22. - Chalqueño	43.0	1.8	7.9	19	10.7	10.1	0.0	2.55
23. - Celaya	42.4	4.8	12.6	28	21.1	16.8	0.2	1.10
24. - Cónico Norteño	40.3	5.9	10.2	25	17.5	18.3	0.0	1.38
25. - Bolita	40.4	7.1	11.7	29	17.4	19.0	0.1	1.27

\* No ha sido estudiado

TABLA 5. - RAZAS DE MAIZ DE MEXICO COMPARADOS EN CARACTERES DE LAS PLANTAS.

Razas	* Núm. de Colecciones Estudiadas	** Altitud en metros.	Planta Altura en mts.	HOJAS				
				Núm. Total.	Núm. Sobre mazorca	Anchura en cm.	Longitud en cm.	Indice Nervadura
A. Indígenas Antiguos								
1. - Palomero Toluqueño	2	2200-2800	1.7	12.2	4.0	6.5	66.0	2.81
2. - Arrocillo Amarillo	2	1600-2000	-	-	-	-	-	-
3. - Chapalote	1	100-600	1.6	12.8	4.6	7.6	80.5	2.62
4. - Nal-Tel	1	100	1.3	12.0	4.3	8.7	65.6	3.03
B. Pre-Colombiano Exótico								
5. - Cacahuacintle	1	2200-2800	1.8	12.8	4.2	8.2	81.5	3.16
6. - Harinoso de Ocho	1	100	1.6	12.1	4.3	8.6	84.3	2.56
7. - Sub-raza Elotes Occidentales	5	0-1500	2.0	14.3	4.9	8.7	89.5	3.24
8. - Olotón	2	2200-2400	2.5	16.0	-	9.0	-	2.89
9. - Maíz Dulce	1	1000-1500	2.0	13.2	4.2	8.0	80.0	3.46
C. Mestizos Prehistóricos								
10. - Cónico	12	2200-2800	1.7	11.2	3.5	8.2	72.0	2.78
11. - Reventador	2	0-1500	1.5	11.0	4.9	7.1	75.7	3.33
12. - Tabloncillo	7	0-1500	2.4	14.6	5.0	8.6	79.8	3.56
Sub-raza Perla	3	0-1000	1.5	10.4	4.1	7.7	61.8	3.23
13. - Tehua	6	600-1000	3.3	20.5	-	8.7	-	3.22
14. - Tepecintle	3	0-600	1.8	13.6	5.6	10.0	85.7	2.88
15. - Comiteco	5	1100-1500	3.1	20.0	-	10.5	-	2.79
16. - Jala	3	1000	3.1	14.4	5.0	7.8	82.3	2.94
17. - Zapalote Chico	7	100	1.2	10.0	4.0	7.9	64.2	3.30
18. - Zapalote Grande	2	100-600	1.6	15.9	5.4	9.6	81.4	2.92
19. - Pepitilla	3	1000-1700	2.7	14.9	5.1	8.4	85.0	2.78
20. - Olotillo	6	300-700	2.9	20.0	-	10.5	-	3.23
21. - Tuxpeño	5	0-500	2.7	18.0	6.0	10.5	95.0	3.11
22. - Vandeño	7	0-500	2.5	13.7	5.1	9.5	93.3	3.00
D. Incipiente Moderno								
23. - Chalqueño	8	1800-2300	2.3	14.7	4.6	9.7	84.1	2.93
24. - Celaya	9	1200-1800	2.5	16.0	4.9	8.9	82.3	2.84
25. - Cónico Norteño	24	1600-2100	2.0	12.8	4.2	7.9	74.6	2.93
26. - Bolita	5	900-1500	2.0	13.5	4.8	9.2	77.8	3.14

\* Una lista de las colecciones seleccionadas para representar cada raza está dada en la tabla 18.

\*\* Altitud a la cual se ha encontrado comunmente la raza.

## CARACTERISTICAS DE LAS ENZIMAS

Las enzimas son moléculas protéicas que representan una clase muy importante y altamente especializada. Son proteínas que catalizan las reacciones químicas de organismos vivos.

Contienen los mismos aminoácidos y tipos de enlaces químicos que otras proteínas. Las enzimas permiten que las reacciones tengan lugar en los organismos a las velocidades suficientes y sin recurrir a condiciones extremas de pH, temperatura y concentraciones. Todas las enzimas son proteínas y están expuestas a desnaturalización por calor a agentes precipitantes y pH extremos. Cada célula contiene muchas enzimas diferentes y se puede decir que la diferencia en sus comportamientos se debe directamente a su contenido enzimático. Una enzima es un catalizador, por lo tanto tiene la cualidad de poder acelerar una reacción química sin que se consuma en dicha reacción.

Las enzimas modifican la velocidad con que se alcanza el equilibrio de la reacción, sin alterar de ninguna manera la constante de equilibrio enzimática su efecto principal es en la disminución de la energía requerida para alcanzar el paso intermediario de la reacción.

Las amilasas específicamente son enzimas cuyos nombres científicos son: alfa (1-4) glucano hidrolasa y alfa (1-4) glucán malto hidrolasa, mejor conocidas como alfa y beta amilasas respectivamente, estas enzimas tienen como sustratos almidón y amilopectina, dando como productos de reacción dextrinas, maltosa y glucosa.

Estas enzimas han podido ser separadas cualitativamente en diversas formas moleculares, sin que hasta la fecha se encuentre con cantidades suficientes para su estudio y caracterización.

## ALFA AMILASAS

Unidades y medidas de Alfa amilasas:

Es muy difícil e inconveniente determinar la cantidad de enzimas en términos absolutos de miligramos o moles, porque los métodos para determinar pureza, cantidad y peso molecular son muy laboriosos. La propiedad más característica de las enzimas, es la reacción que catalizan, por lo que la cantidad de una enzima se expresa más convenientemente como una cantidad arbitraria que se mide por la producción de cierta cantidad de producto, o por la desaparición de cierta cantidad de sustrato, dentro de condiciones definidas. Para poder estandarizar la medición de actividad enzimática de un modo tal que la acción catalítica de enzimas de diferentes fuentes puedan ser comparadas y reproducidas; el Comité Internacional de Enzimas ha intentado establecer un método estándar de expresar las unidades de una enzima (12). Definen una unidad (U) de una enzima como la cantidad que cataliza una micromole de sustrato por minuto bajo condiciones definidas. Sin embargo cuando el sustrato es un polisacárido como amilosa o amilopectina cuyo peso molecular no está exactamente definido y en la que más de una unión del sustrato (de la molécula) puede potencialmente ser roto, un microequivalente del grupo deberá ser sustituido por un micromole del sustrato, en la definición anterior. En otras palabras, el número de uniones glucosídicas rotas deberá tomarse como la medida de reacción de amilasas. Las condiciones para la reacción se tuvieron que estandarizar, el Comité sugiere leer a 25°C-

aunque no es la temperatura óptima para la actividad enzimática, si es lo suficientemente buena para dar una actividad razonable y al mismo tiempo suficientemente baja para evitar la desnaturalización de la mayoría de las enzimas, el pH debe ser el óptimo de acuerdo a la enzima y a la concentración del sustrato con que se trabaje y debe ser suficiente sustrato para saturar la enzima, de modo que la enzima tenga una cinética de reacción de orden cero con respecto al sustrato.

Las amilasas son enzimas que catalizan la hidrólisis de las uniones glucosídicas alfa (1-4) de los polisacáridos del tipo de la amilosa, la amilopectina, el glucógeno y sus productos de degradación. Debido a que los productos finales del rompimiento del almidón, son las fuentes usuales para la obtención de carbono para las células, no es sorprendente que las amilasas se encuentren distribuidas casi universalmente en animales, vegetales y microorganismos.

Las alfas amilasas son endoenzimas, o sea enzimas que hidrolizan uniones alfa (1-4) localizadas en las regiones intermedias del sustrato, liberando productos de tamaños variados. Las beta amilasas son exoenzimas que liberan maltosa y el polímero con dos moléculas de glucosa menor. Existe sólo una unión glucosídica en la molécula de almidón que es susceptible a la beta amilasa, es la penúltima unión del lado no reducto de las cadenas, la beta amilasa ataca de una manera ordenada produciendo beta maltosa y su reacción cesa cuando se acerca a los puntos de ramificación de la amilopectina.

## PROPIEDADES GENERALES DE LAS ALFA AMILASAS

Estas enzimas son inactivadas irreversiblemente con concentraciones altas de ácidos o álcalis o con altas temperaturas; son solubles en agua, en soluciones etanólicas elevadas precipitan de manera que se pueden volver a activar cuando se redisuelve en agua.

La velocidad de reacción puede ser influenciada por las sales, -- productos de rompimiento de proteínas, lípidos, etc. Muchos de los llamados activadores funcionan ya sea incrementando su estabilidad: la acción estabilizadora del calcio en la alfa amilasa del maíz, es un buen -- ejemplo.

La relación entre la actividad amilolítica y la temperatura es -- otro factor muy importante, a rangos de temperaturas bajas, por ejemplo entre 20 y 30°C, la velocidad de conversión se duplica al elevarse la temperatura 10°C, a medida que la temperatura aumenta más, la velocidad de reacción disminuye, hasta que llega a un punto donde ya no cambia la velocidad, aunque aumente la temperatura. En este punto de velocidad no se altera y la pérdida irreversible de la amilasa es igual a la actividad de la amilasa restante, un aumento posterior en la temperatura causa una mayor disminución de actividad y eventualmente la disminución y destrucción completa de la enzima. Las amilasas provenientes de diferentes fuentes, tienen puntos diferentes de termoestabilidad.

La beta amilasa ataca los extremos no reductores de las moléculas de almidón, separando unidades sucesivas de maltosa, hasta que lle--

ga a un punto en que la amilosa es completamente desdoblada en unidades de maltosa.

La enzima alfa amilasa produce dextrinas (polímeros de peso molecular más bajos que el almidón), rompiendo las moléculas lineales de amilosa, así como las ramas libres y las porciones entre las ramas de amilopectina ramificada. El producto final de la acción de alfa amilasa sobre amilopectina es una mezcla de productos de azúcares de bajo peso molecular como son: glucosa, maltosa y pequeñas cadenas con ramificaciones 1-6 que no se hidrolizan.

Las propiedades de las enzimas producidas comercialmente, difieren no sólo por la fuente de obtención, el medio nutritivo, las condiciones ambientales, etc.

Debido a que la actividad de las amilasas se ha demostrado que puede ser fuertemente afectada por los inhibidores presentes en los granos (17), referimos brevemente que son los inhibidores enzimáticos. Se debe entender como inhibidor a compuestos o sustancias que tienen el efecto retardador o paralizador de una reacción química; dicho efecto producido por estos compuestos es llamado inhibición.

Hay dos tipos de inhibición, reversible e irreversible; la primera, se define como la actividad que es recuperada con sólo quitar el causante del cese de la acción, por cualquier método que no afecte a la reacción, por ejemplo: diálisis, dilución con sustratos, etc. Irreversible es aquella que aunque se quite el causante de la inhibición (al inhibidor), la actividad ya no se recupera por ejemplo: iodoacetilación del grupo SH de la papai--

na. (18) La inhibición reversible está caracterizada por un equilibrio entre la enzima y el inhibidor, definida por la constante de equilibrio que es una medida de afinidad, la efectividad de la inhibición normalmente se expresa por una constante  $K_i$ , que es el recíproco de la afinidad enzima-inhibidor. La inhibición irreversible, por otro lado está caracterizada -- por un incremento progresivo de inhibición con el tiempo, estableciendo la competencia inhibitoria, aún en soluciones diluídas del inhibidor, la -- efectividad de la inhibición está expresada por una constante de velocidad y no por una constante de equilibrio, la constante de velocidad determina la fracción de la enzima inhibida en un período de tiempo dado, bajo una cierta concentración de inhibidores. (17)

Fuentes de alfa amilasas. - En hechos recientes muchas alfa amilasas han sido aisladas, purificadas y cristalizadas de una variedad de -- fuentes. La mayoría provienen de microorganismos, porque éstos se pueden hacer crecer bajo condiciones bien controladas, en grandes cantidades para dar amilasas que relativamente son fáciles de purificar.

Composición de las alfa amilasas. - Se refiere el número, forma y secuencia de los aminoácidos, se han determinado la composición de -- aminoácidos de 5 alfa amilasas cristalinas, que son: amilasas de saliva humana, amilasas pancreática porcina, amilasas de bacillus subtilis, amilasas de bacillus de stereotermóphilus y amilasas de espergilus orizae.

Propiedades Físicas. - El peso molecular de las alfa amilasas pancreática, de beta subtilis y de alfa orizae es de alrededor de 50,000, para beta subtilis que es el monómero y el dímero formado en presencia de

iones de zinc, pesa 96 500, la beta stereotermophilus tiene un peso de - 15 600.

Efectos del pH. - El efecto del pH en la actividad enzimática se define como la ionización de los grupos laterales de la cadena contenida en la proteína. En particular en la variación de la actividad con el pH, se cree que se debe a la ionización de dos grupos (tipos específicos de grupos): 1. - Los grupos de unión del sustrato; 2. - Los grupos catalíticos.

La forma de la curva de campana de pH/actividad son fuertemente dependientes de la naturaleza de estos dos tipos de grupos.

En la parte ácida o básica del valor máximo, entran en juego otros valores, como desnaturalización, ionización irreversible y cambios en la estructura secundaria y terciaria.

Las amilasas no son la excepción y el pH máximo para su actividad va de 4.5 a 7, pero hay marcadas diferencias entre las alfa amilasas, en el caso de las alfas amilasas de cereales, hay reportes que va de 4.5 a 5 como valores máximos para su mejor actividad.

Las alfa y beta amilasas en los diferentes tipos de maíz que se estudiaron tuvieron un valor de 5 como pH óptimo.

Efectos de la Temperatura. - La alfa amilasa del maíz requiere de la presencia de calcio, lo que la hace relativamente resistente a la inactivación por calor y es mucho menos lábil al calor que la beta amilasa. La alfa amilasa beta subtilis y la stereotermophilus son particularmente estables al calor, la actividad de la alfa amilasa se incrementa rápidamente desde 0°C hasta un máximo de 40°C, en la mayoría de los casos. Es

to implica que la alfa amilasa tiene un Q10 muy elevado, del orden de 5.- El rápido decremento de la actividad entre 40 y 60°C se cree que se debe en parte al incremento de la agitación térmica de las moléculas de enzimas y sustratos, con la consecuente disminución de la afinidad de la enzima por el sustrato y parte debido al lento aumento en la desnaturalización de la enzima.

Preparación de las alfa amilasas. - Los métodos de aislamiento y purificación para alfa amilasas son variables y dependen de la fuente de la enzima y de las preferencias individuales del investigador. Se han usado los pasos clásicos para la purificación de las proteínas; por precipitaciones con solventes orgánicos y sales (19), habiendo cristalizado alfa amilasas de diferentes fuentes.

Grupos Funcionales. - Los grupos funcionales de las alfa amilasas se estudiaron por dos métodos: a) la variación de  $K_m$  y  $V_m$  con pH; b) inactivación enzimática por modificación química de la proteína, - - Little y d Caldwell (20) encontraron que la alfa amilasa de pancreas porcino es inactivada con fenilisocianato, formaldehido y ácido nitroso, cuando reacciona con la enzima y concluyeron que son necesarios grupos amino libres para la actividad catalítica, también encontraron que el p-clorofenilmercurio, iodoacetamina y p-cloromercurobenzoato no activan a la enzima por lo que los grupos sulfhidrilos no son necesarios para la actividad enzimática. (21)

Cofactores. - En las investigaciones de alfa amilasa, no se ha encontrado que contengan ningún cofactor, siempre se ha encontrado que - -

contienen una metaloproteína cálcica, conteniendo por lo menos un átomo de calcio por molécula y que requiere este metal para su actividad catalítica (22, 23). En presencia de calcio, la alfa amilasa se vuelve muy resistente a la desnaturalización por extremos en pH, temperatura o tratamientos con urea y también es más resistente a la acción de más proteasas.

## BETA AMILASA

Se ha comprobado que la beta amilasa se encuentra unida al glu-ten en semilla seca de maíz, frijol, etc., dicha unión es a través de puen-tes de disulfuro.

Tales datos se han encontrado liberando beta amilasa activa al me-dio, tanto por la acción de proteasas, como por la de tiolreductasas. Debido a la gran importancia que tienen las beta amilasas de cebada y ceba-da malteada en la industria cervecera, han recibido gran atención, toman-do en cuenta su formación y distribución en el grano. (24) En el grano -- sin germinar prevalece la beta amilasa sobre la alfa amilasa.

La mayoría de la beta amilasa aparece durante la maduración del grano, justo antes del mayor incremento en el peso seco, pero el aumen-to es acompañado por una disminución en la cantidad total de la enzima so-luble. Durante la germinación la cantidad total de beta amilasa se incre-menta 2 a 3 veces y la enzima <sup>(2)</sup>insoluble desaparece. Krugger ha demonstra-do (25) por electroforesis en gel de poliacrilamida que la formación de la beta amilasa producida durante la germinación, es diferente que la forma presente en grano seco; la cual se formó durante la embriogénesis. En ce-bada madura, trigo y centeno, el escotelo y el endosperma adyacente son-ricos en beta amilasa, mientras que el embrión remanente y la aleurona -casi no contienen enzima. Es el escotelo el que provee la mayor cantidad- de las beta amilasas que aparecen en la germinación (26, 27). Comercial-mente ahora se dispone de la beta amilasa proveniente del camote (27) y-

es la más usada de las diferentes beta amilasas, para el análisis estructural del almidón y glicógeno.

Propiedades Físicas y Químicas. - Las distintas formas moleculares de beta amilasa son claramente diferentes como proteínas, aunque como enzimas se ve que tienen la misma acción catalítica y no muestran las variaciones encontradas en alfa amilasa. La expresión cuantitativa del rango de acción catalítica, el número de recambio, es uno de los records más altos a 30°C y un pH de 4.8, una molécula de enzima hidroliza 252 000 uniones/minuto (29, 30). Los números de amilasa de malta de cebada y páncreas porcina son sólo 17 000 y 25 000 respectivamente (31, 32). En general la beta amilasa es más activa en un pH entre 5 y 6, y es completamente estable en un pH entre 4 y 8.9 a 20°C. por lo menos 24 horas (33). La beta amilasa del frijol de soya (33) es más estable que las enzimas de trigo y cebada (33 y 34) particularmente en el lado ácido, aunque alfa amilasa de trigo y malta de cebada son menos estables a ácidos y una exposición a un pH ácido de una mezcla de alfa y beta amilasa en extractos crudos preferentemente destruirá la primera (33 y 34).

En contraste, beta amilasa de cebada es menos estable al calor que la alfa amilasa, éste criterio es el que se ha usado para diferenciarlas, así si calentamos una mezcla de alfa y beta amilasa a 70°C en presencia de iones calcio, resulta en la inactivación de la segunda (35). No se conoce ningún requerimiento de coenzima para la beta amilasa, ni necesidad de un cofactor orgánico o un ión inorgánico, la enzima sin embargo, contiene grupos sulfridilos que están "enmascarados" en que dan reaccio-

nes positivas con nitroprusiato de sodio solo después de que la enzima ha sido desnaturalizada (35). Los grupos sulfidrilo son esenciales para la actividad enzimática. Como resultado, la actividad desaparece en presencia de metales pesados y por oxidación de grupos SH con iodo u o-iodosobenzoatos. La actividad se puede restaurar parcial ó completamente con agentes reductores, como glutatión, 1-2 ditiopropanol (BAL), cisteína ó sulfuro de hidrógeno (36). La maltosa y la dextrina (37), son inhibidores competitivos de la beta amilasa.

Como con la alfa amilasa, la beta amilasa muestra cambios discretos con temperaturas en la energía de activación para la hidrólisis de la unión glucosídica alfa 1-4; la energía de activación es proporcional, del mismo orden que para alfa amilasa.

Probablemente el indicio del mecanismo del rompimiento de uniones de la beta amilasa es la liberación de maltosa en la configuración beta, siguiendo la ruptura de la unión alfa glucosídica. Aunque no se ha demostrado explicación a esto.

## MATERIALES Y MÉTODOS

## MÉTODOS DE SIEMBRA

Previamente a la siembra, se escogen los granos que se van a sembrar de cada raza, procurando que tengan propiedades físicas semejantes, como son: tamaño, peso, color etc., para dar más uniformidad a la raza, se deben sembrar siempre una tercera parte más de la cantidad de granos que se vayan a usar, para prevenir los que se nos puedan infectar.

Método 1. - Se corta una hoja de papel filtro longitudinalmente, se engrapan una a continuación de la otra, se prepara una solución de hipoclorito de sodio ( $\text{NaClO}$ ) al 3% (15 ml. de  $\text{NaCl}$  y 485 ml. de  $\text{H}_2\text{O}$ ), se vacían  $\frac{3}{4}$  al recipiente previamente lavado con agua y jabón, luego se enjuaga con agua desionizada; un poco de la solución de hipoclorito se vacía en la tapa y se enjuagan las pinzas con las que se van a manejar los granos, el resto de la solución se vierte en un vaso de precipitado, en donde se van a sumergir los granos que vamos a sembrar, por un lapso de 10 min., esto se hace para evitar en cierto grado la contaminación de los granos. No se recomienda aumentar el tiempo de imbibición ya que se puede dañar al embrión y por lo tanto inhibir el crecimiento de los granos.

Método 2. - En una caja de plástico se vierte una solución de hipoclorito de sodio al 3% de preferencia, se lavan los granos en ésta solución por espacio de 10 min., luego se enjuagan varias veces con agua desionizada, a las pinzas con las que se van a manejar los granos, se llenan las cajas con agrolita hasta unos dos dedos del borde, se siembran los granos teniendo cuidado de no sembrarlos muy juntos, para evitar que se contaminen unos

a otros, en caso de que alguno resulte atacado por hongos o bacterias, separarlo de la siembra, se deben regar a diario con poca agua desionizada. La caja debe de forrarse con papel aluminio y conservarse en la obscuridad, para tener datos reproducibles, debemos usar luz roja para alumbrarse cuando se vayan a tomar los granos con los que se va a hacer la lectura. Estas recomendaciones las hacemos para evitar que les de la luz del sol a los granos y/o tallos y hojas, ya que ésta puede iniciar la fotosíntesis y -provocaría cambios metabólicos diferentes. Las lecturas, sembrado y manejo de los granos, se hizo a temperatura ambiente.

Método 3. - Este método es igual que el método dos, pero en lugar de usar cajas para la siembra, recomendamos usar vasos de polipropileno (térmicos), con perforaciones en la base para que permita circular el aire y evite acumulaciones de agua inecesaria, evitando así la putrefacción e infección de los medios de cultivo y granos, se recomienda llenar los vasos hasta unos 3 cms del borde, y es muy importante el regarlos diario con poca agua, se pueden tener los vasos dentro de las cajas forradas, ya que el tenerlos en vasos nos da la ventaja de que si algún grano se infecta, solo -contaminaría a los del mismo vaso, evitandola contaminación de los demás granos desechando ese vaso.

Extracción de la Enzima. - La extracción de la enzima es una ex--tracción acuosa del triturado de los granos de maíz.

Elaboración del blanco. - El Blanco se prepara igual que los otros -tubos, solo que a este no se le agrega la enzima, tratandosele igual que a los demás agregandole los mismos reactivos.

Procedimiento para la extracción de la Enzima. - Se escogen cuatro granos de peso aproximado y con grado de germinación parecido, si tienen raíz y tallo se les corta, se pesan y parten con cuidado, en pequeños trozos, se muelen con una pequeña cantidad de hielo seco, se vacían en 40 ml de agua previamente enfriada y se centrifugan 10 min. a 2000 rpm, una vez efectuada la centrifugación se obtiene el sobrenadante que lleva a la enzima disuelta, este sobrenadante se le agrega a cada tubo de ensaye en la cantidad correspondiente teniendo en cuenta que la reacción debe durar solo 3 min., transcurridos estos 3 min, por cada tubo, se le debe adicionar el reactivo de Bersfield para parar la reacción, tómesese el tiempo de reacción con cronómetro para evitar errores, se recomienda agregar la enzima con intervalos de 20 ó 30 seg. entre tubo y tubo de acuerdo con la habilidad del que lo haga.

Procedimiento del Método. - Un mililitro de la solución de la enzima debidamente diluida se añade a un mililitro del sustrato, después de 10 min. de incubación a 25°C, una parte del digerido entre 0.5 y 1 ml se añade a un mililitro del reactivo D recientemente preparado, se afora el volumen a 2 ml con agua desionizada, se incuban en baño maría a ebullición por espacio de 20 min., después se enfrían 5 min. al chorro del agua corriente, una vez efectuado esto, un ml del reactivo C se le añade al tubo y se agita energicamente el tubo hasta que todo el CO<sub>2</sub> se haya liberado totalmente (esto es cuando deje de desprender burbujas), se dejan reposar los tubos por espacio de 10 min. y se diluyen a 25 ml con agua desionizada. La absorbancia se mide en un colorímetro con filtro verde a una longitud de onda de 520 en

celda de cuarzo (38).

Recomendamos de acuerdo a nuestros resultados, para experimentos de más de 5 días de duración, usar el método de siembra No. 3, ya -- que es el que más podemos controlar en caso de contaminación de uno ó -- varios granos, además de poder sembrar en cada vaso la cantidad de granos requerida por raza para la lectura de un día.

## PARTE EXPERIMENTAL

## METODO DE NELSON COPPER.

Este método está basado en la medición con un espectrofotómetro del óxido cúprico que se forma después del tratamiento a base de temperatura que se le da al digerido de la enzima sustrato.

Reactivo A. - Este reactivo se prepara disolviendo 25 gr. de carbonato de sodio anhidro, 25 gr. de tartrato de sodio y potasio, 20 gr. de bicarbonato de sodio y 200 gr. de sulfato de sodio anhidro en 800 ml de agua, teniendo cuidado de agregar las sales poco a poco y con agitación constante para evitar que se aglomeren las sales, ya disueltas se diluyen a 1 lt. - y se filtra si es necesario.

Reactivo B. - 30 gr. de sulfato cúprico se disuelven en 200 ml. de agua a la que previamente se le agregaron 4 gotas de ácido sulfúrico.

Reactivo C. - 25 gr. de molibdato de amonio se disuelven en 450 -- ml. de agua a la que previamente se le agregó 21 ml. de ácido sulfúrico -- concentrado; 3 gr. de arseniato de sodio heptahidratado, se disuelven separadamente en 25 ml. de agua y se agregan lentamente a la solución anterior con agitación constante. Todo se diluye a 500 ml. y se calienta cuidadosamente durante 30 minutos en un baño maría a 55°C ó a 37°C durante toda la noche.

Reactivo D. - 1 ml. de reactivo B se añade a 25 ml. de reactivo A.

Sustrato. - Se prepara una solución de almidón soluble en agua caliente, se enfría y se diluye a un volumen determinado que nos de una concentración de almidón en agua de 20 mg/ml. Dicha solución se diluye 1:1-

con solución reguladora de acetato 0.04 M, pH 5, quedando una solución - - final de 10 mg/ml. de almidón, se centrifuga durante 20 minutos a 1200 rpm y el sobrenadante es lo que se utiliza como sustrato para la reacción.

## APARATOS

Los aparatos utilizados en este trabajo fueron los siguientes:

Balanza Analítica. - Metler tipo H6 capacidad 160 grs.

Centrífuga M.S.E. . - Modelo Lr-6

Baño a Temperatura Constante. J. M. Ortiz S.I.C. D.G.E. 774

Espectrofotómetro. Carl Zeisa M4 QIII

Colorímetro. Espectrofotómetro Bausch & Lomb Modelo Spectronic  
20

Prensa de Mano. - Se usó una prensa para hacer tortillas.

Placa calentador. - Agitador Thermolyne modelo nuevo Shir-Plate.

Potenciómetro. - Corning modelo 12 con electrodo Sargente S-3000-  
15 C.

## MATERIALES

Granos Analizados:

CH-73	461	Tlax	251	"Elotes Cónicos"
CP-1971	78	Jal		"Dulce de Jalisco"
CP-1971	5	Mex		"Pal Tol"
IG-71	T440	Sin	2	"Chapalote"
CH-71	1930	Chih	261	"Cristalino de Chihuahua"
H	28			"H 28"
H	367	DF	2	"F 2"
CH-71	1751	Chih	177	"Apachito"
IG-73	A <sub>2</sub> 86	Dgo	93	"Bofo"

Alfa amilasa bacteriana comercial (Fulka 50798 cat. 10070).

Reactivos:

Almidón soluble p. a. (Merck 1252)

Almidón para determinar diastasas (Merck 1259)

Acetato de sodio trihidratado (Baker Analyzed 3470 M 21899).

Acido Clorhídrico p. a. (Baker Analyzed 952)

Acido Succínico (Fulka 5116 cat. 14080).

Bicarbonato de sodio U.S.P. (Merck 6323).

Carbonato de Sodio Anhidro U.S.P. (Merck 206392).

Cloruro de Calcio dihidratado cristales p. a. (Merck 2382).

Cloruro de sodio cristales p. a. (Merck 106404).

Cloruro Mercurico p. a. (Merck 4419).

Maltosa monohidratada para bioquímica (Merck 5912).

Molibdato de Amonio Tetrahidratado (Merck 101182).

Sulfato de Cobre Pentahidratado (Baker analyzed 1843).

Sulfato de Sodio Anhidro p. a. (Merck 6649).

Tartrato doble de Sodio y Potasio tetrahidratado (Merck 8087).

Agrolita material inerte para siembras, fabricado por Dicalite de México S. A.

Cloralex, usado como solución desinfectante, elaborado por Productos Químicos Alen S. A.

Todos los reactivos usados en este trabajo fueron mínimo de grado

R. A.

## RESULTADOS Y DISCUSION

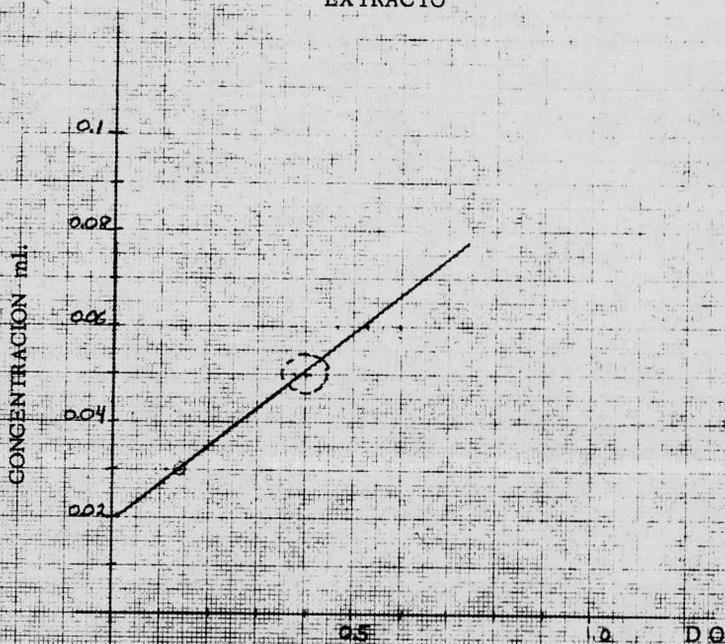
Como se mencionó al principio nuestro principal interés es medir la mezcla de actividades de las alfa y beta amilasas, porque desde el inicio de la germinación empieza la degradación de las reservas del grano, y estas enzimas son muy importantes por lo que concentramos nuestro estudio en la determinación de la actividad de estas, midiendo la sensibilidad que tienen estos maíces para la producción de estas enzimas y conocer los mecanismos fisiológicos de un evento tan importante como es la germinación.

El trabajo lo comenzamos estableciendo las condiciones a las que deberíamos trabajar: E. Labanzat (19) determinó el pH óptimo para estas enzimas, que es de 5, para buscar la concentración del extracto mantuvimos constante la concentración del sustrato variando la cantidad del extracto de la enzima agregada a los tubos de ensayo desde 0.01 ml hasta 1 ml, y obtuvimos los mejores resultados a 0.5 ml del extracto como lo muestra la gráfica 1, teniendo en cuenta esto variamos la concentración del sustrato esta vez, y los resultados deseados fueron a 0.5 ml del sustrato como se ve en la gráfica No 2.

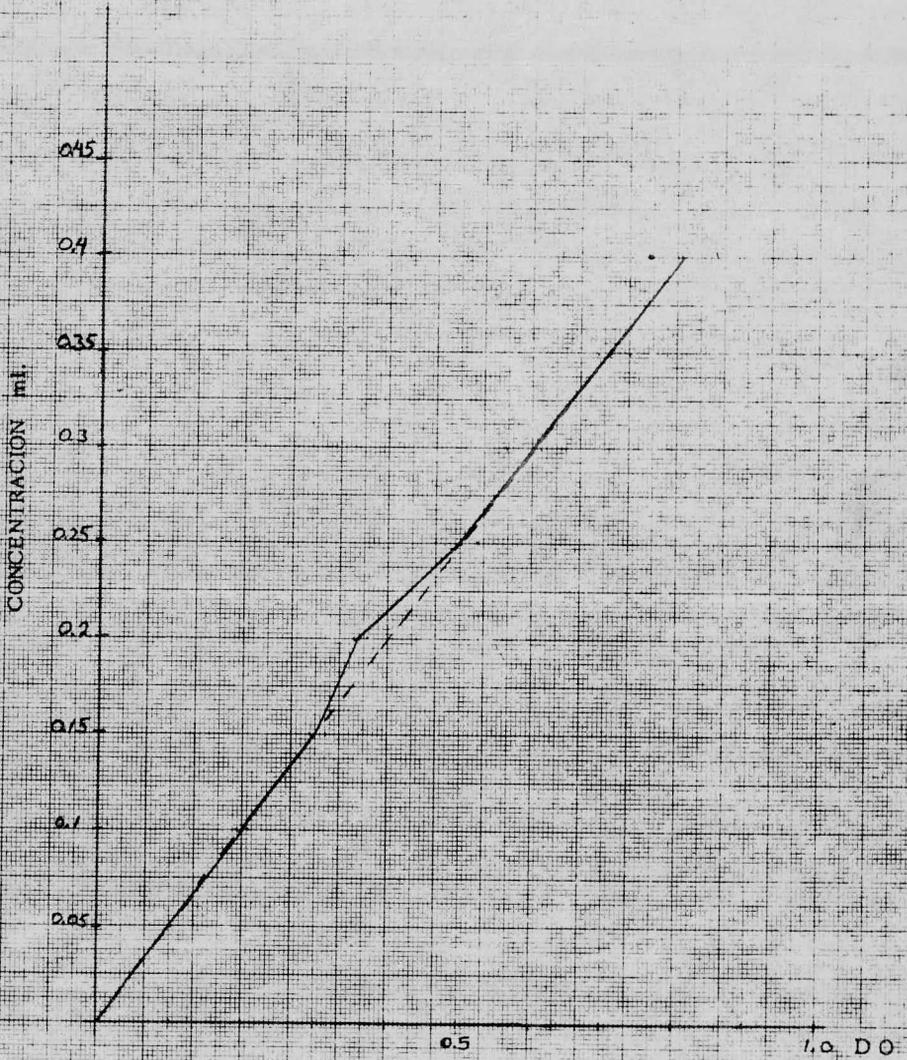
Esperábamos que diferentes razas de maíz presentaran distinta sensibilidad de los tejidos a expresar una respuesta a la inducción de amilasas, lo que resultó cierto, también esperábamos encontrar que los granos con mayor riqueza de carbohidratos en su endosperma pudieran responder de una forma más sensible hacia la inducción de amilasas, sin embargo - -

G - 1

DETERMINACIÓN DE CONCENTRACION DE  
EXTRACTO



DETERMINACION DE CONCENTRACION DE SUSTRATO



los resultados muestran que no existe una correlación con la estructura y composición de este, esto puede ser debido a que el endosperma se forma en realidad durante la embriogénesis y cuyos caracteres están únicamente formados por los caracteres globales de la planta con los caracteres genéticos que la semilla encierra en sí una vez madura.

Se encontró que la inducción de las enzimas amilolíticas no es constante y no sigue ningún patrón con relación a la consistencia del endosperma. En las gráficas 3-11 obtenidas durante los días que se hicieron de terminaciones encontramos resultados muy diversos; en el día cero no fue posible encontrar actividad en ninguno de los granos estudiados. Los granos Apachito, Cristalino, Bofo y Palomero de Toluca mostraron una reacción tardía para la inducción amilolítica inicial de la germinación, sin que esto refleje la capacidad metabólica de inducción amilolítica total ya que si comparamos las gráficas de todos los granos vemos que a partir del 2o ó 3er día ya están al igual que los otros en actividad, y también vemos que la raza Cristalino es una de las de mayor actividad amilolítica durante los días estudiados, junto con el Palomero de Toluca. Las razas Chapalote, Dulce, F<sub>2</sub> Cónico y H-28 aunque tienen una actividad amilolítica mayor en los primeros días, después mantienen una actividad más o menos igual, los granos Dulce, F<sub>2</sub> y Cónico muestran una muy elevada actividad en los primeros días del estudio lo que nos lleva a concluir que son granos con mucha sensibilidad a la germinación.

Todos los granos estudiados muestran unas altas y bajas durante los días estudiados, esto se cree que se deba a un aumento de unas amila-

sas con unas formas moleculares y a la disminución de otras amilas con -  
otras formas moleculares, esto es basados en estudios electroforéticos - -  
realizados por Emilio Huges (comunicación personal) donde en los geles -  
muestran diferentes bandas que significan diferentes formas de amilasas.

Reuniendo todos los datos que tenemos podremos sacar conclusio- -  
nes.

## CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados que obtuvimos en las corridas y estudiando las gráficas podemos decir que aunque no guarde relación directa la estructura del endosperma a la sensibilidad de producción de amilasas, sí las gráficas nos muestran información muy aprovechable, como es el poder suponer debido a la sensibilidad de cada raza a la inducción de la producción de estas amilasas. Estos datos pueden ser significativos al relacionarlos con el lugar de siembra, ya que como por ejemplo, F<sub>2</sub>, cónico y dulce, que son los granos que mostraron una elevada sensibilidad a la humedad, es decir que solo necesitan una poca de humedad para inducir la producción de estas enzimas, por lo que si esta se inicia cuando el grano está almacenado, éste no servirá para cosechas ni para muchos otros usos a los que habitualmente se les designa, por lo que podríamos postular que dichos granos deberfan recomendarse para lugares donde no hay riego, ó bien en lugares donde la precipitación pluvial es baja y la temperatura no es muy propicia para la siembra, claro que en condiciones de humedad los resultados serfan óptimos, sin embargo, en tal caso el problema serfa su almacenamiento, que deberá hacerse teniendo cuidado de que se haga en un lugar seco ya que como vimos solo se necesita un poco de humedad para que estos granos alcancen niveles elevados en la producción de enzimas amilolíticas, las cuales dañan al grano en su capacidad de germinar y esto puede provocar que después de varios días de su almacenamiento encontremos granos ya en proceso de deterioramiento, con muy poco ó ningún -

valor nutritivo. Por otro lado tenemos las razas Palomero de Toluca, Bofo y Apachito, que son las razas más resistentes a la humedad se recomendarían sembrarlos en lugares de riego, de grandes precipitaciones pluviales y temperaturas propicias ya que necesitan de mucha humedad para desarrollar la producción de dichas enzimas. Tendrían la ventaja de que para su almacenamiento no se necesitarían extremar precauciones por su baja sensibilidad a la humedad, se podrían sembrar en los trópicos, pero tomando en cuenta que una de las consecuencias de la humedad es afectar al grano incapacitándolo para la germinación ó dejándolos inservibles para algunos de los fines normales para los que estaban destinados. Esto se ha comprobado en el caso del trigo, en granos que aparentemente estaban sanos, se verificó en la Universidad de Manitoba, Canadá, (39), que la síntesis de amilasas ya se había iniciado, aunque el deterioro no era visible en los caracteres externos de los granos.

Por otra parte, existen pérdidas de granos en los lugares muy húmedos ó con grandes precipitaciones pluviales, pueden detectarse indicios de esta síntesis de amilasas en granos que aún estaban en la mazorca afectando directamente a los planes de nuevas siembras, ya que estos granos tienen pocas posibilidades de germinar aunque se les pongan fertilizantes e insecticidas al igual que a los otros, lo que produce pérdidas en el resultado del levantamiento de la cosecha.

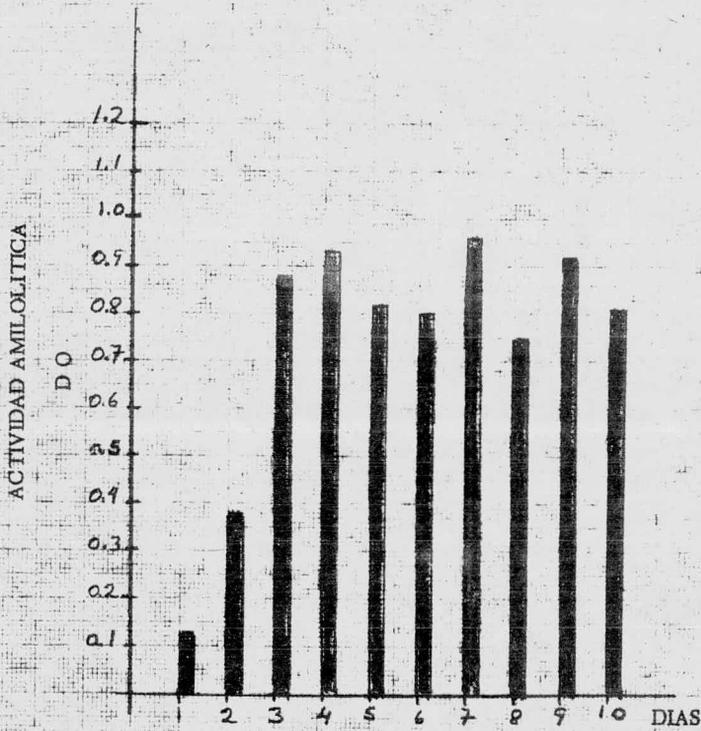
También hay que tener en cuenta que las posibilidades que una planta tiene para el brotamiento primario y para el crecimiento durante los primeros estadios de la germinación, dependen mucho de la capacidad de ob -

tención de energéticos y éstos se obtienen en un grado muy importante de los carbohidratos que existen en el endosperma.

Parte de la maquinaria diseñada para producir las enzimas amilolíticas son las capas de aleurona, y la sensibilidad de estas capas determina en un momento dado la posibilidad de un mejor uso de estos carbohidratos, esta sería una característica muy deseable en climas con poca precipitación pluvial. Por esto suponemos que es muy importante el estudiar los granos, no solo sus características fenotípicas sino también sus características genotípicas, que son las responsables de los caracteres genéticos que se tengan, ya que hay una gran cantidad de razas y variedades de las que se conocen muy pocos de sus caracteres bioquímicos y de su fisiología vegetal.

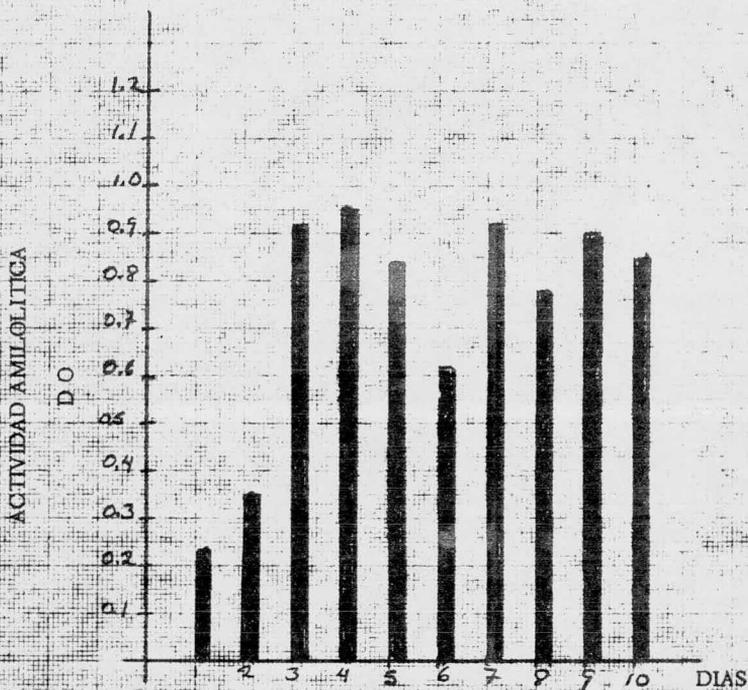
Si tomamos en cuenta los datos reportados por la FAO en 1974 donde vemos las pérdidas que por almacenamiento en lugares tropicales llegan a ser del orden del 30% de la cosecha total, nos damos cuenta de la importancia que pueden tener estos estudios, ya que tenemos que buscar en los granos las características necesarias para que puedan subsistir el almacenamiento con la menor pérdida que sea posible, ya que esta es fatal tanto para el agricultor, como en términos generales para la Nación.

## APACHITO



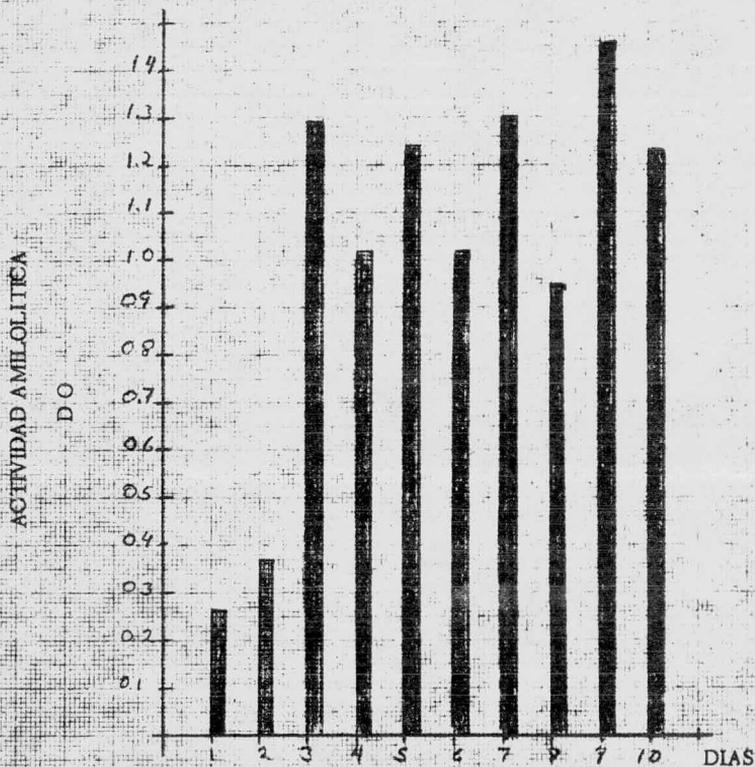
Actividad amilolítica desarrollada durante los 10 días del estudio.

## BOFO

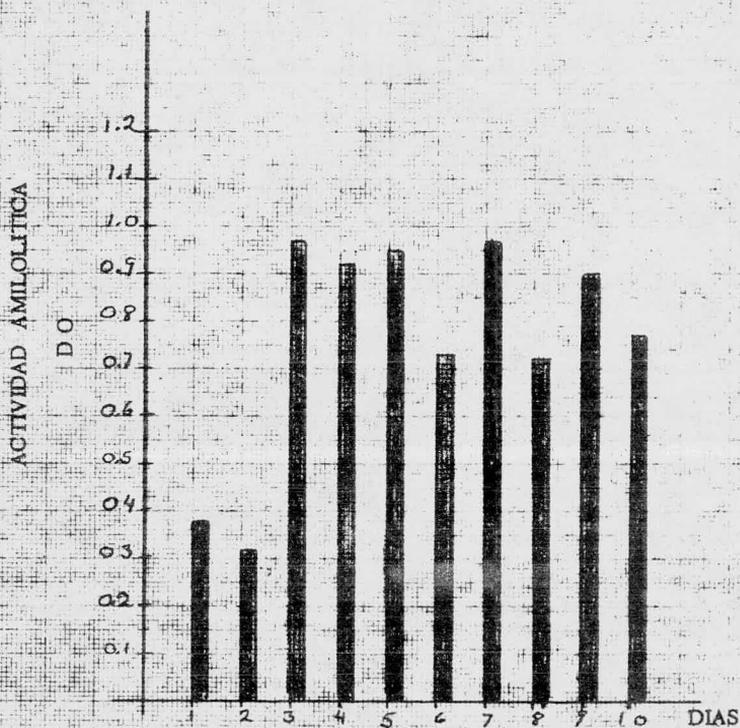


Actividad amilolítica desarrollada durante los 10 días del estudio.

## PALOMERO DE TOLUCA



Actividad amilolítica desarrollada durante los 10 días del estudio.



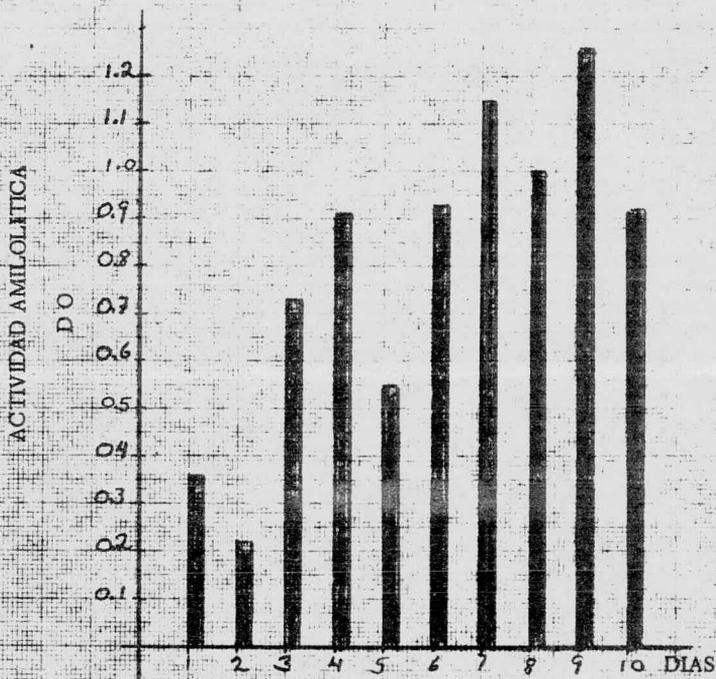
Actividad amilolítica desarrollada durante los 10 días del estudio:

## DULCE

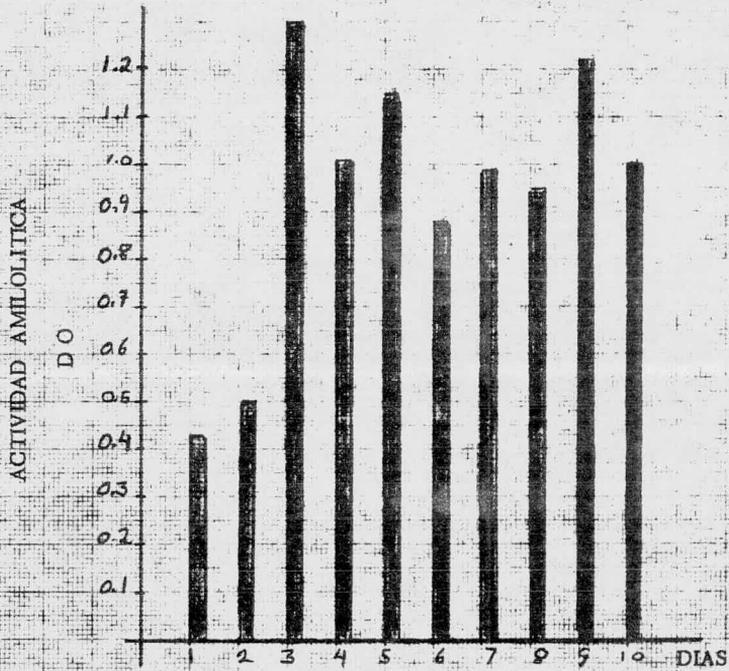


Actividad amilolítica desarrollada durante los 10 días del estudio.

## CHAPALOTE

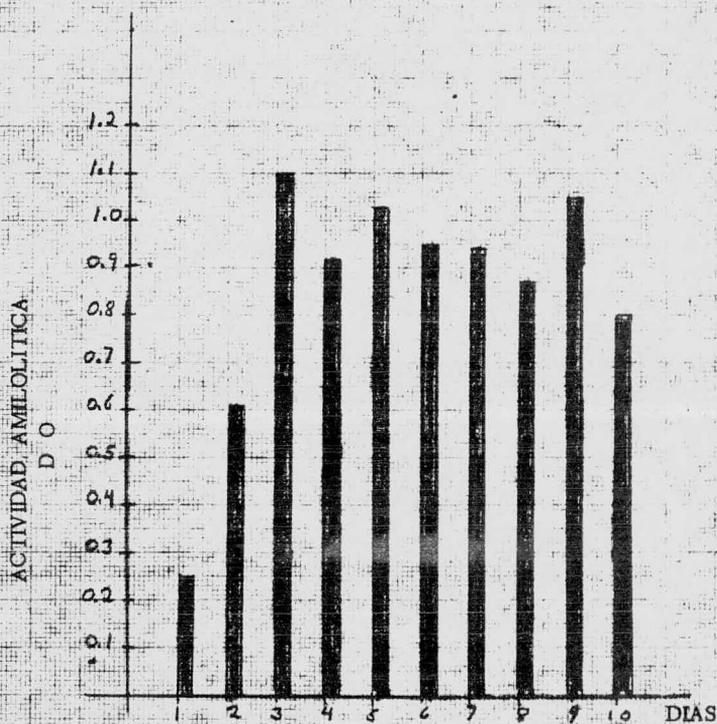


Actividad amilolítica desarrollada durante los 10 días del estudio.



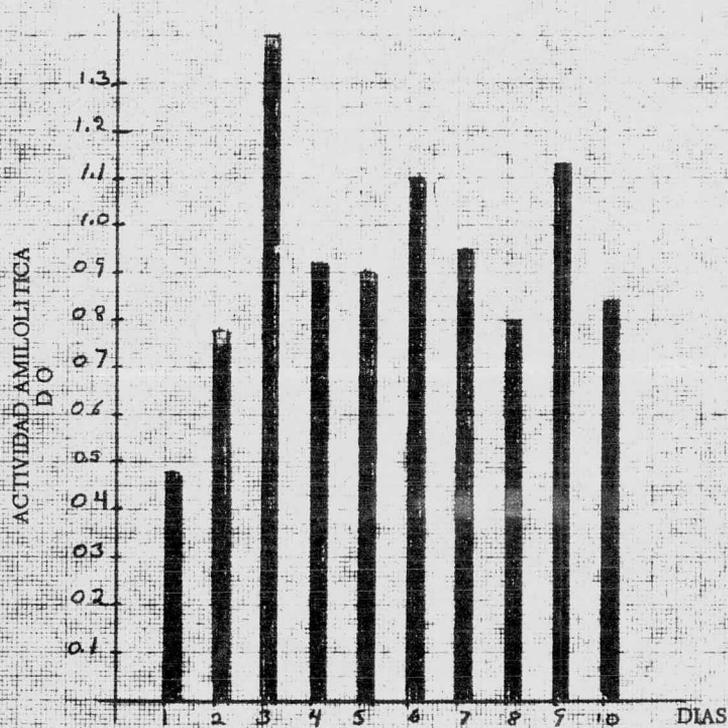
Actividad amilolítica desarrollada durante los 10 días del estudio.

## CRISTALINO



Actividad amilolítica desarrollada durante los 10 días del estudio.

## CONICO



Actividad amilolítica desarrollada durante los 10 días del estudio.

TABLA 6

Raza de Maíz	Día 1°	Día 4°	Día 5°	Día 6°
Apachito	0.13	0.94	0.82	0.80
Palomero	0.26	1.02	1.24	1.02
Cristalino	0.25	0.92	1.03	0.95
Bofo	0.24	0.95	0.84	0.62
Chapalote	0.36	0.91	0.95	0.93
H - 28	0.38	0.92	0.95	0.93
F - 2	0.43	1.01	1.15	0.88
Cónico	0.48	0.92	0.92	1.1
Dulce	0.42	1.02	1.12	0.99

En el 4°, 5° y 6° día de germinación en estudios electroforéticos se detectaron cambios en las formas moleculares de amilasas presentes en la germinación, estos estudios los está haciendo Emilio Huges.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Simposium sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo. Junio 29 y 30 de 1972.  
Colegio de Postgraduados E.N.A S.A.G. 1973 Introducción.
- 2.- Kaufmann H.H. Contaminación por hongos en granos almacenados - El. Pax México (1976).
- 3.- Jugenheimer U. R. W. - Champaign. Corn Improvement, Seed Production and Uses. Illinois (1958) 215-17.
- 4.- Nelson O.E. The Modifications by Mutations of Protein Quality in - Maize. International Atomic Energy Agency, Viena (1969) 41-54.
- 5.- Simposium. - Referencia 1 páginas 20-22.
- 6.- DIF. Desarrollo Integral de la Familia.
- 7.- Conasupo Consejo Nacional de Subsistencias Populares.
- 8.- Conasupo
- 9.- INIA. Granos Almacenados y su Control. Folleto 68  
INIA 1977 Julio.
- 10.- Jugenheimer R. Corn. John Wiley (1976) 33.
- 11.- Concon, J.M. The protein of Opaque 2 Maize. Prodedings of the - high Lysine Corn Conference. Purdue University. Lafayette Indiana U.S. (1966) 67-73.
- 12.- Simposium Series Report of Comission on Enzymes of the International Union of Biochemistry I.U.B. (1961) 20 Pergamon Press.
- 13.- Mayers A.M. The Germination of Seed. 2° Ed. A. Poljakoff Mayber (1975) 4.

- 14.- INIA. Referencia Agrícola Técnica en México II No. 4 (1963)  
A. Aguado, G. Palacios de la Rosa y A. Muñoz.
- 15.- Major M.G. & R. Mal B. The Races of Maize IV Tentative Grouping  
of 219 Latin American Races.  
Economic Botanic 31 204-221.
- 16.- Banco de Germoplasma I. N. I. A.
- 17.- Iturbe Chinas F.A. Estudio de Inhibidores de amilasas en Granos  
de Maíz. Tesis Profesional Fac. de Química U. N. A. M. (1976).
- 18.- L. Stryer. Bioquímica (1975) 129.
- 19.- Labansat V. Elisa del S. Diseño y preparación de una columna de  
afinidad para la purificación de las distintas formas de amilasas.  
Tesis Profesional. Fac. de Química U. N. A. M. (1975).
- 20.- J.E. Little and M.L. Caldwell. J. Biolog. Chem. (1942) 142 582.
- 21.- M.L. Cadwell C.E. Weill and R.S. Weill. J. Amer. Chem. Soc. -  
(1945) 67 1079.
- 22.- E.H. Fischer and E.A. Stein. Alfa amilases in P.D. Boyer, H. -  
Lardy and KM YR Backeds, The enzymes (1960) 4, 313 Academic -  
Press.
- 23.- B.L. Vallee E.A. Stein, W.N. Summer Well and E.H. Fischer J. -  
Biolog. Chem. (1959) 234 2901.
- 24.- G. Harrus Barley and Malt A.H. Cook ed. Academic Press.  
(1952) 583
- 25.- J.R.A. Pallock and A.A. Pool J. Int. Brew (1958) 64 151.

- 26.- S. Schuiminger. Cereal Chem. (1947) 24 167. Brew Dig. (1951) -  
26 29t 47t.
- 27.- S. Schuimmer. Cereal Chem (1951) 28 77.
- 28.- Worthintong. Biochemical Corp. Freehold N.J. (U.S.A.)
- 29.- S. Englorogard and T.P. Singer. J. Biolog. Chem (1951) 187, 217.
- 30.- England S. Sorof and T.P. Singer. J. Biolog. Chem. (1951) 189, -  
217
- 31.- E.U. Fischer and C.H. Haselback Helv. Chim. Acta (1951) 34, - -  
325.
- 32.- K.H. Meyer F.H. Fischer and P. Bornfield Helv. Chim. Acta (1947)  
30 64.
- 33.- K.H. Meyer P.F. Spahr, and E.H. Fischer Helv. Chim. Acta (1953)  
36 1924
- 34.- A. Piquet and E.H. Fischer Helv. Chim. Acta (1962) 35 257.
- 35.- S. Schwimmer and A.K. Balls J. Biolg. Chem. (1949) 179 1036.
- 36.- A.A. Thomas and D.E. Koshland J. Amer. Chem. 1960, 82, 3329.
- 37.- A.A. Thomas and D.E. Koshland J. Mol. Biol. (1960) 2 169 J.  
Biol. Chem (1960) 235, 2511.
- 38.- J.A. Radley. Starch and its Derivations. 4 ed. 432-433.
- 39.- Dr. E. Kruger. Comunicación Personal.