

1-3-52

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA  
ACTIVIDAD CATALASICA  
EN VARIETADES DE MAIZ.

ISABEL LAGARDE ROJAS

TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS U. N. A. M.  
BIOLOGIA



MEXICO, D. F.  
1952



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.

*A mis amados "Muchachito" y "Caty"  
cuyo trabajo y corazón  
hacen la perenne inspiración de mi vida.*



*A mi distinguido Maestro*

*Sr. Dr. Dn. ROBERTO LLAMAS*

*Director del Instituto de Biología:*

*con su bondadoso interés y enseñanzas fueron  
hechas las investigaciones para la preparación  
de este trabajo.*



*Al Sr. Dr. Juan Roca*

*agradeciendo su valiosa ayuda.*

## S U M A R I O

**CAPITULO I:** INTRODUCCION.

**CAPITULO II:** MATERIALES Y METODOS.

**CAPITULO III:** INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE  
LA ACTIVIDAD CATALASICA DURANTE  
LA GERMINACION DE LOS GRANOS DE  
MAIZ.

**CAPITULO IV:** ENZIMAS DURANTE LA GERMINACION  
DEL MAIZ.

**CAPITULO V:** DISCUSION Y C ONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFIA.

## **CAPITULO I**

## INTRODUCCION

La catalasa es una enzima que tiene la propiedad de descomponer el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno. Como éste es liberado al estado molecular, se ha considerado que la catalasa no constituye realmente un sistema de oxidación, y su función general resultaría ser sólo la destrucción del agua oxigenada, sin tener el poder aparente de activar el oxígeno así liberado.

Thénard observó en 1811, que los tejidos vegetales y animales, así como ciertos metales finamente divididos, son capaces de descomponer el peróxido de hidrógeno con desprendimiento de oxígeno. Schonbein (21) observó esta acción en 1863 y creyó que era una propiedad de todas las enzimas. Pero este punto de vista fué rectificado en 1892 por Jacobson (11) y en 1901 por Loew (14).

Hennichs (9) concentró catalasa usando la adsorción con caolín y la precipitación fraccionada con alcohol. Obtuvo una concentración de 300-400 y su catalasa más pura tuvo un poder catalásico "Kat. f." (de Katalasefaehigkeit: Faehigkeit-poder y Katalase-catalasa) de 20,000 a 30,000. Encontró de 3.5 a 4.1% de fierro en sus preparaciones y no pudo establecer ninguna relación entre el fierro contenido y la actividad enzimática. Esto indudablemente fué debido a la ferritina que tiene un contenido de hierro de 20%.

Zeile y Hellstrom (28) pudieron obtener catalasa libre a partir de la hemoglobina usando el método de Tsuchihashi, que consiste en añadir alcohol y cloroformo a la catalasa y agitar. Mostraron que su material purificado era una ferro-porfirina. Zeile demostró que la catalasa de las semillas germinadas de amapola contiene hematina. Stern (22) confirmó la presencia de ésta en la catalasa, demostrando que era una protohematina.

La preparación de la catalasa cristalina se debió por vez primera a Summer a partir del hígado de res. La enzima pura contiene 0.1% de hierro y tiene su máxima absorción a 627 y 536 m. Preparaciones obtenidas por los primeros investigadores también contienen cobre y un pigmento azul. Ambos componentes pueden sin embargo ser removidos sin destruir la acción enzimática.

En 1937 Sumner y Dounce (23) obtuvieron catalasa cristalina a partir del hígado de oveja, y en el año de 1939 Dounce y O. Frampton (6) pudieron obtener catalasa cristalina del hígado de caballo. Sumner, Dounce y V. L. Frampton (24) han trabajado en un método que no está probado aún para la preparación de esta substancia.

El grupo activo de la catalasa es su grupo hemínico, que contiene hierro. La actividad de las mejores preparaciones catalásicas de los corpusculos rojos de la sangre tiene un poder enzimático igual a 100,000; en cambio, el poder enzimático de la catalasa del hígado, es sólo de 60,000.

### **DISTRIBUCION DE LA CATALASA.**

Aunque este fermento se encuentra frecuentemente en todos los tejidos vivos, su concentración varía grandemente de tejido a tejido; en los mamíferos existe en gran proporción en los eritrocitos y en el hígado..

Zeile ha encontrado altas concentraciones en las semillas germinadas. En el hígado fresco de caballo esta concentración de catalasa es de .05% y en la sangre humana es de .07%.

Según Loew (14) (1901) la catalasa existe en dos formas: una insoluble en agua y la otra soluble, a las que denominó alfa-catalasa y beta-catalasa respectivamente. Appleman (2) (1910) encontró que la catalasa insoluble de la papa pudo ser separada de la soluble mediante un papel filtro.

### **PAPEL FISIOLÓGICO DE LA CATALASA.**

La catalasa ha sido denominada la "enzima scavenger". Una de sus funciones parece ser la protección de las células contra posibles acumulaciones de agua oxigenada, producto de algunas bio-oxidaciones y que es

altamente tóxica. Si dicho peróxido de hidrógeno resulta de reacciones metabólicas normales, o si es el resultado de reacciones accidentales secundarias, no se sabe.

Mellon (16) y sus colaboradores han dicho que la acción benéfica de la sulfanilamida es debida a la posibilidad de esta droga para destruir o inactivar la catalasa de la sangre y tejidos, permitiendo a la vez que se acumule agua oxigenada en suficientes cantidades para destruir las bacterias. En algunas células, por ejemplo los eritrocitos, la catalasa no es siempre un protector eficiente contra la acción destructora del peróxido. Además, Keilin y Hartree, han demostrado que "in vitro" la catalasa, en lugar de destruir el  $H_2O_2$ , puede, al usarse en bajas concentraciones, intervenir en la oxidación de alcoholes. La función normal de la catalasa aún está en duda y su papel en las bio-oxidaciones es aún hipotético.

### INACTIVACION DE LA CATALASA MEDIANTE LA • TRIPSINA.

En 1913 Waentig y Steche (27) encontraron que la catalasa era inactivada por medio de la tripsina y por el jugo gástrico de cangrejos, pero en cambio no lo era por la pepsina débilmente ácida Tauber y Kleiner demostraron que esta enzima era inactivada por la tripsina a un pH de 6.4. Sumner y Dounce (23) a su vez encontraron que la catalasa cristalina es inactivada por la tripsina.

### ¿PUEDE LA CATALASA SER RESINTETIZADA DESPUES DE SU DISOCIACION?

Theorell (25) fué capaz de descomponer la enzima amarilla de Warburg y Christian en su parte proteínica y en la de fosfato riboflavina dializando la enzima libre de sales en ácido hidroclicórico 0.02N. Neutralizando la proteína desnaturalizada, llegó a ser renaturalizada, y sobre añadiendo el fosfato riboflavina neutralizado a ésta, la enzima amarilla fué constituida.

Agner (1) afirma haber disociado la catalasa del hígado de caballo en proteína y hemina, y que la ha reconstituido nuevamente usando su procedimiento similar. Sin embargo Tauber y Kleiner no pudieron repe-

tir ésto, usando catalasa del hígado de res, conejo y rata. Tampoco lo pudieron lograr Sumner y Dounce (23) al usar esta enzima cristalina del hígado de res.

Lemberg, Morrie y Legge (13) dicen que la inhabilidad para la reasociación catalásica se debe a la labilidad de la substancia azul o biliverdina.



## CAPITULO II

## MATERIALES Y METODOS.

Se utilizaron para este trabajo dos variedades de maíz (**Zea mays**) y un híbrido obtenidos en México. Sus nombres son los siguientes:

Variedad Ramillán (aclimatada de 1000-1900 mts.).

Variedad 520 (aclimatada de 0-1000 mts.).

Híbrido 1 (aclimatado de 1900-2300 mts.).

Para la germinación de los granos se utilizó un aparato con temperatura constante controlado con termóstato. Se obtuvo la luz artificial con lámparas de 150 Watts, Flood Light, que funcionaban alrededor de seis horas diarias.

Los granos se pesaron en lotes de 5 gramos cada uno, y previa germinación, fueron sumergidos durante 24 horas en agua destilada, germinando sobre algodón saturado con agua destilada en cápsulas de porcelana que se colocaron por el tiempo deseado dentro del aparato germinador. Los granos que no germinaron, previamente desecados, se pesaron y este peso se descontó al del lote inicial.

### PROCEDIMIENTO PARA LA EXTRACCION ENZIMATICA.

Después de germinados los granos durante el tiempo deseado, se trituraron en un mortero hasta formar una pasta homogénea; esta se diluyó en 25 cc. de agua destilada, dejándose durante 30 minutos; después de este tiempo se pasó por papel filtro.

### VALORACION DE LA ACTIVIDAD CATALASICA.

La actividad de este fermento se determinó mediante el método yodométrico que consiste en lo siguiente:

Se prepara partiendo de perhidrol ( $H_2O_2$  al 30%) una solución de agua oxigenada 0.1N; de ésta se toman 10cc. que se colocan junto con

10cc. de una solución buffer pH5, 1cc. del fermento y 4cc. de agua destilada para hacer un volumen total de 25cc., el cual se deja actuar durante 40 minutos a 2°C.; pues a mayores temperaturas, el agua oxigenada es descompuesta rápidamente por el fermento. Después de haber actuado el tiempo necesario se toman 5 ml. de esta alícuota a la que se añaden 5 ml. de H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> 2N más 1 gramo de yoduro de potasio. Después de 20 min. se titula (se deja esperar este tiempo para que el yodo se libere totalmente) con tiosulfato de sodio 0.05N, usando como indicador almidón soluble al 2%.

Además del método anteriormente citado, que se ha utilizado para la determinación de la actividad catalásica, existen otros, los cuales son en su mayoría modificaciones del método descrito por Appleman (2) (1910). Cualquier descripción de algún método para la preparación y estudio de la catalasa tiene que hacerse necesariamente de un modo general, pues los detalles dependen del tipo de material usado, de la cantidad de fermento presente y de las condiciones bajo las cuales se ha hecho el experimento. Para estos detalles de preparación de la catalasa, pueden consultarse los trabajos de Heinicke (8) (1923-24-33) Rhine (19) (1924) Davis (1925) Lantz (12) (1927) Bunzel (4) (1930) y Dexter (5) (1934).

### C A L C U L O S .

Los cálculos que a continuación se expresan son los que se hicieron en este trabajo para determinar la actividad catalásica en el maíz.

Se partió de una solución de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0.1N de la cual se utilizaron 10cc., cantidad sobre la cual actúan 0.04 grs. de semilla. Tomándose en cuenta los ml. de agua oxigenada descompuesta de una manera espontánea en el testigo, es decir, el que no contenía fermento, se calculó de la siguiente manera:

Si en 25 ml. de la alícuota hay 0.056 ml. de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en 5 ml. que se tomaron de éste habrá: es decir:

$$\frac{0.056 \times 5}{25} \quad 0.0112 \text{ ml. (cantidad de H}_2\text{O}_2\text{)}$$

que hay antes de actuar el fermento).

Si 5 ml. de tiosulfato equivalen a 0.0112 ml. de  $H_2O_2$ ; 3.5 ml. de tiosulfato (cantidad gastada por el que tenía fermento) corresponden a X ml. de agua oxigenada o sea:

$$\frac{0.0112 \times 3.5}{5} = .00784; \text{ esta es la cantidad de } H_2O_2$$

que hay después de haber actuado el fermento.

La diferencia entre 0.0112 y .00784; o sea .00336 es la cantidad de  $H_2O_2$  descompuesta en 30 minutos por X cantidad de semilla. Tomando en cuenta los datos anteriores se calcula la cantidad de catalasa de la semilla estudiada.



### CAPITULO III

## INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE LA ACTIVIDAD CATALASICA DURANTE LA GERMINACION DE LOS GRANOS DE MAIZ.

La influencia que este factor ejerce sobre el proceso de germinación y desarrollo de un grano es la gran importancia. Existen variedades de maíz, trigo, cebada, centeno, etc. que germinan mejor a temperaturas elevadas; en cambio en otras variedades de esos mismos granos la germinación se efectúa mejor a temperaturas intermedias y bajas. El modo por el cual se han adaptado a determinados climas esas variedades sería difícil de explicar ya que el problema es complejo. Sin embargo, como podrá verse en este trabajo, la temperatura modifica las funciones enzimáticas, dentro de las cuales se encuentra la función catalásica que hemos estudiado en el maíz. También se sabe que altera otras funciones, tales como la respiración, la fotosíntesis, la reproducción, etc.

Jones y Donald han estudiado el efecto de la temperatura en el crecimiento y esterilidad del maíz. Observaron que granos de este vegetal cuya germinación principió en un invernadero y después fueron sacados, crecieron menos que plantas de iguales granos que germinaron desde un principio en el exterior.

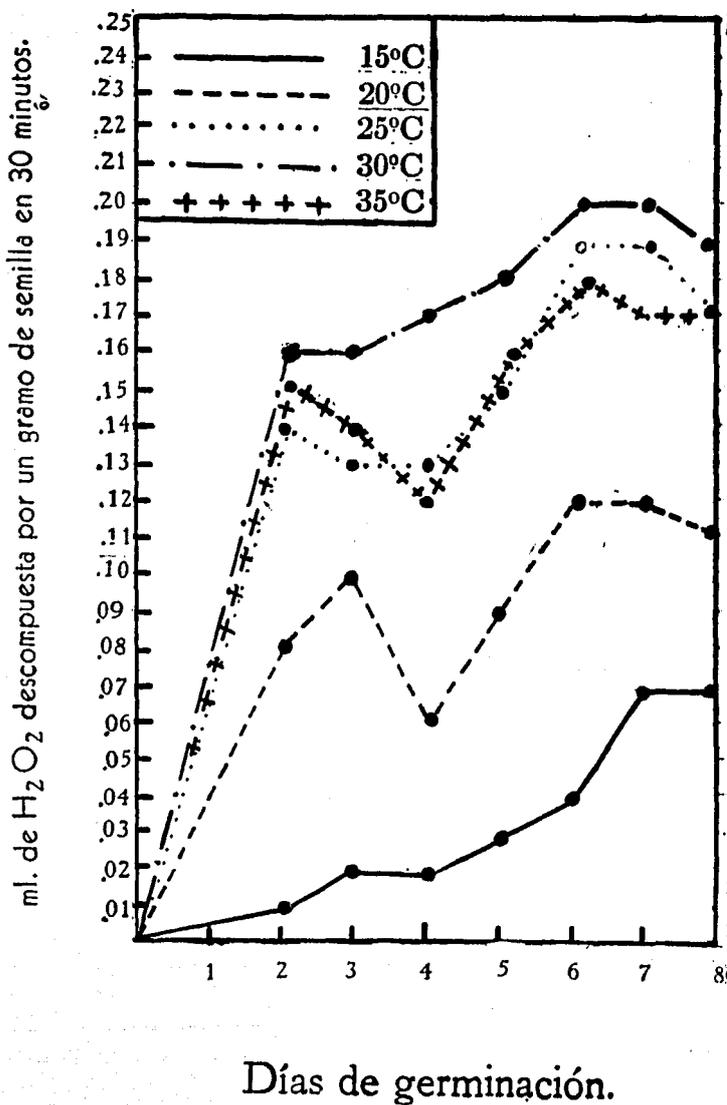
Para comprobar el efecto de este factor temperatura en los primeros estados de crecimiento, fueron germinados granos de una primera generación de híbridos (WF9xP8) en una incubadora a 30 C. hasta que los tallos y las raíces tuvieron una altura de un cuarto o media pulgada. Lotes de maíz fueron puestos a una temperatura de 40 C. y 60 C. durante una hora y plantados en macetas se dejaron en el invernadero hasta que su crecimiento fuera seguro. Después se plantaron en el campo junto con plantas del mismo lote de granos sembradas en el campo al mismo tiempo que los cultivos tratados fueron incubados. Todos los cultivos tratados fueron más pequeños en altura, menos vigorosos en su crecimiento

y su florecimiento fué posterior del de las plantas no tratadas. Todos los lotes tratados mostraban el pólen estéril. Esta influencia en el crecimiento puede ser empleada en la producción de granos híbridos.

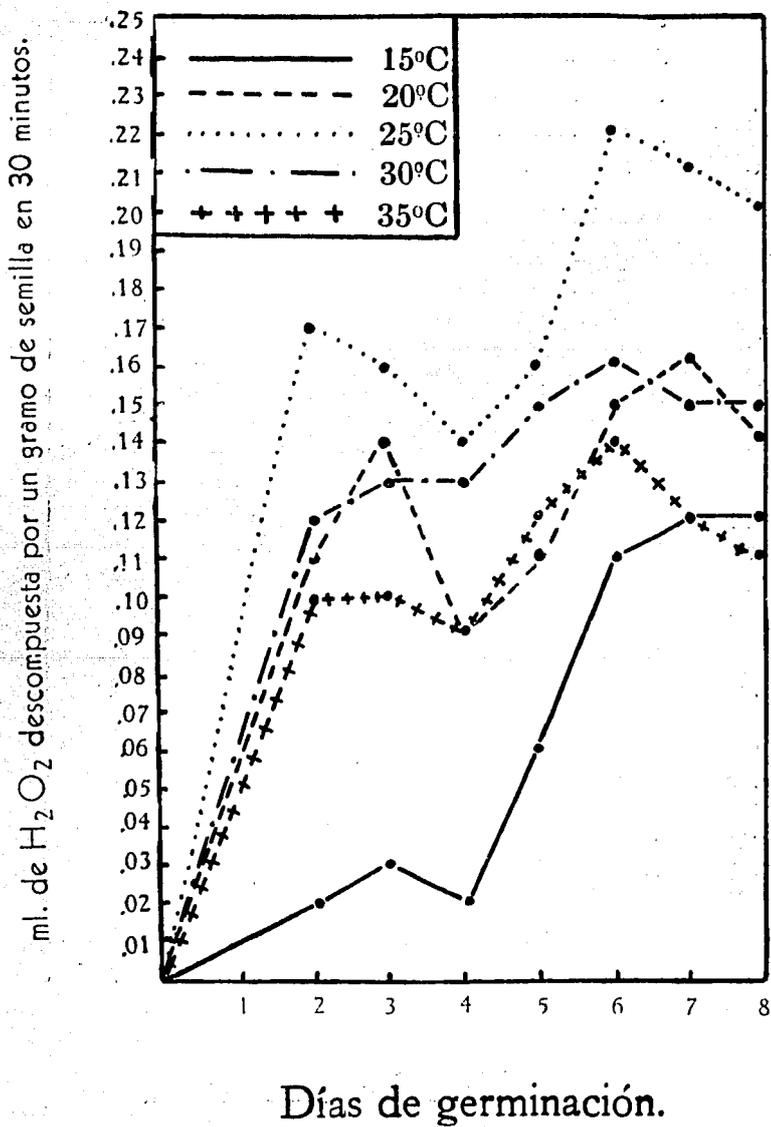
Se ha observado que durante la germinación, los granos producen diferentes enzimas como amilasas, catalasas, proteasas, lipasas y otras más, las cuales tienen una determinada actividad; actividad ésta que aumenta o disminuye según también el aumento o disminución de temperatura; esta relación entre la actividad enzimática y el factor temperatura puede ser directa o inversamente proporcional según se trate de unas u otras variedades de granos. Esto, en relación con la actividad catalásica del maíz puede observarse en las siguientes gráficas:



Variedad V<sub>520</sub>  
 Aclimatada de 0-1000 mts.

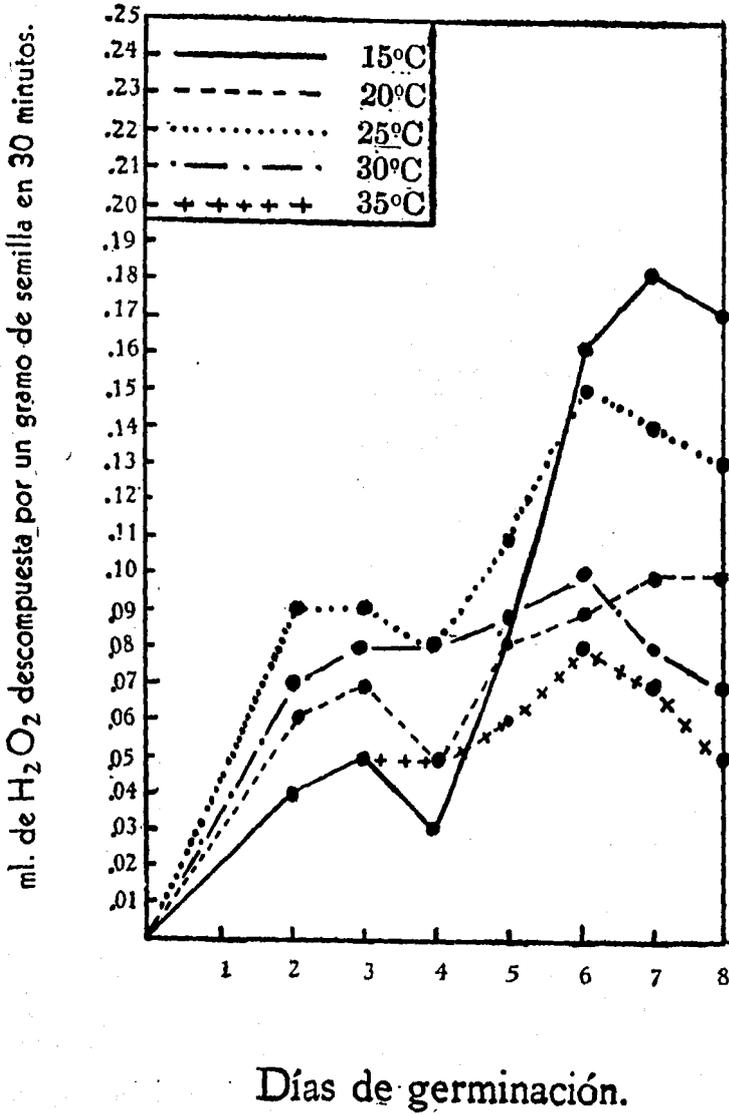


**Varietad Ramillán**  
**Aclimatada de 1000-1900 mts.**



# Hibrido H<sub>1</sub>

Aclimatada de 1900 - 2300 mts.



## EXPLICACION DE LAS GRAFICAS.

La variedad 520, que está aclimatada a una altura de 0 a 1000 metros sobre el nivel del mar, es decir, a temperaturas cálidas, tuvo su máxima actividad catalásica (.20 ml. de  $H_2O_2$  descompuesta por un gramo de semilla en 30 minutos) a los  $30^{\circ}C.$ , la cual disminuyó a los  $25^{\circ}C.$ , a los  $35^{\circ}C.$ , y aún más a los  $20^{\circ}C.$ , siendo casi nula a los  $15^{\circ}C.$

De la variedad Ramillan, cuya aclimatación varía entre los 1000 y los 1900 mts. (vemos que es una temperatura más bien caliente que fría) se encontró su máxima actividad enzimática a los  $25^{\circ}C.$ , la cual fué de .22 ml. de  $H_2O_2$  descompuesta por un gramo de semilla en 30 minutos; ésta decreció para ser igual tanto a los  $20^{\circ}C.$  como a los  $30^{\circ}C.$ ; continuó disminuyendo a los  $35^{\circ}C.$  y más todavía a los  $15^{\circ}C.$

El híbrido 1, que está aclimatado a una altitud de 1900 a 2300 mts., es decir, cuya germinación se efectúa mejor a temperaturas frías, tuvo su máxima actividad catalásica a los  $15^{\circ}C.$ , siendo ésta de .18 ml. de  $H_2O_2$  descompuesta por un gramo de semilla en 30 minutos; la actividad fué disminuyendo a los  $25^{\circ}C.$ , menor aún fué a los  $20^{\circ}C.$ , a los  $30^{\circ}C.$  y a los  $35^{\circ}C.$

Observaciones hechas por diferentes investigadores han demostrado que la catalasa de las distintas especies muestran una considerable variación en relación con la temperatura. En la papa, Appleman (2) encontró que la catalasa era completamente destruida a  $50^{\circ}C.$  El coeficiente de velocidad fué 1.5 de 0 a  $10^{\circ}C.$ , pero a mayores temperaturas hubo una aparente disminución en este coeficiente, que fué probablemente debido a la destrucción de la catalasa a medida que la temperatura aumentaba. Lantz (12) (1927) encontró que había una acumulación gradual de catalasa en la germinación del maíz a  $10^{\circ}C.$ , así que al final el contenido catalásico era casi igual al de  $20^{\circ}C.$  y  $30^{\circ}C.$  A los  $42^{\circ}C.$  dicho contenido estuvo marcadamente reducido. El punto de la destrucción total de esta enzima para la moyría de los casos investigados, sin embargo osciló de  $65^{\circ}C.$  a  $80^{\circ}C.$

## CAPITULO IV

## ENZIMAS DURANTE LA GERMINACION DEL MAIZ

El maíz es una de las semillas que han sido mayormente estudiadas bajo distintos aspectos, tanto científico como práctico. Se le ha estudiado desde un punto de vista genético, de resistencia a las sequías, a las enfermedades, acerca de su valor alimenticio, etc.

Mediante experiencias hechas por varios investigadores, como: Sachs (1887), Peters (17) (1861), Fleury (1865), Muntz (1871), Schutenberger (1882), Schertz (20) y Atkinson (1922), se ha llegado a saber que durante la germinación del maíz se producen un gran número de cambios químicos. Siguiendo las técnicas de Malhotra se germinaron varios lotes de este grano y se obtuvieron los siguientes resultados: el almidón, las hemicelulosas, calorías y grasas disminuían; los azúcares aumentaban, mientras que las proteínas y el nitrógeno permanecían constantes aunque éste era conducido de un tejido a otro.

Hasta la fecha son muchas las enzimas que se han estudiado en el proceso de la germinación. Lüers, durante el malteo de la cebada encontró que la alfa amilasa alcanza su máxima actividad a los 8 días, la beta amilasa entre los 6 y 7 días y las peptidasas a los 7 días.

Pozen (1934), dice que las citinas amilasas, proteasas, peptidasas, oxidasas y fitasas son secretadas por el embrión de la cebada durante la germinación.

Los cambios citológicos que se efectúan en las células de la capa epitelial del maíz, durante la formación de las enzimas han sido estudiados por Torrey (26) (1902) y Reed (18) (1904). Torrey considera que el núcleo es en donde se producen las enzimas. El notó en el caso de esta grano, que al principio de la germinación el núcleo contenía gránulos teñidos de negro que se secretaban dentro del protoplasma y finalmente se colectaban en la pared siguiente al endospermio en donde desaparecían. Inmediatamente después de esta disolución, la primera actividad

enzimática es notada en las paredes celulares y en los granos de almidón del endospermio. Torrey (26) consideró a estas acumulaciones en la base de las células epiteliales como depósitos de substancia enzimática. Reed (18), sin embargo, no pudo confirmar las observaciones de Torrey relativas a la expulsión de materia sólida del núcleo pero observó que la cromatina del núcleo aumentaba a medida que progresaba la germinación mientras que los nucleolos disminuían en tamaño.

Horning (10) y Petrie (1927), consideraron que las mitocondrias de las células epiteliales emigraban hacia el endospermio atrayendo a sus superficies las enzimas que actúan sobre las reservas alimenticias contenidas ahí.

La función de la capa de aleurona ha recibido también considerable atención. Beyerinck (1895) consideró que esta capa secretaba maltasa; Green (7) (1899), Haberlandt (1890) y Brown y Escombe (1898) concluyeron que secretaba citasa en el caso de la cebada; mientras Puriewitsch (1897) y Linz (1896), dieron una conclusión opuesta. De cientos de observaciones hechas en los granos de cebada, Mann (15) y Harlan (1915), concluyeron que la capa de aleurona de estas semillas no tuvo ningún poder secretorio durante la germinación. Consideraron que todas las enzimas formadas en la semilla durante este proceso eran secretadas por la capa epitelial; así como también concluyeron que la capa de aleurona puede actuar como protectora del endospermio y el embrión y que el material nitrogenoso en estas células puede servir como fuente de nitrógeno en las plantas jóvenes después de haber elaborado sus propios carbohidratos.

Otros investigadores como Bach (3), Oparin y Wahner (1927), dicen que las semillas de trigo en estado latente, contienen enzimas activas aunque en pequeñas cantidades. Durante la germinación estas enzimas aumentan rápidamente, llegan al máximo y luego decrecen en cantidad durante las últimas fases de este proceso. La presencia de oxígeno libre es necesaria para su formación. Un aumento similar en la cantidad de enzimas es observado durante la maduración de la semilla, pero al final de ésta se nota un rápido descenso.

Tascher y Dungan (1928) encontraron que la actividad diastática

del maíz aumentaba durante la germinación. El vigor de este grano no puede ser explicado como debido a las diferencias en la actividad diastática, sino aparentemente se debe a la gran cantidad de reservas. La cantidad de enzimas diastáticas producidas por la capa epitelial aumenta durante la germinación, así que la harina del trigo malteado es rica en estas enzimas.

En este trabajo se encontró la máxima actividad catalásica para la variedad 520 al séptimo día, la cual fué de .20 ml. de agua oxigenada descompuesta en 30 minutos por un gramo de semilla, habiendo germinado ésta a una temperatura de 30°C. A los 0 días, mediante el método yodométrico que fué el utilizado en este trabajo, no se le encontró ninguna actividad al maíz. La catalasa aumentó de una manera brusca hasta .16 ml. al 2o. día; en el 3o. no varió la actividad sino que quedó igual; ascendió lentamente al 4o. día a .17 ml.; al 5o. a .18 ml.; continuó ascendiendo al 6o. día hasta .20 ml. que fué su máxima actividad, al séptimo fué la misma y al octavo descendió a .19 ml.

La variedad Ramillán a los cero días tampoco tuvo actividad alguna pero ésta aumentó bruscamente y al segundo día llegó a .17 ml., descendió al tercero a .16 ml. y al cuarto día a .14 ml.; al quinto día ascendió nuevamente a .16 ml., continuó ascendiendo al sexto día, en el cual obtuvo su máxima actividad catalásica, que fué de .22 ml., al séptimo día bajó a .21 ml. y al octavo a .20 ml. La máxima actividad la obtuvo este grano habiendo germinado a una temperatura de 25°C.

El híbrido 1 tampoco tuvo actividad a los 0 días; al segundo fué de 0.04 ml. y al tercero de .05 ml., descendiendo lentamente al cuarto día a .03 ml., vuelve a subir al quinto a .08 ml., continúa subiendo pero de una manera brusca al sexto día hasta .16 ml., al séptimo alcanza su máxima actividad catalásica, que fué de .18 ml., habiendo germinado la semilla a una temperatura de 15°C., y al octavo día desciende nuevamente a .17 ml.

Como se puede observar en las gráficas anteriores, las 2 variedades aumentan bruscamente su actividad en los primeros días, en cambio, el híbrido la va aumentando de una manera lenta.

## CAPITULO V

## D I S C U S I O N

Los factores climatéricos ejercen una influencia decisiva sobre características tanto morfológicas como fisiológicas en el vegetal.

En este trabajo se ha estudiado el papel que desempeña la temperatura sobre uno de los aspectos fisiológicos del maíz, como es la actividad catalásica, y en estas experiencias se nota con claridad la forma en que actúa este factor sobre distintas variedades de este grano; esto es, que la respuesta dada por diferentes vegetales (en este caso el Maíz) a una misma temperatura, por ejemplo 15 C. promedio, será diferente para cada una de ellas, según la altura de aclimatación a que se halla adaptado este grano. Tal es el caso de la variedad 520, que es un míz aclimatado para altitudes de 0 — 1000 metros sobre el nivel del mar en México y que por lo tanto se desarrolla bien en temperaturas cálidas; si se cultiva en altitudes superiores a 1000 metros, como puede ser en el Valle de México (2250 metros) y donde la temperatura es inferior, dará como resultado un menor rendimiento en la cosecha, así como varias modificaciones en su constitución química, ciclo vegetativo, desarrollo, etc. En resumen, se verían disminuídas en su mayor parte las actividades fisiológicas de este vegetal, por influencia del medio ambiente.

Igual cosa sucedería en caso contrario y se cultivase la variedad Presán H1 (adaptada a una altitud de 1900-2300) en la costa, donde la temperatura es más elevada que en el Valle de México. Los experimentos fueron concluyentes y nos dan una idea exacta de las aseveraciones anteriores en lo referente a la influencia de la temperatura, que obra específicamente según la variedad de maíz de que se trate.

Por otra parte, se ha estudiado esta actividad enzimática durante los primeros días de germinación en estas tres variedades y comprenden los experimentos desde el segundo hasta el octavo día y sometidas a temperaturas de 15, 20, 25, 30 y 35°C. La temperatura de 35°C., resulta un

poco elevada, pero si tomamos en cuenta el corto plazo del experimento, comparado, con el que se tomaría en todo un ciclo vegetativo (más de 100 días) resulta esta temperatura moderada y además factible de estudiar su influencia sobre el desarrollo enzimático del grano de maíz germinado.

Se encuentra que la catalasa aumenta progresivamente en las tres variedades durante el proceso de germinación alcanzando su máxima actividad alrededor del sexto y séptimo día en cualquiera de las cinco temperaturas de germinación; pero es mayor la actividad para cada una de ellas en la temperatura promedio correspondiente a la altura de aclimatación.

## CONCLUSIONES.

1.—La temperatura de aclimatación es un factor de gran importancia sobre la actividad catalásica del maíz. Esta actividad enzimática del híbrido 1, por ejemplo, es máxima a la temperatura de germinación de 15°C. coincidiendo con la temperatura de aclimatación de esta semilla adaptada a una altitud de 2200 a 2600 mts. sobre el nivel del mar.

2.—Para la variedad 21, adaptada a temperaturas semicálidas, existentes en luras de 1200 a 2000 mts., la máxima actividad catalásica fué a la temperatura de germinación de 25°C.

3.—La variedad 520, aclimatada a temperaturas cálidas, existentes en altitudes de 0 a 1000 mts. tuvo su máxima actividad catalásica a la temperatura de germinación de 30°C.

4.—La actividad catalásica de las semillas de maíz estudiadas en este trabajo durante la germinación fué mayor entre el sexto y el séptimo día.

5.—Existen diferentes máximas de actividad entre las distintas variedades de maíz que se estudiaron en este trabajo, correspondiendo la máxima para la variedad 21 al sexto día y germinada a la temperatura de 25°C. En orden decreciente, sigue la variedad 520, cuya máxima actividad la tuvo al sexto y séptimo días, a la temperatura de germinación de 30°C. En último término se encuentra el híbrido 1, que tuvo su mayor actividad al séptimo día a la temperatura de germinación de 15 C.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.—AGNER, K., 1935 Z. Physiol. Chem., 235, 2.
- 2.—APPLEMAN C. A., 1910: Some observations on catalase, Bot. Gaz., 50: 181 — 192.
- 3.—BACH, A., A. OPARIN, and R. WAHNERI, 1927 (citado por Miller E. C. plant physiology).
- 4.—BUNZEL H. H., 1930: A simple apparatus for measuring catalase activity in plant and animal tissues, Sci., 72: 505 — 506.
- 5.—DEXTER, S. T., 1934: Respiratory rate and enzyme activity as related to the hardened condition of plants, Plant Physiol. 9: 831 — 837.
- 6.—DOUNCE A. L. and O. FRAMPTON, 1930: Science 89, 300.
- 7.—GREEN J. R., 18999 The soluble ferments and fermentation. Press, 480 pp.
- 8.—HEINICKE A. J., 1922 Factors influencing catalase activity in apple leaf tissue, N. Y., Sta. Mem. 62.
- 9.—HENNICH S. 1926: Ibid., 171, 314.
- 10.—HORNING, E. S. and A. H. K. PETRIE 1927 The enzymatic function of mitochondria in the germination of cereals, Proc. Roy. Soc., B, 102: 188 206.
- 11.—JACOBSON W., 1892: Z. physiol Chem., 16, 340.
- 12.—LANTZ C. W., 1927: Respiration in corn with special reference to catalase, Am. J. Bot., 15: 85 — 105.
- 13.—LEMBERG R. M. NORRIS, and J. W. LEGGE 1937: Nature 144, 15.
- 14.—LOEW O. 1901: U. S. Dept. Agr. Report No. 68.
- 15.—MANN, A., and H. V. HARLAN 1915: Morphology of the barley grain with reference to its enzyme secreting areas, U. S. Dept. Agr. Bull., 183: 1 — 32.
- 16.—MELLON R. R. 1940 (citado por Sumner J. B. Adv. in Enzymol. 1941: I, 163 — 176).
- 17.—PETERS R. A., 1861, FLEURY M., 1865, MUNTZ A. 1871., Cereal Chemistry XI: 105 — 109.
- 18.—REED H. S., 1904: A study of the enzyme-secreting cells in the seedlings of Zea Mais. Ann. Bot., 18: 267 — 287.
- 19.—RHINE L. E., 1924 Divergence of catalase and respiration in germination, Bot. Gaz., 78: 46 — 67.
- 20.—SCHERZ F. M., 1920 (Cereal Chemistry XI: 105 — 109).
- 21.—SCHOENBEIN C. F., 1863: (citado por Sumner J. B., Adv. in Enzymology 1941. I: 163 — 176).
- 22.—STERN K. G., 1936, J. Biol. Chem., 112, 661.
- 23.—SUMNER J. B., and DOUNCE A. L., 1937: Science 85, 366.
- 24.—SUMNER J. B. and DOUNCE A. L., and V. L. FRAMPTON 1940: J. Biolog. Chem., 136, 343.
- 25.—THEORELL H., 1934: Biochem. Z., 272, 155.
- 26.—TORREY J. C., 1902: Cytological changes accompanying the secretion of diastase, Bull. Torrey Bot. Club., 29: 421 — 435.
- 27.—WAENTIG P. and STECHE O., Z. 1913: physiol, Chem., 83 — 315.
- 28.—ZEILE K. and HELLSTROM H., 1930: Z, Physiol .Chem., 192, 171.