



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE CIENCIAS

REGULADORES DE CRECIMIENTO II :

EFFECTO DE ASPERSIONES DE ACIDO ACETIL SALICILICO SOBRE

PRODUCCION DE GRANO EN TRIGO

(Triticum aestivum L. cv. Lerma Rojo).

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A :

TARCISIO MARCO ANTONIO

GARCIA ESCALONA

MEXICO, D. F. 1982



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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

RESUMEN

En el presente trabajo, se estudió el efecto de aspersiones de ácido acetil salicílico (ASA), sobre la producción de grano en trigo (*Triticum aestivum* L. cv. Lerma Rojo). Con tal fin, se realizaron una serie de experimentos en invernadero y campo, para establecer curvas de dosis-respuesta y fechas de aplicación. Se probaron concentraciones de 10^{-7} a 10^{-2} M de ASA y como épocas de aplicación se tuvieron: el inicio de la floración (I.F.), 5, 10 y 15 días después de iniciada. Los parámetros estimados fueron el peso y el número de granos producidos. Se llevó a cabo además un experimento sometiendo a las plantas a un período de suspensión del riego.

Los resultados obtenidos señalan que, el momento más susceptible a la aplicación del compuesto, es el inicio de la floración y durante los primeros días después de iniciada, existiendo la posibilidad de un efecto inhibitorio sobre la producción, al suministrarse en fechas posteriores. Las concentraciones que muestran un efecto promotor sobre la producción de granos son 10^{-2} y 10^{-7} M de ASA. Posiblemente su acción es afectando el número de granos producidos. Se estimó también un efecto promotor en la producción de grano, por la aspersión de agua destilada más humectante sobre las espigas durante la floración .

Estos resultados son discutidos en relación al posible efecto del ASA sobre la producción de grano.

INDICE

PAG.

-RESUMEN	
-INTRODUCCION.	1
-ANTECEDENTES.	3
I. LA PLANTA DE TRIGO.	3
II. FLORACION	14
a) Descripción del proceso de floración	14
b) Aspectos fisiológicos del proceso de floración	16
c) Aspectos hormonales relacionados con la flora-- ción	21
III. FIJACION Y LLENADO DEL GRANO.	27
a) Estados de desarrollo y maduración del grano	27
b) Fisiología del amarre y llenado del grano.	28
c) Aspectos hormonales relacionados con el amarre y llenado del grano.	36
IV. ACIDO ACETIL SALICILICO (ASA) Y SALICILATOS EN - - PLANTAS	45
a) ASA-Salicilatos, presencia en plantas.	45
b) ASA, aspectos químicos	46
c) ASA-Salicilatos, aspectos fisiológicos	47
-MATERIALES Y METODOS.	54
-RESULTADOS.	61
-DISCUSION	101
-BIBLIOGRAFIA.	113
-APENDICE.	124

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

Dentro de los principales cereales cultivados como fuente de alimentos se tienen: la cebada, la avena, el centeno, el sorgo, el maíz, el arroz y el trigo. Este último destaca por su valor nutritivo, por la extensión de su área sembrada y por el gran número de consumidores en el mundo. La producción de trigo ha estado en aumento en los últimos tiempos; de igual manera los campos agrícolas dedicados a su cultivo se han incrementado, sustituyendo el de otros vegetales considerados de menor importancia alimenticia y económica (Martínez y Tico 1974).

El creciente aumento de la población humana, presiona a realizar estudios que lleven a incrementar la producción de alimentos. Para ésto, intensos esfuerzos son realizados con la finalidad de establecer metodologías que sean útiles para aumentar los rendimientos.

En este punto de la investigación, es donde la Fisiología Vegetal por medio del estudio de la aplicación de reguladores del crecimiento, aporta una herramienta de grandes posibilidades para la obtención de mejores rendimientos en los cultivos.

Es conocido el uso de reguladores del crecimiento en la agricultura, para estimular, reprimir o mantener determinados procesos fisiológicos en las plantas, tales como: floración, enraizamiento, maduración, elongación de tallos, amarre de --

frutos, transpiración, etc. (Weaver 1980).

Algunos reguladores del crecimiento, están implicados en el amarre y el llenado de granos, aspectos que son de gran interés por la influencia que pueden tener sobre el rendimiento, de tal manera, que al favorecer cualquiera de estos dos procesos o ambos, se afectará directamente el rendimiento de la planta. En el trigo, se han realizado gran número de investigaciones para tratar de incrementar la producción de grano, mediante la estimulación de estos procesos. Recientemente, Larqu -Saavedra (resultados no publicados) ha observado que por aspersiones de ácido acetyl salicílico, durante la floración del trigo, se incrementa el rendimiento de grano. Partiendo de este hecho y con la finalidad de formalizar dicha observación, se desarrollaron los experimentos descritos en el presente trabajo de tesis.

ANTECEDENTES

I. LA PLANTA DE TRIGO.

A continuación se describe una breve visión general de la fenología de la planta de trigo y de algunos aspectos relacionados con su crecimiento.

-El grano de trigo.

El grano de trigo es comunmente más o menos ovoide, con un mechón de vellosidades en el ápice, conocido como cepillo. Sobre el lado ventral del grano, un pliegue se extiende del ápice a la base, y en el dorsal la silueta del embrión se aprecia en la base del grano. El grano de trigo muestra seis partes principales las cuales, del interior al exterior, son las siguientes: embrión, endospermo almidonoso, capa de aleurona, nucela, cubierta de la semilla o testa, y pericarpio. Las cinco primeras conjuntamente constituyen lo que se conoce botánicamente como semilla. El ovario maduro de una planta y su contenido (incluyendo semilla o semillas) constituye un fruto; de esta forma el grano de trigo es un fruto, este particular tipo de fruto consiste de una semilla cubierta de un pericarpio membranoso estrechamente adherido y se denomina botánicamente como carióspside* (Peterson 1965).

*En este trabajo utilizaremos indistintamente los términos semilla o grano de trigo, para referirnos a lo que en el sentido estrictamente botánico es, el fruto producido por el trigo.

El embrión del grano maduro consta de dos partes principales: el escutelo y axis embriónico. El primero está en contacto con el endospermo y tiene la función de digerir y absorber las reservas de alimento almacenadas en el endospermo, para el suministro en el crecimiento del embrión; el segundo, levemente embebido en el escutelo, consiste del tallo y la raíz primaria. Asociadas a estas partes se encuentra el epiblasto, la coleorriza (vainas que cubren la radícula), y de 2 a 4 raíces originadas del primer nudo. El tallo del embrión presenta el coleoptilo (hoja modificada a manera de vaina), el primordio de la 1ª, 2ª, 3ª y 4ª hojas, el ápice del tallo, y una yema de ahijamiento en la axila del coleoptilo el cual envuelve los primordios de hojas y al ápice del tallo (Bonnett 1936, 1966; Peterson 1965).

-Raíz.

Las raíces seminales son escasas, comunmente en número de tres, cuatro o cinco y desarrollan finas ramificaciones después de que han alcanzado una longitud de varios centímetros. Cualquier otra raíz que se forma posteriormente a las seminales, es considerada como raíz adventicia.

Raíces adventicias: un par de raíces adventicias surgen del nudo más bajo del tallo principal y otro par es formado también en el segundo. En los nudos superiores ligeramente debajo o por encima del suelo, puede formarse una ramificación con 4 a 6 raíces. En el nudo basal de cada tallo hijo brota una simple raíz adventicia, en lugar de un par; sin embargo,

como en el tallo principal, se pueden desarrollar un mayor número de raíces de los nudos superiores. Las raíces adventicias comunmente son gruesas, firmes y fuertes como las seminales, - crecen casi horizontalmente doblándose hacia el interior del - suelo afianzando así a la planta firmemente (Peterson 1965).

-Tallos.

El tallo principal comunmente tiene seis entrenudos por - encima del nudo basal, aunque no es raro encontrar cinco o sie - te. Los entrenudos de tallos maduros de trigo son huecos en la mayoría de las especies y variedades; pero algunas especies - presentan variedades con tallos sólidos. Los nudos son sólidos y comprimidos.

Una vez que han aparecido las primeras hojas (3^a a 4^a), - crecen de las yemas de los nudos del tallo, ligeramente por de - bajo o a nivel de la superficie del suelo ramificaciones cono- - cidas como: tallos hijos o macollos. El nudo más bajo es el - - que produce más tallos. Los dos primeros tallos hijos emergen de las yemas de las axilas de la primera y segunda hojas folia - res, en lados opuestos al tallo principal. En este momento la planta de trigo se aprecia teniendo tres tallos, el tallo cen- - tral principal y dos secundarios o hijos.

Los siguientes tallos aparecen, surgiendo del tallo prin- - cipal sobre los dos tallos secundarios o de los nudos más ba- - jos de estos últimos, presentándose como tallos terciarios. Es - tos a la vez pueden dar origen a más tallos, repitiendose el - proceso. En condiciones ordinarias de campo, es común observar

de uno a nueve tallos por planta; sin embargo, el grado de ahijamiento es influenciado por las condiciones ambientales e igualmente difiere entre variedades.

A través de la fase de macollo, generalmente las únicas partes de la planta de trigo observables sobre el nivel del suelo son la vaina, la lámina de las hojas y algunas de las raíces adventicias. Las vainas de las hojas se aprecian en apariencia como tallos, pero los tallos para este tiempo permanecen aun muy cortos y ocultos dentro de las vainas de las hojas.

Posteriormente al estado de macollo, la planta de trigo entra en un período de crecimiento acelerado conocido como "alargamiento de tallos" o "encañado". Durante esta fase, tanto tallos como vainas de las hojas se alargan rápidamente. Cada entrenudo se alarga a partir de un meristemo en su base capaz de un crecimiento muy activo (meristemo intercalar); las vainas de las hojas que cubren los entrenudos crecen también por medio de un meristemo en su base. El entrenudo más bajo del tallo comienza a alargarse primero, seguido en turno por los superiores. El entrenudo más alto, dentro de la vaina de la hoja superior es el último en alargarse y éste porta la espiga. La formación de la espiga, detiene la creación de más nudos en el tallo (Peterson 1965).

-Hojas.

La hoja de trigo consta de dos partes principales, la vaina y la lámina de la hoja. La vaina es curvada constituyendo un tubo que rodea al tallo. Cada vaina, **excepto** la superior, se

extiende del nudo al cual está fijada hasta un poco más arriba del siguiente nudo, cubriendo así más de un entrenudo del tallo. No obstante, el entrenudo superior que sostiene la espiga, normalmente crece alguna distancia fuera de la vaina de la última hoja, que es conocida como hoja bandera. La vaina de las hojas tiene una delgada proyección vertical membranosa en su terminación superior, donde ésta se auna con la lámina de la misma hoja, tal proyección se denomina lígula.

La lámina de la hoja es alargada, angosta y lisa, con conductos paralelos los cuales son más prominentes en la superficie superior que en la inferior. La superficie de la hoja se encuentra cubierta por una capa protectora de células epidérmicas con una cutícula definida, de las cuales algunas son especializadas, los estomas, que se arreglan en hileras paralelas en ambas superficies de la hoja. Entre la epidermis superior y la inferior, se localiza el mesófilo. Las células del mesófilo situadas en las primeras capas desde la epidermis, contienen gran número de cloroplastos. En el mesófilo corren los conductos del sistema de transporte vascular de la planta.

La vaina de la hoja también presenta estomas en su epidermis externa y cloroplastos en las primeras capas internas de células. Prácticamente en todas las partes de la planta de trigo expuestas a la luz se observan estomas y tejidos portando clorofila, por ejemplo: espiguillas, aristas, glumas y granos inmaduros (Peterson 1965).

-Inflorescencia.

La inflorescencia del trigo es una espiga. Dentro de la espiga, varias espiguillas están fijadas a los nudos de un eje principal grueso y articulado, el raquis, formando dos hileras dispuestas alternadas y en lados opuestos con una espiguilla terminal, lo que hace que la espiga de trigo sea una inflorescencia determinada (Peterson 1965; Bonnett 1936, 1966; ----- De Vries 1971).

Espiguilla: cada espiguilla tiene un eje pequeño y corto articulado ó raquilla, a lo largo del cual las glumas están -- arregladas alternadamente sobre lados opuestos. Las dos glumas basales en forma de barca, son comunmente estériles, las si--- guientes son fértiles y contienen las flores o flósculos, en su mayoría de 2 a 5 por espiguilla (De Vries 1971), aunque pueden variar de 2 a 9 (Peterson 1965) dispuestas alternadamente. Las espiguillas más bajas (1^a a 4^a) de una espiga son con frecuencia completamente estériles (De Vries 1971).

La flor o flósculo: cada flor consiste de una gluma floral llamada lemma, y otra delgada membranosa opuesta a la lemma, denominada pálea. La punta de la lemma puede portar una -- arista o asta (barba), o no presentarla (trigos barbados y no barbados). La pálea no presenta arista. Entre la lemma y la pálea están los organos sexuales de la flor: tres estambres y un sólo pistilo, así como dos pequeñas escamas membranosas en la base conocidas como lodículas, estrechamente relacionadas en la apertura de la flor durante la floración. El pistilo consis

te de un ovario portando dos cortos estilos, cada uno sosteniendo un estigma plumoso cuya función es recibir el polen. Cada estambre se constituye de un filamento corto que porta una antera alargada la cual contiene el polen; las anteras inmaduras son - de color verde, tornándose amarillas al madurar. Cada flor fértil, sí es fecundada, a la madurez producirá un grano (Perci---val 1921; Peterson 1965; Bonnett 1936, 1966; De Vries 1971).

Una o más de las flores superiores de una espiguilla son - imperfectas e infértiles, el ovario es rudimentario y las anteras sin granos fértiles de polen (De Vries 1971). El tamaño de las flores y su grado de desarrollo decrece de la base hacia la punta. Generalmente la flor basal, y a veces la segunda, portan el grano más grande y pesado de la espiguilla. El grado de desarrollo de las flores infértiles disminuye hacia el ápice de la espiguilla hasta la flor apical, que puede consistir de sólo -- una lemma rudimentaria. Ordinariamente en las variedades de trigo común, solo las dos o tres flores basales son fértiles y fijan grano (Bonnett 1966).

-Desarrollo de la inflorescencia.

Durante el tiempo en el cual los entrenudos del tallo se - alargan, la primera indicación del desarrollo de la espiga, es la aparición de crestas dobles en el ápice del tallo. La cresta superior del par se agranda y forma la ramificación de la espiguilla, de la cual se producirán las flores; en tanto que, la - cresta inferior suprime completamente su desarrollo. Los primordios de espiguilla presentan gran alargamiento en la mitad de -

la espiga y se acortan sucesivamente, hacia la base y punta de la misma, siendo las espiguillas de la punta no tan largas como las de la base.

La diferenciación de cada estructura de la espiguilla, comienza primero en aquellas espiguillas que presentan el mayor alargamiento, y en sucesión hacia las otras espiguillas de la espiga basipétala y acropétalmente. La espiguilla terminal es la última en diferenciarse. Esta secuencia de desarrollo entre las espiguillas se mantiene a través del desarrollo de la espiga, incluyendo anthesis y formación de grano; el mayor peso de granos estará en las espiguillas de la mitad de la espiga donde la diferenciación comienza primero, y decrece en peso desde este punto hacia la base y la punta de la espiga (Bonnett 1936, 1966).

Dentro de la espiguilla la diferenciación comienza en la base de la misma y progresa hacia la punta; en la espiga madura el arreglo del promedio de peso del grano de una espiguilla, es el mismo que el arreglo de la diferenciación de la espiguilla. Las partes de la espiguilla se diferencian en el siguiente orden: glumas basales, y flores 1, 2, 3, etc. (Bonnett 1936, 1966). La diferenciación de la espiguilla parece detenerse a causa de algún mecanismo de control desconocido, cuando los estambres se han diferenciado en las flores más avanzadas - - - (Milthorpe and Moorby 1975).

En la flor, la secuencia de diferenciación de sus miembros procede desde el exterior hacia el interior; el orden es: lemma,

estambres, pálea y pistilo. La secuencia de las partes del pistilo: ovario, estilos y estigmas (Bonnett 1936, 1966). Langer y Hanif (1973) mencionan al polen y óvulo como los últimos en desarrollar y madurar.

Cuando las espiguillas se diferencian, su número es fijado; pero modificaciones en las condiciones de crecimiento, efectuadas antes de esta diferenciación, pueden afectar el número de espiguillas y flores fértiles producidas por espiguilla - - (Langer and Hanif 1973).

-Espigamiento.

La espiga al crecer ensancha la vaina de la hoja bandera - que la cubre, abultándola; posteriormente la espiga es empujada hacia el exterior liberándose de la vaina de la hoja bandera, - este acontecimiento es lo que se denomina espigamiento. La espiga del tallo principal comunmente emerge primero, seguida en -- turno por las espigas de los tallos hijos conforme al orden en que se originaron. Después de la emergencia de la espiga, el entrenudo que la porta generalmente se continúa alargando hasta - que la espiga alcanza varios centímetros sobre la hoja bandera (Peterson 1965).

-Hábitos de crecimiento.

Los trigos pueden clasificarse de acuerdo a su hábito de - crecimiento en los estados tempranos de su desarrollo, durante el período de ahijamiento y antes del encañado. El hábito pos--trado o abatido se conoce como hábito de crecimiento de invierno, y el hábito erecto en el crecimiento se conoce como de pri-

mavera. Los tipos intermedios se dice que tienen hábito semi-invernal. Algunas especies son predominantemente de invierno o de primavera, en tanto que, otras tienen variedades de todo hábito de crecimiento (Peterson 1965).

Rojas (1979) menciona en relación a las exigencias fotoperiódicas y termoperiódicas, que existen dos hábitos en el trigo: los vernaes y los invernaes. Los primeros presentan una curva de desarrollo ininterrumpida, sin fuerte exigencia termoperiódica ni fotoperiódica. Los segundos, trigos invernales, cuyo desarrollo se interrumpe al macollo, tienen un largo termoperiódico (vernalización) y requieren después de días largos para encañar. Sin embargo, se presenta una diversidad de trigos que van desde los netamente vernaes, pasando por los tipos intermedios, hasta los claramente invernaes.

-Especies de trigo.

Todos los trigos, ya sean silvestres o cultivados, pertenecen al género *Triticum* de la familia Gramineae, la familia de los pastos. *Triticum* es solo uno de los 600 géneros pertenecientes a esta familia, la cual comprende más de 5 000 especies.

Triticum aestivum L.(=*T. vulgare* (Vill.) Host.) es una de las especies de trigo más comunmente reconocidas y se conoce vulgarmente como trigo común o trigo del pan, pertenece al grupo hexaploide (42 cromosomas). Esta especie es la más altamente desarrollada de todos los trigos y no se conocen especies silvestres de este grupo. Su distribución es muy amplia

en tierras de clima adecuado, teniendo miles de cultivares. -
Presenta tipos de todo hábito de crecimiento; formas barbadas
y sin barbas (con o sin aristas). La espiga es generalmente -
larga en proporción a su ancho. El raquis es resistente y ---
comunmente permanece íntegro a la trillada. Los tallos son ge
neralmente huecos con paredes delgadas. El grano puede ser ro
jo, ámbar o blanco. Hay una gran diversidad de texturas del -
endospermo, desde fuerte a suave. En esta especie se encuen--
tran variedades con altas cualidades para panificación y - -
otras de sus variedades son adecuadas para galletería, reposit-
tería y manufactura de pastas (Peterson 1965).

Variedad Lerma Rojo: existe un gran número de variedades
dentro de la especie *T. aestivum* L., de entre éstas, la varie
dad Lerma Rojo es una de sus representantes. De acuerdo al in
forme elaborado por Vela (1972), las características más rele
vantes de la variedad Lerma Rojo son las siguientes: fue ori-
ginada en México y liberada por el INIA en el año 1964; es un
trigo de hábito de primavera, con tallo corto y fuerte; la es
piga es de color café, barbada, fusiforme y resistente a que-
brarse. El grano es rojo suave, de tamaño medio; sus cualida-
des son: 12.6% de proteína; gluten débil, suave y extensible.
Crece en regiones de México y en la mayoría de las regiones -
de crecimiento de trigo de primavera del mundo; rendimiento -
del grano, 5 080 kg/ha (Rodríguez 1966).

II. FLORACION.

a) Descripción del proceso de floración.

Unos días después del espigamiento, la floración o anthesis se lleva a cabo, ésto es, las flores se abren y se produce la polinización. La floración comienza en la espiga del tallo principal, seguida por los demás tallos de la planta en el orden que estos fueron originados (Peterson 1965). La primera espiguilla que entra en floración generalmente se localiza sobre el segundo tercio de la espiga, desde la base a la punta, y progresa desde este punto acropétala y basipétalmente (Bonnett 1936, 1966; Peterson 1965). Dentro de la espiguilla la floración comienza en la flor basal y es seguida de las superiores en sucesión (Bonnett 1936, 1966; De Vries 1971; Peterson 1965). Ordinariamente se requieren de 3 a 5 días para que la espiga de trigo complete su floración (Peterson 1965).

Poco antes de la floración, la flor esta cerrada, con los estigmas juntos entre si, y las anteras verticales sostenidas por filamentos cortos, de 2 a 3 mm de longitud, éstas se aprecian de color amarillo y contienen los granos de polen ya maduros (Peterson 1965).

La floración, comienza cuando las lodículas se hacen muy turgentes, tomando el agua necesaria para ésto del ovario, de esta forma, se hinchan y empujan a la lemma y pálea apartándolas; la mayoría de las glumas alcanzan su máxima apertura en 5 min. (De Vries 1971). Durante o después de la

apertura de las glumas los filamentos de los estambres se alargan rápida e intensamente, alcanzando tres veces su longitud original en unos tres minutos, impulsando las anteras fuera de la flor (De Vries 1971; Peterson 1965); una vez fuera de la flor las anteras toman una posición pendiente, con la punta colgando hacia abajo (De Vries 1971). Simultáneamente los estigmas rápidamente se curvan, se separan y extienden hacia afuera, haciéndose más plumosos en apariencia. Cuando los filamentos empiezan a alargarse, cada antera comienza a hendirse sobre ambos lados de la misma, iniciando desde la punta hacia la base (De Vries 1971; Peterson 1965; Percival 1921), la mayor abertura es completada después que las anteras son expulsadas de la flor (Percival 1921). Normalmente, una parte de los granos de polen caen en el interior de la flor y la gran proporción restante son esparcidos fuera, donde pueden ser transportados alguna distancia por el viento (De Vries 1971; Percival 1921; Peterson 1965). De esta manera algunos de los granos de polen liberados dentro de la flor, se pegan a los estigmas plumosos; ocasionalmente los granos de polen de otra flor pueden alcanzar el estigma, sin embargo, la autopolinización, ocurre como una regla (Peterson 1965; Percival 1921). Posteriormente las lodículas pierden su turgidez y se colapsan, implicando el cierre de la flor; lemma y pálea toman su posición original y la floración concluye (De Vries 1971).

La descripción anterior de proceso de floración, sigue el esquema común, que presentan en general las plantas de trigo y

en particular la especie de *T. aestivum*; sin embargo, puede modificarse por influencia de factores ambientales y del genotipo (variedad) (De Vries 1971).

Fertilización: una vez que el grano de polen ha sido retenido en el estigma, éste inicia su germinación 1.5 a 2 h después; el tubo polínico se forma y crece penetrando a través del tejido del estilo hacia el óvulo (Peterson 1965). La fertilización se realiza, según Percival (1921), solo entre 30 y 40 h después de la polinización.

b) Aspectos fisiológicos del proceso de floración.

En el trigo, el período de ahijamiento es intenso en síntesis y almacenamiento de elementos minerales esenciales, de nutrientes orgánicos, así como de nitrógeno y carbohidratos, los cuales son utilizados al momento de floración y de desarrollo del grano; estos compuestos al ser translocados desde las partes bajas, suministran la energía y materiales necesarios para el desarrollo de la espiga y demás estructuras (Peterson 1965; Milthorpe and Moorby 1975).

Para el momento del espigamiento y floración, las hojas más bajas de la planta quizás esten secas y muertas, debido a que sus nutrientes almacenados se han transformado en productos solubles y translocado a la espiga, particularmente a las zonas en intenso desarrollo dentro de ésta (Peterson 1965). Cada hoja sucediendo contribuye progresivamente más a este desarrollo (Milthorpe and Moorby 1975). Los compuestos

transportados en una planta en floración son: agua, nutrientes orgánicos y cofactores, nutrientes minerales, hormonas y algunas sustancias químicas estimulantes aun sin identificar (Street and Opik 1975).

En la mayoría de las especies existe un fotoperíodo crítico, o duración del día, para conducir al proceso de floración, este fotoperíodo no es el mismo para todas las especies, pero generalmente cae en una amplitud determinada. Tres clases de plantas se reconocen con base en su comportamiento fotoperiódico: plantas de día corto, las cuales alcanzan el estado de floración sólo cuando la duración del día se reduce a un cierto nivel; plantas de día largo, éstas entran en floración sólo si un cierto mínimo de duración del día es alcanzado o superado; y la tercera abarca aquellas plantas de día neutral que pueden estimular su floración bajo cualquier duración del día y no parecen tener un fotoperíodo crítico. Así mismo, existe el requerimiento de algunas plantas, de períodos de cierta temperatura o termoperíodo, que puede determinar su comportamiento de floración. Algunos grupos de plantas, requieren de interacciones entre fotoperíodos o foto y termoperíodos, algunas muy complejas, para iniciar su floración (Peterson 1965; Audus 1972; Milthorpe and Moorby 1975; Rojas 1979; Street and Opik 1975; Salisbury and Ross 1978; Weaver 1980).

El trigo con base en su requerimiento fotoperiódico se clasifica como una planta de día largo, y de acuerdo a su

requerimiento termoperiódico, para el caso de los trigos de hábito invernal, como una planta que requiere para estimular su floración de bajas temperaturas, seguidas por un período de días largos; sin embargo, el óptimo requerimiento de estos factores no es el mismo para todas las variedades - - - (Peterson 1965; Milthorpe and Moorby 1975; Rojas 1979; Salisbury and Ross 1978; Limar 1979).

En las plantas de trigo de hábito invernal, los requerimientos de frío pueden ser sustituidos suministrando la baja temperatura directamente a la semilla, tratamiento de vernalización, que consiste en humedecer las semillas en agua e inducir así el inicio de la germinación, para después someterlas por un período determinado a temperaturas ligeramente arriba del congelamiento. La duración del período de tratamiento de baja temperatura varía de acuerdo a lo extremo del hábito invernal de la variedad. Comúnmente los trigos de hábito de primavera muestran poca o nula respuesta al tratamiento de vernalización. (Peterson 1965; Street and Opik - - 1975).

Se han realizado amplios estudios sobre la fisiología de la floración de la planta de trigo. Peterson (1965) menciona que el trigo puede desarrollarse hasta su madurez bajo luz continua, pero el desarrollo vegetativo en tales condiciones es reducido y los rendimientos de grano son bajos. Similares observaciones son citadas por Langer y Hanif (1973) quienes suministrando luz continua y bajo nivel de nitrógeno,

obtuvieron una disminución del tiempo a la emergencia de la espiga, pero también una reducción del número de espiguillas por espiga. Peterson concluye que la alternación de períodos de luz y oscuridad son necesarios para el óptimo desarrollo de la planta. Por otra parte, Milthorpe y Moorby (1975) mencionan que un incremento en la intensidad de la luz, parece afectar el nivel de formación y desarrollo de las espiguillas, en una misma proporción, y que el número de tallos en floración se incrementa con altas intensidades.

Varios investigadores han considerado a los trigos mexicanos como plantas de día neutral, basándose en su adaptabilidad a una gran diversidad de condiciones climáticas; sin embargo, Limar (1979) concluye que estos trigos son realmente de día largo, cuyo desarrollo puede ser retardado en diferente grado, cuantitativamente, por exposición a condiciones de día corto (10-12 h), con la temperatura teniendo un efecto modificador de la respuesta.

Con relación al efecto del fotoperíodo y temperatura; Gotoh (1979) usando cultivares de trigo común, observó que plantas con altos requerimientos de vernalización pueden formar espigas normalmente bajo iluminación continua, pero bajo días cortos (7-8 h) las plantas vernalizadas sufren un retardamiento. Halloran (1977) trabajando con cultivares de primavera, sometió a vernalización las semillas a temperatura de 4° C a intervalos semanarios por un período de 6 semanas y desarrollo las plantas hasta espigamiento en fotoperíodo natu--

ral (13-15 h); estimó que no hubo influencia sobre días a es-
pigamiento y número de espiguillas/espiga. Milthorpe y Moorby
(1975) mencionan que temperaturas bajas resultan en inflores-
cencias largas con más espiguillas, pero hay un alargamiento
del tiempo requerido para la formación y desarrollo, en rela-
ción a la temperatura óptima; mientras que temperaturas altas
reducen el número de flores fértiles o semillas (Bretschenei-
der-Herrmann and Schuster 1980).

El agua y los nutrientes son también factores que pueden
modificar el proceso de floración; al respecto Milthorpe y --
Moorby(1975) citan que un período corto de déficit de agua --
en un estado temprano del desarrollo de la inflorescencia, --
puede producir un retraso en la formación de las espiguillas,
pero no reducir su tamaño. Sin embargo, si el déficit conti--
nua u ocurre tardíamente, entonces tanto el número como el ta-
maño de las espiguillas puede ser drásticamente reducido; si
este déficit ocurre entre emergencia y antesis, puede resul-
tar en muerte de muchas espiguillas. En referencia a la in--
fluencia de los nutrientes minerales, mencionan que es posi--
ble que deficiencias en su suministro tengan poco efecto tem-
prano sobre el crecimiento de la inflorescencia, pero pueden
modificar la medida alcanzada por cada flor. También se ha re-
portado que en trigo un suministro de nutrientes y adecuada -
humedad en la fase de diferenciación de la inflorescencia, --
son necesarios para dar un alto número de flores y granos, da-
do que una vez alcanzado el estado de diferenciación del es--

tigma, la mayoría de las flores pueden llegar a ser fértiles (Departament of Basic Agriculture, Pekin Teachers' College - 1977). Al respecto, Langer y Hanif (1973) suministrando un alto nivel de nitrógeno durante dicho período, observaron un incremento en el número de espiguillas, así como un mayor grado de desarrollo de flores.

En lo referente al movimiento de ^{14}C , fotosintéticamente fijado, Milthorpe y Moorby (1975) mencionan que el flujo de compuestos de ^{14}C se mueve dentro de la inflorescencia -- desde cualquier fuente o lámina de hoja, así como de los entrenudos inmediatamente debajo de la espiga.

c) Aspectos hormonales relacionados con la floración.

Se ha demostrado que el estímulo fotoperiódico es percibido por las hojas, y en el caso del termoperiódico existe evidencia que señala al ápice del tallo como la región sensitiva; en uno y otro caso este estímulo físico es transformado en un estímulo químico en la planta, el cual conduce a la floración de la misma. Experimentos con injertos -- han establecido que el estímulo, tanto fotoperiódico como termoperiódico, puede transmitirse de plantas inducidas a florecer a plantas no inducidas provocando su floración. Tales hechos han conducido hacia la suposición de que el estímulo se produce por la formación de una hormona. Las hormonas teóricas propuestas han sido: el florígeno ó las antesinas involucradas en el estímulo fotoperiódico, la vernali

na implicada en la respuesta al estímulo termoperiódico, y finalmente las giberelinas que se han propuesto actuando solas o conjuntamente con cualquiera de las anteriores (Milthorpe and Moorby 1975; Audus 1972; Street and Opik 1975; Salisbury and Ross 1978; Rojas 1979; Chailakhyan 1979; Weaver 1980).

En la planta de trigo se han estudiado algunos de los cambios endógenos y efectos que ejercen ciertos reguladores del crecimiento sobre el proceso de floración. Audus (1972) cita que se observa significativa inhibición de la floración después de tratar a trigo de invierno con IAA (ác. indolacético), NAA (ác. naftalenacético) y TIBA (ác. 2, 3, 5-triiodobenzoico); también menciona que varios cereales con requerimientos de período de frío son insensibles a tratamientos con giberelinas y sólo se presenta un alargamiento del eje del tallo, sin producir floración. Con relación a cambios endógenos, señala que en trigo de invierno la vernalización induce a un incremento en la producción de sustancias del tipo de las giberelinas en el grano. Michniewicz y colaboradores (1978) dando tratamiento de vernalización a semillas de trigo germinando, reportan también un incremento en los niveles de IAA, GA_3 (ác. giberélico) y citocininas en los embriones, siendo la concentración de GA_3 significativa. Mencionan además que, la acumulación de ABA (ác. abscísico) como inhibidor del crecimiento, aumenta durante el inicio de la germinación, pero disminuye subsecuentemente.

Barabás y Csepely (1978) determinaron que la adición de 5 a 100 ppm de cinetina durante la vernalización, es un sustituto de parte del tratamiento de frío en trigo de invierno (cv. Sava). Citan que un porcentaje de espigamiento comparable a aquel de un período de 40 días de vernalización, se puede obtener en 20 días con 100 ppm de cinetina y concluyen que este método puede reducir el tiempo de vernalización en un 50% y acelerar las generaciones de trigo de invierno.

Durante el período de emergencia de la espiga a antesis se presentan diferentes cambios en los niveles endógenos de las hormonas. Los óvulos antes de antesis contienen pocas citocininas (zeatina), siendo máximo su contenido al fin de la misma. Exudados de tallos antes de antesis muestran un nivel elevado de citocininas que es máximo durante la antesis, lo que sugiere un intenso transporte desde la raíz a la espiga durante este período. La máxima concentración de ácido giberélico (GA_3) en peso fresco de tejido ocurre dentro del período de la total emergencia de la espiga, antes de la antesis, este incremento puede estar asociado con la emergencia de la misma. Exudados de tallos no tienen cambio significativo en los niveles de GA_3 , indicando que éstos no son al parecer una fuente de giberelinas para las espigas de trigo en esta fase. Los óvulos contienen poca auxina (IAA) durante la emergencia de la espiga, pero su nivel aumenta durante la antesis; en exudados de tallos las auxinas no son detectadas. (Wheeler 1972).

Wheeler (1976) estudió también la distribución longitudinal de las hormonas en la espiga durante el mismo período, dividiendo la espiga en tres secciones iguales (alta, media y baja) y observó que la parte superior presenta la mayor actividad citocinínica en la emergencia de la espiga; esta actividad se incrementa durante la antesis, primero en la mitad de la espiga donde la floración se inicia, y posteriormente en las partes baja y superior, decreciendo en la totalidad de la espiga con el desarrollo del grano. Tales diferencias dentro de la espiga, quizás están relacionadas con los patrones de floración. Las diferencias en el contenido de giberelinas entre las distintas partes de la espiga no son significativas, pero el contenido es alto en la totalidad de ésta una semana antes de la antesis, disminuyendo bastante durante la misma. El contenido de auxinas en la mitad de la espiga es el más elevado antes y durante la antesis, siguiendo la parte baja y superior en ese orden.

Otras investigaciones fueron realizadas por este mismo autor (1976), para seguir el cambio de los niveles endógenos de las hormonas alterando la relación fuente-demanda, por medio de la poda de diferentes estructuras de la planta, y se describen a continuación.

Cuando se separan los tallos laterales dejando solo el tallo principal disminuye la actividad citocinínica en la espiga de este tallo, tal suceso posiblemente se debe a que con la separación de los tallos, se pierden las raíces adventi---

cias y con esto su aportación de citocininas; aunque también, por la estimulación del crecimiento de nuevas yemas para la producción de tallos, por el repetido desamacollo, quizá se tomen citocininas de la corriente de transpiración, causando una disminución en la espiga principal. En antesis, la concentración de auxinas es mayor en espigas principales de plantas desamacolladas que en plantas intactas; probablemente debido a una reducción de su distribución, por los tallos separados.

Evitando la fertilización de los óvulos por la separación de estigmas y anteras antes que estas abrieran, en plantas con solo la espiga principal, se observó gran acumulación de citocininas en las espigas y esta acumulación se asoció con el no desarrollo de granos en los cuales probablemente actúan en división celular, representando tal acumulación un exceso de las que son requeridas para el desarrollo del grano. La cantidad de auxinas una semana después de la antesis, fue mayor que en las espigas intactas, pero posteriormente las auxinas en estas últimas incrementaron más que en espigas sin fertilizar; ésto es relacionado con el desarrollo del grano.

La separación de la espiga antes de la antesis disminuye la longitud del entrenudo superior del tallo principal, en relación a plantas intactas, lo que hace pensar que el factor para el alargamiento del tallo, probablemente giberelina, sea producido en la espiga.

En otro tipo de estudios, Fuchs (1977) en pruebas de campo, ensayó sustancias con actividad reguladora del crecimiento

sobre plantas de trigo, para observar su efecto sobre la activación de la floración, al aplicar las sustancias durante el período de macollo y espigamiento. Observó que el ác. giberélico solo y en combinación con cinetina, fueron las únicas sustancias que aceleraron la floración por 1 a 2 días.

También Radley (1980) observó el efecto de la aplicación de GA_3 , ABA y otros reguladores sobre trigo, en experimentos de invernadero y campo. La aplicación de ABA inmediatamente antes o durante la antesis entre las glumas, en concentraciones de 0.1, 1.0, 5.0 y 20.0 $\mu\text{g}/\text{flor}$, afectó la fijación de la 3^a flor y las superiores de cada espiguilla y como consecuencia el amarre del grano; al parecer en las flores tratadas los óvulos no se desarrollaron, sugiriendo que quizás el ABA actúe afectando las conexiones vasculares de estas flores. El par de flores basales de cada espiguilla no fue afectado. Aplicaciones, en igual forma, de IAA, etefón y BA (bencil-adenina) mezcladas con ABA, no superaron este efecto, y aplicadas solas, 5 $\mu\text{g}/\text{flor}$, no tuvieron efecto. La aplicación de GA_3 inhibió la antesis de todas las flores bajas y superiores, al ser aplicado justo antes de la antesis en concentraciones de 0.1, 1.0 y 5.0 $\mu\text{g}/\text{flor}$; el tratamiento actuó evitando la dehiscencia de las anteras y su expulsión de la flor.

La floración en la planta de trigo, involucra una serie de procesos y estados que son mediados por la interacción de los estímulos medio ambientales y los internos (hormonales), los cuales sin duda deben ejercer una influencia sobre la pro-

ducción de grano.

III. FIJACION Y LLENADO DEL GRANO.

a) *Estados de desarrollo y maduración del grano.*

Durante el período de desarrollo del grano, que se inicia desde la fecundación hasta su total desarrollo, pueden reconocerse una serie de estadios durante este proceso, los cuales son útiles sólo para fines de descripción (Peterson 1965), estos son los siguientes:

1.- Estado pre-lechoso: tiene una duración de aproximadamente una a dos semanas después de la fecundación; dentro de esta fase, el grano aumenta rápidamente de tamaño por el incremento en el número de células del endospermo y embrión. La planta está verde, pero las hojas más bajas se han secado.

2.- Estado lechoso: durante este estadio se observa en el interior del grano un fluido acuoso blanco de apariencia lechosa, que contiene numerosos gránulos de almidón, y varias de las hojas basales mueren. Al terminar esta fase el embrión se encuentra completamente desarrollado.

3.- Estado masoso: se alcanza cuando la cantidad de agua del grano disminuye lo suficiente para dar una consistencia harinosa o masosa al contenido del grano. Durante este período permanece poco del color verde de la planta y la mayor parte de la misma está amarilla, senescente.

4.- Estado maduro: la planta se observa completamente amarilla y el grano es ya consistente. El endospermo es almi-

donoso.

5.- Por último se tiene el estado maduro seco: en esta fase la planta se ha secado, es quebradiza y el grano duro.

Las fases de desarrollo del grano son comunmente afectadas por las condiciones ambientales. Altas temperaturas, clima seco y fuerte insolación, acortan el período; lo contrario ocurre cuando se presentan temperaturas frías, clima húmedo y poca insolación.

b) Fisiología del amarre y llenado del grano.

Una vez que la fecundación se produce, la velocidad de crecimiento se incrementa fuertemente; comienza una fase de intensa división celular que origina las estructuras de la semilla, seguida más tarde por un período de expansión celular y de acumulación de nutrientes, que en consecuencia constituyen el desarrollo del grano (Peterson 1965; Milthorpe and Moorby 1975; Street and Opik 1975; Weaver 1980).

Se considera el amarre del fruto, cuando el crecimiento rápido del ovario es seguido a la polinización y fertilización del óvulo (Weaver 1980). El primer paso en el desarrollo del grano de trigo es su fijación, y son varios los acontecimientos fisiológicos que influyen para que este proceso se produzca.

La fijación de granos parece depender fuertemente de la posición del grano en la espiguilla y de ésta en la espiga. Algunas investigaciones señalan que la fijación se ve restrin

gida a las flores en posiciones basales dentro de la espiguilla (Langer and Hanif 1973). En una espiguilla comunmente la 1^a y 2^a flor se fijan y producen el grano más grande, mientras que generalmente las flores distales no lo forman (Milthorpe and Moorby 1975). Ocasionalmente las flores en posiciones intermedias dentro de la espiguilla (3^a y 4^a), también llegan a producir grano (Langer and Hanif 1973). Sin embargo una observación general es el hecho de que muchas flores fallan en contribuir al rendimiento del grano. De 97 posiciones de flores examinadas por Langer y Hanif (1973), menos de 23 fueron llenadas con grano a la madurez. Un factor que contribuye a esta falla, se relaciona con el grado de desarrollo que es alcanzado por la flor. Se ha observado que las flores distales pueden degenerar durante, o antes de la emergencia de la espiga y que las flores en posiciones intermedias se desarrollan después de las flores basales.

Las flores distales potencialmente fértiles son capaces de fijar grano, aparentemente en respuesta a eventos en las flores basales (Langer and Hanif 1973). Rawson y Evans (1970) sugirieron que el desarrollo de los granos en flores tempranas al alcanzar la antesis, inhibe la fijación de granos en las flores retrasadas. También observaron que la esterilización de las flores basales en las espiguillas centrales antes de la antesis, provoca la fijación de granos en las flores distales sobre la misma espiguilla, así como a un fijado adicional de granos en la base y punta de la espiga.

Evans y colaboradores (1972) apreciaron que las anteras --

bien desarrolladas en las flores basales de espiguillas centrales, antes de la antesis, posiblemente inhiben la fijación de grano en las espiguillas de la parte alta y basal de la espiga debido quizás a un efecto sobre el desarrollo de la flor. Además observaron que la presencia de ovarios viables de flores basales, parecen evitar ovarios distales en la misma espiguilla y la pérdida de viabilidad de los ovarios basales, conduce a la fijación de grano en las flores distales. Langer y Hanif (1973) observaron que un suministro alto de nitrógeno, puede contribuir a la fijación de grano en las flores intermedias de la espiguilla y citan que los trigos mexicanos en particular, tienen la habilidad de fijar más granos por espiguilla, quizás debido a sus características genotípicas.

En lo referente al suministro de nutrientes afectando la habilidad para la fijación del grano, Hanif y Langer (1972) en un examen realizado sobre la distribución de los conductos vasculares dentro de la espiguilla, citan que la fijación de grano no está limitada únicamente a las flores conectadas con conductos vasculares principales y que si los fotosintatos no son limitados, entonces la competencia por fotosintatos no parece ser el principal factor que evita la formación de grano. Igualmente Bremner y Rawson (1978) mencionan que el sistema vascular dentro de la espiguilla, es físicamente adecuado para soportar altos niveles de crecimiento de granos distales. Un estudio sobre el balance de fotosintatos realizado por Evans y Rawson (1970) durante la antesis y desarrollo del grano, indica que la fotosíntesis por la espiga y la hoja bandera satisfacen

las necesidades de la espiga, y su distribución y disposición desde cualquier fuente no limitan la fijación de grano dentro de la espiguilla (Bremner and Rawson 1972).

De ésta manera, quizás los mecanismos responsables de la fijación del grano, sean probablemente correlativos entre los diferentes fenómenos que la afectan y básicamente hormonales en naturaleza (Evans *et al.* 1972; Milthorpe and Moorby 1975; Langer and Hanif 1973).

Durante el período de llenado del grano, el principal -- proceso que ocurre es la translocación de nutrientes hacia la semilla y su conversión a nuevas sustancias de reserva. A lo largo de este estado continua la captación de CO₂ y produc--- ción de carbohidratos por fotosíntesis, mientras la planta -- tenga tejido verde. De esta forma, los azúcares, aminoácidos y sales minerales son transportados en solución hacia el grano. Mientras el grano esta creciendo, las hojas mueren en sucesión desde las bajas hacia las superiores, la clorofila desaparece de las láminas, vainas de las hojas y tallos, al mismo tiempo que los granos reciben los nutrientes de estas partes. Este proceso continúa hasta que la única parte viviente en la planta es la semilla madura. La composición química porcentual del grano de trigo maduro, sobre base de peso fresco, es la siguiente: agua, 10.5%; carbohidratos, 60-70%; pro----- teínas, 13%; lípidos, 2% y minerales, 1.9% (Street and Opik - 1975; Salisbury and Ross 1978; Peterson 1965).

Los compuestos de carbono que se mueven dentro del grano,

pueden estar formados por la fotosíntesis de los apéndices - asociados como glumas, aristas y demás estructuras de la inflorescencia, hojas aun existentes o fotosintatos previamente elaborados (Milthorpe and Moorby 1975). La contribución y distribución de estos fotosintatos hacia el grano se ha estudiado ampliamente, así como el movimiento de nitrógeno.

Con relación a la aportación de fotosintatos y la capacidad del grano para aceptarlos, Evans y Rawson (1970) investigaron la intensidad de fotosíntesis y respiración de la espiga y hoja bandera, en cultivares con aristas y sin aristas. Encontraron que sobre el período total de crecimiento del grano, la contribución por fotosíntesis de espigas con aristas al rendimiento del grano fue de 33% y de 20% del cultivar sin aristas. El nivel de fotosíntesis de la hoja bandera fue variable, en función a cambios en la demanda por la espiga.

Olugbemi (1978) estudió los patrones de distribución de $^{14}\text{CO}_2$ asimilado por las aristas en cultivares de trigo y observó que 5 días después de suministrada una dosis, el 99% se encontraba en la espiguilla portando las aristas, del cual fue exportado 57% al grano de la 1^a flor, 1% al 2^o, 28% al 3^o y 7% al 4^o. Posiblemente este patrón de distribución sea consistente con lo mencionado por Cook y Evans (1978), quienes variando la intensidad de la demanda por separación de granos, citan que la mayor medida de la demanda confiere una ventaja para asegurar fotosintatos, así como su proximi-

dad a la fuente. La poca distribución de $^{14}\text{CO}_2$ al 2^o grano, es probable que se relacione con el hecho de que éste recibe más fotosintatos del tallo que los demás granos, de acuerdo con Bremner y Rawson (1972). Estos autores además estudiaron la capacidad fotosintética de lemmas con aristas, paleas y glumas no florales, influenciando granos individuales; observaron que las lemmas son más efectivas fotosintéticamente que las glumas no florales y paleas, pero su importancia disminuye hacia la madurez. Las paleas después de la antesis, incrementan su actividad fotosintética y el aporte de fotosintatos al grano. Es sugerido que la distribución de fotosintatos en la espiga, no es un agente limitante en los diferentes estados de desarrollo del grano, infiriendo que el crecimiento no se limita por la disponibilidad de fotosintatos, sino por la capacidad del grano para utilizarlos; dado que es adecuada la distribución de éstos en la espiguilla, aun en el grano distal (Evans and Rawson 1970; Bremner and Rawson 1972).

Congruentemente con lo anterior, Martínez-Carrasco y Thorne (1979) citan también que la capacidad de demanda parece ser el único factor que restringe el crecimiento del grano, cuando los suministros de fotosintatos son amplios, ya que el aprovechamiento de un suministro sobre el límite, al parecer restringe su capacidad para absorberlos. Reportan además que una disminución en el número de granos por espiga, incrementa la intensidad de crecimiento de los granos restantes, indicando que existe una capacidad disponible para aceptar fotosinta-

tos que no se explota..

De acuerdo con lo señalado, al parecer la capacidad de de manda del grano es la que ejerce la mayor influencia para el llenado del mismo. Sin embargo, Walpole y Morgan (1970, 1974) mencionan que en la fase de rápido crecimiento del grano, hay poca competencia entre granos por los carbohidratos y en este período el suministro no limita el desarrollo, pero cuando se presenta una marcada senescencia de la planta, el incremento en peso del grano disminuye y la competencia por carbohidra- - tos surge al limitarse el suministro. A partir de este momen- to, quizás los granos más adelantados en su desarrollo, por - su mayor medida y proximidad a la fuente tienen ventaja sobre otros por el aporte de carbohidratos. Estos autores sugieren que la fase de rápido crecimiento del grano está limitada, - por tanto, a la intensidad de demanda del mismo y que poste- - riormente el desarrollo es limitado por la senescencia de la planta, debido a la disminución del suministro de carbohidra- - tos. Al respecto, Procházká y colaboradores (1973) determina- ron con $^{14}\text{CO}_2$ durante el período de formación del grano, que la translocación disminuye desde el estado lechoso en adelan- te.

Sobre el movimiento de nitrógeno, Milthorpe y Moorby - - (1975) mencionan que tanto la hoja bandera como las hojas in feriores, son fuentes importantes de suministro de nitrógeno -- hacia el grano y que los tallos exportan la mayor parte de su nitrógeno hacia la inflorescencia durante este período. El -

transporte y redistribución de fósforo, sigue un patron similar al del nitrógeno.

Por otra parte, en lo referente a la relación del llenado y fijado de grano, con un déficit del suministro de agua; --- Woodruff y Mawhood (1978) registraron en varios cultivares una reducción en la fijación de granos y disminución del número de óvulos fértiles, por efecto de tratamiento de sequía (10 días a partir de la emergencia de la espiga). Quarrie (1980) reporta que el rendimiento de grano de la espiga principal, se redujo 42 a 68% por restricción de agua, en varios cultivares. En otros trabajos efectuados por Brockleurst y colaboradores --- (1978), se menciona que la disminución de iluminación y agua - durante la fase de expansión celular del endospermo, disminuye el grado de acumulación de materia seca en el grano y el peso por grano a la madurez. La reducción o arrugamiento del grano que se observa debido a estas condiciones desfavorables, es relacionada a fallas en las células del endospermo para llenar - completamente, caracterizándose por una disminución en el número de gránulos de almidón. Fischer (1973) cita que el área fotosintética es menos sensible a la falta de agua que el número de granos por espiguilla, el cual se ve significativamente reducido. Por último Milthorpe y Moorby (1975) establecen que un déficit de agua, reduce el nivel de fotosíntesis relativamente más, que el nivel de respiración, produciéndose por tanto, un decremento en la producción de fotosíntesis neta.

En resumen, es probable que el peso final alcanzado por cualquier grano de trigo, puede sintetizarse (Walpole and Morgan 1974) dependiendo de: 1) la duración del período de llenado de grano; 2) el nivel de suministro de fotosintatos al grano; 3) el grado de incorporación de éstos dentro de sus estructuras, desde antesis en adelante. Siendo el último punto, quizás, el de mayor influencia.

c) Aspectos hormonales relacionados con el amarre y llenado del grano.

Es conocido, que las auxinas se encuentran involucradas conjuntamente con otras hormonas, en el proceso de crecimiento del tubo polínico y promoción del amarre del fruto (Street and Opik 1975; Weaver 1980). Al respecto, se sabe que el polen germinando aporta auxinas durante este proceso y que el tubo polínico en desarrollo, además de suministrar auxinas, al parecer también activa su síntesis por los tejidos del gineceo, en particular por el tejido estilar y/o tejido locular (Street and Opik 1975).

Rojas (1979) menciona que no se conocen las hormonas que controlan el proceso de crecimiento del tubo polínico y que éstas posiblemente tengan un papel fisiológico después de la fecundación. Señala además, que ni auxinas ni giberelinas estimulan este proceso. Sin embargo, Weaver (1980) cita que se ha reportado que las auxinas son las responsables de estimular la polinización, así como la posibilidad de que exista un activador proporcionado por el polen, que propicie la liberación en-

zímica de auxinas en los tejidos del ovario. No obstante, lo más probable es que el proceso mismo de la fecundación sea el principal estímulo que induzca el incremento de las concentraciones de auxinas en el ovario. Una posible acción de las auxinas sobre el desarrollo del tubo polínico, puede ser afectando los procesos enzimáticos que toman lugar durante su crecimiento. Audus (1972) cita que se ha estimado que las auxinas actúan sobre el nivel de β -1, 3 glucanasa, que es una enzima que activa el crecimiento de tubos polínicos, lo que sugiere que los efectos de las auxinas sobre la pared celular, quizás son mediados vía hidrólisis a través de esta enzima.

Por otra parte, un hecho en el que la mayoría de los autores están de acuerdo, es en el reconocimiento de que las auxinas son importantes en la fijación del fruto (Weaver - - 1980). En el trigo, se presenta un aumento del contenido endógeno de las auxinas en los óvulos, durante el período de antesis (Wheeler 1972, 1976) y por lo señalado, es posible que este aumento de auxinas se relacione con el proceso de crecimiento del tubo polínico y fijación del grano.

Durante el período de desarrollo del grano de trigo, los niveles endógenos de las hormonas son cambiantes, así como la secuencia en la que presenta su máxima actividad. Estos cambios seguramente están estrechamente ligados, con la regulación del crecimiento del grano y por tanto, muy probablemente juegan un papel importante en el rendimiento de la planta. -- Una breve descripción de estos cambios y de algunos aspectos relacionados con los mismos, se citaran a continuación.

Citocininas: antes del momento de la antesis, el contenido de citocininas en los óvulos es bajo, pero al fin de la misma, el nivel alcanza su máximo valor, para disminuir después gradualmente con el crecimiento del grano, de tal manera que cuando la división celular del endospermo cesa, el contenido de citocininas en la semilla es practicamente nulo. Las citocininas presentes durante el desarrollo del grano de trigo, son identificadas como zeatina y un derivado de ella. Su producción al parecer se realiza en las raíces y se mueven hacia el grano en la corriente de transpiración, aunque es probable que la síntesis también se lleve a cabo en los granos en desarrollo. La función que desempeñan estas hormonas, al parecer es regular la división celular, influyendo así sobre el crecimiento temprano y tamaño final del grano (Wheeler 1972, 1976).

Giberelinas: durante el desarrollo del grano, el contenido de giberelinas (GA_3) alcanza su nivel más alto 3 semanas después de la antesis, y disminuye posteriormente. Mientras el endospermo acumula almidón, el contenido de giberelinas aumenta y desaparecen antes del estado masoso tardío del grano (Wheeler 1972, 1976). Las giberelinas, se localizan en el endospermo y las capas que lo rodean (aleurona, testa y pericarpio interno); una alta concentración ocurre también en los embriones jóvenes durante la etapa de máxima expansión del endospermo y disminuye después con el crecimiento del embrión. La expansión del endospermo se encuentra asociada con el incremento del contenido de giberelinas; su síntesis quizá se produzca en :

los cloroplastos del pericarpio interno, ya que cesa al tiempo en que la actividad biosintética de los mismos decrece. Es posible que las giberelinas mantengan el crecimiento de varios tejidos, y de ser así, podrían sintetizarse también en otros sitios, durante el desarrollo del grano (Radley 1976a).

Auxinas: las auxinas (identificadas como ác. indol-3yl-acético) en los óvulos son escasas antes de la antesis, pero incrementan su concentración durante la misma; después de la antesis, el contenido de auxinas baja, para posteriormente aumentar en forma intensa con el crecimiento del grano. Su máxima concentración ocurre 4 semanas después de la antesis, justo antes de que se alcance el mayor peso fresco del grano, -- que es cuando existe una rápida acumulación de almidón y proteínas en el endospermo. Las auxinas desaparecen cuando el -- grano madura y pierde peso fresco. Su función al parecer, es regular la acumulación de fotosintatos en el grano (Wheeler - 1972, 1976; Radley 1976a).

Ac. abscísico (ABA): el contenido de ABA en el grano -- (identificado como ác. cis-abscísico), incrementa dos semanas después de la antesis y alcanza su máxima concentración en 4 a 6 semanas, decayendo su nivel entonces marcadamente. La máxima concentración siempre ocurre antes de la definida pérdida de agua del grano y por tanto, no es una consecuencia de esta pérdida, como sucede en las hojas sometidas a déficit de agua. Una alta concentración de ABA, ocurre en el -- pericarpio externo 3 semanas después de la antesis, pero pos

teriormente la mayoría se encuentra en el endospermo y capas que lo rodean. La concentración de ABA en el pericarpio externo, disminuye al mismo tiempo que decrece la habilidad de fotosíntesis del grano, lo que sugiere que el ABA quizás sea sintetizado en los cloroplastos del grano, aunque también se ha considerado la posibilidad de que se sintetice en el endospermo y embrión (Radley 1976a; King 1979).

El ABA es propuesto por Radley (1976a) como un posible agente regulador de la maduración del grano, al incrementar la permeabilidad de la membrana. La serie de eventos que se proponen para ésto son: 1) incremento en la concentración de ABA; 2) incremento en la permeabilidad celular; 3) deshidratación del endospermo; 4) inactivación de enzimas que sintetizan almidón y como consecuencia el incremento de peso seco del grano cesa.

En lo que respecta al contenido de hormonas en la semilla madura de trigo Radley (1979) menciona que tanto ABA, GA y auxinas, están presentes en bajas concentraciones cuando los granos son cosechados ya maduros.

En observaciones llevadas a cabo por Bhardwaj y Dua (1974), sobre los cambios endógenos de las hormonas en relación al rendimiento del grano, estimaron que la cantidad de auxinas generalmente se asocia con el peso de los granos y la cantidad de giberelinas con su número.

En otro tipo de estudios, se ha observado que la priori

dad por la demanda de nutrientes en los granos, está en parte correlacionada con la concentración de auxinas en ellos. Esto ha llevado a pensar, que la translocación avanza hacia regiones de alta concentración de auxinas. La translocación puede ser atraída hacia un corte en un pedazo de tallo, por aplicación de auxinas en este punto. De igual manera, el movimiento de azúcares hacia las espigas de trigo en desarrollo puede invertirse al colocar auxinas sobre el tallo en una zona distante de las espigas, desviando así el transporte por efecto de una mayor concentración de auxinas en el sitio de aplicación. Así, la incapacidad de las hojas viejas para obtener sustancias translocadas, se correlaciona también con sus bajos niveles de auxinas. Los mecanismos por los cuales ésto sucede son desconocidos. (Street and Opik 1975).

Radley (1978) estimó que la separación de los granos basales de cada espiguilla una semana después de la antesis, en el cultivar Kleiber, produce un aumento del contenido endógeno de auxinas por efecto de la poda, en los granos no separados, en relación a espiguillas intactas. Posiblemente tal suceso ocurre como una consecuencia de afectar la intensidad de la demanda hacia los granos restantes. En trigo, creciendo en medio ambiente controlado, Procházka (1978) probó el IAA - - (0.01, 0.05, 0.1%) en pasta de lanolina aplicado a las espigas de los tallos principales, intactas o con granos separados, 3 semanas después de la antesis. Observó que en espigas intactas el IAA incrementa la translocación de fotosintatos -

hacia la espiga principal y entrenudos del tallo, mientras que en espigas con granos separados y sin IAA, los fotosintatos se movieron hacia los entrenudos del tallo principal y especialmente a las espigas de tallo hijos fértiles. Las aplicaciones de IAA evitaron ésto y causaron acumulación de fotosintatos en los entrenudos del tallo, raquis, glumas y lemmas de la espiga principal.

En un estudio realizado por Dewdney y McWha (1979), se establece que el ABA inyectado a granos de trigo (13 ng/1 μ l de agua destilada por grano), un poco antes de que cese la acumulación de materia seca (16 días después de la antesis), incrementa el movimiento de $^{14}\text{CO}_2$ asimilado fotosintéticamente hacia la espiga, pero la separación de la espiga y su reemplazo con lanolina conteniendo ABA (0.2 ml de lanolina con 260 ng de ABA) inhibe la translocación; lo que sugiere que, para que el ABA promueva el movimiento de fotosintatos hacia la espiga, quizás está involucrado algún otro factor asociado con ella.

Numerosas investigaciones se han realizado para observar los efectos de aplicar reguladores del crecimiento o sustancias con estas características, sobre el rendimiento de grano en trigo, y se hará referencia de algunas de ellas.

Wheeler (1976) menciona que tratamiento con zeatina o una solución conteniendo extractos de citocininas de otras espigas de trigo, aplicadas antes o después de la antesis sobre las espigas, no afectan el peso ni el número de granos -

por espiga.

Padole (1979) cita que semillas humedecidas por 6 h en 20 y 40 ppm de IAA, NAA, ác. ascórbico ó ác. succínico, incrementaron el rendimiento de grano y la captación de nitrógeno, fósforo y potasio en comparación con semillas sin humedecer o humedecidas con agua; mostrándose la efectividad del NAA similar en ambas concentraciones probadas, mientras que el efecto de las otras sustancias fue mayor en la concentración más elevada.

Tukey (1954) señala que las aspersiones de 2, 4-D (ác. 2, 4-diclorofenoxiacético) ejercen un efecto positivo en la producción de proteínas por el grano. Como apoyo, el autor cita un ejemplo en el cual el contenido de proteínas de plantas sin tratar fue de 10.3%, en tanto que en tratadas el valor subió a 15.5%. En relación a esto Huffaker y colaboradores (1967) con aplicaciones foliares del éster isopropil de 2, 4-D y micronutrientes, en la etapa de 5^a a 7^a hoja, incrementaron también el contenido de proteínas del grano de 11.9% a 12.5%. Conjuntamente se registró un aumento en los rendimientos de trigo de 595 kg/ha en parcelas no tratadas, a 719 kg/ha en parcelas tratadas.

Khan y Abdullahi (1975) examinaron el efecto de suministrar continuamente soluciones que contenían 0, 25, 50 ó 100 ppm de IAA ó IBA (ác. indolbutírico) a semillas de trigo germinando (cv. Mexipak), transplantando las plántulas cuando se suspendió el suministro de auxinas. Los tratamientos con IAA die-

ron un rendimiento de grano de 0.60, 1.01 y 0.85 g/planta para 25, 50 y 100 ppm de IAA respectivamente, comparado con 0.50 g/planta para el control al que se suministró agua destilada únicamente; los tratamientos con IBA no tuvieron este efecto. Sin embargo, Srivastava (1974) en experimentos con cultivares de trigo, probó el efecto de aplicaciones foliares de IBA en 10 ppm a intervalos de 15 días durante las primeras 8 semanas después de la siembra. Observó un incremento en el número de granos/espiga y en el peso de 1 000-granos. En pruebas de campo, con cultivares de trigo Gisa 155 y Chenab 70, Youssef y Salem (1977) encontraron que las aspersiones foliares de IAA, IBA, GA₃ y el éster de 2, 4-D durante el macollo, incrementaron el rendimiento de grano y el contenido de proteínas del mismo; 100 ppm de IBA fue el tratamiento más efectivo, dando 20 y 25% de incremento en el rendimiento.

De ensayos en macetas con trigo (cv. UP-301), Sathyaprakash y colaboradores (1978) reportan que aspersiones foliares de NAA en 5 a 25 ppm, incrementan el rendimiento de grano, por mayor peso de 1 000-granos y aumento del número de granos por espiga. El NAA a concentración mayor o igual a 15 ppm tuvo el mayor efecto.

Humphries y colaboradores (1965) observaron que tratamientos con una antigeberelina como el CCC (cloruro de (2-cloroetil) trimetilamonio), en dosis de 2.5 ó 5 lb por acre, aplicados en la etapa de la 6^a hoja, aumentaron los rendimientos medios de grano en un 5%, al aumentar el número de espigas y número de granos/espiga.

Radley (1980) reporta que el ABA y GA_3 reducen la fijación de granos. La aplicación de ABA evita la fijación del tercer grano y superiores de cada espiguilla. Al respecto, el autor sugiere que el ABA podría ser la hormona sugerida por Evans y colaboradores (1972), que regula la fijación de granos en la espiguilla. El GA_3 afecta la fijación de granos, por impedir la antesis en todas las flores. Sin embargo, Dua y Bhardwaj (1979) citan que las aplicaciones exógenas de GA mejoran el rendimiento en trigo, a través de un incremento en el número de granos; mientras que aplicaciones de IAA aumentan el peso de 1 000-granos. Al parecer, el papel modulador de los reguladores del crecimiento sobre el rendimiento de grano, es influyendo en la fijación de grano ó en la habilidad del grano para desarrollarse.

La influencia ejercida por los reguladores del crecimiento, sobre el rendimiento del grano en la planta de trigo, constituye parte importante de la base establecida en la realización del presente trabajo.

IV. ACIDO ACETIL SALICILICO (ASA) Y SALICILATOS EN PLANTAS.

a) ASA-Salicilatos, presencia en plantas.

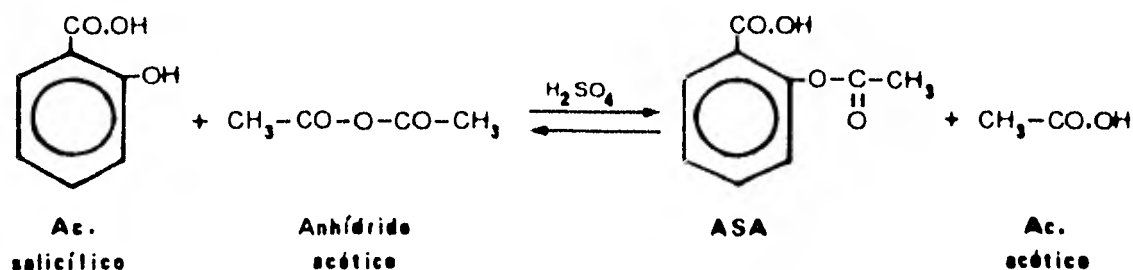
El término salicilatos engloba a un grupo de compuestos los cuales presentan en común el radical 2-hidroxibenzoico en su molécula, así el ác. acetil salicílico (ASA) al cumplir con esta característica, forma parte de este grupo. El ácido-acetil salicílico es más extensamente conocido bajo la denomi

nación de "aspirina", tal término tiene su origen en el empleo de una contracción, utilizando el prefijo "a" como reducción de acetil y "spirina" refiriéndose al género botánico *Spíraea*, pues varias de sus especies contienen salicilatos (Smith and Smith 1966).

Los salicilatos en las plantas se encuentran de manera natural en forma de ésteres del ácido salicílico (Collier 1963) y han sido aislados de los siguientes géneros: *Xanthium* (Cleland and Ajami 1974), *Salix*, *Spíraea* y *Gaultheria* (Collier 1963; Thomson 1978). En maíz y centeno, Chou y Patrick (1976) reportan la presencia de salicilaldehído y ácido salicílico en la descomposición de estas plantas, teniendo un fuerte efecto inhibitor sobre el crecimiento de plántulas de lechuga, en concentraciones de 25, 50 y 100 ppm. La posible presencia de salicilatos en trigo sólo es citada por Ahmed y Sawhney (1977), quienes reportan que en semillas de trigo germinando se nota una actividad inhibitora del crecimiento debida probablemente a ácido salicílico y/o cumarina, durante el 3^o, 4^o y 5^o día después del inicio de la germinación, la que posteriormente desaparece.

b) ASA, aspectos químicos.

El ASA es un salicilato sintético originado comunmente de la acetilación del ácido salicílico con anhídrido acético, usando una pequeña cantidad de ácido sulfúrico como catalizador.



(Devero y Muñoz 1960)

La molécula de ASA tiene un peso molecular de 180.15. Su punto de fusión es de 137° C y tiene un pK_a de 3.5. Algunas de sus características químicas son: con la humedad del aire gradualmente se hidroliza en ác. salicílico y ác. acético; es inodoro, pero al hidrolizarse adquiere el olor del ác. acético. Es estable en aire seco. Un gramo puede disolverse en 300 ml de agua a 25° C y en 100 ml a 37° C. Es descompuesto en agua hirviendo. Las sales inorgánicas de ASA son solubles en agua, pero son descompuestas rápidamente. Los álcalis disuelven el ASA, pero las soluciones resultantes se hidrolizan rápidamente a formas de sales de ác. salicílico y ác. acético (Merck & Co. Inc. 1976).

c) ASA-Salicilatos, aspectos fisiológicos.

Ibrahim y Towers (1960), Geissman y Crout (1969) (citados por Larquẽ-Saavedra 1978) han mencionado que la presencia de salicilatos en plantas es bien conocida, sin embargo su implicación fisiológica no ha sido todavía caracterizada. Una buena parte de los estudios al respecto, se han dirigido

hacia aspectos de floración y enraizamiento.

El ácido salicílico es caracterizado como un constituyente del complejo inhibidor B (Audus 1972). El ácido salicílico actúa sinérgicamente con auxinas, promoviendo el enraizamiento de tallos de *Phaseolus vulgaris* L. (Basu 1969, 1970, 1972). Roy y colaboradores (1975) mencionan que el ácido salicílico -- sólo o en combinación con auxinas, se relacionó con cierta extensión de la capacidad para la utilización del total de carbohidratos, en la región de formación de raíz, en dos especies de *Phaseolus*: *P. vulgaris* L. y *P. aureus* Roxb. El ácido salicílico también actúa como un componente en interacciones alelopáticas en exudados tóxicos de raíz, de plantas superiores -- (Audus 1972).

En estudios sobre la fisiología de la floración, Cleland y Ajami (1974b) observaron que ácido salicílico endógeno, parece estar implicado en la floración de *Xanthium strumarium*, -- una planta de días cortos. Estos autores encontraron que la aplicación de extractos de la secreción melosa de un áfido -- alimentándose de esta planta, o extractos de la misma (en floración o vegetativa) conducen a la planta de días largos -- *Lemna gibba* L. a su floración bajo condiciones de día corto. El compuesto activo involucrado en este proceso fue identificado como ácido salicílico, que a concentración de 5.6 μ M dió -- la mejor respuesta. Se menciona además, que este mismo efecto puede ser producido en dos especies de *Spirodela* y en -- -- -- *Lemna perpusilla*, *L. minor* y *L. obscura*. En otros reportes, -- Oota (1975) cita igualmente que el ácido salicílico (10^{-6} M), --

suprime los requerimientos de luz de *Lemna gibba* L.; el mismo autor (1977) sugiere que el efecto puede estar mediado por alteración de la permeabilidad de la membrana, especialmente al ión K^+ . Watanabe y Takimoto (1979) señalan que se puede inducir la floración de la planta *Lemna paucicostata*, por suministrar 5 μ M de ác. salicílico al medio de cultivo. Tanaka y colaboradores (1979) reportan que la floración de *Lemna gibba* L. es inhibida en un medio con amonio libre, pero supera esta situación cuando se añade ác. salicílico en el medio, en concentración de 10 μ M.

Un efecto interesante sobre la floración, citado por Tanaka y Cleland (1980) indica que el ác. salicílico y el ferric cianuro de potasio ($K_3 Fe (CN)_6$) inducen la floración en - - *Lemna gibba* L. bajo días cortos de 8 y 9 h. El ác. salicílico es inefectivo en días con menos de 8 h y el ferric cianuro en - días de menos de 5 h; sin embargo, cuando ambas sustancias - - son suministradas conjuntamente (ác. salicílico en 1.0 a - - 3.2 μ M y ferric cianuro en 4.0 a 8.0 μ M) se presenta una interacción sinérgica y la floración de la planta puede obser-varse en longitudes del día tan cortas como 3 h. Finalmente, se menciona que la floración de esta planta se inhibe bajo - - luz continua cuando hay cobre en el medio, efecto que es eliminado al añadir ác. salicílico (3.2 a 10 μ M).

El ác. salicílico actúa en la abscisión de algunos fru-tos. Weaver (1980) menciona que en cerezo 500 ppm de ác. salicílico produce la abscisión de los frutos y en olivo una con-

centración de 5% de ác. salicílico reduce significativamente la fuerza de amarre, para separar los frutos de los árboles.

Chou y Patrick (1976) citan que el ác. salicílico inhibe la germinación de semillas, efecto también demandado para el ASA por Larqu -Saavedra (1975), quien además encontró que altas concentraciones de ASA inhiben la elongación de raíces y el crecimiento del coleoptilo de trigo.

En estudios sobre transpiración, Larqu -Saavedra (1978) observó el efecto del ASA en plántulas de *Phaseolus vulgaris* y estimó que después de 10 h, el ASA reduce la transpiración en un 43% sobre el control, al suministrar una concentración de 10^{-3} M, una disminución que es equivalente a la obtenida con 5×10^{-5} M de ABA, que es un antitraspirante natural. Un posible mecanismo de acción se sugiere, y es que puede estar afectando los niveles de CO_2 dentro de la hoja, induciendo el cierre estomatal, por una estimulación de la respiración subcelular, en relación a una interferencia en la fosforilación oxidativa. El mismo autor (1979) con epidermis desprendida de *Commelina communis* L., encontró que el ASA en concentraciones de 10^{-2} y 10^{-3} M cierra los estomas totalmente; -- una reducción de 50% en la apertura se obtiene en concentraciones de entre 10^{-4} y 10^{-5} M y en 10^{-6} M se reduce en un -- 20% sobre el control. Las concentraciones más bajas tendie-- ron a abrir más los estomas que el control. El tiempo neces--
ario para inducir el cierre estomático total bajo 10^{-2} M de --
ASA fue de 13 min, mientras que en 10^{-3} M de ASA este tom  --

75 min. De León (1979) encontró una disminución de 30% en la apertura de estomas abiertos en la misma planta (*C. communis*), en experimentos con epidermis sin desprender.

García y Larqué-Saavedra (1979, 1980) probaron el efecto del ASA, ácido salicílico y de algunos compuestos derivados del ácido salicílico sobre la maduración fisiológica del fruto de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Las soluciones se suministraron usando tres técnicas: a través del pedicelo del fruto, por inmersión de frutos enteros y por la técnica de incubación de rebanadas; en concentraciones de 10^{-6} a 10^{-2} M. Se observó que la concentración de 10^{-2} M de todos los salicilatos probados fue la óptima para adelantar la maduración fisiológica del fruto; en las concentraciones más bajas disminuyó la magnitud del efecto. La solución de 10^{-2} M de ácido salicílico suministrada por el pedicelo del fruto produjo cierta toxicidad y no así la de ASA. Bajo la técnica de inmersión de frutos enteros, en ninguna de las concentraciones se presentó diferencia en el tiempo de maduración; este nulo efecto quizás fue debido a que probablemente la cutícula del fruto es altamente impermeable a los compuestos probados. Se sugiere que el posible mecanismo por el cual se favorece la maduración fisiológica por salicilatos, está relacionado con la alteración de la permeabilidad de la membrana, el tiempo que tarda en alterarse esta permeabilidad, es de 15 min para 10^{-2} M de ácido salicílico y de 30 min para 10^{-2} M de ASA y los demás salicilatos probados.

No existe ningún reporte en la bibliografía, en el cual algún salicilato haya sido probado para observar su efecto sobre producción de grano en trigo. El único antecedente existente para el presente trabajo, son algunas observaciones realizadas por Larqué-Saavedra (resultados no publicados). Este investigador, considerando los efectos de los salicilatos sobre floración, decidió probar en una serie de experimentos piloto, el efecto del ASA sobre la producción de grano en trigo (cv. Lerma Rojo). Para ésto, tres diferentes tipos de experimentos fueron realizados, en los cuales se estimó la respuesta en producción sobre el peso del grano, a las dosis de ASA aplicadas.

En un primer experimento, una serie de concentraciones de 10^{-4} a 10^{-2} M de ASA, fueron asperjadas en las plantas al iniciar la floración. Como resultado se obtuvo una curva de dosis-respuesta definida, que siguió el gradiente de las concentraciones probadas con un incremento en la producción de grano mayor del 20% para la concentración más baja y de 31% para 10^{-2} M en relación al control, que fue asperjado con agua destilada + humectante. En el segundo experimento, una solución de 50 ppm (2.6×10^{-4} M) de ASA, fue asperjada varias veces, cada 4 días, a partir del inicio de la floración. El patrón de respuesta encontrado para las repetidas aplicaciones fue poco claro; sin embargo, nuevamente un incremento de 31% en el peso del grano producido sobre el control fue obtenido, cuando la solución se aplicó en tres ocasiones, el mi

nimo incremento 12% se registró con dos aplicaciones. Finalmente el tercer experimento, fue realizado sometiendo a las plantas a un período de sequía por una semana, a partir del inicio de la floración, al mismo tiempo que le fue asperjada una solución de 10^{-3} M de ASA. En esta prueba, se obtuvo un efecto positivo sobre el control, manifiesto por un incremento de 20% en el peso del grano.

Estos resultados preliminares mostraron un efecto promisorio del ASA sobre la producción de grano en trigo. Para tratar de explicar este efecto, se sugirió que habría que analizar más cercanamente el efecto observado, ya que posiblemente el ASA pudiera desempeñar algún papel en el llenado del grano.

En el presente trabajo de tesis, se decidió llevar a cabo una serie de experimentos encaminados a examinar analíticamente el efecto del ASA sobre la producción de grano en trigo, estimando su posible acción para el peso y número de granos producidos.

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación fue realizada en las instalaciones de Fisiología Vegetal del Centro de Botánica, Colegio de Postgraduados Chapingo, Mex.

Triticum aestivum L. cv. Lerma Rojo fue utilizado a lo largo de este trabajo, las semillas fueron proporcionadas por el Lab. de Fisiología Vegetal, C.P.

Se realizaron experimentos en condiciones de invernadero y campo:

En invernadero (fotografía 1).- la siembra se efectuó en macetas de plástico, de 25 cm de ancho por 25 cm de altura, que contenían 6 kg de composta (2 partes de suelo de monte por 1 de arena de río) fumigada con 750 ml de bromuro de metilo por cada 1.5 m³ de suelo. El número de plantas por maceta varió en cada experimento. Los riegos fueron aplicados de dos a tres veces por semana, salvo otra indicación, hasta la cosecha. El suelo se fertilizó con 2.5 g por maceta de una mezcla de sulfato de amonio y superfosfato simple (2:1). En todas las plantas sólo se permitió el desarrollo del tallo principal, podando los tallos hijos producidos. La floración de las plantas se consideró cuando del 20 al 50% de ellas mostraban expuestas las anteras. La cosecha se efectuó colectando sólo las espigas y desgranándolas posteriormente con un trillador manual.

En el campo (fotografía 2).- se utilizó una porción de 7 x 24 m de los terrenos experimentales del Lab. de Fisiología



Young plants in baskets, ready for transplanting.



Young plants in rows, ready for transplanting.

Vegetal, situados dentro de las instalaciones de Chapingo, Mex. Esta área se subdividió en 80 parcelas de 1 m² dejando entre -- éstas pasillos de 40 y 50 cm de ancho; en cada parcela fueron -- hechos 4 surcos de 1 m de longitud cada 25 cm, dentro de cada -- surco y a lo largo del mismo se sembraron 21 semillas distancia -- das entre sí aproximadamente 5 cm. Una guarnición o bordo en el -- perímetro del terreno, se sembró al voleo para dar protección a -- las parcelas experimentales. Se dieron riegos 2 veces por sema -- na hasta el establecimiento de las lluvias. Fueron efectuados -- tres deshierbes a lo largo del ciclo: el primero al macollo de -- las plantas, el segundo al inicio de la floración y el tercero -- al madurar el grano. En esta prueba no se podaron los tallos -- hijos producidos por las plantas. La floración se consideró --- cuando el 50% de las plantas expusieron las anteras. La cosecha -- se realizó también colectando únicamente las espigas y poste --- riormente se efectuó el desgrane con la trilladora manual. Fue -- necesario al madurar el grano, instalar una malla protectora de -- plástico (con orificios de 0.5 por 1.0 cm), a manera de carpa, -- cubriendo la totalidad de las parcelas para evitar el ataque de -- pájaros.

En todos los experimentos fueron detectados pequeños ini -- cios de brote de plagas (en el invernadero áfidos como pulgón -- verde, *Schizaphis graminum* Rondani, y en el campo algunas lar -- vas de lepidópteros) y se controlaron inmediatamente usando in -- secticidas tales como: Tamarón, Metasystox R-50 y Monitor 5 -- aplicados en concentración de 1 ml:1 000 ml de agua.

Diseño experimental.

En todos los experimentos el diseño de distribución de los tratamientos fue un arreglo completamente al azar, estableciéndose dentro de este diseño un conjunto factorial para aquellos casos en que simultaneamente se probaron dosis de ASA y fechas de aplicación del compuesto.

Preparación de las soluciones.

Las concentraciones empleadas de ASA (Sigma Chemical Company) fueron las siguientes: 10^{-7} , 10^{-6} , 10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} y 10^{-2} M; los controles se trataron con solución de agua destilada más humectante.

La disolución del ASA se hizo con solución de hidróxido de potasio (KOH) 1 M ó usando un agitador magnético. En las soluciones a probar fueron empleados dos tipos de humectante, Tween 80% (Sigma Chemical Company) 10 gotas por litro ó Spreader sticker (DUPONT) en concentración de 0.1%, así como dos pH's, 4.5 y 6.5. El pH se midió con un TOA-pH meter HM-5B Tokio TOA ELECTRONICS LH-Japan y el ajuste del pH se realizó con KOH 1 M ó ác. sulfúrico (H_2SO_4) diluido.

Forma de aplicación de las soluciones.

Las soluciones de ASA probadas y de agua destilada con humectante, fueron asperjadas sobre las espigas de las plantas una vez iniciada la floración hasta dejarlas empapadas, usando un aspersor de mano para las plantas de invernadero y con una bomba de aspersión de mochila para las del campo.

Parámetros evaluados.

En todos los experimentos, la producción de grano se estableció por la evaluación de los parámetros peso y número de granos producidos; se estimó también la relación: peso de granos/número de granos de cada tratamiento, para conocer el peso medio por grano en los mismos, con la finalidad de determinar un posible efecto de los tratamientos aplicados, sobre el peso individual del grano.

Conteo y pesado de los granos.

El grano de los experimentos de invernadero se pesó en una balanza electrónica con platillo superior SARTORIUS 1212MP (30/300 g \pm 0.001/0.005 g) y el de campo en una balanza mecánica con platillo superior SARTORIUS GmbH.

El conteo de granos se realizó manualmente.

Experimentos.

Se efectuaron los siguientes experimentos:

a) Se realizaron dos experimentos en invernadero, con el propósito de establecer curvas de dosis-respuesta; para conocer el efecto del ASA en la producción de grano. Se probaron varias concentraciones (de 10^{-7} a 10^{-2} M) aplicadas una sola vez al inicio de la floración.

b) Se realizó simultáneamente un experimento también en invernadero, con el objeto de estimar el momento más susceptible para la aplicación del ASA a partir del inicio de la floración, obteniéndose para ésto una curva de dosis-respuesta en

cada fecha probada. Las concentraciones aplicadas de ASA fueron de 10^{-5} a 10^{-2} M y las fechas ensayadas, el inicio de la floración (I.F.), 5, 10 y 15 días después de iniciada.

c) Paralelamente con los experimentos anteriores, se llevó a cabo una prueba de campo, para observar en estas condiciones también bajo que dosis y en que fechas de aplicación el ASA afecta la producción de grano. Con este fin, fueron probadas las mismas fechas y concentraciones mencionadas en el inciso anterior.

d) Como consecuencia de los datos que se obtuvieron para los controles de los experimentos citados en los incisos b) y c), se efectuó un experimento adicional en condiciones de invernadero, cuyas características son señaladas dentro de los resultados.

e) Por último un experimento de dosis-respuesta fue realizado en el invernadero, el cual se sometió a un período de sequía a partir del inicio de la floración.

Este experimento tuvo como fundamento teórico lo citado por Weaver (1980), quien señala que la respuesta vegetal a la aplicación de reguladores del crecimiento, es más evidente en condiciones desfavorables para el desarrollo de las plantas.

Análisis estadístico.

a) Se calculó el error estandar (error experimental) para cada tratamiento y se practicó una prueba "t" de comparación de medias entre los datos experimentales contra sus res-

pectivos controles.

b) Para estimar si el peso por grano era afectado debido a los tratamientos administrados, se realizaron pruebas de correlación por el método estandar, determinándose el valor de r - - (coeficiente de correlación) para cada experimento, y así mismo, se corrieron regresiones por el método de mínimos cuadrados, para obtener las relaciones lineales correspondientes, $Y = bX + a$, (donde b = coeficiente de regresión).

RESULTADOS

Con objeto de señalar el estado de desarrollo de las plantas al momento de aplicar los tratamientos, se muestra el siguiente cuadro, que en forma simplificada indica algunos de los estados fenológicos del ciclo del trigo empleado en esta investigación.

Ciclo del trigo (*Triticum aestivum* L. cv. Lerma Rojo):

-Estado de desarrollo -	-Días después de la siembra -
Siembra.	0
Emergencia de las plantas.	3 -4
1 ^a hoja (con lígula).	8
2 ^a hoja (con lígula).	13
3 ^a hoja (con lígula).	16
Macollo.	20 -23
Hoja bandera (con lígula).	35 -37
Espigamiento.	44 -48
Inicio de la floración (I.F.).	49-51
a) Período de floración, formación del grano, estado lechoso y estado masoso; del I.F. hasta los 25 a 30 días después.	
b) Grano maduro y seco; 30 a 40 días después del I.F.	80 -90
-Ultimo riego.	75 -76
-Cosecha.	90 -97

A continuación se muestran los resultados obtenidos en la evaluación de los parámetros PESO (g) y NUMERO DE GRANOS, así como la relación PESO DE GRANOS/NUMERO DE GRANOS por -- tratamiento, para cada experimento realizado.

Los puntos en las gráficas, expresan el promedio de los datos obtenidos del número de repeticiones* establecidas por tratamiento, i.e. el valor medio producido por maceta \pm su error estandar (error experimental) para cada tratamiento.

Es necesario recordar que en los experimentos de invernadero al mencionar el término planta, éste se refiere sólo a la espiga principal.

* 1 repetición = 1 maceta en invernadero.

1 repetición = 1 parcela en campo.

EXPERIMENTO I

DOSIS-RESPUESTA (a).

Este experimento se realizó con la finalidad de establecer una curva de dosis-respuesta para el efecto del ASA sobre la producción de grano en trigo, asperjado a diferentes concentraciones al inicio de la floración.

El experimento se llevó a cabo en condiciones de invernadero con 7 tratamientos (Control; ASA 10^{-7} a 10^{-2} M) y 10 repeticiones por tratamiento (una repetición = a una maceta con 5 plantas) arregladas en un diseño completamente al azar. Las soluciones a probar fueron ajustadas a pH 6.5 y se les agregó 0.1% de Spreader sticker.

En las figuras 1 y 2 se presentan los resultados. Se observa que sólo 2 de las concentraciones tuvieron un efecto positivo sobre la producción de grano. El ASA aplicado a concentración de 10^{-2} M incrementó en un 8.7% el peso (g) y 6.7% el número de granos sobre el control; mientras que la aplicación de ASA 10^{-7} M registró 6.3% de aumento en peso (g) y 6.8% en número de granos sobre el control. Los tratamientos restantes no mostraron ningún efecto importante a las dosis aplicadas.

La prueba t de comparación de medias, no registró significancia entre el control contra los demás tratamientos, tanto para el peso como en el número de granos (ver apéndice, tablas A y B).

La relación PESO DE GRANOS/No. DE GRANOS fue constante para todos los tratamientos y no muestra ninguna diferencia

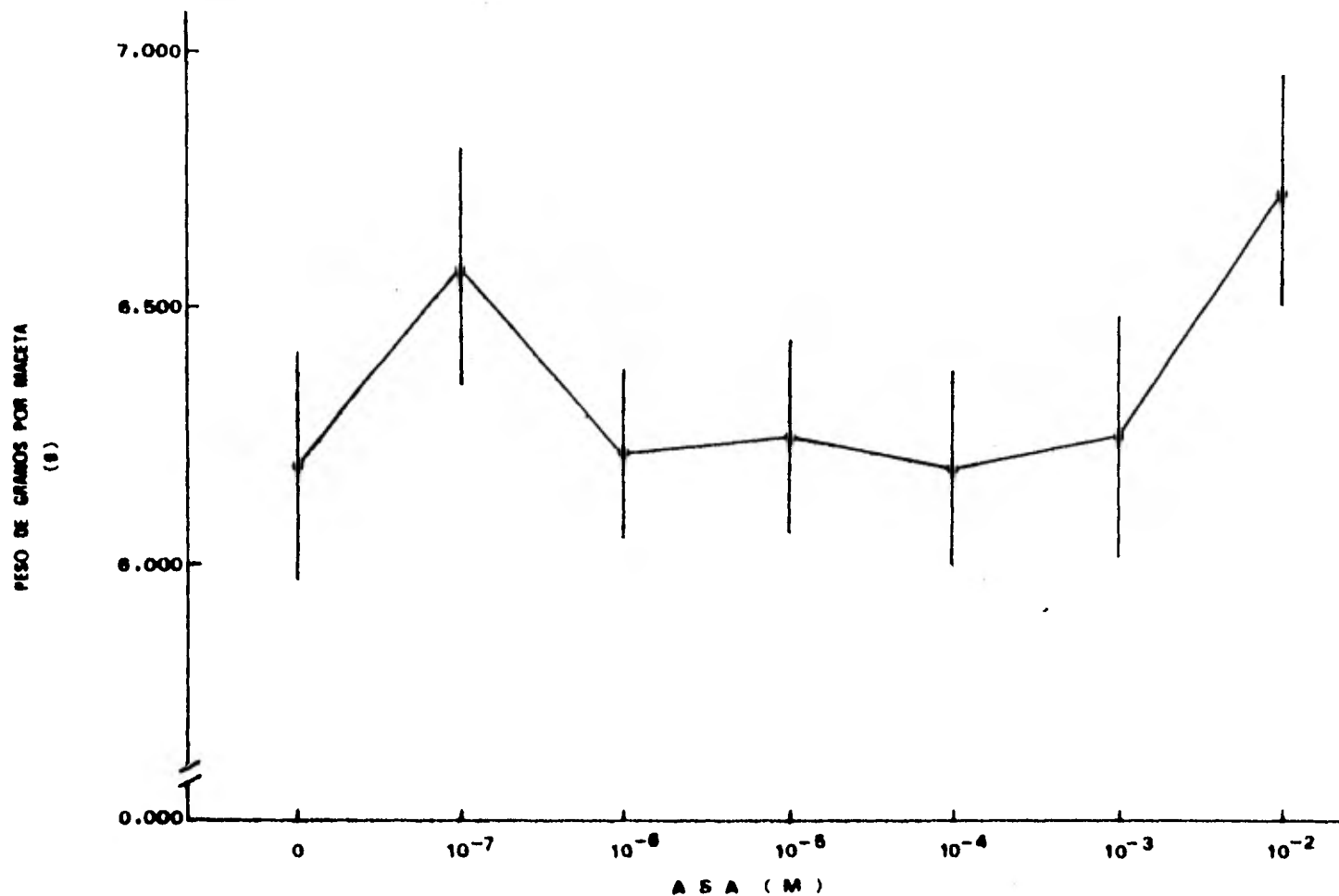


Figura 1. Efecto de diferentes concentraciones de ASA sobre la producción en peso de granos de trigo. Las soluciones fueron asperjadas una sola vez al inicio de la floración. Los resultados son la media de 10 repeticiones (c/u con 5 plantas) \pm error estandar.

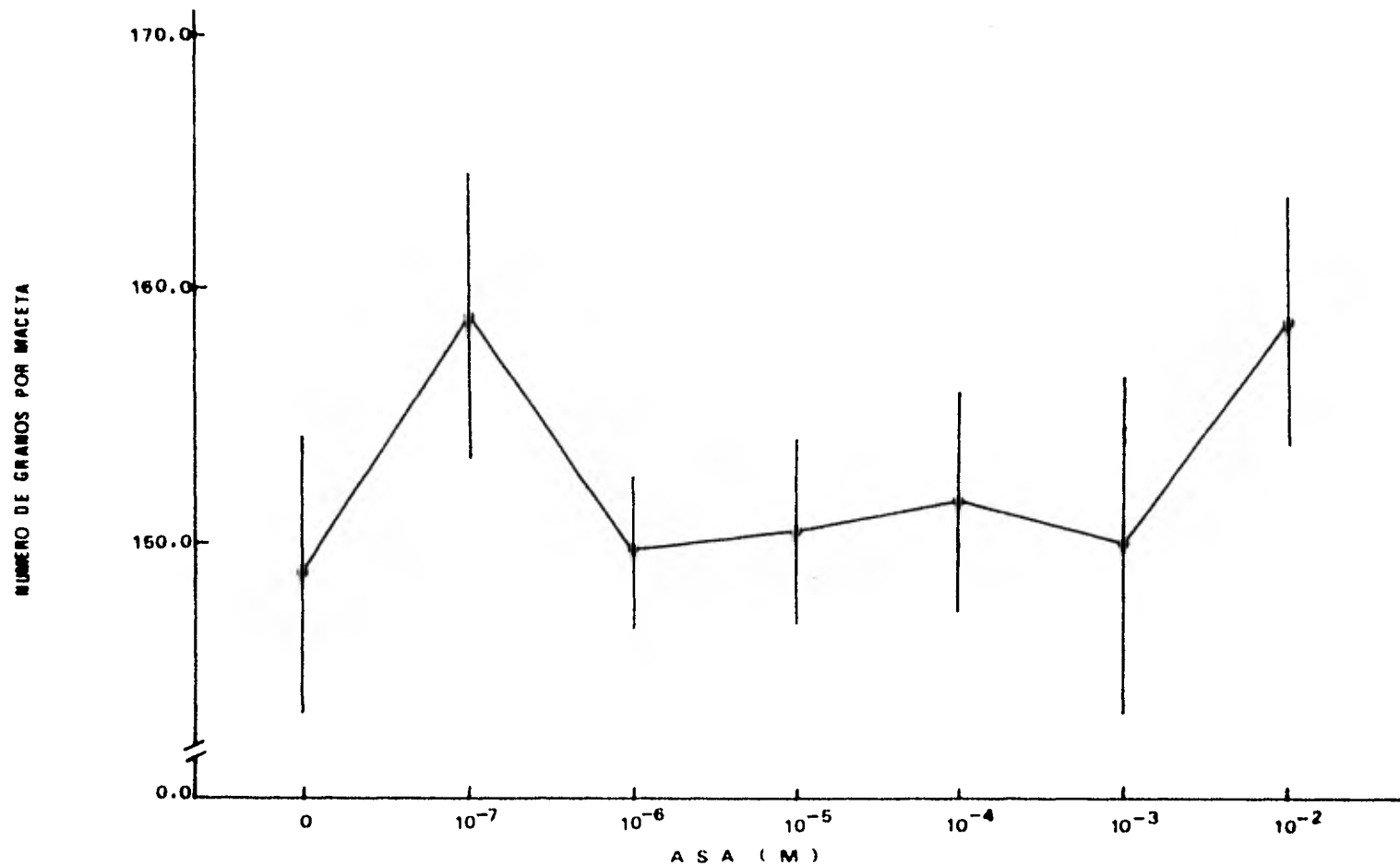


Figura 2. Efecto de diferentes concentraciones de ASA sobre la producción en número de granos de trigo. Las soluciones fueron asperjadas una sola vez al inicio de la floración. Los resultados son la media de 10 repeticiones (c/u con 5 plantas) \pm error estandar.

notable entre el control y las dosis probadas para el peso por grano; el cuadro No. 1 presenta esta relación.

CUADRO No. 1

Relación PESO DE GRANOS/No. DE GRANOS por tratamiento:

TRATAMIENTO ASA (M)	g/grano
Control -0	= 0.041
10 ⁻⁷	= 0.041
10 ⁻⁶	= 0.041
10 ⁻⁵	= 0.041
10 ⁻⁴	= 0.040
10 ⁻³	= 0.041
10 ⁻²	= 0.042

El análisis de regresión indica que el peso por grano no se afectó por las concentraciones de ASA aplicadas, obteniéndose la siguiente relación lineal: $Y = 0.118X + 0.0408$, (donde: $Y = \text{g/grano}$, $X = \text{ASA (M)}$), y un coeficiente de correlación $r = 0.145$ (no significativo).

EXPERIMENTO II

DOSIS -RESPUESTA (E).

Simultáneamente con el anterior, se estableció el presente experimento con el objeto de estimar si un pH más ácido (4.5) favorece los efectos del ASA, como lo reportan Larqu e-Saavedra (1978) y De León (1979) para el caso de cierre de estomas.

Básicamente el presente experimento se llevó a cabo en la misma forma que el anterior, con la diferencia de que en esta ocasión cada repetición constaba de 8 individuos.

Los resultados se presentan en las figuras 3 y 4, y nos muestran un efecto promotor en la producción sólo a una concentración aplicada. La aspersion de ASA 10^{-5} M incrementó en 7.3% el peso (g) y 3.0% el número de granos sobre el control. La aplicación de 10^{-2} M de ASA afectó negativamente la producción del número de granos con un 8.7% por debajo del control y no tuvo efecto sobre el peso del grano. En los demás tratamientos no se encontró algún efecto de importancia.

La prueba t de comparación de medias, no registró significancia entre el control contra los demás tratamientos, tanto en peso como en número de granos (ver apéndice, tablas C y D).

La relación PESO DE GRANOS/No. DE GRANOS, nuevamente es constante para todos los tratamientos y no indica algún efecto relevante sobre el peso por grano en las diferentes con--

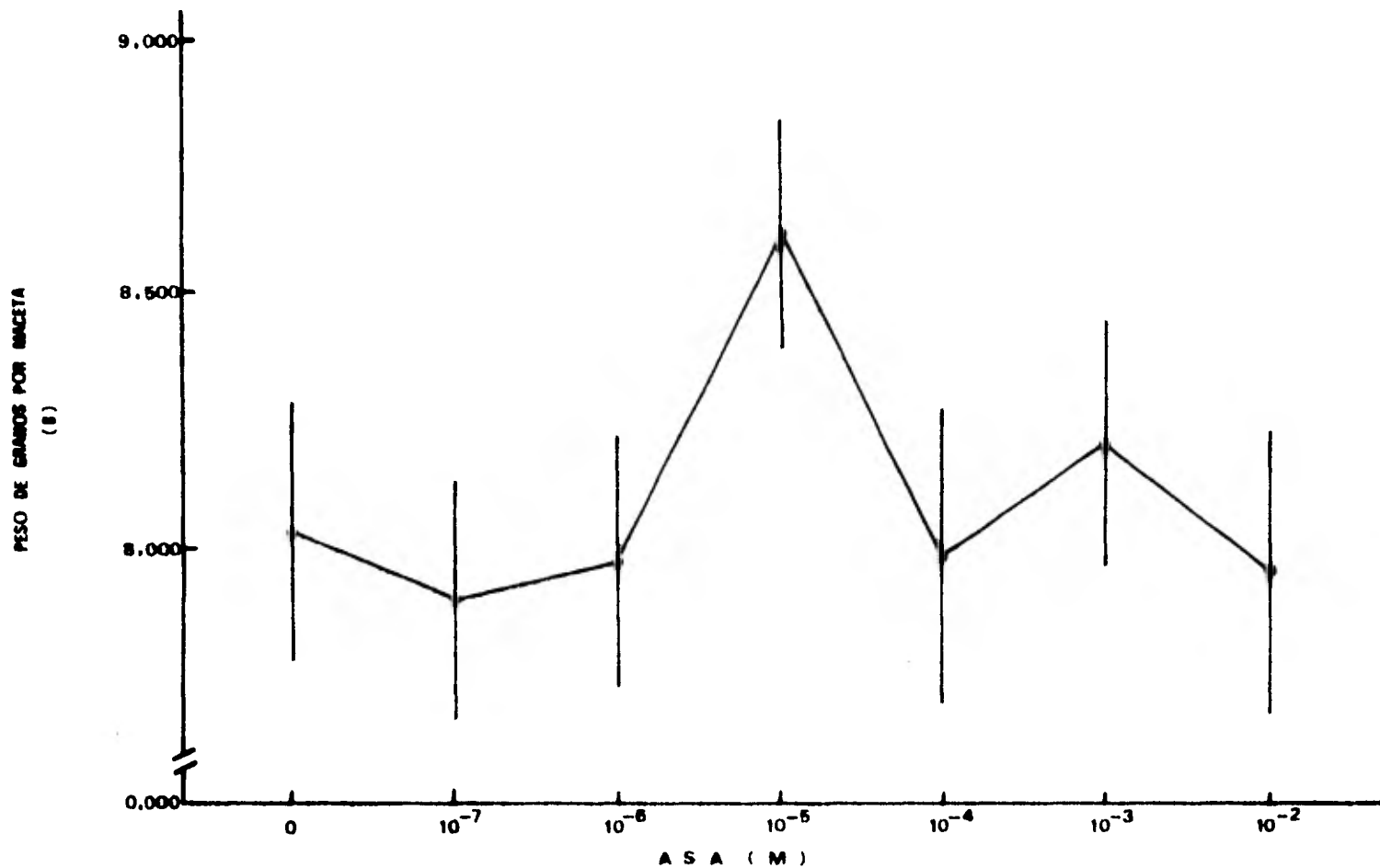


Figura 3. Efecto de diferentes concentraciones de ASA sobre la producción en peso de granos de trigo. Las soluciones fueron asperjadas una sola vez al inicio de la floración. Los resultados son la media de 10 repeticiones (c/u con 8 plantas) : error estandar.

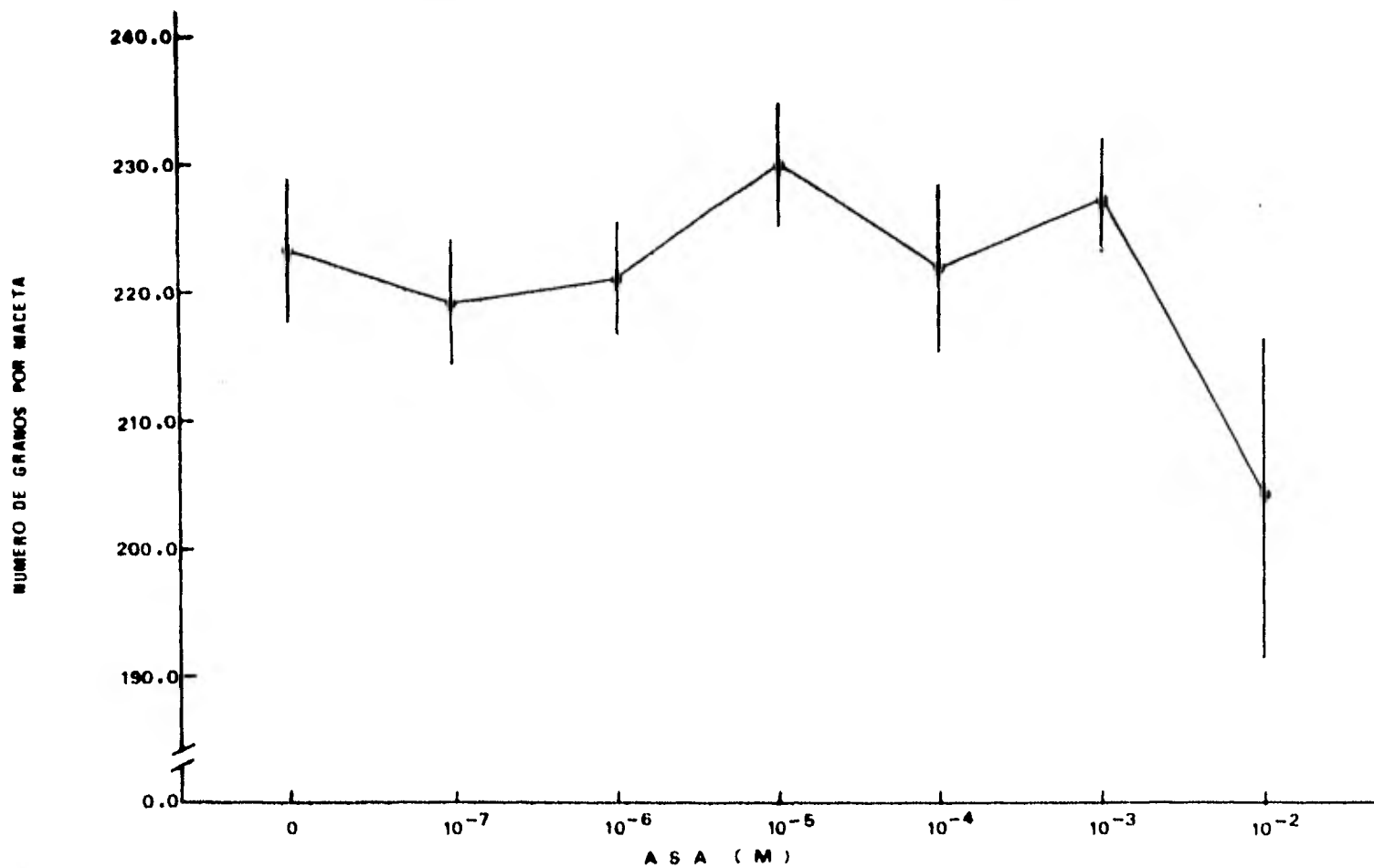


Figura 4. Efecto de diferentes concentraciones de ASA sobre la producción en número de granos de trigo. Las soluciones fueron asperjadas una sola vez al inicio de la floración. Los resultados son la media de 10 repeticiones (c/u con 8 plantas) \pm error estandar.

centraciones probadas (cuadro No. 2)

CUADRO No. 2

Relación PESO DE GRANOS/No. DE GRANOS por tratamiento:

TRATAMIENTO ASA (M)	g/grano
Control -0	= 0.036
10 ⁻⁷	= 0.036
10 ⁻⁶	= 0.036
10 ⁻⁵	= 0.037
10 ⁻⁴	= 0.036
10 ⁻³	= 0.036
10 ⁻²	= 0.039

De acuerdo con el análisis de regresión realizado, el peso por grano no fue afectado por las concentraciones de ASA aplicadas, obteniéndose la siguiente relación lineal: $Y = 0.283X + 0.0361$, (donde: $Y =$ g/grano, $X =$ ASA (M)), y un coeficiente de correlación $r = 0.282$ (no significativo).

EXPERIMENTO III

FECHA DE APLICACION.

El presente experimento se estableció simultáneamente a los dos anteriores, teniendo como objetivo el estimar la mejor época de aplicación del ASA a partir del inicio de la floración, ensayando para ésto, una curva de dosis-respuesta en cada fecha probada.

En el diseño experimental fue usado un conjunto factorial con 4 épocas de aplicación x 5 concentraciones x 4 repeticiones. Las soluciones aplicadas se ajustaron a pH 4.5 y se les añadió 0.1% de Spreader sticker.

Los tratamientos fueron los siguientes:

FECHA DE APLICACION.	CONCENTRACIONES DE ASA (M) PROPADAS.
Inicio de floración (I.F.)	Control-0, 10^{-5} a 10^{-2}
5 días después del I.F.	Control-0, 10^{-5} a 10^{-2}
10 días después del I.F.	Control-0, 10^{-5} a 10^{-2}
15 días después del I.F.	Control-0, 10^{-5} a 10^{-2}

Cada repetición consistió en una maceta con 10 plantas. Las 80 macetas fueron colocadas en un arreglo completamente al azar en condiciones de invernadero.

En las figuras 5 y 6 se aprecia que la fecha más sensible a la aplicación de ASA, se presenta al inicio de la floración (Fecha 0). Para esta fecha se observa una curva de respuesta definida en la producción, que sigue el gradiente de concentraciones de ASA aplicado; aumentando tanto el pe-

so como el número de granos conforme la concentración de la solución asperjada fue incrementada. En las demás fechas de aplicación las respuestas en la producción a las concentraciones de ASA administradas fueron variables e incluso se registraron algunos valores negativos.

Los cuadros 3 y 4 resumen los valores en porcentaje, de los incrementos y decrementos más relevantes en producción, con relación al control de cada fecha.

CUADRO No. 3

FECHA DE APLICACION (ASA M)	% DE INCREMENTO SOBRE EL CONTROL.	
	PESO (g)	No. DE GRANOS
-Fecha 0 - (I.F.)		
10 ⁻⁵	7.8	2.4
10 ⁻⁴	9.1	7.3
10 ⁻³	11.1	7.9
10 ⁻²	11.3	8.1
-Fecha 15 -		
10 ⁻⁴	7.2	5.7

La prueba t de comparación de medias, no registró significancia para los valores obtenidos contra sus respectivos controles (ver apéndice, tablas E y F).

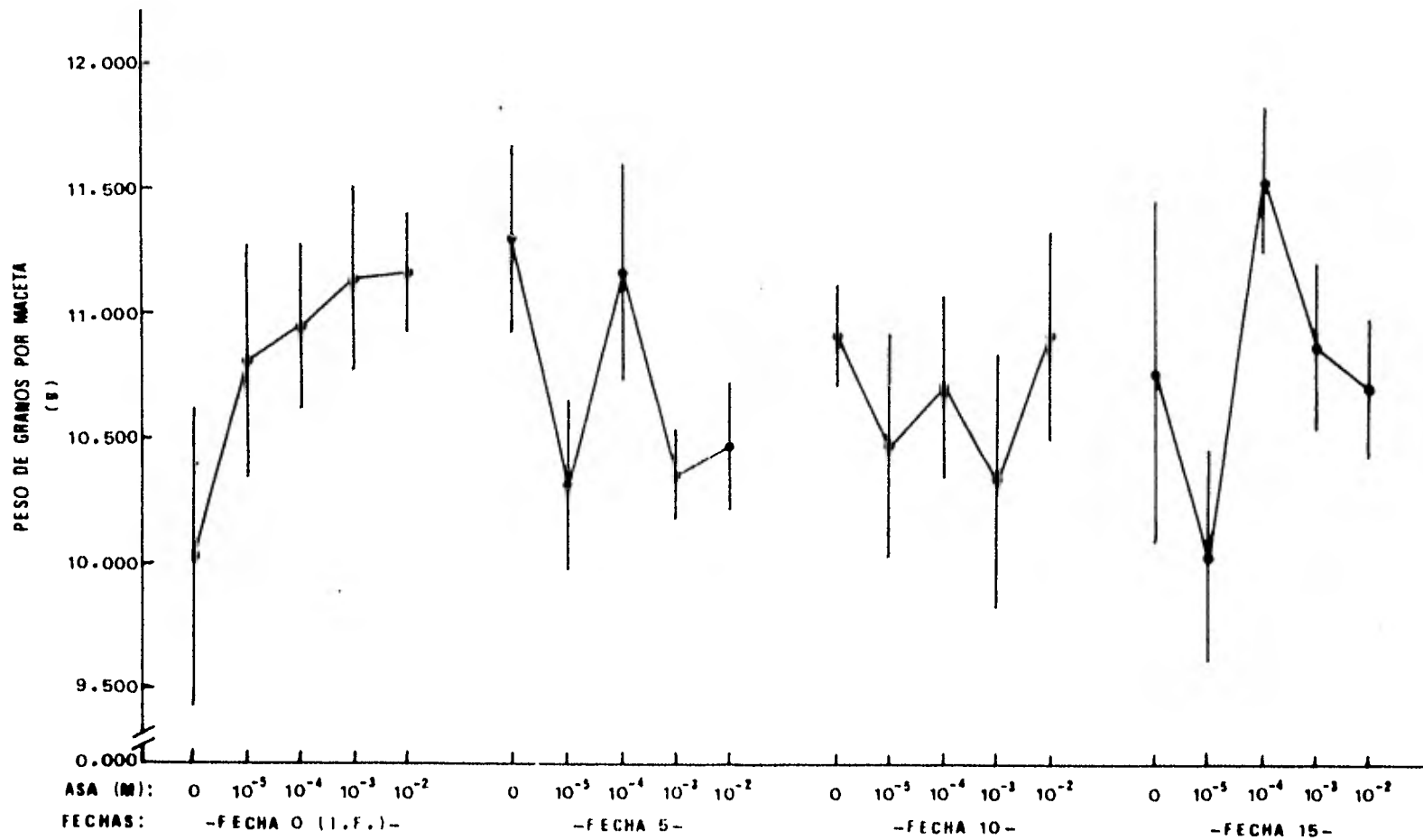


Figura 5. Efecto de diferentes concentraciones de ASA sobre la producción en peso de granos de trigo. Las soluciones fueron asperjadas una sola vez en fechas distintas a partir del inicio de la floración. Los resultados son la media de 4 repeticiones (c/u con 10 plantas) \pm error estandar.

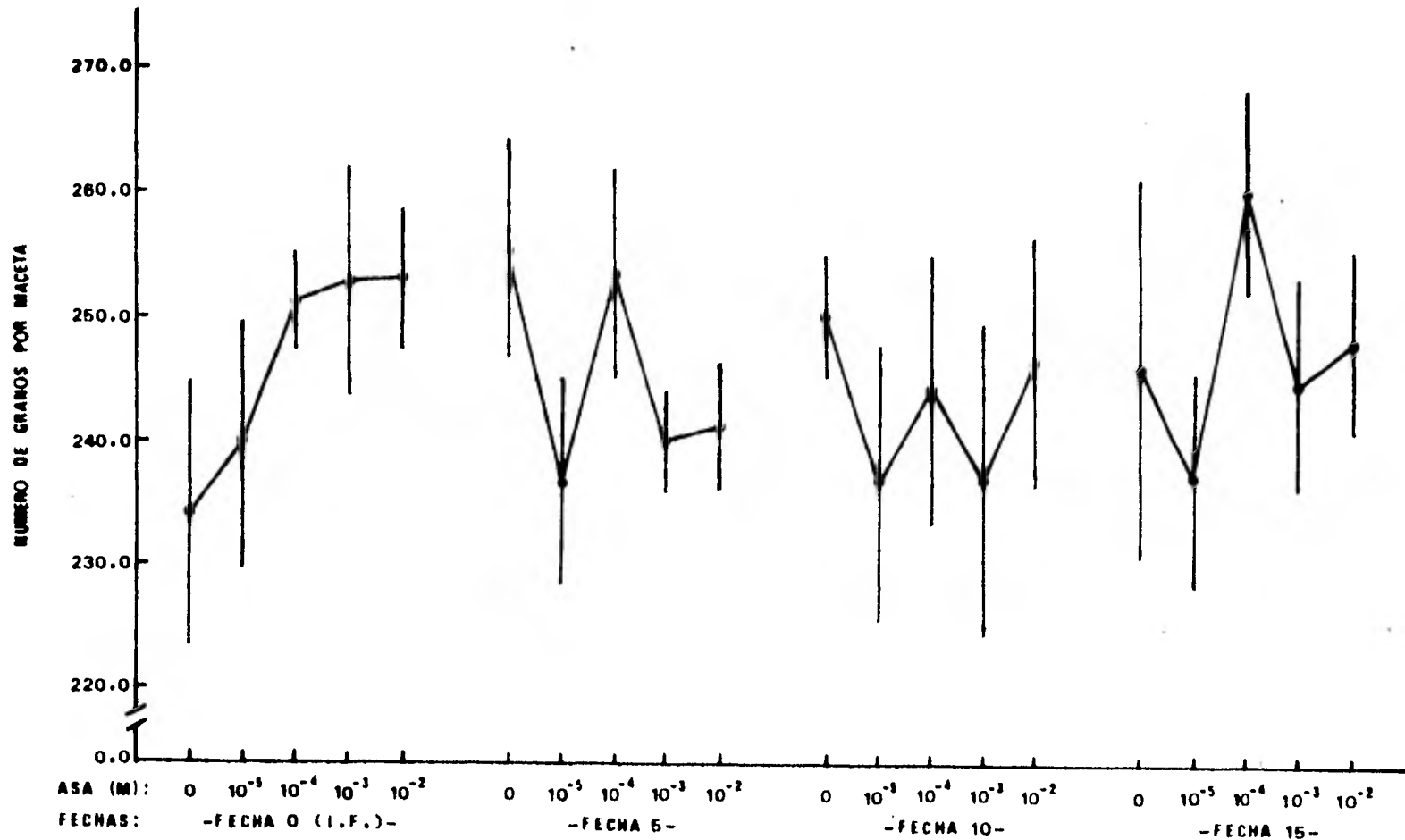


Figura 6. Efecto de diferentes concentraciones de ASA sobre la producción en número de granos de trigo. - Las soluciones fueron asperjadas una sola vez en fechas distintas a partir del inicio de la --- floración. Los resultados son la media de 4 repeticiones (c/u con 10 plantas) \pm error estandar.

CUADRO No. 4

FECHA DE APLICACION (ASA M)	% POR DEBAJO DEL CONTROL.	
	PESO (g)	No. DE GRANOS
-Fecha 5 -		
10 ⁻⁵	8.7	7.4
10 ⁻³	8.3	6.1
10 ⁻²	7.3	5.6
-Fecha 10 -		
10 ⁻⁵	4.1	5.4
10 ⁻³	5.3	5.3
-Fecha 15 -		
10 ⁻⁵	6.9	3.7

La prueba t de comparación de medias, no registró significancia para los valores obtenidos contra sus respectivos controles, con excepción de ASA 10⁻³ M de la Fecha 5 - que en el parámetro peso fue significativo con 10% de probabilidad de error (ver apéndice, tablas E y F).

La observación de la respuesta en la producción de grano por la aspersion de cada dosis a lo largo de las 4 fechas probadas (Figs. 7 y 8), permite estimar que la aplicación de las soluciones afectan diferencialmente la producción en las diversas fechas.

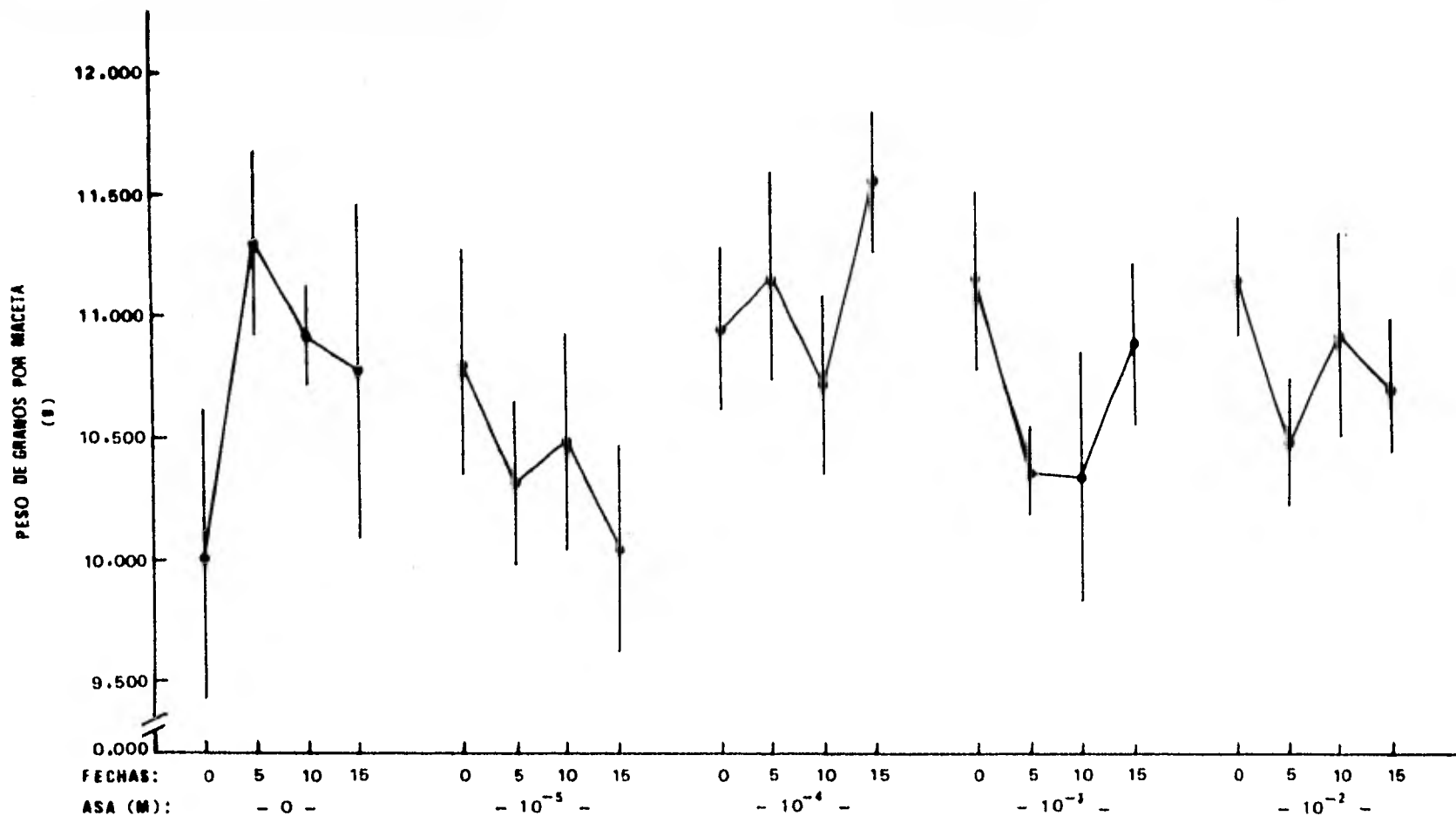


Figura 7. Efecto de diferentes concentraciones de ASA sobre la producción en peso de granos de trigo. Las soluciones fueron asperjadas una sola vez en fechas distintas a partir del inicio de la floración. Las gráficas muestran el efecto de cada dosis a través de las fechas probadas. Los resultados son la media de 4 repeticiones (c/u con 10 plantas) \pm error estándar. (Fecha 0 = I.F.).

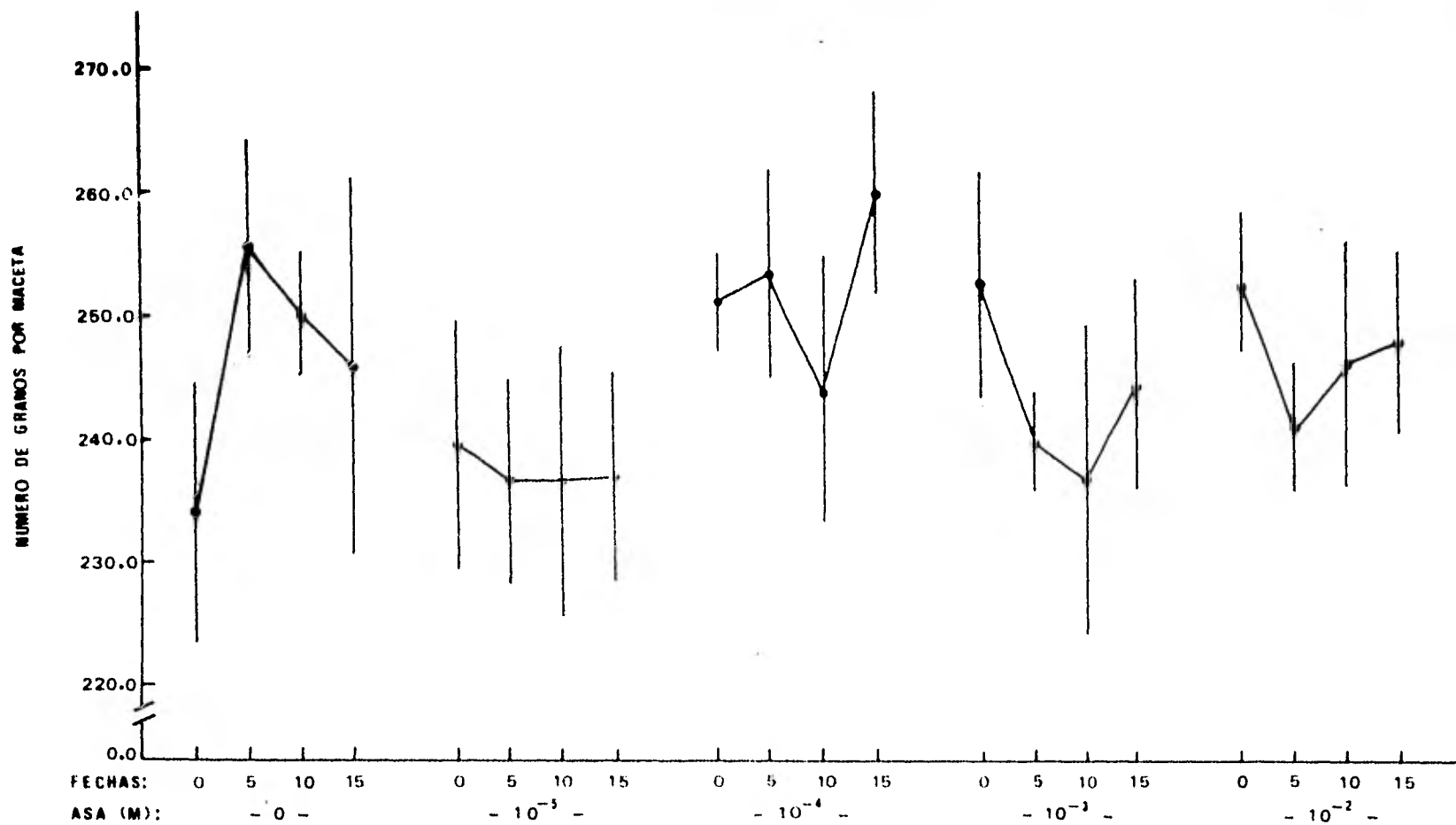


Figura 8. Efecto de diferentes concentraciones de ASA sobre la producción en número de granos de trigo. Las soluciones fueron asperjadas una sola vez en fechas distintas a partir del inicio de la floración. Las gráficas muestran el efecto de cada dosis a través de las fechas probadas. Los resultados son la media de 4 repeticiones (c/u con 10 plantas) \pm error estándar. (Fecha 0 = I.F.).

En general, las Figs. 7 y 8 nos muestran un efecto irregular, para cada dosis asperjada, destacando sólo la respuesta de dos de ellas. La aplicación de ASA 10^{-5} M -- presentó una respuesta estable en la producción de número de granos para todas las fechas, mientras que el peso ten dió a disminuir. La otra se refiere a los controles de ca da fecha, cuya producción en peso y número de granos se -- incrementó hacia las fechas 5, 10 y 15; sobresaliendo la Fecha 5 donde la producción en peso alcanzó 11.300 g y -- 255.5 granos por maceta, valor que fue superado únicamente por uno de los tratamientos en todo el experimento -- (ASA 10^{-4} M de la Fecha 15 con 11.552 g y 260.2 granos -- por maceta, que es el dato más alto obtenido).

Este comportamiento de los controles, los cuales fue ron asperjados con solución de agua destilada más humec-- tante, indica la posibilidad de que la producción de gra-- no puede afectarse por la aspersion de esta solución du-- rante la floración.

Por otro lado la relación PESO DE GRANOS/No. DE GRANOS por tratamiento, no presentó ningún efecto importante sobre el peso por grano para las diferentes fechas y concentraciones ensayadas. El cuadro No. 5, indica los valores obtenidos en esta relación.

CUADRO No. 5

Relación PESO DE GRANOS/No. DE GRANOS por tratamiento:

ASA (M)	FECHA 0 (g/grano)	FECHA 5 (g/grano)	FECHA 10 (g/grano)	FECHA 15 (g/grano)
Control -0	= 0.042	0.044	0.043	0.043
10 ⁻⁵	= 0.045	0.043	0.044	0.042
10 ⁻⁴	= 0.043	0.044	0.043	0.044
10 ⁻³	= 0.044	0.043	0.043	0.044
10 ⁻²	= 0.044	0.043	0.044	0.043

Los análisis de regresión realizados para cada fecha, señalan que el peso por grano no fue afectado por las concentraciones de ASA aplicadas; las relaciones lineales estimadas y los coeficientes de correlación correspondientes, se indican a continuación:

$$\text{Fecha 0: } Y = 0.056X + 0.0434 ; r = 0.216, (\text{N.S.})$$

$$\text{Fecha 5: } Y = -0.057X + 0.0435 ; r = -0.457, (\text{N.S.})$$

$$\text{Fecha 10: } Y = 0.072X + 0.0432 ; r = 0.577, (\text{N.S.})$$

$$\text{Fecha 15: } Y = -0.015X + 0.0431 ; r = -0.078, (\text{N.S.})$$

(Donde: Y = g/grano, X = ASA (M); y N.S. = No significativo).

EXPERIMENTO IV

CAMPO

Este experimento fue realizado en condiciones de campo paralelamente con las anteriores pruebas de invernadero y como en el experimento III, el objetivo fue estimar fechas de aplicación del ASA a partir del inicio de la floración y curvas dosis-respuesta para las fechas probadas, bajo estas condiciones.

Se utilizó igualmente un conjunto factorial, estableciendo las concentraciones probadas de ASA y las fechas de aplicación con el mismo criterio que en el experimento anterior, teniendo también 4 repeticiones por tratamiento. Cada repetición consistió en una parcela con 84 plantas y los tratamientos a las 80 parcelas experimentales fueron asignados aleatoriamente. Las soluciones probadas fueron ajustadas a pH 6.5 y se les agregó 10 gotas de Tween 80 por litro como humectante.

En esta prueba sólo se evaluó el parámetro PESO (g) del grano producido.

En la Fig. 9 se presentan las curvas de dosis-respuesta obtenidas en la producción de granos por la aplicación del ASA, para cada fecha probada. Puede observarse que en esta ocasión, la aplicación de ASA al inicio de la floración (Fecha 0) produjo una respuesta poco definida sobre la producción, registrándose sólo un ligero incremento por la aplicación de la concentración de 10^{-2} M del compuesto.

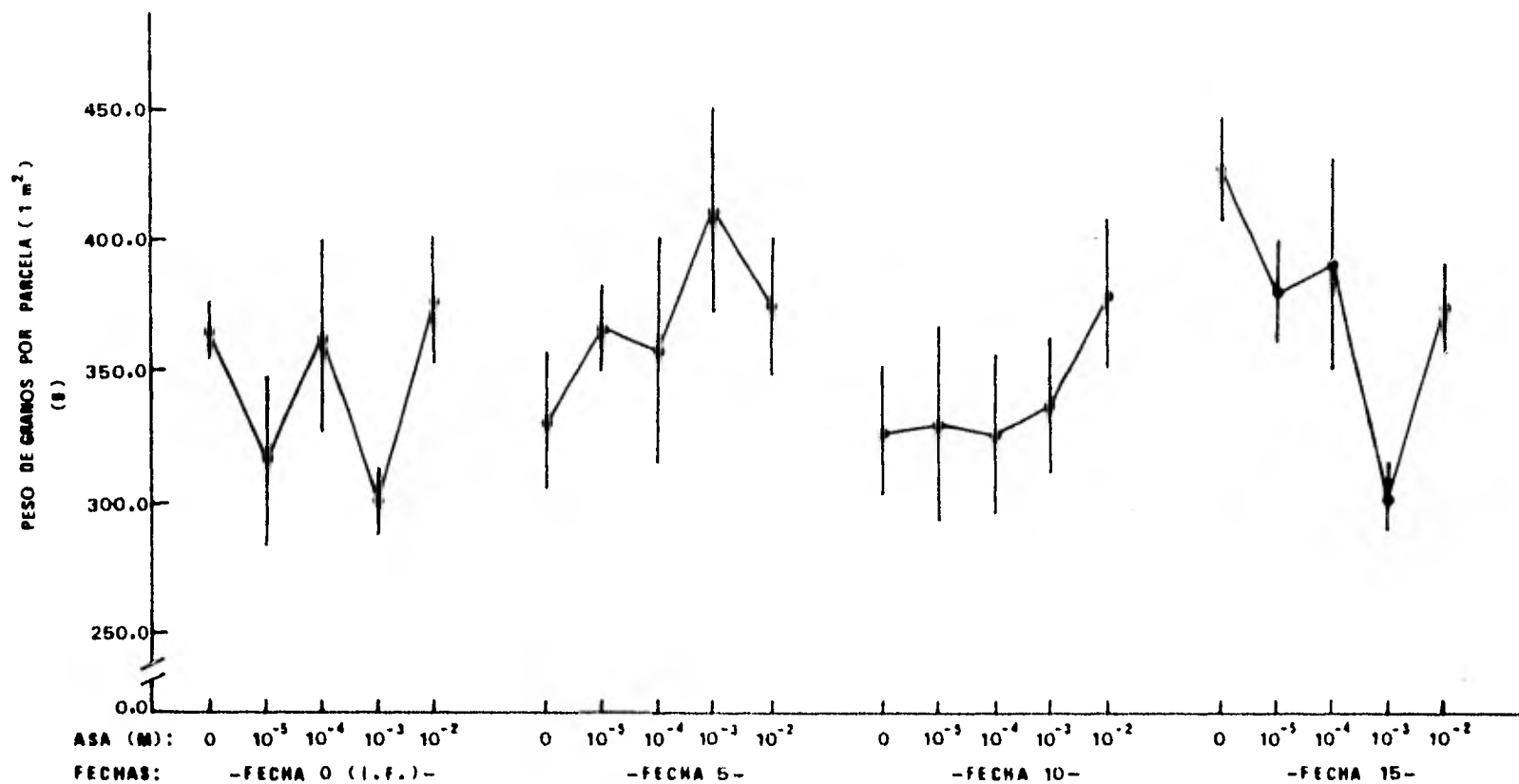


Figura 9. Efecto de diferentes concentraciones de ASA sobre la producción en peso de granos de trigo. Las soluciones fueron asperjadas una sola vez en fechas distintas a partir del inicio de la floración. Los resultados son la media de 4 parcelas de 1 m² (c/u con 84 plantas) ; error estandar.

Sin embargo, la respuesta en la producción de grano por la aspersión de ASA mejoró en las fechas 5 y 10, particularmente en la primera, donde se obtuvieron incrementos en la producción bajo todas las dosis probadas. Aun cuando el aumento en producción para estas dos fechas no siguió estrictamente el gradiente de concentraciones de ASA suministradas, puede apreciarse que hubo una señalada tendencia a incrementarse la producción por la aspersión de las soluciones más concentradas.

Contrastando con lo anterior, en la Fecha 15 la producción obtenida como respuesta a las dosis de ASA aplicadas fue variable y presentó todos los valores por debajo del control.

Los datos anteriores indican que para esta prueba de campo, la fecha de aplicación de mayor efecto sobre la producción de grano por el ASA, es 5 días después del I.F. y bajo las concentraciones más elevadas.

Los valores más notables de incremento y decremento en producción de grano, comparados con sus respectivos controles de cada fecha, se señalan en porcentaje dentro de los siguientes cuadros (No. 6 y 7):

CUADRO No. 6

FECHA DE APLICACION (ASA M)	% DE INCREMENTO SOBRE EL CONTROL.
	PESO (g)
-Fecha 0 - (I.F.)	
10 ⁻²	2.9
-Fecha 5 -	
10 ⁻⁵	11.2
10 ⁻⁴	8.5
10 ⁻³	24.9
10 ⁻²	13.7
-Fecha 10 -	
10 ⁻³	3.0
10 ⁻²	16.1

La prueba t de comparación de medias, no registró significancia para los valores obtenidos contra sus respectivos controles (ver apéndice, tabla G).

Dentro de los datos por debajo del control se tuvieron:

CUADRO No. 7

FECHA DE APLICACION (ASA M)	% POR DEBAJO DEL CONTROL	PESO (g)
-Fecha 0 - (I.F.)		
10 ⁻⁵		13.7
10 ⁻³		17.9**
-Fecha 15 -		
10 ⁻⁵		11.1
10 ⁻⁴		8.5
10 ⁻³		29.3**
10 ⁻²		12.6*

*Significativo al 10% de probabilidad de error.

**Significativo al 1% de probabilidad de error.

Para los demás tratamientos, la prueba t no registró significancia contra sus respectivos controles (ver apéndice, tabla G).

El efecto que sobre la producción de grano ejerció cada dosis de ASA suministrada a lo largo de las 4 fechas de aplicación, se observa en la Fig. 10. Como en el experimento anterior, se puede apreciar que las dosis asperjadas actúan diferencialmente sobre la producción en cada fecha, --

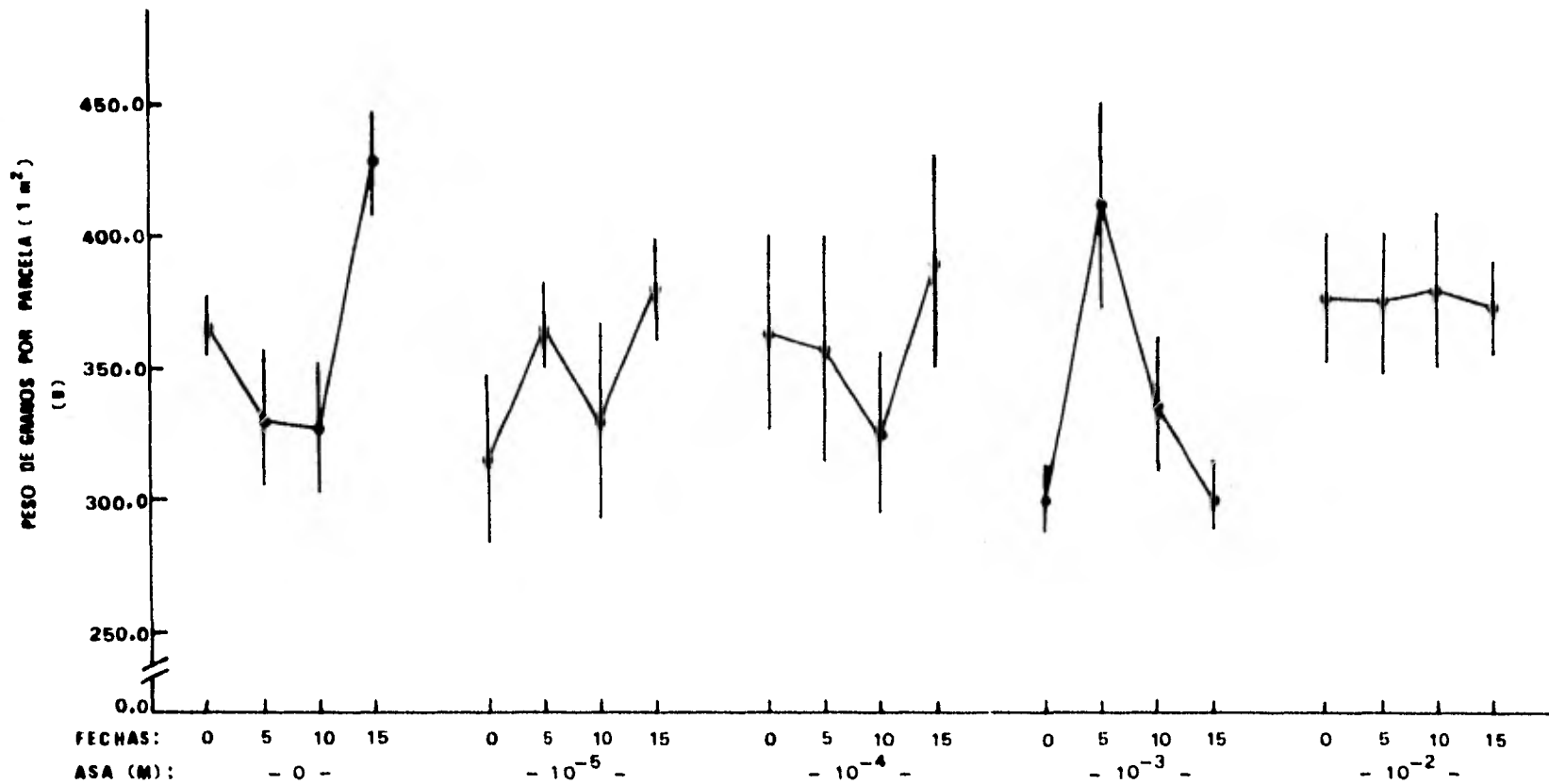


Figura 10. Efecto de diferentes concentraciones de ASA sobre la producción en peso de granos de trigo. Las soluciones fueron asperjadas una sola vez en fechas distintas a partir del inicio de la floración. Las gráficas muestran el efecto de cada dosis a través de las fechas probadas. Los resultados son la media de 4 parcelas de 1 m² (c/u con 84 plantas) ± error estandar. (Fecha 0 = I.F.).

dando en general un esquema irregular en la respuesta, para las fechas probadas. La excepción a esto último está dada por la concentración 10^{-2} M de ASA, cuya producción se observó estable y elevada en todas las fechas. Al respecto, cabe hacer notar también la respuesta que la concentración 10^{-3} M y los controles mostraron en las diferentes fechas. La concentración 10^{-3} M condujo hacia un incremento en la producción en la Fecha 5, siendo su valor uno de los más altos obtenidos en el experimento (412.48 g por parcela). Los controles en contraste tendieron a disminuir su producción en las fechas 5 y 10, sin embargo para la Fecha 15 la producción mostró un incremento considerable, registrando el dato más elevado del experimento (428.02 g por parcela).

La producción de grano obtenida para los controles, en las 4 fechas probadas, reitera que la producción quizás es afectada por la aspersion de la solución de agua destilada más humectante, durante la floración .

EXPERIMENTO V

EFEECTO DE ASPERSION.

Como una consecuencia de los valores obtenidos en la producción de grano por los controles de los experimentos III y IV, se realizó la presente prueba, con el objetivo de esclarecer el posible efecto que sobre la producción de grano en trigo, pudiera tener la aspersion de una solución de agua destilada + humectante, aplicada una sola ocasión, en fechas distintas a partir del inicio de la floración (cuando el 20% de las espigas habfan expuesto las anteras).

La solución aplicada fue: agua destilada + Spreader sticker (0.1%), neutralizada a pH 6.5.

La aspersion de la solución se efectuó una vez iniciada la floración, cada 5 días hasta los 25, cubriendo de tal forma la totalidad del período de floración. Los tratamientos fueron:

Control (sin aspersion).

Fecha 0 (inicio de la floración = I.F.).

Fecha 5.

Fecha 10.

Fecha 15.

Fecha 20.

Fecha 25 (25 días después del I.F.).

El experimento se llevó a cabo en condiciones de invernadero, con 5 repeticiones por tratamiento (una repetición consistió en 1 maceta con 9 plantas) arregladas en un diseño completamente al azar. Los datos obtenidos fueron compa-

rados con un control sin aspersión.

Las Figs. 11 y 12, muestran los resultados. Puede verse que hay un efecto positivo sobre la producción tanto en peso como en número de granos, que va desde la Fecha 5 hasta la Fecha 20 de aplicación. Para las fechas 0 y 25 no hubo efecto. El máximo incremento en producción se registró en la Fecha 20, alcanzando 10.756 g en peso y 274.0 granos por maceta, contra 10.097 g en peso y 255.4 granos del control.

Cabe hacer notar que la gráfica obtenida para el peso no fue muy definida, mientras que la gráfica para el número de granos mostró una clara tendencia de incremento hasta la Fecha 20, decayendo después.

El cuadro No. 8 resume en porcentaje los incrementos que fueron obtenidos sobre el control.

CUADRO No. 8

FECHA DE APLICACION (agua destilada + humectante)	% DE INCREMENTO SOBRE EL CONTROL.	
	PESO (g)	No. DE GRANOS
Fecha 5	4.9	3.4
Fecha 10	2.6	3.0
Fecha 15	1.8	4.3
Fecha 20	6.5*	7.2**

*Significativo al 10% de probabilidad de error.

**Significativo al 5% de probabilidad de error.

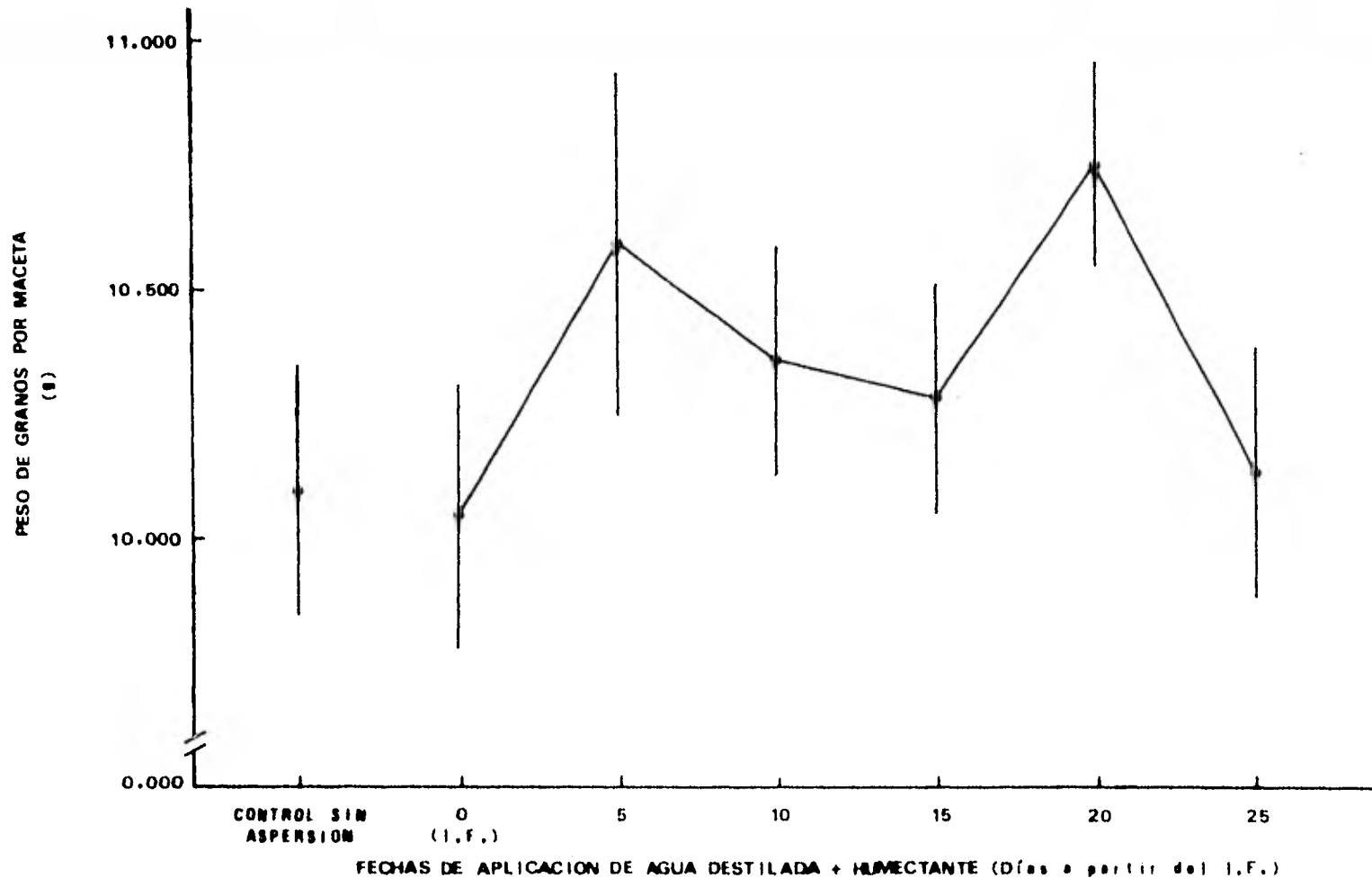


Figura 11. Efecto de aspersiones de agua destilada + humectante sobre la producción en peso de granos de trigo. La solución fue aplicada una sola ocasión en fechas distintas a partir del inicio de la floración (I.F.). Los resultados son la media de 5 repeticiones (c/u con 9 plantas) \pm error estandar.

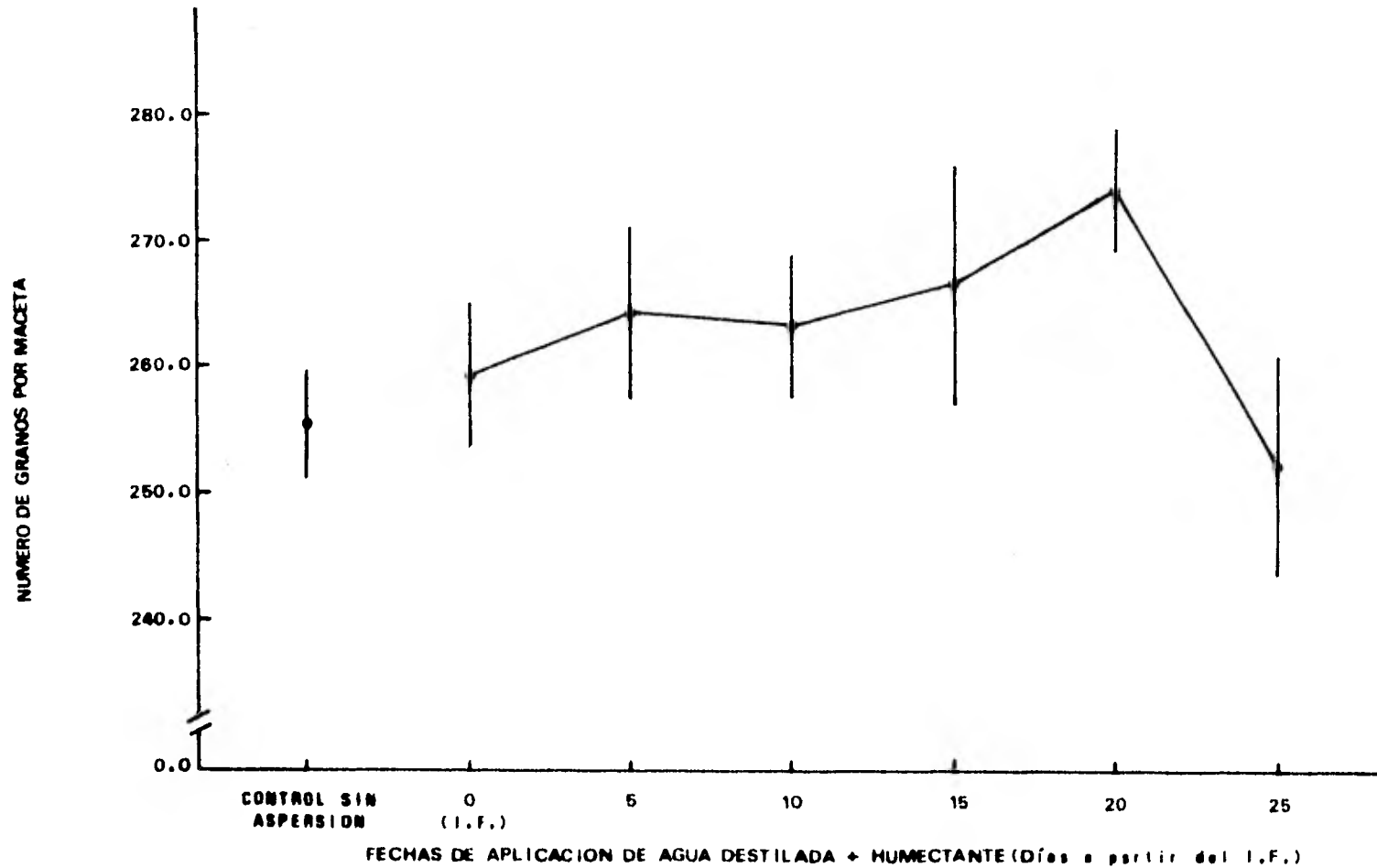


Figura 12. Efecto de aspersiones de agua destilada + humectante sobre la producción en número de granos de trigo. La solución fue aplicada una sola ocasión en fechas distintas a partir del inicio de la floración (I.F.). Los resultados son la media de 5 repeticiones (c/u con 9 plantas) \pm error estándar.

La prueba t de comparación de medias, sólo registró - significancia para los valores obtenidos en la Fecha 20 y no así para los demás tratamientos contra el control, tanto para el peso como en el número de granos. En relación a esto mismo y dado lo particular de este experimento, los resultados se codificarón y analizaron con mayor detalle; fue realizada una prueba de Duncan de rango múltiple, la cual no detectó diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (ver apéndice, tablas H e I).

En la relación PESO DE GRANOS/No. DE GRANOS, no se presentó ninguna diferencia de importancia entre las fechas probadas y el control sin aspersion, para el peso por grano (cuadro No. 9):

CUADRO No. 9

Relación PESO DE GRANOS/No. DE GRANOS por tratamiento:

FECHA DE APLICACION (agua destilada + humectante)	g/grano
Control (sin aspersion) = 0.039
Fecha 0 (I.F.) = 0.038
Fecha 5 = 0.040
Fecha 10 = 0.039
Fecha 15 = 0.038
Fecha 20 = 0.039
Fecha 25 = 0.040

El análisis de regresión realizado, indica que el peso

por grano no fue afectado en las diferentes fechas probadas; estimandose la relación lineal siguiente: - - - - -
 $Y = 2.624 \times 10^{-5} (X) + 0.0387$, (con: Y = g/grano, X = días a partir del inicio de la floración), y un coeficiente de correlación $r = 0.313$ (no significativo).

EXPERIMENTO VI

SEQUIA.

Este experimento se realizó con el objeto de estimar una curva de dosis -respuesta para el efecto del ASA sobre la producción de grano, al ser asperjado al inicio de la floración y sometiendo las plantas a la vez a un período de suspensión del riego.

El experimento se estableció en condiciones de invernadero con 8 tratamientos: Control de riego y Control de sequía, ASA 10^{-7} a 10^{-2} M y 9 repeticiones por tratamiento (cada repetición consistió de 1 maceta con 10 plantas) arregladas en un diseño completamente aleatorio. Las soluciones aplicadas se ajustaron a pH 4.5 y se les añadió -- 0.1% de Spreader sticker.

Período de sequía: se suspendió el riego 10 días a - partir del inicio de la floración; previamente a esta suspensión, las macetas se regaron a capacidad de campo con 2 l de agua, para homogenizar la humedad del suelo en todo el experimento. De igual manera, al término del período de sequía, se dió riego de recuperación y se continuó regando las plantas normalmente hasta la cosecha, como -- fue indicado en la metodología.

En la Fig. 13 se observan los resultados obtenidos - para la producción en peso de este experimento. Se apre -- cia una considerable reducción en el peso del grano para los tratamientos que fueron sujetos al período de sequía,

comparativamente con el control de riego (C.R.). Los tratamientos de ASA aplicados, al parecer no ejercieron ningún efecto promotor en producción sobre este parámetro, dado que, se tienen sólo como reducciones mínimas para el peso del grano, en relación al control de riego, las registradas por la aplicación de 10^{-3} y 10^{-5} M de ASA con un 14.5%, comparadas con 15.5% de reducción para el control de sequía, lo que da únicamente 1% de diferencia.

Los demás tratamientos no se alejaron mucho de estos valores, teniendo la máxima reducción en el peso para la aspersion de ASA 10^{-2} M con 20.2%.

Por otro lado, al establecer el cuadro comparativo entre el control de sequía (C.S.) y las dosis de ASA suministradas, para la producción en el peso del grano, no se observa efecto positivo sobre este parámetro, por las dosis aplicadas; pero por el contrario, la producción se afecto negativamente bajo la aplicación de ASA 10^{-2} M y ASA 10^{-6} M, con una reducción de 5.7% y 4.0% respectivamente, en relación a este control.

La prueba t de comparación de medias, registró una diferencia significativa con 0.1% de probabilidad de error, para todos los valores obtenidos de los tratamientos de sequía contra el control de riego; pero la comparación de los tratamientos de ASA contra el control de sequía, no fueron significativos (ver apéndice, tablas J y L).

Por otra parte, en la Fig. 14, se observa que el número de granos de los tratamientos sometidos al período de sequía, en relación al control de riego, no fue severamente disminuído; comparativamente con los porcentajes de reducción en peso del grano, los de número de granos no fueron tan intensos, presentándose el máximo valor de reducción para la aplicación de ASA 10^{-5} M con 8.8% sobre este control.

En general todos los tratamientos de sequía, presentan una reducción de su producción en número de granos, con respecto al control de riego, que fluctúa entre 4.4% (por el suministro de ASA 10^{-4} M) a 8.8%; la excepción está dada por la aspersion de 10^{-7} M de ASA, que registró una reducción mínima de tan sólo 1.5% por debajo de dicho control, anulando prácticamente con ésto, el efecto negativo del período de sequía sobre el mencionado parámetro, por la aplicación de esta solución. El control de sequía redujo su producción en número de granos, estando por debajo del control de riego sólo un 5.7%.

La prueba t de comparación de medias, realizada para la producción de número de granos, entre los tratamientos sometidos a sequía contra el control de riego, registró diferentes niveles de significación, con las siguientes probabilidades de error para los distintos tratamientos: Control sequía, 10%; ASA 10^{-2} M, 10%; 10^{-3} M, 5%; 10^{-5} M, 1%; 10^{-4} , 10^{-6} y 10^{-7} M no fueron estadísticamente signi-

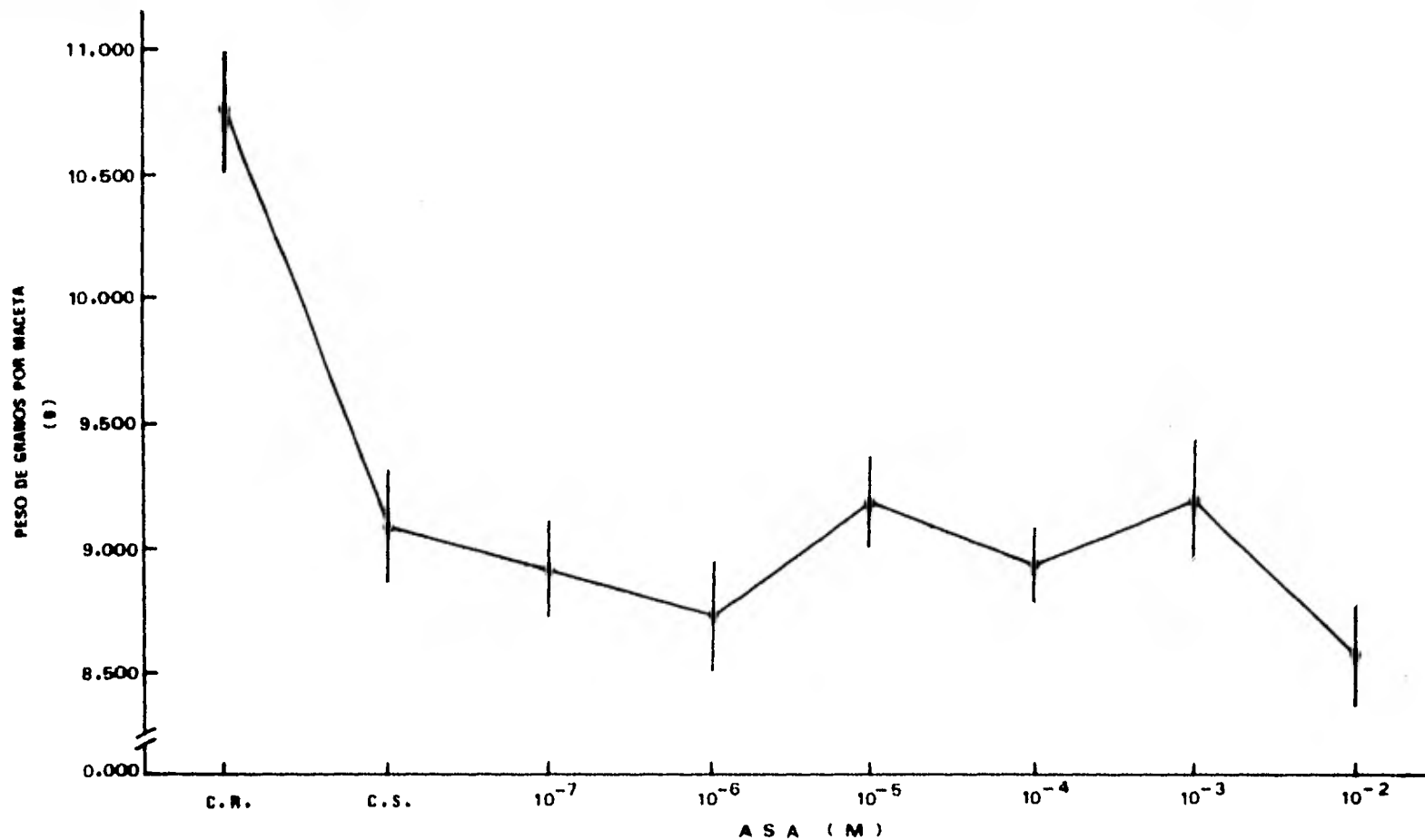


Figura 13. Efecto de diferentes concentraciones de ASA sobre la producción en peso de granos de trigo. Las soluciones fueron asperjadas una sola ocasión al inicio de la floración sometiendo a la vez las plantas a un período de suspensión del riego. Los resultados son la media de 9 repeticiones - - (c/u con 10 plantas) \pm error estandar. (C.R. = Control riego; C.S. = Control sequía).

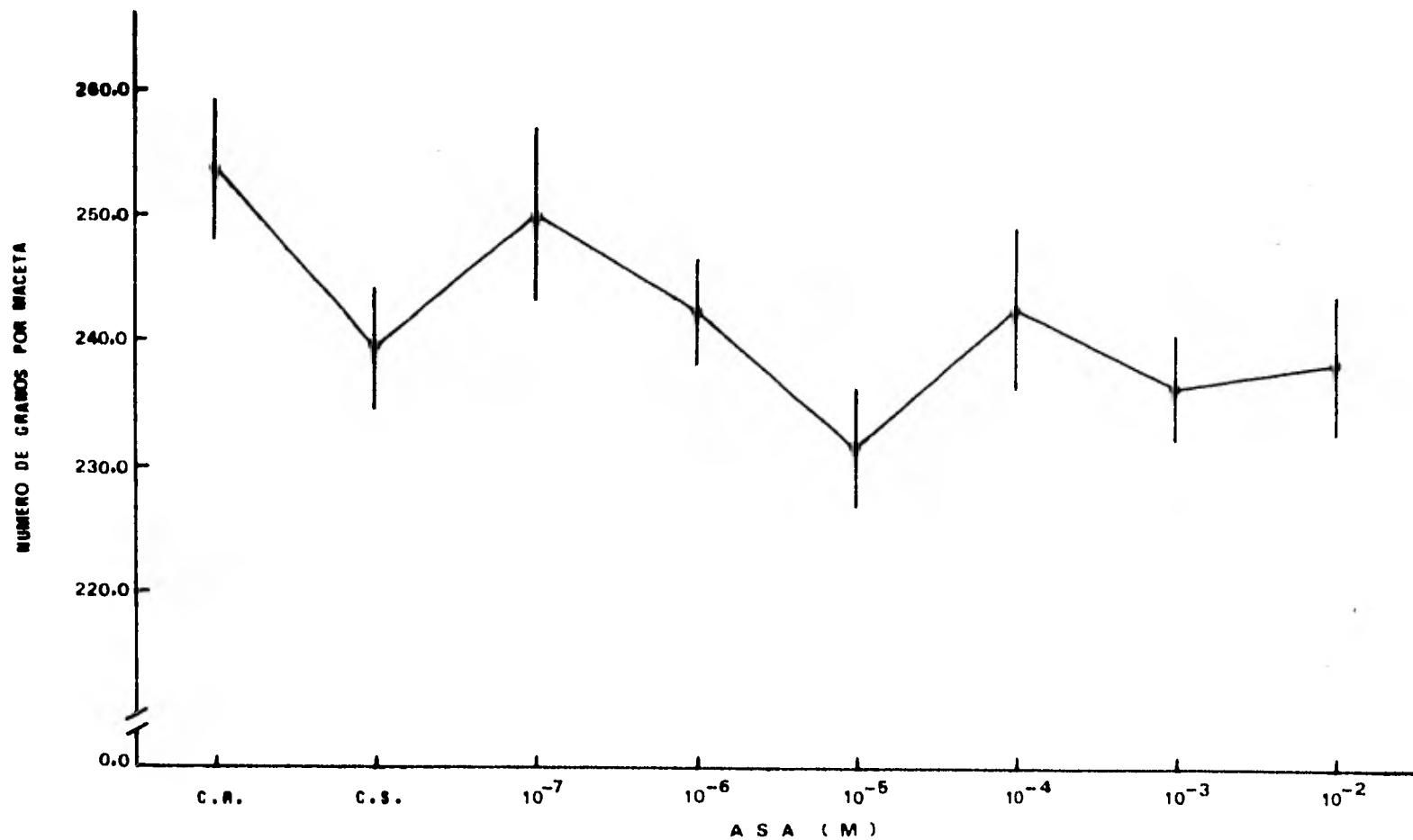


Figura 14. Efecto de diferentes concentraciones de ASA sobre la producción en número de granos de trigo. Las soluciones fueron asperjadas una sola ocasión al inicio de la floración sometiendo a la vez las plantas a un período de suspensión del riego. Los resultados son la media de 9 repeticiones (c/u con 10 plantas) \pm error estandar. (C.R. = Control riego; C.S. = Control sequia).

ficativos (ver apéndice, tabla K). Estos tratamientos que no fueron estadísticamente significativos contra el control de riego, indican que la aplicación de ASA redujo el efecto negativo del período de sequía sobre la producción de número de granos, señalando que la acción del ASA fue ejercida sobre este parámetro ya que, comparativamente con la prueba t para el peso del grano, todos los tratamientos fueron significativos con una probabilidad de error de 0.1% contra el control de riego.

Al comparar las dosis de ASA aplicadas con el control de sequía, para la producción de número de granos, se observa que sólo dos valores se hacen notar: la aplicación de ASA 10^{-5} M presentó un efecto negativo de 3.3% por debajo del control, mientras que la aspersión de ASA 10^{-7} M sostuvo su efecto positivo sobre este parámetro, presentando un incremento de 4.4% por encima del mencionado control. La prueba t realizada para los datos de la producción de número de granos, entre las dosis de ASA probadas contra el control de sequía, no registró significancia para los valores obtenidos (ver apéndice, tabla M).

La relación PESO DE GRANOS/No. DE GRANOS, denota el efecto que sobre el llenado de grano tuvo el período de sequía, observándose una diferencia del control de riego de 11.9% en peso por grano, sobre el control de sequía.

Los valores de esta relación para los diferentes tra

tamientos de ASA, comparados con el del control de sequía, no presentan diferencias relevantes (cuadro No. 10).

CUADRO No. 10

Relación PESO DE GRANOS/No. DE GRANOS por tratamiento:

TRATAMIENTO ASA (M)	g/grano
Control riego	= 0.042
Control sequía	= 0.037
10 ⁻⁷	= 0.035
10 ⁻⁶	= 0.036
10 ⁻⁵	= 0.039
10 ⁻⁴	= 0.036
10 ⁻³	= 0.038
10 ⁻²	= 0.036

El análisis de regresión realizado para los tratamientos bajo sequía, indica que el peso por grano no se afectó por las soluciones de ASA aplicadas, obteniéndose la siguiente relación lineal: $Y = -0.071X + 0.0368$, (donde: $Y = \text{g/grano}$, $X = \text{ASA (M)}$), y un coeficiente de correlación $r = -0.192$ (no significativo).

De acuerdo al fundamento establecido para la realización de esta prueba, los resultados sugieren que la respuesta en la producción a la aplicación del ASA, es sobresaliente hacia la producción en número de granos y no así para el peso del mismo. Lo anterior permite considerar que la acción

del compuesto, es afectando el número de granos; siendo - para este experimento, la aspersion de ASA 10^{-7} M, la que mayor efecto presentó sobre la producción del mismo.

D I S C U S I O N

En los resultados obtenidos, se observó que prácticamente no se registraron diferencias estadísticamente significativas, por la aplicación de los tratamientos de ASA; sin embargo, consideramos que los valores de las medias de los tratamientos muestran tendencias relevantes en la producción de grano, como respuesta a los tratamientos de ASA suministrados. Tomando en cuenta esta apreciación, se discutiran los resultados.

Del exámen global de las curvas de dosis-respuesta obtenidas, puede sugerirse que en forma general de entre las dosis de ASA probadas, se ejerce un efecto promotor sobre la producción de grano por la aplicación de las soluciones 10^{-2} y 10^{-7} M. Esto es observado, ya que bajo el suministro de estas concentraciones, la producción comunmente tendió a incrementarse, como puede apreciarse por los valores de las medias en los experimentos I, III y IV para el caso de la aplicación de 10^{-2} M de ASA y en los experimentos I y VI para la aplicación de 10^{-7} M de ASA (en este último experimento se registró efecto en la producción sobre el número de granos). Cabe señalar también, que en el experimento II, la aplicación de ASA 10^{-5} M fue la que mayor efecto tuvo sobre la producción de grano, sin embargo, no es considerada con las dos anteriores, debido a que su efecto fue de menor importancia y variable para los demás

experimentos.

Con relación a la época de aplicación del ASA, los datos obtenidos en los experimentos III y IV, permiten sugerir que el momento más susceptible para obtener una mayor respuesta sobre la producción de grano, es al inicio de la floración (experimento III, Fecha 0; Figs. 5 y 6) y durante los primeros días después de iniciada (experimento IV, Fecha 5; Fig. 9).

La aseveración anterior, podría ser objetada por los registros variables que se obtuvieron en las curvas de dosis-respuesta de los experimentos I, II y IV (en éste último en la Fecha 0 ó I.F.; Fig. 9), dentro de los cuales la aspersión de las dosis de ASA también se efectuó al inicio de la floración y la respuesta mostrada en la producción de grano al gradiente de dosis aplicadas, no fue muy definida. Sin embargo, los resultados de la investigación que antecede a este trabajo, realizada por Larqué-Saavedra (resultados no publicados) apoyan que el momento más susceptible a la aplicación del ASA es durante el inicio de la floración, puesto que este autor al asperjar las soluciones durante dicho período, obtuvo una curva de dosis-respuesta igualmente definida y semejante a la presentada en el experimento III para la Fecha 0 (Figs. 5 y 6), difiriendo solo en los porcentajes de producción de grano registrados, pero con la misma tendencia de respuesta a las

dosis de ASA administradas. Estos hechos indican que el efecto del ASA sobre la producción de grano, al aplicarse durante este período, puede ser reproducible; las objeciones al respecto, señalan que muy probablemente el bioensayo utilizado debe ser perfeccionado para establecer con mayor aproximación, el momento óptimo de aplicación del compuesto, que asegure la reproducibilidad del efecto y la mayor respuesta sobre la producción.

El análisis de los resultados obtenidos para estimar sobre cual de los parámetros evaluados, peso ó número de granos, el ASA ejerce su actividad, muestra que probablemente el parámetro afectado es el número de granos. Esta sugerencia se basa, por un lado, en el peso individual por grano (obtenido por medio de la relación peso de granos/No. de granos) que en los diferentes experimentos al parecer no fue afectado por las dosis de ASA suministradas, según se corroboró por los análisis de regresión y las correlaciones realizadas al respecto, y, por otro lado, los resultados del experimento VI, Sequía, en los cuales el efecto por la aplicación del ASA sobre el número de granos, fue más manifiesto.

Del experimento de sequía, se desprende que el peso del grano, fue severamente afectado por el déficit de agua y las dosis de ASA aplicadas no ejercieron ningún efecto positivo sobre éste, en tanto que el número de granos no fue afectado con la misma severidad, presentándose sobre este parámetro el efecto positivo por el suministro

del ASA, llegando incluso (a concentración de ASA 10^{-7} M) a eliminar prácticamente el efecto negativo del período de suspensión del riego, sobre la producción en número de granos. Al apreciar los resultados de este experimento, el efecto de la suspensión del riego, afecta más el peso del grano que el número de granos, en contradicción con lo señalado por Fischer (1973), Milthorpe y Moorby (1975) y Woodruff y Mawhood (1978), quienes citan que el número de granos se afecta notablemente bajo estas condiciones desfavorables, por lo cual, la acción promotora del ASA sobre el número de granos en este experimento es sobresaliente.

De esta forma se elimina prácticamente una acción del compuesto sobre el llenado de grano y se puede considerar que el efecto del ASA sobre la producción, es actuando sobre el número de granos. Con ésto, los incrementos y decrementos observados en el peso del grano, se deben a los incrementos y decrementos que en número de granos se registraron y no por haberse afectado su peso individual. No tenemos una explicación de como el ASA pueda actuar afectando el número de granos, aunque puede considerarse lo mencionado por Larqu e-Saavedra (resultados no publicados), quien sugirió como probable mecanismo de acción la posibilidad de un efecto de este salicilato con las auxinas; basándose en la importancia de las auxinas en la regulación de la acumulación de fotosintatos en el

grano y el hecho de que ha sido reportado que el ác. salicílico actúa sinérgicamente con auxinas promoviendo enraizamiento (Basu 1969, 1970, 1972; Roy *et al.* 1975).

Se puede agregar información para apoyar lo anterior, como el hecho de que las auxinas promueven el amarre de frutos (Street and Opik 1975; Weaver 1980) y que en trigo se han reportado incrementos en el número de granos por aplicaciones exógenas de auxinas (Srivastava 1974; Sathya-prakash *et al.* 1978); también se ha señalado que en trigo, aumenta el contenido endógeno de auxinas en los óvulos durante el período de antesis (Wheeler 1972, 1976; Radley 1976a). Es de plantearse que el ASA pueda actuar por sí mismo ó descomponiéndose a ác. salicílico, que es la forma activa más ampliamente aceptada en células animales (Smith and Smith 1966). Una particularidad del ác. salicílico, es su toxicidad en tejidos animales (Collier 1963; Smith and Smith 1966) y en vegetales al suministrarse en concentración de 10^{-2} M (García y Larqué-Saavedra 1979); esta toxicidad se elimina cuando se emplea ASA, que en los tejidos es transformado gradualmente en ác. salicílico (Collier 1963; Smith and Smith 1966).

Se ha sugerido para la acción de los salicilatos, que estos alteran la permeabilidad de la membrana celular, y que posiblemente afecten los sistemas de producción de energía, tanto en células animales como vegetales (Smith and Smith 1966; Barker and Levitan 1971; De León 1979;

Larqué-Saavedra 1978, 1979; García y Larqué-Saavedra 1979, 1980). De esta manera, si el ASA ejerce un efecto regulador independiente afectando el número de granos, puede ser factible que quizás la alteración en la permeabilidad de la membrana, afecte el transporte de nutrientes o auxinas.

La respuesta en la producción de grano, en el campo (experimento IV) muestra tendencias muy semejantes a las estimadas en los experimentos realizados en el invernadero; tal situación resulta de interés puesto que indica que al parecer la acción del compuesto no se ve restringida, al suministrarse directamente bajo estas condiciones.

En las soluciones de ASA suministradas, dos pH's fueron empleados 4.5 y 6.5. El ajuste a pH 6.5 tuvo como objetivo aplicar las soluciones cercanas a la neutralidad y eliminar un efecto de pH que encubriera la acción del compuesto; mientras que, el cambio a pH 4.5 fue realizado con la finalidad de estimar si éste favorecía los efectos del ASA, como reportan Larqué-Saavedra (1978) y De León (1979) para el cierre de estomas. Los resultados indican que el pH no ejerció ningún efecto aditivo para la producción de grano.

Se ha mencionado que fueron obtenidos tanto incrementos como decrementos en la producción de grano por los tratamientos de ASA, esto conduce a pensar que el ASA es capaz de ejercer un efecto en ocasiones promoviendo y en otras inhibiendo la producción; ésta es una característica

de algunos reguladores del crecimiento, que en determinadas condiciones y bajo ciertas dosis actúan promoviendo - algún proceso fisiológico y en otras lo inhiben (Weaver - 1980). Para el caso del efecto negativo en la producción por el suministro del ASA, desconocemos su causa; no obstante puede sugerirse que quizás el momento de la aplicación, tenga relación con este efecto, ya que, los mayores decrementos en la producción se observaron en los experimentos III y IV en que se probaron fechas de aplicación, presentándose en común una tendencia a la reducción en la producción de grano, hacia las fechas posteriores del inicio de la floración.

En lo relativo con la penetración a los tejidos de las soluciones probadas, al ser aplicadas durante la floración, Larqué-Saavedra (resultados no publicados) menciona que la penetración por aspersion, probablemente sea alcanzando las flores abiertas y por medio de esta vía una vez en los tejidos ejercer su efecto, aunque es posible que las soluciones además penetren a través de estomas y cutícula. Cabe mencionar que para favorecer su penetrabilidad se empleó humectante en las soluciones asperjadas.

De un breve exámen comparativo, entre lo observado por Larqué-Saavedra (resultados no publicados) para la acción del ASA en la producción de grano y los resultados que en el presente estudio fueron obtenidos, surgen algunas afinidades. Este autor, registró el mayor efecto so-

bre la producción bajo la aplicación de las dosis más con centradas de ASA y en especial la solución de 10^{-2} M, con centración que hemos sugerido también en el presente es es crito, conjuntamente con 10^{-7} M de ASA. Con relación al momento de aplicación de las soluciones, los dos trabajos convergen en que la época más susceptible es durante el inicio de la floración. No obstante estas apreciaciones, los porcentajes de incremento que en producción de grano se registraron en los resultados, son menos elevados que los obtenidos por este investigador, quien estimó aumentos de hasta un 31%, en tanto que los que aquí se señalan, comunmente no fueron más allá de un 16%. Posiblemente esto guarde relación, con el hecho de que en el primer trabajo, se consideró la producción de todas las espigas desarrolladas por planta y en el presente únicamente la de la espiga principal, ya que se podaron los macollos producidos, para reducir la variación debida a la producción desigual de tallos hijos por las plantas utilizadas.

Se encontró también que algunas aportaciones surgieron del presente trabajo: a) que la acción del ASA, probablemente es afectando el número de granos producidos; b) la posibilidad de un efecto inhibitor del compuesto, hacia las fechas posteriores del inicio de la floración; y c) el efecto que sobre la producción, parece presentarse por la aspersion de agua destilada más humectante, durante la floración.

La producción de grano obtenida en los controles de los experimentos III y IV, en los cuales se probaron fechas de aplicación, llamó la atención especialmente por los registros elevados que en la producción se observaron para algunas de las fechas probadas. Esta situación particular, condujo a pensar en la posibilidad de que la aspersión de agua destilada más humectante durante la floración, pudiera estar afectando la producción de grano, lo que llevó a la realización del experimento V, en el cual se encontró que a partir de la Fecha 5 a la Fecha 20 (Figs. 11 y 12), se favoreció la producción. Los parámetros evaluados en la producción de grano, fueron los mismos que en los otros experimentos y del análisis de los resultados, se observó que el peso individual de los granos no fue afectado, siendo entonces al parecer el número de granos producidos el parámetro influenciado.

La explicación de como la aspersión de agua destilada más humectante durante la floración, es capaz de alterar la producción de grano, probablemente pueda tener apoyo en lo mencionado por De Vries (1971), quien cita que los fenómenos de floración en trigo pueden ser modificados por factores ambientales y como consecuencia la producción de grano. Cita que la duración de la receptibilidad del estigma, como la viabilidad del polen, son incrementados por humedad relativa alta y además hace mención de que el porcentaje de granos fijados, es afectado por la cantidad de gra-

nos de polen que se unen al estigma. De aquí, puede inferirse que al asperjar la solución, se produjo un incremento de la humedad en la espiga alterándose con esto la condición ambiental, lo que muy posiblemente afectó diferencialmente la producción, al alcanzar la solución aplicada un porcentaje diferente de flores abiertas (en antesis) - en cada fecha que durante la floración fue probada.

Con lo anterior, únicamente se pretende sugerir un posible mecanismo por medio del cual tratar de explicar lo obtenido en nuestros resultados; convendría elaborar un bioensayo tendiente a estudiar si es afectada la viabilidad del polen y la receptibilidad del estigma, así como también, si la solución al penetrar en las flores contribuye a un mayor transporte y adhesión de granos de polen a los estigmas.

La elevada variación observada en la respuesta a los tratamientos probados, que se reflejó en los errores estándar de considerable magnitud, así como en la baja reproducibilidad del efecto sobre la producción, sugiere que los bioensayos empleados requieren de ajustes, con la finalidad de reducir la variación y elevar la reproducibilidad del mismo. En futuras investigaciones, se sugiere para mejorar el bioensayo: a) seleccionar para la evaluación, las espigas más uniformes, en su tamaño e incluso por su número de espiguillas/espiga; b) si se considera la producción de todas las espigas desarrolladas en cada

planta y no sólo la de la espiga principal, deberán agruparse en la estimación, sólo aquellas plantas que presenten el mismo número de espigas; c) observar el efecto de los tratamientos para el número de granos fijados, en espiguillas previamente seleccionadas en determinadas posiciones sobre la espiga, y quizás la aplicación directa de las soluciones entre las glumas de las flores de dichas espiguillas (de manera semejante a lo realizado por Radley 1980), permitan denotar aun más la acción del tratamiento; d) aportar la evaluación del parámetro peso, en peso de 1 000-granos, para cada tratamiento; e) estimar el efecto bajo condiciones ambientales estrictas, por medio del uso de cámaras con ambiente controlado y de ésta manera, eliminar gradientes ambientales que interfieran con los resultados. En otro aspecto, sería conveniente examinar si la aplicación del compuesto puede ejercer algún efecto sobre el contenido de proteínas del grano, de forma semejante a lo reportado para las aspersiones de 2, 4-D (Tukey 1954; Huffaker *et al.* 1967; Youssef and Salem 1977). Las anteriores sugerencias, quizás puedan contribuir a esclarecer con mayor certeza el efecto ó los efectos, que tenga sobre la producción de grano en trigo la aplicación de ASA u otro salicilato que se ensaye.

En el presente estudio, se tomaron algunas medidas con la finalidad de reducir la variación. Como ya se ha citado, en invernadero se permitió sólo el desarrollo de

la espiga principal, además se procuró siempre utilizar en las diferentes pruebas, la población de plantas más homogeneamente desarrolladas, de aquí que el número de plantas - por repetición haya variado para cada experimento; así también, se realizaron algunas rotaciones al azar de las macetas en el invernadero, para tratar de evitar posibles efectos debidos a gradientes de iluminación y temperatura; en el campo la instalación de la malla protectora a manera de carpa, contribuyó a reducir la variación, al impedir un posible daño diferencial de las parcelas experimentales por el ataque de pájaros. Sin embargo, tales medidas al parecer, no fueron suficientes para reducir la variación.

Como punto final cabe señalar que otras investigaciones ya están siendo realizadas en este laboratorio, probando incluso el efecto de otros salicilatos sobre la producción de grano en trigo, en las cuales los resultados que aquí se obtuvieron, han servido de apoyo para su planteamiento. La posibilidad de que a través de estos estudios, el ASA u otro de los salicilatos que están siendo ensayados, llegue a ser aplicado en la agricultura debe ser considerada; sin embargo, no es posible aun, hacer alguna recomendación.

B I B L I O G R A F I A

- Ahmed, H. S, and Sawhney, J. S. 1977. Endogenous growth substances and sugar levels in wheat grains during germination. *Libyan Jour. of Agr.* 6 (1): 85-89.
- Audus, L. J. 1972. *Plant Growth Substances*. Leonard Hill Books. London. 533 pp.
- Austin, R. B. and Ford, M. A. 1979. Adaptation to photoperiod and temperature. *Field Crop Abstr.* 32: 2672.
- Barabás, Z. and Csepely, I. T. 1978. Shortening vernalization of winter wheat with kinetin. *Euphytica* 27 (3): 831-835.
- Barker, J. L. and Levitan, H. 1971. Salicylate; effect on membrane permeability of molluscan neurons. *Science* 172: 1245-1247.
- Basu, R. N. 1969. Effect of auxin synergists in rooting of French bean (*Phaseolus vulgaris*) cuttings. *Curr. Sci.* 38: 533-535.
- Basu, R. N. 1970. Indole acetic oxidizing system in relation to synergism and antagonism between auxin and non-auxinic chemicals in rooting of cuttings. *Indian Jour. of Plant Physiol.* 13 (2): 249-262.
- Basu, R. N. 1972. Effect of non-auxin chemicals on translocation of auxin in cuttings of *Phaseolus vulgaris* (L.). *Jour. Exp. Bot.* 23 (75): 357-365.

- Bhardwaj, S. N. and Dua, I. S. 1974. Hormonal basis of grain yield in *aestivum* wheats. Indian Jour. of Plant Physiol. 17: 39-43.
- Bonnett, O. T. 1936. The development of the wheat spike. - - Jour. Agr. Res. 53: 445-451.
- Bonnett, O. T. 1966. Inflorescences of Maize, Wheat, Rye, -- Barley, and Oats: Their initiation and development. Agr. Exp. Sta. Bul. 721. pp 31-48.
- Bremner, P. M. and Rawson, H. M. 1972. Fixation of $^{14}\text{CO}_2$ by flowering and non-flowering glumes of the wheat ear, -- and the pattern of transport of label to individual - - grains. Aust. Jour. biol. Sci. 25: 921-930.
- Bremner, P. M. and Rawson, H. M. 1978. The weights of indi dual grains of the wheat ear in relation to their - - - growth potential, the supply of assimilate and interac- tion between grains. Aust. Jour. Plant Physiol. 5: - -- 61-72.
- Bretschneider-Herrmann, B. and Schuster, W. 1980. The reac- - - tion of various crop plant to different photoperiods -- and temperatures. Field Crop Abstr. 33: 5670.
- Brocklehurst, P. A.; Moss, J.P. and Williams, W. 1978. - - - Effects of irradiance and water supply on grain develop- ment in wheat. Ann. appl. Biol. 90 (2): 265-276.
- Chailakhyan, M. Kh. 1979. Genetic and hormonal regulation of growth, flowering, and sex expression in plants. Am. --

- Jour. Bot. 66 (6): 717-736.
- Chou, C-H. and Patrick, Z. A. 1976. Identification and phytotoxic activity of compounds produced during decomposition of corn and rye residues in soil. J. Chem. Ecol. - 2 (3): 369-387.
- Cleland, Ch. F. 1974 a. Isolation of flower-inducing and flower-inhibitory factors from aphid honeydew. Plant Physiol. 54: 899-903.
- Cleland, Ch. F. and Ajami, A. 1974 b. Identification of the flower-inducing factor isolated from aphid honeydew as being Salicylic Acid. Plant Physiol. 54: 904-906.
- Collier, H. D. J. 1963. Aspirin. Scientific Am. 209 (5): - - 96-108.
- Cook, M. G. and Evans, L. T. 1978. Effect of relative size - and distance of competing sinks on the distribution of photosynthetic assimilates in wheat. Aust. Jour. Plant Physiol. 5: 495-509.
- De León. F. G. 1979. Efecto del ácido acetilsalicílico (aspirina) sobre algunos aspectos de la fisiología estomatal de *Commelina communis* L. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chap., México.
- Department of Basic Agriculture, Pekin Teachers' College. - 1977. Organ formation in wheat in relation to manuring and watering. Acta Botanica Sinica 19 (1): 65-71.

- Deputat, T. 1977. Effect of temperature, daylength and insolation on the growth of spring cereals. Zeszyty Naukowe -- Akademii Rolniczo Technicznej w Olsztynie, Rolnictwo 21: 53-57.
- Devore, G. y Muñoz, M. E. 1969. Química Orgánica. Publ. Cultural S. A. Mex. D. F. pp 297, 300, 305, 487-488.
- De Vries. 1971. Flowering biology of wheat, particularly in view of hybrid seed production -A Review. Euphytica 20: 152-170.
- Dewdney, S. J. and McWha, J. A. 1979. Abscisic acid and the movement of photosynthetic assimilates toward developing wheat (*Triticum aestivum* L.) grains. Z. Pflanzenphysiol. 92: 183-186.
- Dua, I. S. and Bhardwaj, S. N. 1979. Influence of growth regulating substances on grain growth in *aestivum* wheats. -- Indian Jour. of Plant Physiol. 22 (1): 50-56.
- Evans, L. T.; Bingham, J. and Roskams, M. A. 1972. The pattern of grain set within ears of wheat. Aust. Jour. biol. Sci. 25: 1-8.
- Evans, L. T. and Rawson, H. M. 1970. Photosynthesis and respiration by the flag leaf and components of the ear during grain development in wheat. Aust. Jour. biol. Sci. 23: -- 245-254.
- Fischer, R. A. 1973. The effect of water stress at various stages of development on yield processes in wheat. UNESCO.

Plant response to climatic factors. Proc. Uppsala Symp., 1970. Ecology and Conservation 5. pp 233-240.

Fuchs, W. 1977. Investigations on influencing the flowering date of winter wheat by means of chemicals. Archiv. Fur Zuchtungsforchung 7 (3): 211-222.

García, P. R. E. y Larqué-Saavedra, A. 1979. Efecto del ácido acetilsalicílico (aspirina) y ácido salicílico en la maduración fisiológica del fruto de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill. cv. Royal Ace.). XXVII Congreso de la Soc. Am. de Ciencias Hortícolas.

García, P. R. E. y Larqué-Saavedra, A. 1980. El efecto de los salicilatos en la maduración fisiológica de jitomate - - (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Agrocienza (en prensa).

Gotoh, T. 1979. Ecological and genetic studies on earing - - behaviour of common wheat. Bulletin of the Tohoku National Agr. Exp. Station 59: 1-69.

Halloran, G. M. 1977. Developmental basis maturity differences in spring wheat. Agr. Jour. 69 (6): 899-902.

Hanif, M. and Langer, R. H. M. 1972. The vascular system of - the spikelet in wheat (*Triticum aestivum*). Ann. Bot. 36: 721-727.

Huffaker, R. C.; Miller, M. D.; Baghott, K. G.; Smith, F. L. and Schaller, C. W. 1967. Effects of field application - of 2, 4-D and iron supplements on yield and protein content of wheat an barley and yield of beans. - - - - -

Crop Sci. 7: 17-19.

- Humphries, E. C.; Welbank, P. J. and Witts, K. J. 1965. Effect of CCC (chlorocholine chloride) on growth and yield of -- spring wheat in the field. Ann. appl. Biol. 56: 351-361.
- Khan, R. A. and Abdullahi, A. E. 1975. Auxin effects on root - and shoot initiation and the subsequent growth of wheat plants. Pakistan Jour. of Agr. Sci. 12: 243-248.
- King, R. W. 1979. Abscisic acid synthesis and metabolism in -- wheat ears. Aust. Jour. Plant Physiol. 6: 99-108.
- Langer, R. H. M. and Hanif. M. 1973. A study of floret develop- ment in wheat (*Triticum aestivum* L.). Ann. Bot. 37: - - - 743-751.
- Larqu e-Saavedra, A. 1975. Studies on hormonal aspects of plant growth in relation to chemical and enviromental treat---- ments. Ph. D. Thesis. London. Univ.
- Larqu e-Saavedra, A. 1978. The antitranspirant effect of acetyl salicylic acid on *Phaseolus vulgaris* L. Physiol. Plant. - 43: 126-128.
- Larqu e-Saavedra, A. 1979. Stomatal closure in response to - -- acetylsalicylic acid treatment. Z. fur Pflanzenphysiol. - 93 (4): 371-375.
- Larqu e-Saavedra, A. Increase of wheat grain production by ace- tyl salicylic acid. (no publicado).
- Limar, R. S. 1979. Sensitivity of Mexican wheats to photope---

- riod. Doklady Vsesoyuznoi Ordena Lenina Akademii. Sel'sko khozyais tvennykh Nauk Imeni V. I. Lenina. No. 2 pp 15-16.
- Little, T. M. y Hills, F. J. 1979. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Ed. Trillas. México. 270 pp.
- Martínez-Carrasco, R. and Thorne, G. N. 1979. Physiological factors limiting grain size in wheat. Jour. Exp. Bot. 30: 669-679.
- Martínez, M. P. y Tico, L. R. 1974. Agricultura Práctica. Ed. Ramón Sopena. Barcelona Esp. pp 255-298.
- Merck & Co. Inc. 1976. The Merck Index. An Encyclopedia of Chemicals and Drugs. Merck & Co. Inc. USA. pp 114.
- Michniewicz, M.; Rozej, B. and Chromiński, A. 1978. Effect of vernalizing temperature on the level of plant hormones in embryos of germinating grains of winter and spring wheat. Acta Societatis Botanicorum Poloniae 47: 115-129.
- Milthorpe, F. L. and Moorby, J. 1975. An Introduction to Crop Physiology. Cambridge University Press. London. New York. Melbourne. 202 pp.
- Olugbemi, L. B. 1978. Distribution of carbon-14 assimilated by wheat awns. Ann. appl. Biol. 90 (1): 111-114.
- Oota, Y. 1975. Short-day flowering of *Lemna gibba* G 3 induced by salicylic acid. Plant & Cell Physiol. 16: 1131-1135.
- Oota, Y. 1977. Removal by chemicals of photoperiodic light re-

quirements of *Lemna gibba* G3. *Plant & Cell Physiol.* 18: 95-105.

Padole, V. R. 1979. Effect of presoaking seed treatment of wheat seed with chemicals and hormones on yield and uptake of NPK. *Jour. of Maharashtra Agricultural Universities.* 4 (1): 85-88.

Percival, John. 1921. *The wheat Plant: A Monograph.* Duckworth and Co. London. 463 pp.

Peterson, R. F. 1965. *Wheat - Botany, Cultivation, and Utilization.* Leonard Hill Books. London/Interscience Publ. Inc. New York. 422 pp.

Procházka, S.; Paska, J. and Kaplanová, M. 1973. A study of the distribution of assimilates formed by the ear of winter wheat. *Acta Universitatis Agriculturae, Brno.* 21 (3): 531-537.

Procházka, S. 1978. Effect of indole-3-acetic acid on translocation of assimilates in winter wheat. (*T. aestivum* L.) in the period of kernel formation. *Acta Universitatis Agriculturae, Brno.* 26 (3): 99-104.

Quarrie, S. A. 1980. Abscisic acid and water relations. *Field Crop Abstr.* 33: 5666.

Radley, M. 1976 a. The development of wheat grain in relation to endogenous growth substances. *Jour. Exp. Bot.* 27 (100): 1009-1021.

- Radley, M. 1978. Factors affecting grain enlargement in wheat. Jour. Exp. Bot. 29 (111): 919-934.
- Radley, M. 1979. The role of gibberellin, abscisic acid, and auxin in the regulation of developing wheat grains. Jour. Exp. Bot. 30 (116): 381-389.
- Radley, M. 1980. Effect of abscisic and gibberellic acid on grain set in wheat. Ann. appl. Biol. 95: 409-414.
- Rawson, H. M. and Evans, L. T. 1970. The pattern of grain growth within the ear of wheat. Aust. Jour. biol. Sci. 23: 753-764.
- Rodríguez, R. R. 1966. Trigo híbrido para alimentar una creciente población mundial. CIMMYT. Folleto Invest. No. 3 México. pp 28-29.
- Rojas G. M. 1979. Fisiología Vegetal Aplicada. McGraw-Hill. México. 262 pp.
- Roy, C.; Basu, S. K.; Basu, R. N. and Bhattacharya, C. 1975. Carbohydrate metabolism in relation to the rooting of bean cutting. Plant Sci. 7: 45-50.
- Salisbury, F. G. and Ross, C. W. 1978. Plant Physiology, Wadsworth Publ. Co. Inc. California. 422 pp.
- Sathyaprakash, S.; Gowda, S. T. and Sangaiah, M. 1978. Influence of planofix (α -naphthyl acetic acid) concentrations on grain yield of UP 301 wheat. Corr. Res. 7 (1): 12-13.
- Smith, M. J. and Smith, P. K. 1966. The Salicylates. Inter---

science. Willey. New York. 331 pp.

Srivastava, K. C. 1974. Effect of indole butyric acid on the growth and maturity of some wheat varieties. Labdev Jour. of Sci. and Technology, B. 12 (2): 83-85.

Street, H. E. and Opik, H. 1975. The Physiology of Flowering Plant. American Elsevier Publ. Co. New York/Edward Arnold Publ. Ltd. Great Britain. 280 pp.

Tanaka, O. and Cleland, Ch. F. 1980. Comparison of the ability of salicylic acid and ferricyanide to induce flowering in the longday plant, *Lemna gibba* G3. Plant Physiol. 65: - - 1058-1061.

Tanaka, O.; Cleland, Ch. F. and Hillman, W. S. 1979. Inhibition of flowering in the long-day plant *Lemna gibba* G3 by Hutner's medium and its reversal by salicylic acid. Plant & Cell Physiol. 20 (4): 839-846.

Thomson, W. A. R. 1978. Healing Plants; a Modern Herbal. - - - McGraw-Hill. N. Y. 208 pp.

Tukey, H. B. 1954. Plant Regulators in Agriculture. John Wiley & Sons. Inc. New York./Chapman & Hall. Limited. London. - pp 193.

Vela, M. C. 1972. Wheat Mexican Varieties. PRONASE. Depto. de Divulgación y Promoción. Catálogo No. 1. México, D. F. - pp 1-5, 14.

Walpole, P. R. and Morgan, D. G. 1970. A quantitative study of

- grain filling in *Triticum aestivum* L., cultivar Maris -
Widgeon. Ann. Bot. 34: 309-318.
- Walpole, P. R. and Morgan, D. G. 1974. The influence of leaf
removal upon the development of the grain of winter - -
wheat. Ann. Bot. 38: 779-782.
- Watanabe, K. and Takimoto, A. 1979. Flower-inducing effects
of benzoic acid and some related compounds in *Lemna* - -
paucicostata 151. Plant & Cell Physiol. 20 (4): 847-850.
- Weaver, R. J. 1980. Reguladores del Crecimiento en la Agri--
cultura. Ed. Trillas. México. 622 pp.
- Wheeler, A. W. 1972. Changes in growth-substance contents --
during growth of wheat grains. Ann. appl. Biol. 72: ---
327-334.
- Wheeler, A. W. 1976. Some treatments affecting growth subs--
tances in developing wheat ears. Ann. appl. Biol. 83: -
455-462.
- Woodruff, D. R. and Mawhood, R. P. 1978. Yield response of -
selected Mexican and Australian wheat cultivars to maniu
pulations of the assimilate supply and grain number. --
Queensland Jour. of Agr. and Animal Sci. 35 (2): 95-100.
- Youssef, S. and Salem, A. 1977. Agronomic and grain quality
of two wheat cultivars as influenced by some growth re-
gulators. Alexandria Jour. of Agr. Res. 25 (2): 265-270.

A P E N D I C E

Tabla A.- Datos del Experimento I (Dosis-Respuesta (a)) sobre la producción en peso (g), del grano de trigo producido.

TRATAMIENTO ASA (M)	$\bar{X} \pm$ E.E. (g)	Δ/C (g)	$\% \Delta/C$	S^2	Prueba t		
					Observada	Requerida	Niv.de Sig.
Control	6.190 \pm 0.219	-----	-----	0.482	-----	-----	-----
10 ⁻⁷	6.580 \pm 0.231	0.390	6.3	0.535	1.222	1.734	N.S.
10 ⁻⁶	6.216 \pm 0.167	0.026	0.4	0.280	0.094	1.734	N.S.
10 ⁻⁵	6.248 \pm 0.190	0.058	0.9	0.361	0.199	1.734	N.S.
10 ⁻⁴	6.188 \pm 0.192	-0.002	-0.1	0.371	0.006	1.734	N.S.
10 ⁻³	6.252 \pm 0.235	0.062	1.0	0.553	0.192	1.734	N.S.
10 ⁻²	6.731 \pm 0.226	0.541	8.7	0.512	1.715	1.734	N.S.

$\bar{X} \pm$ E.E. = valor medio \pm error estandar.

S^2 = varianza.

Δ/C = incremento ó decremento en la producción respecto al control.

Prueba t, tratamientos comparados: Control vs. ASA (M).

$\% \Delta/C$ = porcentaje de incremento ó decremento en la producción respecto al control.

Niv. de Sig. = nivel de significancia.

N.S. = no significativo.

Tabla B.- Datos del Experimento I (Dosis-Respuesta (a)) sobre la producción en número de granos, del grano de trigo producido.

TRATAMIENTO ASA (M)	$\bar{X} \pm$ E.E.	Δ/C	$\% \Delta/C$	S^2	Prueba t		
					Observada	Requerida	Niv.de Sig.
Control	148.8 \pm 5.4	-----	-----	298.9	-----	-----	-----
10 ⁻⁷	159.0 \pm 5.6	10.2	6.8	315.6	1.301	1.734	N.S.
10 ⁻⁶	149.7 \pm 3.0	0.9	0.6	95.0	0.143	1.833	N.S.
10 ⁻⁵	150.5 \pm 3.6	1.7	1.1	132.2	0.258	1.734	N.S.
10 ⁻⁴	151.7 \pm 4.3	2.9	1.9	187.0	0.416	1.734	N.S.
10 ⁻³	150.0 \pm 6.6	1.2	0.8	440.8	0.139	1.734	N.S.
10 ⁻²	158.8 \pm 4.9	10.0	6.7	242.5	1.359	1.734	N.S.

Tabla C.- Datos del Experimento II (Dosis-Respuesta (b)) sobre la producción en peso (g), del grano de trigo producido.

TRATAMIENTO ASA (M)	$\bar{X} \pm E.E.$ (g)	Δ/C (g)	$\% \Delta/C$	S^2	Prueba t		
					Observada	Requerida	Niv. de Sig.
Control	8.030 ± 0.254	-----	-----	0.648	-----	-----	-----
10 ⁻⁷	7.896 ± 0.235	-0.134	-1.7	0.555	0.386	1.734	N.S.
10 ⁻⁶	7.973 ± 0.245	-0.057	-0.8	0.600	0.161	1.734	N.S.
10 ⁻⁵	8.618 ± 0.227	0.588	7.5	0.519	1.721	1.734	N.S.
10 ⁻⁴	7.983 ± 0.290	-0.047	-0.6	0.841	0.121	1.734	N.S.
10 ⁻³	8.204 ± 0.240	0.174	2.1	0.579	0.496	1.734	N.S.
10 ⁻²	7.953 ± 0.278	-0.077	-1.0	0.774	0.204	1.734	N.S.

$\bar{X} \pm E.E.$ = valor medio \pm error estandar.

S^2 = variancia.

Δ/C = incremento ó decremento en la producción respecto al control.

Prueba t, tratamientos comparados: Control vs. ASA (M).

$\% \Delta/C$ = porcentaje de incremento ó decremento en la producción respecto al control.

Niv. de Sig = nivel de significancia.

N.S. = no significativo.

Tabla D.- Datos del Experimento II (Dosis-Respuesta (b)) sobre la producción en número de granos, del grano de trigo producido.

TRATAMIENTO ASA (M)	$\bar{X} \pm E.E.$	Δ/C	$\% \Delta/C$	S^2	Prueba t		
					Observada	Requerida	Niv. de Sig.
Control	223.2 \pm 5.5	-----	-----	304.7	-----	-----	-----
10 ⁻⁷	219.2 \pm 4.9	-4.0	-1.8	247.7	0.538	1.734	N.S.
10 ⁻⁶	221.0 \pm 4.4	-2.2	-1.0	199.0	0.309	1.734	N.S.
10 ⁻⁵	230.0 \pm 4.7	6.8	3.0	230.2	0.929	1.734	N.S.
10 ⁻⁴	221.8 \pm 6.6	-1.4	-0.7	440.3	0.162	1.734	N.S.
10 ⁻³	227.4 \pm 4.5	4.2	1.8	208.8	0.586	1.734	N.S.
10 ⁻²	203.8 \pm 12.5	-19.4	-8.7	1564.9	1.418	1.833	N.S.

Tabla E.- Datos del Experimento III (Fecha de Aplicación) sobre la producción en peso (g), del grano de trigo producido.

TRATAMIENTO FECHAS ASA (M)	$\bar{X} \pm E.E.$ (g)	Δ/C (g)	$\% \Delta/C$	S^2	t Observada	Prueba t t Requerida	Niv. de Sig.
FECHA 0 (I.F.)							
Control	10.026 ± 0.592	-----	-----	1.404	-----	-----	-----
10 ⁻⁵	10.811 ± 0.465	0.785	7.8	0.866	1.042	1.943	N.S.
10 ⁻⁴	10.945 ± 0.333	0.919	9.1	0.445	1.351	1.943	N.S.
10 ⁻³	11.144 ± 0.368	1.118	11.1	0.543	1.602	1.943	N.S.
10 ⁻²	11.164 ± 0.241	1.138	11.3	0.233	1.778	2.353	N.S.
FECHA 5							
Control	11.300 ± 0.377	-----	-----	0.570	-----	-----	-----
10 ⁻⁵	10.317 ± 0.339	-0.983	-8.7	0.461	1.936	1.943	N.S.
10 ⁻⁴	11.166 ± 0.429	-0.134	-1.2	0.738	0.234	1.943	N.S.
10 ⁻³	10.363 ± 0.179	-0.937	-8.3	0.128	2.243	1.943	10%
10 ⁻²	10.476 ± 0.256	-0.824	-7.3	0.264	1.804	1.943	N.S.
FECHA 10							
Control	10.918 ± 0.204	-----	-----	0.167	-----	-----	-----
10 ⁻⁵	10.480 ± 0.444	-0.438	-4.1	0.791	0.894	1.943	N.S.
10 ⁻⁴	10.717 ± 0.365	-0.201	-1.9	0.535	0.479	1.943	N.S.
10 ⁻³	10.340 ± 0.510	-0.578	-5.3	1.041	1.051	2.353	N.S.
10 ⁻²	10.923 ± 0.421	0.005	0.0	0.711	0.010	1.943	N.S.
FECHA 15							
Control	10.775 ± 0.684	-----	-----	1.876	-----	-----	-----
10 ⁻⁵	10.040 ± 0.423	-0.735	-6.9	0.716	0.913	1.943	N.S.
10 ⁻⁴	11.552 ± 0.289	0.777	7.2	0.336	1.044	2.353	N.S.
10 ⁻³	10.883 ± 0.329	0.108	1.0	0.434	0.142	1.943	N.S.
10 ⁻²	10.711 ± 0.277	-0.064	-0.6	0.507	0.086	2.353	N.S.

(I.F.)= inicio de floración.

$\bar{X} \pm E.E.$ = valor medio \pm error estandar.

Δ/C = incremento ó decremento en la producción respecto al control.

$\% \Delta/C$ = porcentaje de incremento ó decremento en la producción respecto al control.

S^2 = varianza.

Prueba t, tratamientos comparados:

a) Fecha 0: Control vs. ASA (M).

b) Fecha 5: Control vs. ASA (M).

c) Fecha 10: Control vs. ASA (M).

d) Fecha 15: Control vs. ASA (M).

Niv. de Sig. = nivel de significancia.

10% = probabilidad de error.

N.S. = no significativo.

Tabla E.- Datos del Experimento III (Fecha de Aplicación) sobre la producción en número de granos, del grano de trigo producido.

TRATAMIENTO FECHAS ASA (M)	$\bar{X} \pm E.E.$	Δ/C	$\% \Delta/C$	S^2	Prueba t		
					t Observada	t Requerida	Niv. de Sig.
FECHA 0 (I.F.)							
Control	234.0 \pm 10.6	-----	-----	456.5	-----	-----	-----
10 ⁻⁵	239.7 \pm 10.0	5.7	2.4	402.1	0.389	1.943	N.S.
10 ⁻⁴	251.2 \pm 3.9	17.2	7.3	63.1	1.509	2.353	N.S.
10 ⁻³	252.7 \pm 9.2	18.7	7.9	343.1	1.322	1.943	N.S.
10 ⁻²	253.0 \pm 5.6	19.0	8.1	126.5	1.573	1.943	N.S.
FECHA 5							
Control	255.5 \pm 8.7	-----	-----	308.2	-----	-----	-----
10 ⁻⁵	236.7 \pm 8.2	-18.8	-7.4	272.1	1.560	1.943	N.S.
10 ⁻⁴	253.5 \pm 8.4	-2.0	-0.8	287.2	0.163	1.943	N.S.
10 ⁻³	240.0 \pm 4.1	-15.5	-6.1	68.5	1.597	1.943	N.S.
10 ⁻²	241.2 \pm 5.2	-14.3	-5.6	108.6	1.400	1.943	N.S.
FECHA 10							
Control	250.2 \pm 4.9	-----	-----	98.6	-----	-----	-----
10 ⁻⁵	236.7 \pm 11.1	-13.5	-5.4	495.1	1.107	1.943	N.S.
10 ⁻⁴	244.2 \pm 10.8	-6.0	-2.4	471.1	0.502	1.943	N.S.
10 ⁻³	257.0 \pm 12.6	-13.2	-5.3	644.0	0.968	1.943	N.S.
10 ⁻²	246.5 \pm 10.0	-3.7	-1.5	402.2	0.330	1.943	N.S.
FECHA 15							
Control	246.0 \pm 15.2	-----	-----	926.0	-----	-----	-----
10 ⁻⁵	237.0 \pm 8.6	-9.0	-3.7	300.5	0.513	1.943	N.S.
10 ⁻⁴	260.2 \pm 8.2	14.2	5.7	270.6	0.820	1.943	N.S.
10 ⁻³	244.7 \pm 8.5	-1.3	-0.6	292.6	0.074	1.943	N.S.
10 ⁻²	248.2 \pm 7.4	2.2	0.8	224.1	0.129	1.943	N.S.

(I.F.)= inicio de floración.

$\bar{X} \pm E.E.$ = valor medio \pm error estandar.

Δ/C = incremento δ decremento en la producción respecto al control.

$\% \Delta/C$ = porciento de incremento δ decremento en la producción respecto al control.

S^2 = varianza.

Prueba t, tratamientos comparados:

a) Fecha 0: Control vs. ASA (M).

b) Fecha 5: Control vs. ASA (M).

c) Fecha 10: Control vs. ASA (M).

d) Fecha 15: Control vs. ASA (M).

Niv. de Sig. = nivel de significancia.

N.S. = no significativo.

Tabla G.- Datos del Experimento IV (Campo) sobre la producción en peso (g), del grano de trigo producido.

TRATAMIENTO FECHAS ASA (M)	$\bar{X} \pm E.E.$ (g)	Δ/C (g)	$\% \Delta/C$	S^2	Prueba t Observada	Prueba t Requerida	Niv. de Sig.
FECHA 0 (I.F.)							
Control	366.55±10.98	-----	-----	482.39	-----	-----	-----
10 ⁻⁵	316.44±31.84	-50.11	-13.7	4055.88	1.482	2.353	N.S.
10 ⁻⁴	364.30±36.41	-2.25	-0.7	5302.75	0.059	2.353	N.S.
10 ⁻³	301.08±12.56	-65.47	-17.9	631.20	3.923	3.707	1%
10 ⁻²	377.39±24.34	10.84	2.9	2369.96	0.405	1.943	N.S.
FECHA 5							
Control	330.07±23.63	-----	-----	2233.69	-----	-----	-----
10 ⁻⁵	367.07±16.18	37.00	11.2	1047.49	1.291	1.943	N.S.
10 ⁻⁴	358.28±42.70	28.21	8.5	7293.99	0.578	1.943	N.S.
10 ⁻³	412.48±38.78	82.41	24.9	6017.55	1.814	1.943	N.S.
10 ⁻²	375.57±26.24	45.50	13.7	2755.34	1.288	1.943	N.S.
FECHA 10							
Control	327.86±24.74	-----	-----	2448.58	-----	-----	-----
10 ⁻⁵	330.62±37.16	2.76	0.8	5525.75	0.061	1.943	N.S.
10 ⁻⁴	326.62±30.08	-1.24	-0.4	3620.97	0.051	1.943	N.S.
10 ⁻³	337.73±25.65	9.87	3.0	2632.79	0.276	1.943	N.S.
10 ⁻²	380.72±28.79	52.86	16.1	3316.75	1.392	1.943	N.S.
FECHA 15							
Control	428.02±19.49	-----	-----	1520.69	-----	-----	-----
10 ⁻⁵	380.56±19.15	-47.46	-11.1	1467.94	1.736	1.943	N.S.
10 ⁻⁴	391.76±40.14	-36.26	-8.5	6445.51	0.812	1.943	N.S.
10 ⁻³	302.71±12.84	-125.31	-29.3	660.08	5.366	3.707	1%
10 ⁻²	374.20±17.35	-53.82	-12.6	1204.30	2.062	1.943	10%

(I.F.)= inicio de floración.

$\bar{X} \pm E.E.$ = valor medio \pm error estandar.

Δ/C = incremento ó decremento en la producción respecto al control.

$\% \Delta/C$ = porcentaje de incremento ó decremento en la producción respecto al control.

S^2 = varianza

Prueba t, (tratamientos comparados:

a) Fecha 0: Control vs. ASA (M).

b) Fecha 5: Control vs. ASA (M).

c) Fecha 10: Control vs. ASA (M).

d) Fecha 15: Control vs. ASA (M).

Niv. de Sig. = nivel de significancia.

1%, 10% = probabilidad de error

N.S. = no significativo.

Tabla II. - Datos del Experimento V (Efecto de Aspersión) sobre la producción en peso (g), del grano de trigo producido.

TRATAMIENTO FECHAS DE - ASP. (A. +H.)	$\bar{X} \pm E.E.$ (g)	Δ/C (g)	% Δ/C	S^2	Prueba t			D.R.M. *
					t Observada	t Requerida	Niv. de Sig.	
a) Control (S/Asp.)	10.097±0.250	-----	-----	0.314	-----	-----	-----	f) 10.756 A
b) Fecha 0 (I.F.)	10.046±0.267	+0.051	+0.6	0.356	0.159	1.860	N.S.	c) 10.594 A
c) Fecha 5	10.594±0.345	0.497	4.9	0.588	1.170	1.860	N.S.	d) 10.360 A
d) Fecha 10	10.360±0.251	0.263	2.6	0.268	0.770	1.860	N.S.	e) 10.284 A
e) Fecha 15	10.284±0.252	0.187	1.8	0.270	0.547	1.860	N.S.	g) 10.136 A
f) Fecha 20	10.756±0.205	0.659	6.5	0.210	2.035	1.860	10%	a) 10.097 A
g) Fecha 25	10.136±0.250	0.039	0.3	0.251	0.116	1.860	N.S.	b) 10.046 A

* En la prueba de Duncan de rango múltiple (D.R.M.), la computadora agrupo las medias de los tratamientos en orden de magnitud, como se indica en los incisos, y las asignó a una sola letra (A); la condición es: medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

FECHAS DE ASP.= fechas de aspersión.

(A.+H.)= agua destilada + humectante.

Control (S/Asp.)= Control sin aspersión.

(I.F.)= inicio de floración.

$\bar{X} \pm E.E.$ = valor medio \pm error estándar.

Δ/C = incremento ó decremento en la producción respecto al control.

% Δ/C = por ciento de incremento ó decremento en la producción respecto al control.

S^2 = varianza.

Prueba t, tratamientos comparados: Control (S/Asp.) vs. Fechas de aspersión -- (A.+H.).

Niv. de Sig.= nivel de significancia.

N.S.= no significativo.

10% = probabilidad de error.

Tabla 1.- Datos del Experimento V (Efecto de Aspersión) sobre la producción en número de granos, del grano de trigo producido.

TRATAMIENTO FECHAS DE ASP. (A.+H.)	$\bar{X} \pm E.E.$	Δ/C	$\% \Delta/C$	S^2	Prueba t			D.R.M. *
					t Observada	t Requerida	Niv. de Sig.	
a) Control (S/Asp.)	255.4 \pm 4.1	-----	-----	87.8	-----	-----	-----	f) 274.0 A
b) Fecha 0 (I.F.)	259.2 \pm 5.7	3.8	1.4	167.3	0.532	1.860	N.S.	e) 266.4 A
c) Fecha 5	264.2 \pm 6.8	8.8	3.4	236.9	1.092	1.860	N.S.	e) 264.2 A
d) Fecha 10	263.2 \pm 5.5	7.8	3.0	156.5	1.115	1.860	N.S.	d) 263.2 A
e) Fecha 15	266.4 \pm 9.4	11.0	4.3	443.0	1.067	2.132	N.S.	b) 259.2 A
f) Fecha 20	274.0 \pm 4.8	18.6	7.2	116.0	2.913	2.306	5%	a) 255.4 A
g) Fecha 25	252.2 \pm 8.6	-3.2	-1.5	297.1	0.333	1.860	N.S.	g) 252.2 A

* En la prueba de Duncan de rango múltiple (D.R.M.), la computadora agrupo las medias de los tratamientos en orden de magnitud, como se indica en los incisos, y las asignó a una sola letra (A); la condición es: medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

FECHAS DE ASP.= fechas de aspersión.

(A.+H.)= agua destilada + humectante.

Control (S/Asp.)= Control sin aspersión.

(I.F.)= inicio de floración.

$\bar{X} \pm E.E.$ = valor medio \pm error estandar

Δ/C = incremento ó decremento en la producción respecto al control.

$\% \Delta/C$ = porcentaje de incremento ó decremento en la producción respecto al control.

S^2 = variancia.

Prueba t, tratamientos comparados: Control (S/Asp.) vs. Fechas de aspersión (A.+H.).

Niv. de Sig.= nivel de significancia.

N.S.= no significativa.

5% = probabilidad de error.

Tabla J.- Datos del Experimento VI (Sequía) sobre la producción en peso (g), del grano de trigo producido, en relación al control de riego.

TRATAMIENTO ASA (M)	$\bar{X} \pm E.E.$ (g)	r/C (g)	$\%r/C$	S ²	Prueba t		
					Observada	Requerida	Niv.de Sig.
Control R.	10.749 ± 0.243	-----	-----	0.535	-----	-----	-----
*Control S.	9.090 ± 0.223	1.659	15.5	0.451	5.012	4.015	0.1%
* 10 ⁻⁷	8.918 ± 0.189	1.831	17.1	0.524	5.926	4.015	0.1%
* 10 ⁻⁶	8.728 ± 0.220	2.021	18.9	0.458	6.146	4.015	0.1%
* 10 ⁻⁵	9.192 ± 0.180	1.557	14.5	0.293	5.133	4.015	0.1%
* 10 ⁻⁴	8.939 ± 0.156	1.810	16.9	0.220	6.249	4.015	0.1%
* 10 ⁻³	9.199 ± 0.237	1.550	14.5	0.505	4.559	4.015	0.1%
* 10 ⁻²	8.580 ± 0.204	2.169	20.2	0.376	6.817	4.015	0.1%

*Tratamientos sometidos a sequía.

S²= varianza.

Control R.= control de riego.

Prueba t, tratamientos comparados: Control de riego vs. tratamientos sometidos a sequía.

Control S.= control de sequía.

$\bar{X} \pm E.E.$ = valor medio \pm error estandar.

Niv. de Sig.= nivel de significancia.

r/C= reducción en la producción respecto al control de riego.

10%, 5%, 1%, 0.1%= probabilidad de error.

$\%r/C$ = porción de reducción en la producción respecto al control de riego.

N.S.= no significativo.

Tabla K.- Datos del Experimento VI (Sequía) sobre la producción en número de granos de trigo producidos, en relación al control de riego.

TRATAMIENTO ASA (M)	$\bar{X} \pm E.E.$	r/C	$\%r/C$	S ²	Prueba t		
					Observada	Requerida	Niv.de Sig.
Control R.	253.7 \pm 5.5	-----	-----	273.0	-----	-----	-----
*Control S.	239.4 \pm 4.8	14.3	5.7	208.0	1.956	1.746	10%
* 10 ⁻⁷	250.1 \pm 6.9	3.6	1.5	451.2	0.406	1.746	N.S.
* 10 ⁻⁶	242.4 \pm 4.2	11.3	4.5	160.6	1.628	1.746	N.S.
* 10 ⁻⁵	231.6 \pm 4.7	22.1	8.8	204.0	3.035	2.921	1%
* 10 ⁻⁴	242.7 \pm 6.4	11.0	4.4	371.0	1.300	1.746	N.S.
* 10 ⁻³	236.4 \pm 4.2	17.3	6.9	163.1	2.485	2.120	5%
* 10 ⁻²	238.3 \pm 5.5	15.4	6.1	274.4	1.974	1.746	10%

Tabla L.- Datos del Experimento VI (Sequía) sobre la producción en peso (g) del grano de trigo producido, en relación al control de sequía.

TRATAMIENTO ASA (M)	$\bar{X} \pm E.E.$ (g)	Δ/C (g)	$\% \Delta/C$	S^2	Prueba t		
					t Observada	t Requerida	Niv. de Sig.
Control S.	9.090±0.223	-----	-----	0.451	-----	-----	-----
10 ⁻⁷	8.918±0.189	-0.172	-1.9	0.324	0.586	1.746	N.S.
10 ⁻⁶	8.728±0.220	-0.362	-4.0	0.438	1.151	1.746	N.S.
10 ⁻⁵	9.192±0.180	0.102	1.1	0.293	0.354	1.746	N.S.
10 ⁻⁴	8.939±0.156	-0.151	-1.7	0.220	0.553	1.746	N.S.
10 ⁻³	9.199±0.237	0.109	1.1	0.505	0.334	1.746	N.S.
10 ⁻²	8.580±0.204	-0.510	-5.7	0.376	1.682	1.746	N.S.

*Todos los tratamientos fueron sometidos a sequía.

Control S.= control de sequía.

$\bar{X} \pm E.E.$ = valor medio \pm error estandar.

Δ/C = incremento ó decremento en la producción respecto al control de sequía.

$\% \Delta/C$ = por ciento de incremento ó decremento en la producción respecto al control de sequía.

S^2 = varianza.

Prueba t, tratamientos comparados: Control de sequía vs. ASA (M).

Niv. de Sig. = nivel de significancia.

N.S. = no significativo.

Tabla M.- Datos del Experimento VI (Sequía) sobre la producción en número de granos de trigo producidos, en relación al control de sequía.

TRATAMIENTO ASA (M)	$\bar{X} \pm E.E.$	Δ/C	$\% \Delta/C$	S^2	Prueba t		
					t Observada	t Requerida	Niv. de Sig.
Control S.	239.4 \pm 4.8	-----	-----	208.0	-----	-----	-----
10 ⁻⁷	250.1 \pm 6.9	10.7	4.4	431.2	1.269	1.746	N.S.
10 ⁻⁶	242.4 \pm 4.2	3.0	1.2	160.6	0.468	1.746	N.S.
10 ⁻⁵	231.6 \pm 4.7	-7.8	-3.3	204.0	1.152	1.746	N.S.
10 ⁻⁴	242.7 \pm 6.4	3.3	1.3	371.0	0.411	1.746	N.S.
10 ⁻³	236.4 \pm 4.2	-3.0	-1.3	163.1	0.467	1.746	N.S.
10 ⁻²	238.3 \pm 5.5	-1.1	-0.5	274.4	0.150	1.746	N.S.