



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

VALORACIÓN DEL POTENCIAL DE ANÁLOGOS DE BRASINOESTEROIDES EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN LA REGIÓN DE LIBRES, PUEBLA

ADRIANA MORENO CRISPÍN

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADODE**

MAESTRA EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2015



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN
CAMPUS PUEBLA

CAMPUE-43-2-03

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, la que suscribe **Adriana Moreno Crispín**, alumna de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor Dr. Abel Gil Muñoz, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Valoración del potencial de análogos de brasinoesteroides en la producción de maíz en la región de Libres, Puebla**, y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y la que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, julio de 2015



Adriana Moreno Crispín



Dr. Abel Gil Muñoz

La presente tesis, titulada: **Valoración del potencial de análogos de brasinoesteroides en la producción de maíz en la región de Libres, Puebla**, realizada por la alumna: **Adriana Moreno Crispín**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. ABEL GIL MUÑOZ

ASESOR:



DR. HIGINIO LÓPEZ SANCHEZ

ASESOR:



DR. ENRIQUE ORTIZ TORRES

ASESORA:



DRA. MARICELA RODRIGUEZ ACOSTA

Puebla, Puebla, México, julio de 2015

VALORACIÓN DEL POTENCIAL DE ANÁLOGOS DE BRASINOESTEROIDES EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN LA REGION DE LIBRES, PUEBLA

Adriana Moreno Crispín, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2015

En el estado de Puebla, México, el maíz sigue siendo el eje en torno al cual se articulan las actividades de las unidades de producción, particularmente de las de carácter tradicional. Por tal razón, la búsqueda de opciones que permitan aumentar sus rendimientos tendrá un impacto positivo entre las familias del medio rural. Una forma en la cual puede incrementarse la producción es a través de las prácticas de manejo, entre las que se incluye el empleo de diversos productos capaces de modificar favorablemente el crecimiento y desarrollo vegetal. Entre tales productos se encuentran los brasinoesteroides, hormonas vegetales presentes en diversas especies en bajas concentraciones pero, según la literatura, con una acción enorme en la planta. En maíz han sido pocos los trabajos en los que se ha estudiado el efecto de los brasinoesteroides (naturales o sintéticos) o de sus análogos, y en ninguno de ellos se han incluido poblaciones nativas. Por ello y considerando que recientemente se sintetizaron tres análogos de brasinoesteroides que mostraron efectos promisorios a nivel de plántula en invernadero, se decidió emprender la presente investigación. Sus objetivos fueron dos: a) Determinar si los análogos ya mencionados podrían incidir favorablemente en el crecimiento y rendimiento de grano de los maíces nativos cultivados en la región de Libres, Puebla, y b) Conocer la percepción de los productores de maíz de dicha región respecto a tales compuestos. Así, durante el 2012, se estableció un experimento factorial en el cual se estudiaron tres variedades, cuatro productos (tres análogos y el control) y cuatro aplicaciones (0, 1, 2 y 3); se utilizó un diseño en bloques completos al azar con dos repeticiones y se sembró en dos localidades. Se midió un total de 32 características, entre variables indicadoras de crecimiento, fenológicas y agronómicas. Adicionalmente, en cada localidad se trabajó con un grupo de agricultores empleando la técnica de grupos focales. Los resultados del análisis de varianza del experimento revelaron que los análogos estudiados (BSS3, BSS4 y BSS10), a la dosis utilizada, no tuvieron un efecto importante en las variables medidas, independientemente del número de aplicaciones utilizado y el tipo de material genético en el cual se aplicaron. Del estudio con agricultores se concluyó que existe interés por probar los análogos, provisto que se les demuestre que tienen un efecto favorable en su cultivo.

Palabras clave: Análogos de brasinoesteroides, Evaluación agronómica, Maíces Nativos, Percepción, *Zea mays L.*

ASSESSING THE POTENTIAL OF BRASSINOSTEROID ANALOGS IN THE PRODUCTION OF MAIZE IN THE REGION OF LIBRES, PUEBLA

Adriana Moreno Crispín, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2015

In the state of Puebla, Mexico, maize is still the axis around which the activities of the production units (mainly the traditional ones) get interconnected. Therefore, the search for options that enable yield increases will have a positive impact on the families of the rural sector. One way in which the production can be increased is through management practices, which include the use of several products capable of favorably modifying plant growth and development. Brassinosteroids are among such products; they are plant hormones present in several species at low concentrations but, according to the literature, with an enormous action on the plant. In maize there have been few works where the effect of natural or synthetic brassinosteroids or their analogs has been studied, and in none of them native populations have been included. Thus, and considering that three recently synthesized brassinosteroid analogs showed promising effects on seedlings in the greenhouse, the present study was proposed. Objectives were: a) To determine whether the above mentioned analogs could favorably modify the growth and grain yield of native maize populations grown in the region of Libres, Puebla, and b) To assess the perception of maize peasants from that region toward such compounds. During 2012, a factorial experiment was planted, studying three varieties, four products (three analogs and the control) and four applications (0, 1, 2 and 3). A completely randomized block design with two replications was used; the experiment was planted at two locations. A total of 32 variables were measured, including those related with growth, phenology and agronomic performance. Additionally, at each location work was done with a group of farmers using the focus groups technique. The results of the analyses of variance revealed that the analogs studied (BSS3, BSS4 and BSS10), at the dose used, had no important effects on the measures traits, independently of the number of applications and the genetic material onto which they were applied. From the work with peasants it is concluded that there is interest in testing the analogs, provided that it can be shown that such products have a positive effect on their crops.

Keywords: Agronomic evaluation, Brassinosteroids analogs, Native Maize, Perception, *Zea mays* L.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la vida y por todas las bendiciones que me ha tenido.

A la Dra. Maricela Rodríguez Acosta, al Dr. Higinio López Sánchez, al Dr. Enrique Ortiz Torres, y especialmente al Dr. Abel Gil Muñoz por todo el apoyo en la investigación realizada, el tiempo y la dedicación para este trabajo.

A mi esposo José Luis y mi hijo Lio, por todo su amor, para poder realizar juntos este sueño.

A mi tío-papa Gaspar Crispín Salcedo, porque con su apoyo moral y económico he llegado hasta este momento. Gracias.

A mi madre Rebeca Crispín Salcedo, por su paciencia, por hacerme fuerte cuidando a mi hijo siempre que lo necesito.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

Se agradece el apoyo financiero recibido del Colegio de Postgraduados para la realización de la presente investigación, a través de la LÍNEA PRIORITARIA DE INVESTIGACIÓN 6: CONSERVACIÓN Y MEJORAMIENTO DE RECURSOS GENÉTICOS, subproyecto "APROVECHAMIENTO DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE LOS MAÍCES NATIVOS DEL ALTIPLANO DE PUEBLA"

DEDICATORIA

A mi familia

Especialmente a mis abuelos Constantina Salcedo Elvira y Santiago Crispín Isidro por ser siempre mi ejemplo de trabajo y perseverancia en la vida.

A mi tía Gloria Crispín Salcedo por ser mi apoyo y sentirla siempre cerca de mí y de mi hijo.

A mi hermana Verónica Mora Crispín por todo su apoyo y cariño que nos da a mí y a mi hijo.

A mi hermano Clemente Mora Crispín y su esposa Fernanda Espinoza, y mis sobrinos Valentín y Adrián, por todo el amor y cariño.

A mis tíos Bárbara Crispín Salcedo y Mauricio Fabián Espinoza por estar siempre a mi lado y darme siempre todo su apoyo sin condiciones. Mil gracias.

A mis tíos Francisca Crispín Salcedo y Abraham López por todo el apoyo brindado hacia mi persona.

A mis tíos Constantino Crispín Salcedo y Rosamaría Fabián por su apoyo y cariño.

A mi tío Amador Crispín Salcedo y esposa por su apoyo y cariño.

A mis primos Bamban, Estefanía, Samanta, Santiago, Roberto, por su apoyo.

CONTENIDO

INTRODUCCION GENERAL	1
1. Planteamiento del problema	4
2. Preguntas de investigación, objetivos e hipótesis	6
3. Estructura de la tesis	7
4. Literatura citada	8

CAPITULO I. VALORACION DE ANALOGOS DE BRASINOESTEROIDES EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE MAIZ DE TEMPORAL

1.1. Resumen	12
1.2. Abstract.....	13
1.3. Introducción	14
1.4. Material y Métodos	15
1.4.1. Sitios experimentales	15
1.4.2. Arreglo de tratamientos y diseño experimental	16
1.4.3. Manejo del cultivo	17
1.4.4. Variables medidas.....	17
1.4.5. Análisis estadístico	19
1.5. Resultados.....	19
1.6. Discusión	25
1.7. Conclusiones	29
1.8. Literatura citada	29

CAPITULO II. ACEPTACION DE NUEVOS PRODUCTOS EN LA AGRICULTURA DE TEMPORAL DE LA REGION DE LIBRES, PUEBLA

2.1. Resumen	33
2.2. Abstract	34
2.3. Introducción.....	34
2.4. Material y métodos	37
2.4.1. Área de estudio	37

2.4.2. Diseño del estudio	38
2.5. Resultados y discusión	40
2.5.1. Características generales de los participantes en los grupos focales	40
2.5.2. Disposición a aplicar análogos de brasinoesteroides	41
2.5.3. Interés sobre el aumento del rendimiento	42
2.5.4. Opinión sobre el costo del producto	42
2.5.5. Formas de aplicación del análogo de brasinoesteroide	42
2.5.6. Presentación del análogo de brasinoesteroide	43
2.5.7. Necesidades para la producción de maíz	43
2.5.8. Costos de producción de maíz	45
2.6. Análisis costo: Beneficio para la eventual aplicación del análogo debrasinoesteroide	46
2.7. Conclusiones	48
2.8. Bibliografía	48
CONCLUSIONES GENERALES	51
APENDICE A	53
APENDICE B	56
APENDICE C	57
APENDICE D	59
ANEXO 1	61

ÍNDICE DE CUADROS

CAPITULO I	Página
Cuadro 1. Niveles de significancia estadística (p) obtenidos en el análisis de varianza para los factores principales y las variables bajo estudio en Ciudad Serdán (SDCS) y San Nicolás Buenos Aires (SNBA), Puebla, México, 2012.....	21
 CAPITULO II	
Cuadro 1. Labores y costos asociados al cultivo de maíz en Ciudad Serdán, Puebla. México. Año 2013.	45
Cuadro 2. Labores y costos asociados al cultivo de maíz en San Nicolás Buenos Aires, Puebla. México. Año 2013.....	46
Cuadro 3. Cálculo costo-beneficio de la producción de maíz con y sin la aplicación de brasinoesteroide para el año 2013.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I	Página
Figura 1. Respuesta de la altura de planta de maíz para la interacción 'variedades×aplicaciones'. Ciudad Serdán, Pue., 2012. Las barras verticales representan la diferencia mínima significativa de Tukey.....	23
Figura 2. Respuesta de la altura de planta de maíz para la interacción 'productos×aplicaciones'. Ciudad Serdán, Pue., 2012. Las barras verticales representan la diferencia mínima significativa de Tukey.....	24
Figura 3. Respuesta de la altura de planta de maíz para la interacción 'variedades×productos×aplicaciones'. Ciudad Serdán, Pue., 2012 (sólo se incluyen algunos tratamientos representativos). Las barras verticales representan la diferencia mínima significativa de Tukey.....	25

INTRODUCCIÓN GENERAL

Uno de los cultivos más importantes en México es el maíz; datos del SIAP (2015) muestran que de 2007 a 2013, la superficie sembrada con este cereal fue de 7'689,836 ha, de las cuales, 585,680 ha correspondieron al estado de Puebla, entidad que se ubicó como el octavo estado a nivel nacional en cuanto a extensión cultivada con esta especie, con una producción anual promedio en el período de 893,970 t, y con rendimientos de 1.53 t·ha⁻¹ para grano (SIAP, 2015).

En Puebla, el Distrito de Desarrollo Rural (DDR) que más aporta a la producción de maíz es el de Libres (DDR 04), el cual se encuentra ubicado entre los 18° 44' y los 19° 36' de latitud norte y los 97° 04' y 97° 49' de longitud oeste (INEGI, 2004). Cifras del SIAP (2015) indican que entre 2007 y 2013, la superficie sembrada con maíz en el DDR 04 fue de 120,646 ha, las cuales generaron una producción de 260,074 toneladas, para un rendimiento promedio de 2.16 t·ha⁻¹. Utilizando información de la misma fuente, se concluye que la superficie promedio sembrada en condiciones de temporal en el DDR representó el 95 % del total y que en ella se obtuvo el 89 % de la producción del Distrito. De acuerdo con INEGI (2014), para el ciclo agrícola 2012 (el último con información disponible), de las 547,980 ha sembradas con maíz en el estado, 153,385 ha (27.9 %) lo estuvieron con semillas mejoradas. Según Gil *et al.* (2004), en el DDR de Libres el uso de semilla mejorada es aún menor que a nivel estatal. A pesar de la relevancia agrícola de este DDR, hay varios factores ambientales que disminuyen la producción, entre ellos destacan las heladas y la sequía. Al respecto, Muñoz (2003) señala que en el Altiplano Central las lluvias y las temperaturas mínimas son los factores que más afectan la producción de maíz en esta región. El mismo autor detalla que entre julio y agosto se presenta un período de sequía intraestival, y que entre octubre y enero hay incidencia de heladas, pero que en algunos lugares, como Libres y otros relativamente secos y altos, hay alto riesgo de heladas tardías (abril, mayo, junio) o tempranas (septiembre, octubre o incluso antes).

Polanco y Flores (2008) indican que aunque México es el cuarto productor mundial de maíz, sus requerimientos internos son superiores a sus volúmenes de producción. Agregan que durante el período 1995-2004 se importaron en promedio cinco millones de toneladas y que en el 2007 la cifra subió a 7.2 millones, aunque resaltan que los mayores volúmenes que ingresaron al país fueron de maíz amarillo (particularmente para la industria y actividades pecuarias). Lo anterior evidencia la necesidad de incrementar los rendimientos del cultivo a nivel nacional. Conviene señalar que a nivel microeconómico, para los agricultores minifundistas que cultivan maíz bajo temporal, el aumento de la producción de maíz (grano y rastrojo) también representaría un aspecto de gran beneficio para sus unidades de producción. Al respecto, Villa-Issa (2005) señala que el mejorar la productividad e ingresos de los productores rurales del estado de Puebla y sus familias contribuiría a retener la población en el campo y detener los problemas de sobrepoblación y pobreza en el medio urbano. Lo anterior evidencia la necesidad de continuar la búsqueda de formas que permitan elevar el rendimiento de maíz, a fin de poder satisfacer la creciente demanda que para consumo humano y animal existe.

De acuerdo con Reyes (2000), el desarrollo de la producción de maíz en México es atribuible, por igual, tanto al aprovechamiento del potencial genético (variedades mejoradas) como a las prácticas de manejo de los cultivos. En la primera dirección, al momento existen variedades mejoradas comercializadas por diferentes empresas, aunque ya hay trabajos encaminados a desarrollar tales variedades a partir de la diversidad genética local (Gil *et al.*, 2007). Dentro de la segunda vertiente existe toda una gama de opciones, entre las que se encuentra el empleo de diferentes productos (fertilizantes y/o abonos, agroquímicos en general) capaces de promover un mayor crecimiento o de incidir en el desarrollo vegetal, impactando en última instancia el rendimiento agronómico. Entre estos productos figura un grupo que ha sido relativamente poco estudiado en maíz: el de las hormonas vegetales, como los brasinoesteroides (BS). Los brasinoesteroides (BS), son esteroides polihidroxilados de origen natural, aislados de plantas muy

diferentes. Estos compuestos se encuentran en muy bajas concentraciones, pero su acción en la planta es enorme. Según Brosa (1999), promueven el crecimiento, incrementan la biomasa e influyen en procesos de desarrollo como la germinación de la semilla, rizogénesis, floración, senescencia, abscisión y maduración. También se ha reportado que incrementan la tolerancia al estrés y la resistencia a enfermedades, y que ayudan a reducir el daño por herbicidas (Núñez, 1999; Ram *et al.*, 2002).

Se considera como brasinoesteroides naturales a los compuestos que contienen el núcleo (20 β)-5 α -colestano-22 α , 23 α -dioles, oxigenados en C3 (Zullo y Adam, 2002); los cuales pueden ocurrir conjugados, especialmente con azúcares o ácidos grasos. A la fecha, en material vegetal, se han aislado más de 70 esteroides relacionados estructural y funcionalmente (Oklešt'ková *et al.*, 2013). De entre ellos, los más importantes son la brasinólida, 24-epibrasinólida y 28-homobrasinólida (Ram *et al.*, 2002). Khripachet *al.* (2000) mencionan que dados los bajos contenidos de brasinoesteroides en las plantas, la única opción para estudios fisiológicos y aplicaciones prácticas en agricultura es la síntesis química, en cuyo caso los materiales de inicio son esteroides disponibles en fuentes naturales: ergosterol para el caso de 24-epibrasinólida o estigmasterol para 28-homobrasinólida. Los brasinoesteroides obtenidos por síntesis química son idénticos a sus contrapartes naturales, a diferencia de los análogos los cuales, de acuerdo con Salgado *et al.* (2008), son moléculas que se caracterizan por reproducir sólo determinadas agrupaciones estructurales presentes en los brasinoesteroides naturales y producir efectos cualitativamente similares al de los compuestos naturales.

En años recientes, en el Laboratorio de Ciencias Químicas de la BUAP se han producido diversos análogos de brasinoesteroides (Fernández, 2010). Algunos de ellos, al ser evaluados bajo condiciones de invernadero, promovieron el crecimiento y el incremento de biomasa en plántulas de dos variedades de maíz nativo (Moreno, 2010), y también en alfalfa (Cortés, 2005), por lo que existe la posibilidad de que puedan tener algún efecto al ser evaluados bajo condiciones de

campo. De ser funcionales, los productos antes mencionados podrían constituirse en una innovación tecnológica, la cual podría ser adoptada por los agricultores.

La adopción de una innovación, según Mosher (1979), es un proceso en el cual un agricultor en particular se expone a, considera y finalmente rechaza o practica una innovación particular. En seguimiento a lo anterior, argumenta que el proceso de adopción consta de cinco etapas: conciencia, interés, evaluación, primer ensayo, y uso continuo o apropiación de la nueva tecnología. Una innovación es una forma nueva de realizar “algo” o una práctica de cambio.

1. Planteamiento del Problema

De acuerdo con Ávila *et al.*, (2014), durante el período 1990-2011, Puebla se ha ubicado dentro de los diez estados con mayor producción de maíz y que en los últimos 22 años el promedio de producción de maíz grano fue de 929,776 t. No obstante lo anterior, ha habido descensos en la producción (como en 2011, por efecto de heladas ocurridas durante el ciclo agrícola), y los rendimientos estatales del período ($1.81 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) son menores a los nacionales ($2.93 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Lo anterior sustenta la conveniencia de seguir desarrollando investigaciones tendientes a mejorar los niveles productivos del maíz. En este sentido, conviene mencionar que, de acuerdo con Reyes (2000), los incrementos que ha habido en la producción de maíz pueden atribuirse, por partes iguales, a los desarrollos hechos en el campo del fitomejoramiento como al empleo de prácticas de manejo que mejoren en proceso de producción. En esta segunda vertiente ha habido toda una gama de opciones, aunque una poco explorada en el caso de maíz ha sido el empleo de promotores de crecimiento vegetal (como es el caso de los brasinoesteroides).

Al momento se han desarrollado diversos trabajos con brasinoesteroides sintéticos en cultivos anuales como soya (Corbera y Núñez, 2004) y frijol (Vargas

e Irizar, 2005). En ellos se encontró que la aplicación de tales productos resultó en incrementos importantes en el rendimiento de grano. En maíz, han sido pocos los trabajos conducidos. Así, en el estudio hecho por Torres *et al.* (2007) con híbridos trilineales fértiles y androestériles en los que se realizaron aspersiones tempranas (29, 36 y 43 días después de la siembra), se halló que en los híbridos fértiles sí hubo respuesta en rendimiento de grano al análogo de brasinoesteroide evaluado; no obstante, en los híbridos androestériles no hubo efecto alguno y en los híbridos de cruce simple (fértiles y androestériles) incluso se presentó un efecto negativo. Por otra parte, la evaluación de varios análogos experimentales de brasinoesteroides hecha por Moreno (2010) reveló que, a nivel de invernadero, la aplicación vía remojo de semillas produjo efectos favorables en la acumulación de biomasa durante las primeras etapas de crecimiento de maíces nativos. Finalmente, en el trabajo de Holáet *al.* (2010), en el cual se evaluó la aplicación foliar de un brasinoesteroide natural y uno sintético aplicados en las etapas V3/V4 y V6/V7 en dos líneas puras y su híbrido, se determinó que las respuestas fueron muy variables, pues dependieron del estado de desarrollo, el genotipo, el tipo de brasinoesteroide y su concentración.

Como se observa, a la fecha no se ha conducido una investigación que permita determinar el efecto que puedan tener los brasinoesteroides (naturales, sintéticos o sus análogos) en poblaciones nativas de maíz (que son las más empleadas en México). El trabajo de Moreno (2010), si bien utilizó maíces nativos, sólo estudió los efectos en crecimiento durante la etapa de plántula. Por lo anterior fue que se planteó la presente investigación, cuyo problema de investigación se enunció en términos de determinar el efecto de tres análogos de brasinoesteroides (para los cuales hubo respuesta en estudios a nivel de laboratorio e invernadero) al ser aplicados no sólo en etapas tempranas (o previo a la siembra), sino también en etapas más avanzadas de desarrollo, en poblaciones nativas de maíz y bajo las condiciones ambientales y de manejo en las cuales cultivan los agricultores. Adicionalmente, se buscó precisar las posibilidades de aceptación que tendrían

estos productos entre los agricultores de una región importante en cuanto a producción de maíz: el DDR de Libres, Puebla.

La solución que se dé al problema de investigación permitirá determinar si los efectos observados en condiciones de laboratorio y de invernadero con los análogos de brasinoesteroides bajo estudio se mantienen a nivel de campo. Igualmente, generará elementos para conocer la disposición de los agricultores a probar y utilizar tales productos.

En concordancia con lo antes expuesto, la presente investigación quedó integrada por dos estudios, uno de tipo experimental, conducido en campo utilizando los mejores BSS identificados por Moreno (2010), dos poblaciones nativas de maíz y un híbrido, y otro de tipo social, orientado a valorar el potencial de aceptación que podría tener este tipo de productos entre agricultores del DDR de Libres, Puebla.

2. Preguntas de Investigación, Objetivos e Hipótesis

Las preguntas que se planteó resolver fueron básicamente dos:

1. ¿Los análogos de brasinoesteroides estudiados influenciarán positivamente el crecimiento y rendimiento agronómico de las poblaciones nativas de maíz al ser evaluados bajo condiciones de campo?
2. ¿Existirá disponibilidad entre los productores de maíz por conocer e incorporar los análogos de brasinoesteroides a sus procesos de producción?

Las hipótesis respectivas fueron las siguientes:

Los análogos de brasinoesteroides evaluados interactuarán favorablemente con los maíces nativos bajo estudio, propiciando un aumento en diversos indicadores de crecimiento y en rendimiento de grano y rastrojo.

Los agricultores estarán dispuestos a conocer e incorporar los análogos de brasinoesteroides como parte de sus procesos de producción.

Finalmente, los objetivos enunciados fueron:

Determinar si los análogos de brasinoesteroides bajo estudio pueden incidir favorablemente en el crecimiento y rendimiento de grano de los maíces nativos cultivados en la región de Libres, Puebla.

Conocer la percepción de los productores de maíz de la región de Libres, Puebla, respecto a los brasinoesteroides y determinar la disponibilidad a incorporarlo como un componente más de su técnica de producción.

3. Estructura de la tesis

Esta tesis consta de cinco grandes apartados: la presente introducción, dos capítulos (uno por cada estudio incluido en la investigación y presentado a manera de artículo científico), las conclusiones generales y los apéndices (cuatro en total). En la introducción se exponen los antecedentes del tema de investigación, se presenta el problema estudiado así como las preguntas, objetivos e hipótesis formulados. En el Capítulo 1 se exponen y analizan los resultados del experimento establecido en campo para valorar la respuesta que en términos de crecimiento y rendimiento tuvieron diversas poblaciones de maíz al ser tratadas con los análogos de brasinoesteroides bajo estudio. En el Capítulo 2 se detallan los resultados de un estudio de corte social en el cual, a través de grupos de enfoque, se valoró la aceptación que podrían tener los productos antes mencionados entre agricultores de dos localidades de la región de Libres, Puebla. Posteriormente se

exponen las conclusiones alcanzadas teniendo como referente las preguntas, hipótesis y objetivos formulados inicialmente, y se finaliza con la presentación de cuatro apéndices que contienen información complementaria a la expuesta en el Capítulo 2.

4. Literatura Citada

Ávila, F.; Castañeda, Y.; Massieu, Y.; Noriero, L. y González, A. 2014. Los productores de maíz en Puebla ante la liberación de maíz genéticamente modificado. *Sociológica* 29(82):45-81

Brosa C. 1999. Biological Effects of Brassinosteroids. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology* 34(5): 339-358.

Corbera, J.; Núñez M. 2004, Evaluación agronómica del análogo de brasinoesteroide BB-6 en soya, inoculada con *Bradyrhizobium japonicum* HMA, cultivada en invierno sobre un suelo ferralsol. *Cultivos Tropicales* 25(3):9-13.

Cortés R., M. A. 2005. Efecto de análogos de brasinoesteroides en alfalfa (*Medicago sativa* L.). Tesis de Maestría en Ciencias en Biología Experimental. Instituto de Investigaciones Químico Biológicas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Michoacán, México. pp. 46-48.

Fernández H., M. A. 2010. Síntesis de derivados esteroidales con actividad biológica: anticancerígenos y promotores del crecimiento vegetal. Tesis de Doctorado en Ciencias Químicas. Facultad de Ciencias Químicas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. 308 p.

Gil M. A.; Tut y C., C.; Mendoza R., R.; Gutiérrez R., N.; Figueroa E., J. M. y Arellano H., A. 2004. Maíz. *In: Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología y Fundación Produce Puebla, A. C. Cadenas Agroalimentarias: El papel estratégico de la tecnología y su prospectiva en el Estado de Puebla.* pp. 87-100.

Gil M., A.; López, P. A.; López S., H. y Taboada G., O. R. 2007. El fitomejoramiento: una opción tecnológica para la agricultura de subsistencia. *In:* R. Martínez R.; B. Ramírez V.; G. E. Rojas M. (Coords.). Estudio y propuestas para el medio rural. Ed. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Universidad Autónoma Indígena de México. Puebla, México. p. 113-135.

Holá, D.; Rothova, O.; Kocova, M.; Kohout, L. and Kvasnica, M. 2010. The effect of brassinosteroids on the morphology, development and yield of field-grown maize. *Plant GrowthRegulators* 61:29–43.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).2007. Anuario Estadístico del Estado de Puebla. Tomo I. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).Aguascalientes, México. 704 p.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2014. Anuario Estadístico y Geográfico de Puebla. INEGI. Aguascalientes, México. 862 p.

Khripach V; Zhabinskii V; de Groot A. 2000. Twenty years of brassinosteroids: steroidal plant hormones warrant better crops for the XXI century. *Annals of Botany* 86:441-447

Mosher, A. T. 1979. An introduction to agricultural extension. Agricultural Development Council, Singapore University Press. 114 p.

Moreno C. A., 2010. Efecto de análogos de brasinoesteroides en diferentes variedades de maíz (*Zea mays*) criollo. Tesis de licenciatura. Escuela de Biología. Herbario y Jardín Botánico, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México, Puebla, Pue. 80 p.

Muñoz O., A. (Director). 2003. Centli-Maíz. Prehistoria e Historia, Diversidad, Potencial, Origen Genético y Geográfico, Glosario Centli-Maíz. Colegio de Postgraduados-SINAREFI. 211 p.

Núñez, M. 1999. Reseña bibliográfica. Aplicaciones prácticas de los brasinoesteroides y sus análogos en la agricultura. *Cultivos Tropicales*. Cuba 20(3):63-72.

Oklešt'ková J Rárova L; Strnad M (2013) Brassinosteroids and their biological activities. In: K G Ramawat and J M Mérillon (Eds.) *Natural Products*. Springer Verlag. Berlin, Germany. pp. 3851-3871

Polanco L., A. y Flores M., T. 2008. Bases para una política de I&D e innovación de la cadena de valor del maíz. *Foro Consultivo Científico y Tecnológico*, A. C. México, D. F. 244 p.

Ram R., S. S.; Vidya V., B; Sujatha, E. and Anuradha, S. 2002. Brassinosteroids – A new class of phytohormones. *Current Science* 82(10):1239-1245.

Reyes C., P. 2000. Cincuenta años de investigación agrícola de maíz para tierra caliente en México. *Agricultura Técnica en México* 26:99-107.

Salgado G., R.; Cortés R., M. A. y del Río R., E. 2008. Uso de brasinoesteroides y sus análogos en la agricultura. *Biológicas* 10:18-27

SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP). 2015. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> . Consultado el 30 de mayo de 2015.

Torres R., B. L.; Espinosa C., A.; Mendoza R., M.; Rodríguez O., J. L.; Irizar G., M. B. y Castellanos R., J. S. 2007. Efecto de brasinoesteroides en híbridos de maíz androestériles y fértiles. *Agronomía Mesoamericana* 18(2): 155-162.

Villa-Issa M. R. (Coord.) 2005. Marco conceptual y metodológico para el diseño de políticas públicas para el campo. El caso del estado de Puebla. Colegio de Postgraduados Campus Puebla – Colegio de Ingenieros Agrónomos de México, A. C. Sección Puebla. 317 p.

Vargas V., M. L. P. e Irizar G., M. B. G. 2005. Efecto del brasinoesteroide y densidad de población en la acumulación de biomasa y rendimiento de ayocote (*Phaseolus coccineus* L.). Revista Chapingo Serie Horticultura 11(2): 269-272

Zullo, M. A. T. and Adam, G. 2002. Brassinosteroid phytohormones – structure, bioactivity and applications. Brazilian Journal of Plant Physiology 143(3):143-181

CAPITULO I

VALORACIÓN DE ANÁLOGOS DE BRASINOESTEROIDES EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE MAÍZ DE TEMPORAL

ASSESSMENT OF BRASSINOSTEROID ANALOGUES ON GROWTH AND YIELD OF RAINFED MAIZE

Adriana Moreno-Crispín¹, Abel Gil-Muñoz^{2§}, Higinio López-Sánchez², Enrique Ortiz-Torres², Maricela Rodríguez-Acosta³ y Jesús Sandoval-Ramírez⁴

1.1. RESUMEN

Diversos reportes señalan que la aplicación exógena de brasinoesteroides naturales, sintéticos o de sus análogos tiene efectos positivos en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de especies cultivadas. En maíz han sido pocos los trabajos donde tales productos se han evaluado en campo y en ninguno de ellos se han incluido poblaciones nativas. Por lo anterior y dada la reciente disponibilidad de análogos de brasinoesteroides derivados de la diosgenina que tuvieron efectos positivos en el crecimiento de maíz en invernadero, se planteó la presente investigación. Esta se condujo durante el año 2012 en el altiplano de Puebla, México. El objetivo fue valorar el potencial de tales análogos en campo y con poblaciones nativas de maíz. Para ello se diseñó un experimento factorial, con tres variedades, cuatro productos (tres análogos y el control) y cuatro aplicaciones (0, 1, 2 ó 3) por inmersión de semillas y aspersiones foliares adicionales durante la floración. Los 48 tratamientos se ensayaron con un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones en dos localidades. Se practicaron análisis de varianza y pruebas de medias de Tukey. Los resultados indicaron que ninguno de los análogos estudiados (BSS3, BSS4 y BSS10), a la dosis empleada, causó un efecto importante en variables indicadoras de crecimiento, rendimiento agronómico o sus componentes en maíz, independientemente del número de aplicaciones y del fondo genético en el cual se aplicaron.

Palabras clave: Comportamiento agronómico, Hormonas vegetales, Maíces nativos, *Zea mays* L.

1.2. ABSTRACT

Several reports point out that the exogenous application of natural or synthetic brassinosteroids or their analogues have positive effects on the growth, development and yield of cultivated species. There have been few studies where such products have been evaluated with maize in the field, and in none of them native populations have been included. Therefore, and given the recent availability of brassinosteroid analogues derived from diosgenin, which had positive effects on maize growth under greenhouse conditions, the present study was proposed. It was conducted during the year 2012 in the highlands of Puebla, Mexico. The objective was to assess the potential of such analogues when applied under field conditions on native maize populations. A factorial experiment was designed, with three varieties, four products (three analogues and the control) and four applications (0, 1, 2 or 3); the latter via seed soaking and additional foliar sprayings during the flowering stage. The resulting 48 treatments were evaluated under a randomized complete block design with two replications at two environments. Analyses of variance and Tukey's tests were conducted. The results indicated that none of the analogues studied (BSS3, BSS4 and BSS10), at the doses used, had an important effect on variables related with maize growth, agronomic yield or yield components, independently of the number of applications and the genetic background used.

Key words: Agronomic performance, Plant hormones, Maize landraces, *Zea mays* L.

1.3. INTRODUCCIÓN

Para aumentar los rendimientos agrícolas se ha recurrido tanto al mejoramiento genético como al uso de diversas prácticas agronómicas (Reyes, 2000) entre las que se incluye el empleo de productos que puedan conferir algún beneficio a la planta. Entre tales compuestos se encuentran los brasinosteroides (BS), hormonas vegetales para las que se han reportado efectos positivos en crecimiento, amarre de frutos, rendimiento agronómico, contenido de proteínas, de azúcares solubles, resistencia a patógenos y a factores abióticos al ser aplicadas en diversos cultivos (Rao *et al.*, 2002; Zullo y Adam, 2002; Gomes, 2011; Vriet *et al.*, 2012; Oklešťková *et al.*, 2013). Dados los bajos contenidos de estas hormonas en las plantas, Khripachet *et al.* (2000) mencionan que la única opción para estudios fisiológicos y aplicaciones prácticas en agricultura es la síntesis química; agregan que los BS así obtenidos son idénticos a sus contrapartes naturales, a diferencia de los análogos que, de acuerdo con Salgado *et al.* (2008), son moléculas que se caracterizan por reproducir sólo determinadas agrupaciones estructurales presentes en los BS naturales y producir efectos cualitativamente similares a los de los compuestos naturales.

Los trabajos en los cuales se ha evaluado el efecto de BS naturales o de sus análogos en maíz en condiciones de campo han sido pocos. Así, Núñez (2012) haciendo referencia a investigaciones conducidas en China a mediados de los ochentas, menciona que la aplicación de epibrasinólida a razón de $8 \text{ mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ previo a la emergencia de la espiga produjo un aumento en rendimiento de entre 10 y 20 %; agrega que en Cuba a finales de los noventa, con el análogo Biobrás-16 se obtuvieron incrementos de cuando menos 29 % en el rendimiento de grano, particularmente cuando se utilizó una dosis de $20 \text{ mg}\cdot\text{ha}^{-1}$. En México, Grajales y Hernández (2005) concluyeron que con aplicaciones de $0.5 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ de brasinoesteroide hubo efectos positivos en el crecimiento vegetativo temprano de plantas de maíz. Torres *et al.* (2007) al evaluar el análogo CIDEF-4 en diferentes híbridos (trilineales y de cruce simple, androestériles o fértiles), encontraron que el

efecto fue muy variable y dependió del tipo de híbrido empleado; el único caso en el que hubo una respuesta positiva fue en híbridos trilineales fértiles, donde la dosis de 30 g·ha⁻¹ produjo un aumento de 5.8 t·ha⁻¹ con respecto al control. Holá *et al.* (2010) evaluaron la epibrasinólida M-24 (de ocurrencia natural) y un análogo sintético de la castasterona en dos líneas puras de maíz y su híbrido; utilizaron soluciones acuosas 10⁻⁸, 10⁻¹⁰, 10⁻¹² ó 10⁻¹⁴ M aplicadas en las etapas de desarrollo vegetativo, temprano y tardío; concluyeron que la respuesta a los productos dependió de la variable, el genotipo, la etapa de aplicación, el producto utilizado y la concentración empleada.

Recientemente se han sintetizado análogos de brasinoesteroides a partir de diosgenina (Rodríguez-Acosta *et al.*, 2010) cuya evaluación en condiciones controladas en dos variedades de maíz indicó que la inmersión de semillas produjo incrementos de hasta 30 % en la biomasa de plántulas de maíz (Moreno, 2010). Considerando que estos productos no han sido evaluados en campo, que existen pocos trabajos donde se haya estudiado el efecto de BS o sus análogos en maíz y que en las investigaciones conducidas en esta temática no se han incluido maíces nativos (los cuales constituyen el principal tipo de germoplasma cultivado en México de acuerdo con Ortega, 2003), se diseñó la presente investigación. Su objetivo fue valorar el potencial que en campo y con poblaciones nativas de maíz tiene el empleo de estos análogos de brasinoesteroides, así como los efectos que puedan inducir al ser aplicados en dos etapas críticas del desarrollo de la planta: germinación y floración.

1.4. MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1 Sitios experimentales: El experimento se estableció en dos localidades: Ciudad Serdán (SDCS), municipio de Chalchicomula de Sesma y San Nicolás Buenos Aires (SNBA), municipio del mismo nombre, ambos en el estado de Puebla, México. La primera se ubica en los 18° 59' 18" LN, 97° 26' 48" LO y

2,520 msnm, y la segunda a 19° 09' 52" LN, 97° 33' 04" LO y 2,400 msnm (INEGI, 2014).

1.4.2. Arreglo de tratamientos y diseño experimental: Se estudiaron tres factores: 'Variedades', con tres niveles (dos poblaciones nativas y un híbrido); 'Productos', con cuatro niveles (agua destilada y tres análogos de BS) y 'Número de aplicaciones', con cuatro niveles (0, 1, 2 y 3), generándose así 48 tratamientos correspondientes a un diseño factorial 3×4×4. Los niveles 'agua', 'cero aplicaciones' y su combinación constituyeron los testigos.

En SDCS se emplearon las poblaciones CPue-160 (grano cremoso) y CPue-37 (grano azul) y el híbrido H-40, mientras que en SNBA fueron las poblaciones 'del Tentzo' y Col-32 (grano cremoso y azul, respectivamente) y el híbrido H-40. Los tres análogos de brasinoesteroides estudiados (BSS3, BSS4 Y BSS10) fueron sintetizados a partir de diosgenina (Fernández, 2010). Para su aplicación se empleó la concentración recomendada por Moreno (2010): 0.01 mg/L. Con los tres análogos (BSS) y el agua se realizaron entre cero y tres aplicaciones. En los tratamientos con una aplicación, se remojaron las semillas durante cinco horas previas a la siembra (Moreno, 2010); los tratamientos con dos aplicaciones incluyeron la inmersión más una aspersion al momento en que se alcanzó un tercio de floración masculina. Los tratamientos con 3 aplicaciones incluyeron las dos previas más una aspersion cuando se alcanzó $\frac{3}{4}$ de floración femenina. Para la inmersión se emplearon 80 ml de solución por tratamiento mientras que para las aspersiones se prepararon 20 litros de solución de cada BSS.

El diseño experimental utilizado en cada localidad fue el de bloques completos al azar con dos repeticiones. Cada unidad experimental estuvo integrada por tres surcos de cinco metros de largo y 80 centímetros de ancho. Para el registro de datos sólo se consideró el surco central. En cada surco se sembraron once matas, espaciadas cada 50 cm. A la siembra se depositaron tres semillas por mata, para posteriormente dejar sólo dos plantas por mata.

1.4.3. Manejo del cultivo: Las siembras se realizaron los días 26 de marzo y 4 de mayo de 2012 en SDCS y SNBA, respectivamente. En ambos casos se fertilizó con la dosis 160-60-00, aplicada de forma fraccionada durante las labores de cultivo; las fuentes fueron fosfato diamónico y urea. La primera fertilización se realizó el 22 de mayo y el 18 de junio en SDCS y SNBA, respectivamente, aplicando 1/3 del nitrógeno y todo el fósforo. La segunda fertilización se efectuó los días 12 y 26 de julio, aplicando las 2/3 partes restantes de nitrógeno. Para el control de malezas se aplicó una mezcla de herbicidas (atrazina y ácido 2,4-D) después de la segunda labor, a razón de un litro por hectárea de cada uno. Los dos trabajos se desarrollaron bajo condiciones de temporal. La cosecha se realizó los días 19 de octubre en SDCS y 7 de noviembre de 2012 en SNBA.

1.4.4. Variables medidas: Durante el desarrollo de la investigación se registraron diferentes variables:

De crecimiento: altura (ALTPLSEM, cm) y número de hojas liguladas expuestas (HOJASEXP). El registro se hizo semanalmente en cinco plantas por unidad experimental, a partir de los 22 y 25 días después de siembra (dds) en SDCS y SNBA, respectivamente, y hasta que los valores se estabilizaron (a los 222 dds en SDCS y a los 170 dds en SNBA).

De acumulación de materia seca: Determinadas en tres muestreos durante el ciclo de cultivo: una semana después de hecha la aplicación correspondiente a 1/3 de floración masculina; a la semana de realizada la aplicación de 3/4 de floración femenina, y al momento de la cosecha. En cada ocasión se muestreó una planta con competencia completa por parcela. La planta se disectó y se determinó el peso seco (g) después del secado a una temperatura de 105 °C durante 72 h en una estufa de aire forzado marca Shell-Lab®. Así, se tuvieron pesos secos de tallo (PSTALLO), vainas (PSVAINAS), hojas (PSHOJAS), yemas axilares (PSYEMAS), espiga (PSESP), olote (PSOLOTE), grano (PSGRANO) y totomoxtle (PSTOTOM) cuando éstos aparecieron. Su suma generó el peso seco total (PSTOTAL) En cada muestreo también se contó el número de entrenudos del tallo (ENTRENT),

de yemas axilares (YEMAS) y de jilotes. Los análisis estadísticos para los muestreos hechos a la semana de la primera y segunda aspersión foliar indicaron que no hubo diferencias estadísticas en las variables consideradas (salvo para la fuente de variación 'variedades'), por lo que se decidió trabajar sólo con los datos del muestreo final.

Fenológicas: Considerando toda la unidad experimental, se contabilizó el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 % de las plantas presentó anteras dehiscentes (50 % de floración masculina, DFM) y estigmas expuestos (50 % de floración femenina, DFF). La asincronía floral se calculó como la diferencia DFF-DFM.

Agronómicas: Concluida la floración, en tres plantas de cada unidad experimental se midió altura de planta (ALTPL, cm) y de inserción de la mazorca (ALTMZ, cm), y se determinó el índice de altura (ALTMZ/ALTPL). También se contabilizó el número de hojas abajo (HOJABAJ) y arriba de la mazorca (HOJARRIB) y se midió largo y ancho de la hoja de la mazorca para obtener el área foliar (AFHOMZ, cm²) aplicando la fórmula $\text{largo} \times \text{ancho} \times 0.75$. Previo a la cosecha, en el surco central se realizaron conteos de plantas y mazorcas para calcular la proporción de plantas estériles (ESTSC = plantas estériles/plantas totales), y fertilidad femenina (FFSC = mazorcas totales/plantas totales).

De rendimiento y sus componentes: Con base en las plantas del surco central se calculó el rendimiento por planta (g) de grano (RENDPLSC) y de rastrojo (RENDRAST), así como el índice de cosecha (INDCOS = $\text{RENDPLSC}/(\text{RENDPLSC} + \text{RENDRAST})$). En tres mazorcas de cada unidad experimental se registró y promedió longitud (LONGMZ, cm), diámetro (DIAMZ, cm), número de hileras (HIL), número de granos por hilera (GRHIL), peso de 100 granos (P100G, g) y factor de desgrane (FDESG = $\text{PSGRANO}/(\text{PSGRANO} + \text{PSOLOTE})$).

1.4.5. Análisis estadístico: La información se sometió a análisis de varianza conforme al diseño experimental empleado (Steel y Torrie, 1985); cuando hubo significancia estadística se realizó una comparación de medias empleando la prueba de Tukey. Para los análisis se empleó el paquete estadístico StatisticalAnalysisSystem (SAS Institute, 2011) En aquellas variables de crecimiento donde se detectaron diferencias significativas en tres o más lecturas se procedió a elaborar gráficas que mostraran las tendencias observadas.

1.5. RESULTADOS

El Cuadro 1 contiene los resultados del análisis de varianza en las dos localidades de estudio. Para el factor 'Variedades' se encontraron diferencias significativas en 30 y 26 variables (de las 32 evaluadas) en SDCS y SNBA, respectivamente. En general, los valores más altos en variables agronómicas correspondieron a alguna población nativa, y en las de acumulación de materia seca al híbrido H-40 y a la población nativa CPue-160 en SDCS y a H-40 y la Col-32 en SNBA. En las dos localidades los mayores rendimientos de grano y rastrojo correspondieron a las poblaciones nativas (aunque en SNBA el híbrido igualó el rendimiento de la Col-32). Para el factor 'Productos', salvo altura de planta después de floración en SNBA (donde el BSS3 incrementó la altura en tan sólo un 6 % con respecto al control) y peso de 100 granos en SDCS (donde la prueba de medias declaró iguales a todos los productos), en ninguna de los dos sitios hubo diferencias estadísticas. Ello indica que los análogos BSS3, BSS4 y BSS10, a la concentración empleada, no tuvieron un efecto significativo en variables relacionadas con la acumulación de materia seca o en caracteres fenológicos o agronómicos. Tampoco aumentaron el rendimiento de las variedades empleadas ni modificaron los componentes del mismo. En cuanto a 'Aplicaciones', excepto por peso seco de totomoxtle en SNBA (donde el realizar una o más aplicaciones disminuyó el peso), no hubo diferencias estadísticas generalizadas en las variables estudiadas, indicando con ello que aumentar el número de aplicaciones

de cualquier producto no afectó de forma alguna la acumulación de materia seca o los atributos fenológicos o agronómicos (rendimiento de grano y rastrojo incluidos).

En SDCS sólo en dos interacciones hubo una variable con diferencias estadísticas: diámetro de mazorca ($p = 0.0498$) en 'variedades×productos' (todas las combinaciones 'población CPue-160'-BSS tuvieron los valores más altos) e índice de altura ($p = 0.0443$) en 'productos×aplicaciones' (la prueba de medias declaró iguales a todos los tratamientos). En SNBA sólo hubo tres casos de interacciones significativas: peso seco de yemas ($p = 0.0324$) en 'variedades×productos' (los valores más altos se obtuvieron en las combinaciones H-40 con BSS10 o con agua), peso seco de totomoxtle ($p = 0.0332$) y número de entrenudos del tallo ($p = 0.0306$) en 'variedades×aplicaciones' (las variedades 'Tentzo' con 0, 1 y 3 aplicaciones y 'H-40' con cero aplicaciones tuvieron los mayores pesos; para entrenudos, la prueba de medias declaró iguales a todas las combinaciones).

De las dos variables monitoreadas periódicamente en ambas localidades (altura de planta y hojas liguladas expuestas), sólo altura de planta mostró cierta consistencia en la ocurrencia de diferencias estadísticas a través del tiempo, por lo que se analizó más en detalle. En los dos experimentos hubo diferencias estadísticas para 'Variedades', siendo las poblaciones nativas las de mayor porte. En SDCS también hubo diferencias para 'Aplicaciones', aunque sólo ocurrieron a los 120 y 127 dds (la mayor altura se obtuvo con dos aplicaciones). De las interacciones, hubo significancia para 'variedades×aplicaciones' (Figura 1), 'productos×aplicaciones' (Figura 2) y la triple interacción (Figura 3). En SNBA sólo hubo diferencias para 'Productos' en los tres últimos muestreos, donde el análogo BSS3 consistentemente confirió un mayor porte: 6 % más que el control (agua).

Cuadro 1. Niveles de significancia estadística (p) obtenidos en el análisis de varianza para los factores principales y las variables bajo estudio en Ciudad Serdán (SDCS) y San Nicolás Buenos Aires (SNBA), Puebla, México, 2012.

Variable	Fuente de Variación						Coeficiente de Variación	
	Variedades		Productos		Aplicaciones		SDCS	SNBA
	SDCS	SNBA	SDCS	SNBA	SDCS	SNBA	SDCS	SNBA
HOJASEXP	0.0029	0.1828	0.3737	0.8566	0.8914	0.8351	12.70	8.67
HOJARRIB	0.0007	0.0000	0.8645	0.3592	0.2834	0.6340	9.93	15.21
HOJABAJ	0.0027	0.0000	0.2613	0.8788	0.2906	0.4801	13.86	13.15
YEMAS	0.4466	0.0419	0.6090	0.0586	0.3757	0.3780	39.36	27.01
ENTRENT	0.0003	0.9047	0.9235	0.3129	0.7900	0.1625	12.91	9.71
PSTALLO	0.0000	0.0000	0.5942	0.9198	0.8626	0.1638	31.73	35.19
PSYEMAS	0.0024	0.0351	0.8549	0.0668	0.1539	0.1326	127.7	65.05
PSTOTOM	0.0000	0.0000	0.4991	0.7834	0.7370	0.0078	44.30	34.25
PSGRANO	0.0159	0.0064	0.5862	0.5033	0.4817	0.6659	28.87	36.27
PSOLOTE	0.0000	0.0000	0.1865	0.2552	0.7502	0.0830	40.86	35.90
PSHOJAS	0.0000	0.2645	0.5682	0.3341	0.2399	0.2029	37.28	35.19
PSVAINAS	0.0000	0.0000	0.2975	0.7475	0.2925	0.4011	29.59	36.27
PSESP	0.0005	0.0530	0.2365	0.9981	0.5655	0.6565	46.48	35.90
PSTOTAL	0.0000	0.7501	0.5133	0.2807	0.6255	0.8245	26.73	27.36
INDCOS	0.0000	0.0000	0.9323	0.8050	0.3776	0.1013	11.69	21.31
DFM	0.0000	0.0000	0.7507	0.9225	0.0782	0.4897	2.96	1.70
DFE	0.0000	0.0000	0.6626	0.9213	0.1328	0.9525	3.08	1.77
ASIN	0.0000	0.0026	0.4157	0.9819	0.7091	0.5350	52.82	67.92
ALTPL	0.0000	0.0000	0.3060	0.0404	0.7155	0.4958	7.66	8.16
ALTMZ	0.0000	0.0000	0.3631	0.1390	0.7690	0.4368	12.21	13.97
INDALT	0.0000	0.0000	0.7101	0.7290	0.6775	0.7668	9.45	10.79
AFHOMZ	0.0000	0.0202	0.4654	0.9881	0.4053	0.3805	11.69	14.46
PLSEST	0.0004	0.8504	0.7046	0.8214	0.2098	0.1310	79.41	103.66
FFSC	0.0004	0.0153	0.2789	0.1653	0.9591	0.4029	21.53	9.98

RENDPLSC	0.0000	0.0379	0.2167	0.8842	0.9485	0.3978	23.66	33.84
RENDRAST	0.0000	0.0000	0.6917	0.3981	0.9987	0.3674	43.11	25.84
LONGMZ	0.0000	0.0000	0.1848	0.4861	0.8584	0.1182	9.74	8.01
DIAMZ	0.0000	0.0000	0.1027	0.2110	0.6874	0.6281	4.76	4.15
HIL	0.0868	0.0000	0.5755	0.2372	0.2878	0.5220	23.70	6.92
GRHIL	0.0001	0.0000	0.2542	0.1251	0.7408	0.3247	11.78	8.72
P100G	0.0000	0.0000	0.0478	0.3740	0.5732	0.4827	12.09	10.30
FDESG	0.0000	0.0000	0.2193	0.6000	0.3752	0.3096	2.68	1.98

En SDCS las diferencias observadas en altura de planta para 'variedades×aplicaciones' se presentaron a los 57, 64, 99, 106 y 113 días después de la siembra (dds) (Figura 1). Sin embargo, la respuesta no fue consistente, esto es, las mejores combinaciones detectadas en las primeras lecturas no lo fueron en las últimas. El comportamiento por variedad en esas cinco lecturas corrobora lo anterior. Así, en la población CPue-160, el realizar una sola aplicación siempre resultó en una menor altura; el aplicar 0, 2 ó 3 veces no generó diferencia alguna, particularmente en los tres últimos registros significativos. En la población CPue-37, sólo cuando se acumularon entre 2 y 3 aplicaciones hubo un mayor porte de planta en las últimas lecturas significativas. En el híbrido, en todas las lecturas donde hubo significancia, la altura de planta aumentó al realizar una o dos aplicaciones, pero al llegar a tres, hubo un efecto negativo.

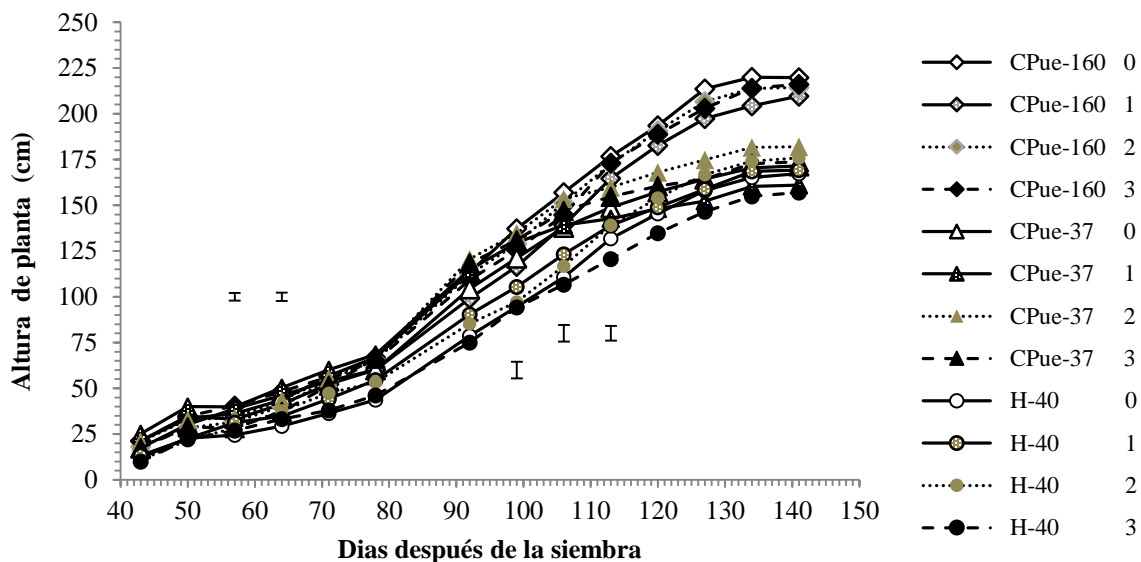


Figura 1. Respuesta de la altura de planta de maíz para la interacción ‘variedades×aplicaciones’. Ciudad Serdán, Pue., 2012. Las barras verticales representan la diferencia mínima significativa de Tukey.

La Figura 2 evidencia que para el caso de la interacción ‘Productos×Aplicaciones’ en SDCS, la altura de planta se vio afectada sólo en las últimas etapas de crecimiento. Se observa que los análogos BSS3 y BSS4, al ser aplicados una sola vez (vía inmersión), tuvieron un efecto negativo significativo ($p < 0.0047$) en el porte de planta, resultando por tanto en las menores alturas. El haber aplicado BSS3 y BSS4 dos o tres veces (esto es, incluyendo aspersiones foliares) no generó diferencia alguna respecto a no haberlos aplicado o haber asperjado solamente agua. En BSS10 no se observó respuesta alguna al aumento en el número de aplicaciones (de una a tres), pues las alturas alcanzadas fueron estadísticamente iguales a aquellos tratamientos en los que sólo se aplicó agua.

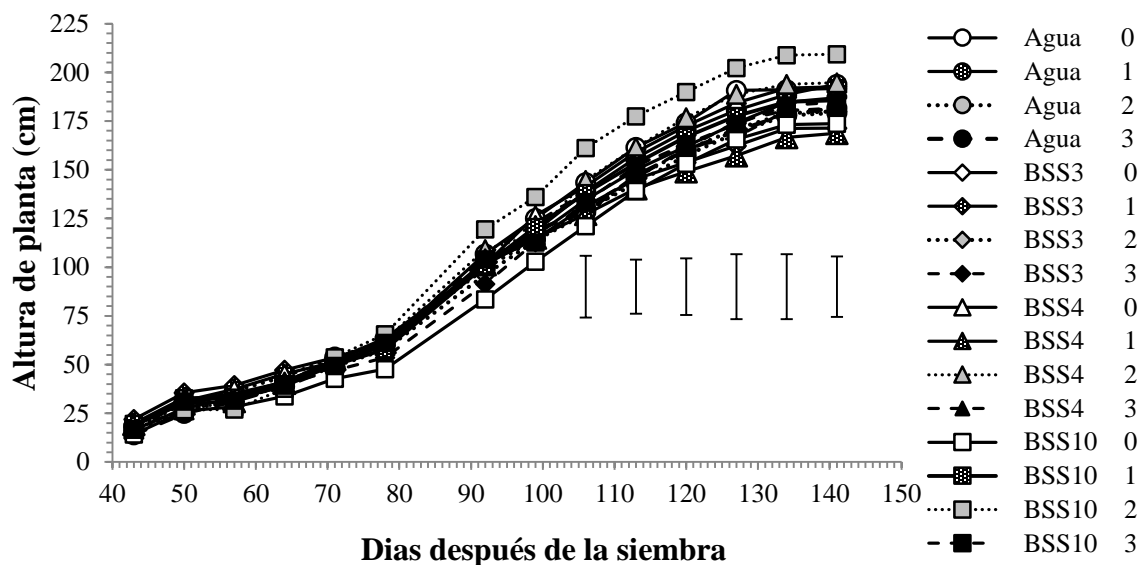


Figura 2. Respuesta de la altura de planta de maíz para la interacción ‘productos× aplicaciones’. Ciudad Serdán, Pue., 2012. Las barras verticales representan la diferencia mínima significativa de Tukey.

El análisis de la triple interacción en SDCS (Figura 3) se efectuó buscando entender cómo se comportó cada material en función de los productos y aplicaciones empleadas. Así, para el maíz nativo ‘CPue-160’, cuando los análogos BSS3 y BSS4 se aplicaron dos y una vez, respectivamente, se tuvo una disminución estadísticamente significativa en altura de planta. BSS10, independientemente del número de aplicaciones, estadísticamente no tuvo efecto alguno en el porte de la planta. En todas las combinaciones restantes, las alturas alcanzadas fueron estadísticamente iguales a haber aplicado sólo agua o no haberla aplicado. En ‘CPue-37’ (la otra población nativa), entre los 71 y 92 dds, todas las combinaciones de análogos de brasinoesteroides y aplicaciones dieron los mismos resultados que aplicar agua o no hacerlo. En lecturas posteriores la única combinación que de manera más consistente confirió un mayor porte de planta fue BSS10 con dos aplicaciones; en el resto, conforme transcurrió el tiempo, las diferencias con respecto a utilizar sólo agua desaparecieron. BSS3 ocasionó un menor porte de planta, particularmente cuando se aplicó una sola

vez. Finalmente, en el maíz híbrido 'H-40', las diferencias que hubo ocurrieron entre los 71 y 92 dds; en ese tiempo, algunos de los mayores portes de planta se obtuvieron con BSS4 con 1 y 2 aplicaciones. Sin embargo, en fechas posteriores, ya no hubo efecto alguno de las diferentes combinaciones de productos y número de aplicaciones.

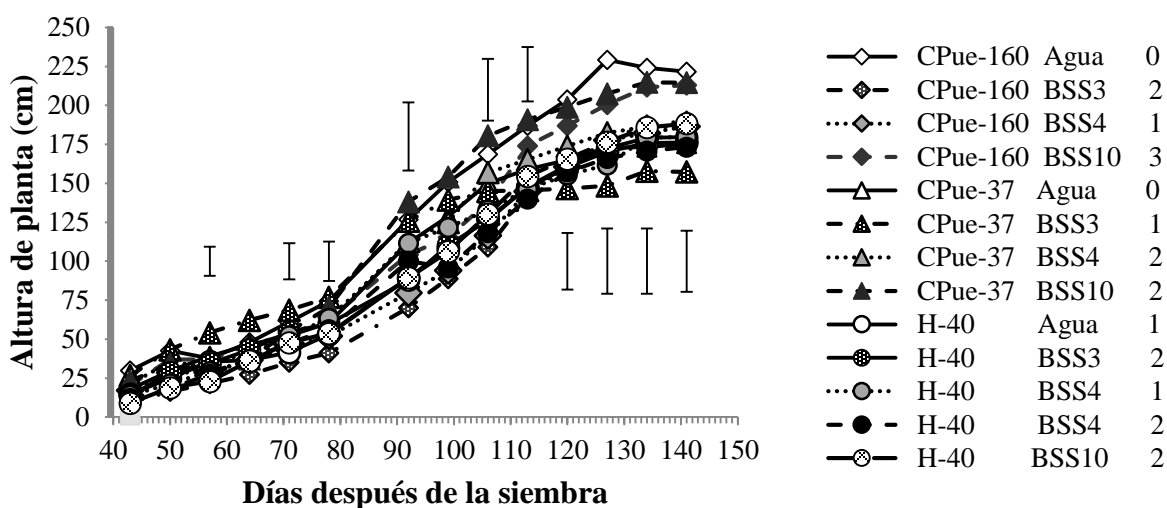


Figura 3. Respuesta de la altura de planta de maíz para la interacción 'variedades×productos×aplicaciones'. Ciudad Serdán, Pue., 2012 (sólo se incluyen algunos tratamientos representativos). Las barras verticales representan la diferencia mínima significativa de Tukey.

1.6. DISCUSIÓN

Las diferencias estadísticas encontradas para 'Variedades' son atribuibles a la distinta constitución genética de los materiales evaluados: H-40 es un híbrido trilineal (Velázquez *et al.*, 2005) en tanto que los otros son poblaciones nativas cultivadas en el altiplano de Puebla, con diferente coloración de grano (CPue-160 y del Tentzo, de grano cremoso, y CPue-37 y Col-32, de grano azul) y precocidad: las de grano cremoso son más tardías que las pigmentadas (López *et al.*, 1996).

Tal variación da como resultado una respuesta diferencial ante las condiciones del entorno ambiental, como lo reportan Gil *et al.* (2004).

El que ningún análogos de brasinoesteroide haya producido un efecto estadísticamente significativo en las variables evaluadas con respecto a la aplicación de sólo agua fue una respuesta inesperada, pues estudios previos (Moreno, 2010; Rodríguez-Acosta *et al.*, 2010) habían reportado que bajo condiciones de invernadero, los tres productos habían mejorado la expresión de diversos indicadores de crecimiento en plántulas de maíz (peso seco de estructuras, longitud, área foliar). Una primera explicación puede estribar en que los productos estudiados fueron análogos de BS, los cuales de acuerdo con Zullo y Adam (2002) muestran una similitud estructural con los BS naturales y/o con la actividad de la brasinólida pero no la emulan totalmente. En este sentido, Ramírez *et al.* (2005) han señalado que algunos análogos pueden no mostrar actividad biológica alguna dependiendo de su estructura química. Otro elemento explicativo es el hecho de que en el caso específico de maíz, en los pocos trabajos de evaluación de BS naturales o sus análogos, las aplicaciones han tenido resultados variables: así, en algunos casos se reportan respuestas en etapas tempranas de crecimiento (Grajales y Hernández, 2005), en otros se concluye que el efecto depende del tipo y fertilidad del híbrido empleado (Torres *et al.*, 2007) así como de la etapa de desarrollo en la cual se realizó la aplicación, el tipo de brasinoesteroide y su concentración (Holá *et al.*, 2010). Finalmente, se ha mencionado que en ocasiones los efectos de los BS son más detectables en plántulas que en plantas maduras (Gomes, 2011).

Otra explicación posible de la no respuesta a los análogos evaluados puede encontrarse en lo expuesto por Gomes (2011), quien menciona que la dosis de BS a la cual se observan efectos puede variar dependiendo de la etapa de desarrollo de la planta. En este experimento se empleó la dosis con la cual se observó efecto en plántulas, pero pudo no haber sido la óptima para etapas posteriores del desarrollo. Un último aspecto a tener en cuenta es que diversos autores han

reportado que frecuentemente los resultados obtenidos a nivel invernadero con brasinoesteroides no concuerdan con los observados en campo (Holá *et al.*, 2010), como fue el caso en la presente investigación. Serna *et al.* (2012) apuntan que el hecho de que muchos BS naturales y análogos que mostraron actividad biológica en bioensayos en condiciones controladas no hayan producido estímulo alguno en condiciones de campo puede atribuirse al momento de la aplicación, el tiempo de exposición de la planta a los BS, la frecuencia y modo de aplicación así como el tipo y dosis de BS.

El variar el número de aplicaciones de los análogos no influyó en las variables de acumulación de materia seca, fenológicas, agronómicas o de rendimiento, sugiriendo con ello la ausencia de efectos acumulativos (derivados muy probablemente de la escasa respuesta observada para el factor 'Productos') o una duración breve de los mismos. Al respecto, Sasse (1997) señaló que las respuestas a las aplicaciones de BS en campo son de corta duración debido a que tienden a degradarse rápidamente; el uso de un compuesto que promueva una liberación más lenta podría ser de utilidad (Serna *et al.*, 2012).

Prácticamente ninguna variable de las contenidas en el Cuadro 1 resultó significativa para las interacciones de dos o tres factores, situación atribuible a la no significancia encontrada para 'Productos' y 'Aplicaciones'. No obstante es de resaltar que en altura de planta a través del tiempo pareció haber algún efecto para interacciones, particularmente en SDCS. Si bien en 'Variedades×Aplicaciones' no hubo tendencias definidas que permitieran delinear un patrón de respuesta, el análisis de 'Productos×Aplicaciones' y la triple interacción reveló que dos de los análogos (BSS3 y BSS4) redujeron el porte de planta (particularmente en los maíces nativos) al ser aplicados una sola vez vía inmersión de semillas y que en algunos casos, al hacer una aspersion foliar se tuvo una menor altura; BSS10 sólo aumentó el porte de 'CPue-37' al realizar dos aplicaciones. Lo observado en BSS3 y BSS4 difirió de los reportes que indican efectos positivos en las etapas iniciales de crecimiento de la planta al tratar

semillas con BS (Núñez, 2012; Vrijet *et al.*, 2012). Al respecto, conviene mencionar que se ha reportado que algunos BS pueden tener efectos negativos en el desarrollo y crecimiento de raíces de maíz (Roddick e Ikekawa, 1992) y semillas de *Lepidium sativum* L. (Jones-Held *et al.*, 1996), y que algunos análogos de BS han tenido efectos fitotóxicos (Rodríguez *et al.*, 2003), por lo que no se descarta la posibilidad de que algunos de los BS pudiera haber tenido un efecto inhibitorio. En este sentido, se ha dicho que en BS sintéticos el límite entre concentraciones estimulantes e inhibitorias es muy angosto y varía a través de especies (Vlašanková *et al.*, 2009).

Las tendencias antes descritas también permiten concluir que en la dinámica de altura de planta la sensibilidad de los maíces a los análogos de BS fue diferente y que el efecto de los análogos no fue consistente a través de variedades. Ello coincide con los resultados de Holá *et al.* (2010), quienes al evaluar el efecto de brasinoesteroides en maíz encontraron que la influencia negativa o positiva de aquéllos en las variables evaluadas dependió del genotipo y el estado de desarrollo en el cual se aplicaron. Por lo anterior, y como apuntan Holá *et al.* (2010) y Gomes (2011), antes de pensar en el uso comercial de los BS y sus análogos a gran escala en cultivos importantes, es necesario tener presente que el estado de desarrollo de la planta, la concentración, el tiempo de aplicación así como el tipo de BS utilizado son factores muy importantes, que es conveniente tener claridad sobre qué característica de la planta se espera modificar con la aplicación de los BS, y que tales estudios deben realizarse en condiciones de campo y preferentemente con los mismos genotipos que se espera sean los cultivados comercialmente.

1.7. CONCLUSIONES

Los análogos de brasinoesteroides estudiados (BSS3, BSS4 y BSS10), a la dosis utilizada, no tuvieron un efecto importante en variables indicadoras de crecimiento, rendimiento agronómico o sus componentes en maíz, independientemente del número de aplicaciones utilizado (una, dos o tres) y el tipo de material genético en el cual se aplicaron.

La aplicación de dos de los análogos de brasinoesteroides (BSS3 y BSS4) por inmersión de semillas tuvo un efecto negativo en el porte de planta, cuando menos en una de las localidades de evaluación.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados por el financiamiento recibido para el desarrollo de esta investigación a través de la Línea Prioritaria de Investigación 6: Conservación y Mejoramiento de Recursos Genéticos.

1.8. LITERATURA CITADA

Fernández H., M. A. 2010. Síntesis de derivados esteroidales con actividad biológica: anticancerígenos y promotores del crecimiento vegetal. Tesis de Doctorado en Ciencias Químicas. Facultad de Ciencias Químicas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. 308 p.

Gil M., A.; López, P. A.; Muñoz O., A. y López S., H. 2004. Variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el Estado de Puebla, México: diversidad y utilización. *In: Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agroecosistemas Tradicionales.* Chávez-Servia, J. L.; Tuxill, J. y Jarvis, D. I. (eds.) Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. p. 18-25.

- Gomes**, M. M. A. 2011. Physiological effects related to brassinosteroid application in plants. *In: Brassinosteroids: A Class of Plant Hormone*. S Hayat and A Ahmad (eds.). Springer Science+Business Media. Dordrecht, Netherlands. p. 193-242.
- Grajales** M., O y Hernández Z., M. 2005. Los brasinoesteroides y el desarrollo del maíz híbrido Puma-1181. *Revista FESC Divulgación Científica y Multidisciplinaria* 4(17):5:7.
- Holá, D.; Rothova, O.; Kočová. M.; Kohout, L. and Kvasnica, M. 2010. The effect of brassinosteroids on the morphology, development and yield of field-grown maize. *Plant Growth Regulation* 61:29–43.
- Instituto** Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2014. Nombres Geográficos. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/nomgeo/nom_geo_des.aspx (Consultado el 2 de junio de 2014).
- Jones-Held**, S.; VanDoren, M. and Lockwood, T. 1996. Brassinolide application to *Lepidium sativum* seeds and the effects on seedling growth. *Journal of Plant Growth Regulation* 15:63-67.
- Khripach**, V.; Zhabinskii, V. and de Groot, A. 2000. Twenty years of brassinosteroids: steroidal plant hormones warrant better crops for the XXI century. *Annals of Botany* 86:441-447
- López**, P. A.; López S., H.; Muñoz O., A. 1996. Selección familiar de maíces criollos del Valle de Puebla. *In: Developing Drought- and Low N-Tolerant Maize. Proceedings of a symposium*. Edmeades, G. O.; Bänzinger, M.; Mickelson, H. R. y Peña-Valdivia, C. B. (eds.). Marzo 25-29, 1996. CIMMYT. El Batán, México. p. 433-437.
- Moreno** C., A. 2010. Efecto de análogos de brasinoesteroides en diferentes variedades de maíz (*Zea mays*) criollo. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México, Puebla. 80 p.
- Núñez** V., M. de la C. 2012. Brasinoesteroides y sus Análogos. Aplicaciones Prácticas en la Agricultura. Ediciones INCA. Mayabeque, Cuba. 74 p.

- Oklešť'ková**, J.; Rárova, L. and Strnad, M. 2013. Brassinosteroids and their biological activities. *In*: Natural Products. Ramawat, K. G. and Mérillon, J. M. (eds.). Springer Verlag. Berlin, Germany. pp. 3851-3871.
- Ortega P.**, R. 2003. La diversidad del maíz en México. *In*: Sin maíz no hay país. Esteva, G. y Marielle, C. (coords.) Museo Nacional de Culturas Populares. México, D. F. p. 123-154
- Ramírez**, J. A.; Brosa, C. and Galagovsky, L. R. 2005. Synthesis and bioactivity of C-29 brassinosteroid analogues with different functional groups at C-6. *Phytochemistry* 66:581-587.
- Rao, S. S. R.; Vardhini, B. V.; Sujatha, E. and Anuradha, S. 2002. Brassinosteroids – A new class of phytohormones. *Current Science* 82(10):1239-1245.
- Reyes C.**, P. 2000. Cincuenta años de investigación agrícola de maíz para tierra caliente en México. *Agricultura Técnica en México* 26:99-107.
- Roddick**, J. G. and Ikekawa, N. 1992. Modification of root and shoot development in monocotyledon and dicotyledon seedlings by 24-epibrassinolide. *Journal of Plant Physiology* 140(1):70-74
- Rodríguez-Acosta**, M.; Moreno-Crispin, A.; Fernandez-Herrera, M. A. and Sandoval-Ramirez, J. (2010) Brassinosteroid analogues increase the growth and yield of native maize varieties. Disponible en: <http://abstracts.aspb.org/pb2010/public/P10/P10024.html>
- Rodríguez**, C. R.; Villalobos, Y. I.; Becerra, E. A.; Manchado, F. C.; Herrera, D. C.; Zullo, M. A. T. 2003. Synthesis and biological activity of three new 5 α -hydroxyspirostanicbrassinosteroid analogues. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 14(3):466-469.
- Salgado G.**, R.; Cortés R., M. A. y del Río R., E. 2008. Uso de brasinoesteroides y sus análogos en la agricultura. *Biológicas* 10:18-27.
- SAS Institute Inc. (2011) SAS/STAT 9.3 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, N. C., USA. 8261 p.
- Sasse**, J. M. 1997. Recent progress in brassinosteroid research. *PhysiologiaPlantarum* 100:696-701

- Serna**, M.; Hernández, F.; Coll, F. and Amorós, A. 2012. Brassinosteroid analogues effect on yield and quality parameters of field-grown lettuce (*Lactuca sativa* L.) *Scientia Horticulturae* 143:29-37.
- Steel**, R. G. D. y Torrie, J. H. 1985. Bioestadística Principios y Procedimientos. Segunda Edición. McGraw-Hill. México, D. F. 622 p.
- Torres R.**, B. L.; Espinosa C., A.; Mendoza R., M.; Rodríguez O., J. L.; Irizar G., M. B. y Castellanos R., J. S. 2007. Efecto de brasinoesteroides en híbridos de maíz androestériles y fértiles. *Agronomía Mesoamericana* 18(2): 155-162.
- Vlašanková**, E.; Kohout, L.; Klemš, M.; Eder, J.; Reinöhl, V. and Hradilík, J. 2009. Evaluation of biological activity of new synthetic brassinolide analogs. *Acta Physiologiae Plantarum* 31:987-993
- Velázquez** C G A; Tut C C; Lothrop J; Virgen V J; Salinas M Y. 2005. H-40 Híbrido de Maíz de Grano Blanco para los Valles Altos de México. INIFAP. 23 p.
- Vriet, C.; Russinova, E. and Reuzeau, C. 2012. Boosting crop yields with plant steroids. *The Plant Cell* 24:842-857.
- Zullo**, M. A. T. and Adam, G. 2002. Brassinosteroid phytohormones – structure, bioactivity and applications. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 143(3):143-181.

CAPITULO II

ACEPTACIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS EN LA AGRICULTURA DE TEMPORAL DE LA REGIÓN DE LIBRES, PUEBLA

NEW PRODUCTS ACCEPTANCE IN THE RAINFED AGRICULTURE OF LIBRES, PUEBLA

Moreno-Crispín Adriana¹, Ortiz-Torres Enrique², Gil-Muñoz Abel², López-Sánchez Higinio², Rodríguez-Acosta Maricela³

2.1. RESUMEN

La innovación tecnológica implica numerosos procesos entre los cuales se encuentra la aplicación y adopción de nuevas tecnologías. Entre los factores involucrados en la adopción figura el conocimiento y el interés por la tecnología propuesta. En este sentido, y considerando que en la actualidad se tienen avances en la identificación y utilización de brasinoesteroides (compuestos de origen vegetal que pueden incrementar el rendimiento de los cultivos) y de análogos de tales compuestos que podrían aumentar la producción de maíz, se planteó el presente trabajo. Su objetivo fue conocer la aceptación de análogos de brasinoesteroides para la producción de maíz por productores de la región de Libres, Puebla, México. El trabajo se realizó en dos localidades: San Nicolás Buenos Aires y Ciudad Serdán. Para recabar la información requerida se utilizó la técnica de grupos focales. En general, se encontró interés por probar y aplicar los análogos, siempre y cuando medie una demostración previa en campo que evidencie su potencial. También se determinó que el análogo de brasinoesteroide debe aumentar el rendimiento de grano en cuando menos 227 kg·ha⁻¹ para garantizar mínimamente la recuperación de los costos de compra y aplicación.

Palabras Clave: Aceptación, Análogos de brasinoesteroides, Maíces Nativos, Puebla.

2.2. ABSTRACT

Technological innovation implies several processes, use and adoption of new technologies are among them. Among the factors involved in adoption figure the knowledge and the interest for the proposed technology. Therefore and considering that there are advances in the identification and use of brassinosteroids (compounds of plant origin that may increase crop yields) as well as of analogs of such compounds that could increase maize production, the present study was proposed. The objective was to determine the acceptance of brassinosteroid analogs in maize production by farmers of the region of Libres, Puebla, Mexico. The study was conducted in two communities: San Nicolas Buenos Aires and Ciudad Serdan. To gather the required information the focus groups technique was used. In general, interest for testing and using the analogs was found, provided that a previous demonstration of their potential in the field had taken place. It was also determined that the brassinosteroid analog must increase grain yields by at least $227 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ in order to guarantee at least the recovery of the acquisition and application costs.

Keywords: Acceptance, Brassinosteroid analogs; Maize landraces, Puebla.

2.3. INTRODUCCIÓN

Todo programa de investigación, desarrollo o extensión generan variedades, insumos y prácticas nuevas y fomenta su empleo, por lo que es esencial evaluar los resultados de tales innovaciones y comprender cómo es que las nuevas tecnologías se incorporan al patrón de cambio de los agricultores (CIMMYT, 1993). En este sentido, los estudios de adopción de tecnología son importantes porque mejoran la eficiencia de la generación de tecnología, miden la eficiencia de la transferencia de ésta, permiten conocer la función de las políticas en

la adopción de tecnologías nuevas y demostrar los efectos de la inversión en la generación de tecnologías (CIMMYT, 1993)

De acuerdo con Herrera (2006), la innovación de tecnología agrícola es un proceso en el cual, lo de uso tradicional es reemplazado por una innovación tecnológica, entendida esta última como la adopción, por parte de una sociedad dada, de un nuevo producto o proceso, generado y desarrollado en su seno, el cual le permite dar solución a uno de sus problemas. El mismo autor sintetiza el proceso de innovación en cuatro etapas: investigación, desarrollo tecnológico, aplicación y adopción, y perfeccionamiento. Con respecto a la transferencia de tecnología, explica que es la transacción que ocurre entre los investigadores que desarrollan innovaciones tecnológicas y los usuarios de dicha tecnología; en este contexto, señala que en el proceso de adopción, influyen factores tales como el conocimiento, interés, evaluación, prueba y adopción, pero menciona que hay otros aspectos que también deben tomarse en cuenta.

Según Mosher (1970), la adopción de una innovación es el proceso por el cual un agricultor en particular se expone a, considera y finalmente rechaza o practica una innovación particular. En su opinión, una innovación es una forma nueva de realizar “algo” o una práctica de cambio. Argumenta también que el proceso de adopción consta de cinco etapas: 1) Conciencia (los receptores de la innovación se dan cuenta de que existe), 2) Interés (se interesan en la posibilidad de usar lo nuevo), 3) Evaluación (los interesados piensan en las ventajas y desventajas de adoptar la innovación), 4) Primer ensayo (usan la innovación como una prueba), 5) Uso continuo (se apropian de la innovación o la rechazan). Por su parte, Rogers (1995) define al proceso de adopción como el proceso mental de un individuo donde primero escucha sobre una innovación y al final la adopta. Esto quiere decir indudablemente que para adoptar una tecnología primero se tiene que pasar por una etapa en la cual los agricultores primero escuchen o se enteren de tal innovación y la acepten convencidos de usarla en el futuro. Ryan y Gross (1943) utilizaron el concepto de aceptación en lugar de adopción y mencionaron

que la aceptación se fundamenta en términos de la voluntaria disposición que tuvo el agricultor, al menos de probar la innovación.

El patrón de adopción depende de complicadas relaciones entre varios elementos, tales como el riesgo asociado a la tecnología, la naturaleza de las actitudes de los productores, el costo fijo de adopción y la cantidad de dinero requerido (Federet *al.*, 1988). La definición de adopción de una tecnología usada depende del caso a tratar. En ocasiones puede ser suficiente registrar la percepción del agricultor que usa una tecnología (en un nivel definido). En otro, será preciso estimar la proporción real de los campos o de la superficie donde se usa la tecnología nueva (CIMMYT, 1983). Federet *al.* (1988) mencionan que la mayoría de las investigaciones sobre adopción sólo estudiaron la decisión de adopción / no adopción, por lo que concluyen que para diferentes tipos de innovaciones en diversas áreas la pregunta interesante sería una relacionada con la intensidad de uso y no sólo aquella cuya respuesta es sí o no.

Conviene señalar que la difusión de una práctica nueva entre los agricultores es un proceso gradual pero también individual. El agricultor ensayará una tecnología nueva en una parte de la finca y, cuando los resultados son positivos, gradualmente incrementará el empleo de la misma (CIMMYT, 1983).

Aun cuando la gran mayoría de los estudios se enfocan a la adopción en el momento presente, en ocasiones es necesario conocer las tendencias de los agricultores respecto al uso de tecnologías en el futuro. Si bien no es posible evaluar la adopción de la tecnología de forma real, puede ser conveniente obtener las opiniones de los agricultores acerca de la viabilidad de una tecnología e identificar cuáles serían los atractivos y desventajas de ésta (CIMMYT, 1993).

Al momento, a nivel internacional, se tiene avances en la identificación de compuestos de origen vegetal que pueden incrementar el rendimiento de los cultivos, específicamente de un grupo de hormonas vegetales conocidas como brasinoesteroides (BS), los cuales son esteroides polihidroxilados de origen natural, aislados de diferentes plantas. Estos compuestos se encuentran en muy

bajas concentraciones, pero su acción en la planta es enorme (Kim *et al.*, 1990). Según Brosa (1999) e Izquierdo (2011) promueven el crecimiento, incrementan la biomasa e influyen en procesos de desarrollo. La obtención de brasinoesteroides naturales requiere el procesamiento de grandes cantidades de tejido vegetal, lo cual encarece sus costos; por ello, se ha recurrido a la síntesis química (Khirpachet *et al.*, 2000), generándose así tanto brasinoesteroides sintéticos como análogos de brasinoesteroides. A la fecha ha habido algunos trabajos de carácter agronómico que evalúan el efecto de la utilización de brasinoesteroides en maíz (Torres *et al.*, 2007; Moreno 2010; Holáet *et al.*, 2010), aunque ninguno con poblaciones nativas de este cultivo.

Con base en lo anterior se planteó el presente estudio, el cual tuvo como objetivo tener un acercamiento con los agricultores de una región del estado de Puebla (importante en cuanto a producción de maíz) a fin de conocer la aceptación que podría haber de nuevos productos con potencial para mejorar la producción de su cultivo. Específicamente se buscó medir la percepción que tendrían en torno a los análogos de brasinoesteroides, y conocer su disposición a aplicarlos.

2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1. Área de estudio

El trabajo se realizó en dos localidades de la región de Libres, Puebla, México: San Nicolás Buenos Aires y Ciudad Serdán. La razón por la que se trabajó en dichas localidades fue porque en ellas se establecieron parcelas experimentales de valoración del potencial de análogos de brasinoesteroides para aumentar el rendimiento de maíz. San Nicolás Buenos Aires (SNBA), municipio del mismo nombre, se ubica en los 19° 09' LN y los 97° 32' LO, a una altitud de 2 380 msnm (INEGI, 2015a). Ciudad Serdán (CS), municipio de Chalchicomula de Sesma se

localiza a los 18° 59' LN y los 97° 26' LO, a una altitud de 2 530 msnm (INEGI, 2015b).

2.4.2. Diseño del estudio

Para este estudio se utilizó como herramienta metodológica la de “Grupos Focales” (GF) (Blooret *al.*, 2001). Según Ivankovich y Araya (2011) los *focusgroups* representan una técnica de “levantamiento” de información en estudios sociales. La técnica puede definirse como una reunión con modalidad de entrevista grupal abierta y estructurada, en la cual se procura que un grupo de individuos seleccionados discutan y elaboren, desde la experiencia personal, una temática o hecho social que es objeto de investigación. La técnica se ha utilizado por ser una herramienta con la cual se puede obtener información de carácter profundo, ya que permite comprender las opiniones, actitudes y creencias hacia productos y servicios desde la percepción de las personas. De acuerdo con Gergen (1996), el discurso es el método por el cual los individuos se vuelven perceptibles al identificarse con otros y es un método que ha sido usado en investigaciones cualitativas sobre percepción y adopción de prácticas de conservación en la agricultura (Greineret *al.*, 2009).

Para llevar a cabo los grupos focales en cada localidad de estudio, primero se determinaron las características de un productor típico de maíz de la zona, para después hacer una invitación a participar en los GF a productores con estas características previamente definidas. Para definir las características de los productores de maíz de la zona de estudio se consultaron los listados de la base de datos de programa PROCAMPO. Se encontró que en promedio los productores de maíz tienen de 1 a 5 ha de cultivo, que la mayor parte de su superficie (83 %) es cultivada bajo de temporal y que producen en su mayoría sólo maíz. La elección e invitación de los productores se hizo en base a los siguientes parámetros; que cultivaran maíz frecuentemente, que tuvieran de 3 a 5 ha de tierra de cultivo y que ésta superficie fueran de temporal.

El taller se dividió en tres etapas (Apéndice A). La primera consistió en la aplicación de una mini encuesta a cada participante para confirmar que reunía las características establecidas. En la segunda se buscó que los participantes elaboraran un dibujo donde se establecieran las actividades típicas del cultivo de maíz en la zona y en el cual se plasmaran los costos de cada una de ellas, para así estimar el costo total de producción del cultivo de maíz. Esto último se efectuó para poder estimar la relación costo-beneficio en el supuesto de que los agricultores utilizaran el análogo de brasinoesteroide natural. Finalmente, en la tercera etapa se aplicó la técnica de grupo focal.

Previo a la conducción del grupo focal, se realizó una breve presentación (Apéndice C) con la cual se procuró dar un panorama de qué son los análogos de brasinoesteroides, sus posibles beneficios, las técnicas de aplicación de los mismos y su costo.

El Grupo Focal se condujo con una serie de preguntas preestablecidas para determinar el nivel de aceptación de los análogos de brasinoesteroides (BS). Las preguntas para analizar la aceptación fueron, primero, la opinión sobre la facilidad de aplicación del producto. La pregunta fue ¿Cuál de los dos modos de aplicación le parece más fácil y accesible para usted? Las opciones fueron: a) remojo de semillas antes de la siembra, b) aspersión con mochila. En segundo lugar se buscó obtener la opinión sobre el costo del producto; para ello se empleó la pregunta, ¿el costo del producto le parece? Las opciones de respuesta fueron: a) caro, b) medianamente caro, c) barato, d) inaccesible. Finalmente, para determinar la aceptación del producto, la pregunta fue ¿Usted lo aplicaría a su cultivo de maíz? Las respuestas posibles fueron: Si, ¿Por qué? y b) No, ¿Por qué? El diálogo se grabó en video, se transcribió y se analizó utilizando el análisis de discurso (Pujadas, 1992) para responder a las preguntas de interés. Siguiendo a Pujadas (1992), la transcripción se hizo literal, respetando y manteniendo todas las expresiones, temperamento y carácter del individuo, así como las pausas, énfasis, dudas y cualquier otro tipo de expresión oral. La transcripción del diálogo se presenta en el Anexo 1.

Por último se realizó la pregunta ¿Cuáles son las prioridades de su cultivo de maíz? Lo anterior con la finalidad de saber si los brasinoesteroides pueden ser prioritarios.

Los grupos focales se instrumentaron los días 18 de marzo de 2013 y 16 de abril de 2013, en San Nicolás Buenos Aires y Ciudad Serdán, respectivamente.

2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1. Características Generales de los Participantes en los Grupos Focales

En la comunidad de Ciudad Serdán se citó a nueve agricultores y todos llegaron a la reunión de grupo focal. Sus edades oscilaron entre 28 y 67 años. De los nueve productores, cinco de ellos dedicaban su terreno para cultivar maíz y frijol y cuatro de ellos cultivan solo maíz. La superficie total con la que contaban iba de 3.5 a 5 hectáreas. Los productores del grupo focal de Ciudad Serdán utilizaban parte del grano que cosechaban para el autoconsumo y otra parte vender. En esta comunidad, los campesinos dijeron que lo que se cosecha cada año de maíz oscila entre 2 y 4 toneladas por hectárea.

En la comunidad de San Nicolás Buenos Aires se invitó a ocho agricultores de los cuales seis llegaron a la reunión de grupo focal. Las edades de los productores oscilaban entre 50 y 68 años; hubo una persona de 83 años. De los seis, tres de ellos dedican todo su terreno para cultivar maíz; los otros tres, aparte de maíz, también siembran frijol aunque éste último en menor proporción. La superficie total con la que contaban iba de 3 a 5 hectáreas. Los agricultores de San Nicolás Buenos Aires utilizan parte del grano que cosechan para el autoconsumo y otra parte vender. En esta comunidad los campesinos estimaron que la producción anual de maíz varía entre 1.5 y 3 toneladas por hectárea, en función de lo “bueno” o “malo” del tiempo.

2.5.2. Disposición a aplicar análogos de brasinoesteroides

En la pregunta sobre disposición a aplicar los BS, en SNBA se encontró en general una excelente disposición a aplicarlos; sin embargo, también se señaló que antes de aplicar los productos primero necesitaban observar el efecto y beneficio de los mismos en el campo. Esto era de esperarse ya que la adopción suele ser gradual; primero el productor debe convencerse antes de probar, luego verificar en una parte de su terreno hasta que al final decide adoptar si es que observa cambios positivos (Mosher, 1970; CYMMIT, 1983)

En el grupo focal realizado con productores de la localidad de Ciudad Serdán, los agricultores comentaron que sí estarían dispuestos a aplicar el análogo de brasinoesteroide, situación favorable ya que Ryan y Gross (1943) mencionaron que la aceptación se fundamenta en la voluntaria disposición del agricultor a cuando menos probar la innovación. Entre las razones que manifestaron los participantes en el grupo focal estuvieron el que les interesa probar nuevas cosas en sus cultivos y que el producto sobre el cual se dio información les pareció muy bueno, por lo que pidieron probarlo, como lo comentó uno de ellos:

¡Si sería bueno para hacer la prueba! (Gustavo, 42 años).

En San Nicolás Buenos Aires los productores opinaron que el producto les pareció bueno; sin embargo mostraron duda porque no han visto si el producto tiene beneficios para sus cultivos, como lo expresó el señor José de 50 años:

¡Es que a veces duda uno!

Los productores de San Nicolás Buenos Aires comentaron que para aplicar el producto primero necesitarían probarlo para ver si funciona, y entonces probablemente sí, antes de eso no lo aplicarían. Uno de ellos comento:

¡Ver y probar para ver si funciona! (Jacinto, 53 años),

Los productores de Ciudad Serdán también dijeron que quisieran una prueba del producto para estar seguros de sus efectos; ellos comentaron:

¡Pos igualmente quisiera una prueba para ver si se da el producto y ya no tengamos duda! (Mauricio, 60 años)

2.5.3. Interés sobre el aumento del rendimiento de maíz

Lo más importante para los productores es incrementar la producción de grano. En ambas localidades se obtuvo la misma respuesta. En el caso de Ciudad Serdán, los productores fueron más específicos, al señalar que les interesa aumentar la cosecha de grano de maíz más que de rastrojo porque el grano es lo que utilizan tanto para venta como para autoconsumo.

2.5.4. Opinión sobre el costo del producto

El costo de los brasinoesteroides naturales en el año de estudio (2013) era de \$2,098.76 por 2 mg (Sigma Aldrich®, 2013); el de los análogos de BS se estimó en \$ 500.00 por miligramo (Fernández, 2009). La opinión sobre el precio de estos últimos productos (los análogos) fue diferente en cada comunidad. Al preguntar a los agricultores de Ciudad Serdán si el costo era accesible, los productores respondieron que el costo era conveniente, y que sí podrían pagarlo. En cambio, a los productores de San Nicolás Buenos Aires, el precio del producto les pareció elevado, les pareció caro.

2.5.5. Formas de aplicación del análogo de brasinoesteroide

La aplicación de los análogos puede ser en semilla o asperjado a la planta. Para conocer cuál es la forma más conveniente para los productores, se les preguntó qué alternativa preferían. Se encontró que no hubo una opinión generalizada, por lo que el método a utilizar dependía de la localidad.

Los productores de Ciudad Serdán comentaron que el método de aplicación conveniente para ellos es el de aspersión, porque según ellos, remojar las semillas para luego sembrarlas no es recomendable, ya que el remojo únicamente se debe utilizar cuando la tierra está húmeda. Aseguraron que si se deposita la semilla remojada en la tierra seca, aquella se podrirá y no nacerá, como uno de los productores comentó:

¡Sólamete cuando está húmedo, pos si se puede remojar, pero como ahorita no!
(José, 60 años).

En San Nicolás Buenos Aires los productores comentaron que el método de aplicación que prefieren es el de remojar la semilla, porque les pareció que sería más práctico, además de que el producto empezaría a trabajar desde la siembra, comentó uno de ellos:

¡Y ya desde que se siembra ya empieza a trabajar!, ¿a ver ya? (Jacinto, 53 años).

2.5.6. Presentación del análogo de brasinoesteroide

La presentación de los análogos de brasinoesteroides es en forma de pequeños cristales o gránulos (Fernández, 2009), los cuales hay que disolver con cierta cantidad de acetona (Moreno, 2010). Estos productos son muy susceptibles a la luz, por lo que se requiere que el manejo de la sustancia ya preparada sea muy cuidadoso y alejado de la luz y que se mantenga en refrigeración. Con base en la información anterior, los productores de las dos localidades tanto de San Nicolás Buenos Aires y Ciudad Serdán opinaron que para ellos sería mejor que el producto viniera preparado, listo para aplicarse, pues a ellos no les interesa realizar dicha preparación.

El producto que nos dice ya debe venir preparado, porque uno no sabe cómo la preparación y se puede uno equivocar (Pedro, 65 años).

¡Yo diría que allá preparen el producto y acá ya madamás se aplica! que ya lo traigan preparado (Luis, 45 años).

De lo anterior se infiere que el producto final para los productores no debe contener instrucciones complicadas, debe ser de fácil aplicación y estar listo para usarse.

2.5.7. Necesidades para la producción de maíz

La necesidad básica expresada por los productores de Ciudad Serdán fue la de tener un fertilizante más barato. En San Nicolás Buenos Aires las necesidades

básicas manifestadas fueron el agua, fertilizante barato, buenos insecticidas y también el que se necesita nutrir las tierras con abono orgánico. Ellos comentaron:

¡La más necesaria es el agua, pero la otra sería el fertilizante! (Gaspar, 53 años).

¡Que fuera un poco más barato el fertilizante! También buenos insecticidas (José, 50 años).

¡Necesitamos también nutrir las tierras con abono orgánico! (Gaspar, 53 años).

Con la aplicación de fertilizante y agua el aumento en rendimiento es visible, quizá por eso los productores reportan la carencia de fertilizante y agua como una necesidad.

2.5.8. Costos de producción de maíz

Para los productores de Ciudad Serdán cultivar una hectárea de maíz tiene un costo de \$ 7,760.00 incluyendo todas las actividades realizadas (Cuadro 1). De acuerdo con los mismos agricultores, los rendimientos de maíz en Ciudad Serdán oscilan entre 2 y 3 toneladas por hectárea. De lo que se produce, los agricultores utilizan la mitad para autoconsumo y la mitad para vender.

Cuadro 1. Labores y costos asociados al cultivo de maíz en Ciudad Serdán, Puebla. México. Año 2013.

Mes	Actividad o labor	Costo (\$/ha)	Mano de obra
Enero	Rastreo	300	Yunta
Febrero	Barbecho	350	Yunta o tractor
Marzo	Siembra	750	Tractor y sembradora
Mayo	1ª labor, fertilización	2,000	Jornales
Julio	2ª labor, deshierbe	350	Yunta
Julio	Segundas (última labor)	350	Yunta o tractor
Octubre	Amogotar	1,300	Jornales
Octubre	Barbecho	350	Yunta o tractor
Noviembre	Pizca o cosecha	1,800	Jornales y tractor
Total		7,760	

En el caso de San Nicolás Buenos Aires, el costo de producir una hectárea de maíz alcanzó los \$ 9,575.00 La diferencia en costo con respecto a Ciudad Serdán se debió a que en San Nicolás se realiza un mayor número de actividades: por ejemplo, se da un rastreo más, se “tira” el bordo del surco y se aplica herbicida. Adicionalmente se contabilizó el importe correspondiente a la resiembra. En San Nicolás también se estimaron rendimientos de 2 a 3 toneladas por hectárea.

Tanto en San Nicolás Buenos Aires como en Ciudad Serdán parte del maíz se vende; el precio oscila entre \$3.00 y \$3.50 M. N. por kilo.

Cuadro 2. Labores y costos asociados al cultivo de maíz en San Nicolás Buenos Aires, Puebla. México. Año 2013.

Mes	Actividad o labor	Costo (\$/ha)	Mano de obra
Enero	Dos rastreos	300	Tractor y máquina
Febrero	Barbecho	700	Tractor y máquina
Marzo (15 al 20)	Siembra	400	Tractor y máquina sembrador
Marzo (20 al 30)	Resiembra	650	Cinco jornales
Abril	Tirar bordo	1,000	Animales
Mayo	Fertilización	2,250	Jornales
Mayo	Primera labor	300	Animales
Junio (10)	Segunda labor	300	Animales
Julio	Aplicación herbicida	1,500	Jornales y mochilas
Octubre	Segar/Amogotar/Engavillar	1,500	Jornales
Noviembre	Cosecha o Pizca	875	Jornales
Total		9,575	

2.6. Análisis Costo:Beneficio para la eventual aplicación del análogo de brasinoesteroide

Con el propósito de tener una idea de cuánto sería lo mínimo necesario que el análogo de brasinoesteroide debiera incrementar el rendimiento de maíz para permitir cuando menos la recuperación de lo invertido, se efectuó un análisis costo:beneficio sencillo para las dos localidades (Cuadro 3), tomando en cuenta los costos de producción calculados por los agricultores. A aquéllos se les sumó el costo estimado del producto (\$ 500.00 M. N.) y el de su aplicación en una hectárea (\$ 180.00 M. N.). El precio de venta de maíz considerado fue de \$ 3,500.00 M. N.

por tonelada. Se puede observar que el análogo de brasinoesteroide debería aumentar la producción de maíz en al menos 227 kg·ha⁻¹ (asumiendo un precio de venta del grano de \$ 3.00 por kilo) para permitir la recuperación de gastos por concepto de compra y aplicación del producto. Cabe mencionar que para que el producto fuera atractivo al agricultor, aquél debería incrementar la producción mucho más allá de los 227 kg·ha⁻¹, pues no sería atractivo aplicar un producto que sólo incrementa el rendimiento lo suficiente para sólo recuperar lo gastado.

Cuadro 3. Cálculo costo-beneficio de la producción de maíz con y sin la aplicación de un análogo de brasinoesteroide para el año 2013.

	San Nicolás Buenos Aires		Ciudad Serdán	
	Sin BS	Con BS	Sin BS	Con BS
	Rendimiento (kg·ha⁻¹)	3,000	3,227	2,500
Costo de Producción (\$)	9,575	10,255	7,760	8,440
Ganancia bruta por Venta (\$)	10,075	10,075	10,500	10,500
Ganancia neta (\$)	500	500	2,315	2,315

2.7. Conclusiones

Los productores se mostraron interesados en probar productos novedosos en sus cultivos, por lo que en general se encontró una excelente percepción de los análogos de brasinoesteroides entre los agricultores de las dos localidades de estudio.

En general, se encontró disposición a aplicar los análogos de brasinoesteroides siempre y cuando haya demostraciones en campo en las cuales se observen los efectos y beneficios de los mismos.

El análogo de brasinoesteroide, para garantizar cuando menos la recuperación del costo de compra y aplicación del producto, debe aumentar el rendimiento de grano en cuando menos 227 kg·ha⁻¹.

2.8. Bibliografía

- Bloor** M.; Frankland, J.; Thomas M. and Robson, K. 2001. Focus Groups in Social Research. SAGE Publications Ltd. London, UK. 120 p.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)**. 1993. La adopción de tecnologías agrícolas: Guía para el diseño de encuestas. Programa de Economía del CIMMYT. México, D.F. 41 p.
- Feder**, G.; Just, R. E. and Zilberman, D. 1988. Adoption of Agricultural Innovation in Developing Countries: A survey. World Bank Staff Working Papers Number 542. The World Bank. Washington, D.C., U.S.A. 70 p.
- Gergen**, K. J. 1996. Realidades y Relaciones: Aproximaciones a la Construcción Social. Editorial Paidós. Barcelona, España. 398 p.
- Greiner** R.; Patterson, L. and Miller, O. 2009. Motivations, risk perceptions and adoption of conservation practices by farmers. *Agricultural Systems* 99 (2009) 86–104.

- Herrera T., F.** 2006. Innovaciones tecnológicas en la agricultura empresarial mexicana: Una aproximación teórica. *Gaceta Laboral* [online] 12 (1): 93-119.
- Holz, C. M. and Jost, M.** 1995. Using Focus Groups to Check Youth Perceptions of Agriculture. *Journal of Extension* 33(3). Disponible en: <http://www.joe.org/joe/1995june/a3.php> (Consultado el 12 de junio de 2015).
- Holař D.; Rothovař O.; Kocřovař M.; Kohout L. and Kvasnica M.** 2010. The effect of brassinosteroids on the morphology, development and yield of field-grown maize. *Plant Growth Regul* (2010) 61:29–43.
- Ivankovich-Guillén, C. y Araya-Quesada, Y.** 2011. “Focusgroups”: Técnica de investigación cualitativa en investigación de mercados. *Ciencias Económicas* 29(1):545-554.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.** 2015a. México en Cifras. Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos. San Nicolás Buenos Aires, Puebla. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/21/21137.pdf> (Consultado el 25 de mayo de 2015).
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.** 2015b. México en Cifras. Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Chalchicomula de Sesma, Puebla. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/21/21045.pdf> (Consultado el 25 de mayo de 2015).
- Khripach V; Zhabinskii V; de Groot A.** 2000. Twenty years of brassinosteroids: steroidal plant hormones warrant better crops for the XXI century. *Annals of Botany* 86:441-447
- Moreno C., A.** 2010. Efecto de análogos de brasinoesteroides en diferentes variedades de maíz (*Zea mays*) criollo. Tesis de licenciatura. Escuela de

Biología. Herbario y Jardín Botánico, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México, Puebla, Pue.

Mosher, A. T. 1979. An introduction to agricultural extension. Agricultural development Council, Singapore University Press. 114 p.

Onwuegbuzie, A J.; Dickinson, W. B.; Leech N. L. and Zoran A. G. 2011. Un marco cualitativo para la recolección y análisis de datos en la investigación basada en grupos focales. Paradigmas 3 (1):127-157.

Pujadas M, J. J. 1992. El método biográfico: El uso de las historias de vida en ciencias sociales. Editorial Siglo XXI- CIES, Barcelona, España. 107 p.

RogersE.1995. Diffusion of Innovation. Disponible en:<https://web.stanford.edu/class/symsys205/Diffusion%20of%20Innovations.htm>
Consultado el 25 de junio de 2015.

Torres R., B. L.; Espinosa C., A.; Mendoza R., M.; Rodríguez O., J. L.; Irizar G., M. B. y Castellanos R., J. S. 2007. Efecto de brasinoesteroides en híbridos de maíz androestériles y fértiles. Agronomía Mesoamericana, 18(2): 155-162.

CONCLUSIONES GENERALES

A continuación se presentan las conclusiones de la presente investigación, teniendo como referente las preguntas, objetivos e hipótesis planteadas.

La primera pregunta de investigación fue: ¿Los análogos de brasinoesteroides estudiados influenciarán positivamente el crecimiento y rendimiento agronómico de las poblaciones nativas de maíz al ser evaluados bajo condiciones de campo?, para responderla, se formuló el siguiente objetivo: “Determinar si los análogos de brasinoesteroides bajo estudio pueden incidir favorablemente en el crecimiento y rendimiento de grano de los maíces nativos cultivados en la región de Libres, Puebla”.

Los resultados demostraron que ninguno de los tres análogos de brasinoesteroides estudiados (BSS3, BSS4 y BSS10), a la concentración empleada, modificó de manera significativa la expresión de variables indicadoras de crecimiento en dimensiones o de acumulación de materia seca, los atributos fenológicos o los caracteres de interés agronómico (incluidos el rendimiento y sus componentes) de los materiales de maíz evaluados. El variar el número de aplicaciones de los productos tampoco tuvo efecto alguno.

La única variable en la que hubo un efecto fue altura de planta a través del período de crecimiento; sin embargo, tal efecto no fue consistente a través de variedades, sugiriendo diferencias entre fondos genéticos en cuanto a su sensibilidad a los análogos de brasinoesteroides estudiados.

Los elementos antes expuestos llevan a concluir que los tres análogos de brasinoesteroides estudiados (BSS3, BSS4 y BSS10) no modificaron el crecimiento o el rendimiento agronómico de las poblaciones nativas al ser evaluados en campo. Consecuentemente, la hipótesis propuesta “Los análogos de brasinoesteroides evaluados interactuarán favorablemente con los maíces nativos

bajo estudio, propiciando un aumento en diversos indicadores de crecimiento y en rendimiento de grano y rastrojo” se rechaza.

La segunda pregunta de la investigación fue: ¿Existirá disponibilidad entre los productores de maíz por conocer e incorporar los análogos de brasinoesteroides a sus procesos de producción?; para ella se formuló el siguiente objetivo “Conocer la percepción de los productores de maíz de la región de Libres, Puebla, respecto a los brasinoesteroides y determinar la disponibilidad a incorporarlo como un componente más de su técnica de producción”.

Las opiniones recabadas mediante grupos de enfoque en dos localidades de la región evidenciaron que entre los agricultores hubo interés por los productos y disposición a aplicarlos, aunque esto último se haría una vez que, a través de una demostración en campo, se les demostraran los efectos positivos atribuidos a tales productos. Ahora bien, para que el producto tuviese mayor aceptación, se requeriría que ya viniese preparado y listo para aplicarse, ya fuera por inmersión o aspersión.

Cuando se les informó del precio aproximado del producto, los agricultores de una localidad manifestaron que les era accesible, por lo que sí lo aplicarían; sin embargo, los de la otra localidad consideraron que el precio era elevado.

Con base en lo anterior, se concluye que existe disposición a aplicar los análogos de brasinoesteroides, pero que para que ello ocurra será necesario demostrar contundentemente sus efectos positivos en la producción de maíz. Si ello ocurre, hay posibilidades de que tales productos sean incorporados a los procesos de producción, aunque quizá tendrán que buscarse opciones que permitan hacer más accesible su precio. Consecuentemente, la hipótesis planteada para esta investigación “Los agricultores estarán dispuestos a conocer e incorporar los análogos de brasinoesteroides como parte de sus procesos de producción” se acepta.

APÉNDICE A

PROYECTO BSS-MAÍZ

GUÍA PARA LA CONDUCCIÓN DEL TRABAJO CON GRUPOS FOCALES

I. Presentación y objetivo de la reunión.

OBJETIVO: el objetivo de esta reunión es darles a conocer a ustedes como campesinos un nuevo producto que es posible que incremente el rendimiento y la materia seca en el cultivo de maíz. *Este producto es una sustancia que naturalmente producen algunas plantas (se llama brasinoesteroide). Dicho producto ya se ha obtenido en laboratorio y se está en ensayos para perfeccionar la dosis de aplicación y la forma de aplicarlos.* En esta presentación les daré mayor información de este producto, aunque todavía no está a la venta porque se está estudiando.

II. Guión de preguntas de apoyo.

Este guión estará dividido en tres apartados:

- a) En la primera parte, a cada uno de los productores se le aplicará un breve cuestionario, el cual incluirá las siguientes preguntas:
 1. Nombre del productor
 2. Edad del productor
 3. Cultivos que siembra
 - a) Maíz b) Frijol c) otros ¿Cuáles?
 4. Superficie total con la que cuenta
 5. Superficie dedicada a maíz.
 6. ¿En qué utiliza el grano que cosecha?
 - a) autoconsumo b) venta c) otra ¿Cuál?
 7. ¿Cuántas toneladas cosecha por hectárea de temporal?

b) La segunda parte consistirá en la elaboración de una figura por los mismos agricultores. Esta figura será construida por todo el grupo de agricultores. La figura la deberán construir como se describe a continuación, en un papel, con cartulina y con plumones:

- En la cartulina dibujarán una línea recta que representará un año; en ella escribirán cómo llevan a cabo su cultivo de maíz, incluyendo todas las actividades. Escribirán la fecha en la que casi todos realizan cada una de las actividades que anotaron. Después escribirán cuánto cuesta realizar cada actividad.
- ¿Cuántas toneladas esperaría cosechar con este sistema de cultivo tanto de grano como de rastrojo?

c) La tercera parte es la más importante ya que es donde se llevará a cabo la discusión o debate entre los agricultores. Esta tercera parte será video grabada.

- ✓ Antes de dar la plática, a cada agricultor se le entregará una tarjeta y se les pedirá que anoten en una lista lo que quieren mejorar de su cultivo de maíz. Puede ser rendimiento, rastrojo, fertilizantes baratos, asesoría, semillas, y pedirles que prioricen las necesidades.
- ✓ Después, les daré una pequeña presentación donde les describiré el producto y 5 puntos de análisis del producto:
 - ¿Qué son los brasinoesteroides?
 - ¿Qué beneficios se ha dicho que tienen? Incluir los de rendimiento.
 - Los análogos de brasinoesteroides.
 - ¿Cómo se aplican y en qué dosis?
 - Costo

Con las siguientes preguntas se generará un debate orientándolos a la información que está en las preguntas.

- ✓ ¿Usted lo aplicaría a su cultivo de maíz?
a) Sí ¿Por qué? b) No ¿Por qué?

- ✓ ¿Qué le pareció el producto brasinoesteroide de origen natural para aumentar el rendimiento de grano?
a) Excelente b) Bueno c) Regular d) Malo

- ✓ ¿Qué le pareció el producto brasinoesteroide de origen natural para aumentar el rendimiento de rastrojo?
a) Excelente b) Bueno c) Regular d) Malo

- ✓ ¿El costo del producto le parece?
a) Caro b) Medianamente caro c) Barato d) Inaccesible

- ✓ ¿Cuál de los dos modos de aplicación le parece más fácil y accesible para usted?
a) Remojo de semillas antes de la siembra b) Aspersión con mochila

- ✓ Para aplicar el producto, preferiría que ya viniera preparado o usted directamente hacer la aplicación antes de aplicarlo.

- ✓ ¿Cuáles son las necesidades en su cultivo de maíz? Por favor hagan una lista y pongan primero la más importante.

III. Conclusión y agradecimiento.

IV. Refrigerio.

APÉNDICE B

FOTOGRAFÍAS DE LAS REUNIONES CON PRODUCTORES EN GRUPOS FOCALES



Fig. 1.- Reunión Grupo Focal en Ciudad Serdán.



Fig. 2.- Productores de maíz de Ciudad Serdán Puebla.



Fig. 3.- Grupo Focal en San Nicolás Buenos Aires.



Fig. 4.- Productores de San Nicolás Buenos Aires, Puebla.

APENDICE C

PRESENTACION QUE SE LES DIO A LOS PRODUCTORES EN LAS REUNIONES DE GRUPOS FOCALES.

 <p>COLEGIO DE POSTGRADUADOS INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRICOLAS</p> <p>PRESENTACIÓN DEL "PRODUCTO BRASINOESTEROIDE SINTETICO".</p> <p>Presenta: Biol. Adriana Moreno Crispín</p> <p>Marzo, 2013</p>	<p>"PRODUCTO BRASINOESTEROIDE SINTETICO"</p>  <ul style="list-style-type: none">▶ Es un producto de uso agrícola que promueve incrementos en los rendimientos de los cultivos.▶ Su origen es natural extraído de plantas silvestres.
--	--

<p>BENEFICIOS DEL PRODUCTO</p> <ul style="list-style-type: none">▶ Crecimiento a nivel celular.▶ Tolerancia a estrés de agua, heladas, suelos salinos, suelos pobres en nutrientes, plagas etc.▶ Aumento en la productividad de los cultivos ya sea materia o granos.▶ Se han realizado estudios en los que se ha demostrado que el producto a tenido incrementos en los rendimientos de: 	<p>Aplicación</p> <p>1 miligramo del producto rinde 100 litros. Con 100 litros de producto se alcanza para una hectárea a una concentración de 0.01 mg/L.</p> <p>REMOJO DE SEMILLAS UNA NOCHE ANTES DE LA SIEMBRA</p>  <p>ASPERSION CON MOCHILA</p> 
---	--

Cuanto aumentara el rendimiento en maíz

- ▶ EN MAIZ LE AUMENTARIA UN 10 % DE INCREMENTO EN EL RENDIMIENTO DE GRANO, Y UN 20 % EN MATERIA O BIOMASA.
- ▶ Esto según estudio de laboratorio aun falta la investigación mas extensa en campo.

Costo

- ▶ **1 miligramo del producto rinde 100 litros.**
- ▶ **Con 100 litros de producto le alcanza para una hectárea a una concentración de 0.01 mg/L.**
- ▶ **1 MILIGRAMO COSTARIA \$500**

APÉNDICE D

SITIOS EXPERIMENTALES DEL PROYECTO DE BRASINOESTEROIDES



Fig. 1.- Lote experimental en San Nicolás B. A.



Fig. 2.- Maíz en la etapa vegetativa en San Nicolás B. A.



Fig. 3.- Medición de variables en San Nicolás B. A



Fig. 4.- Etapa reproductiva del experimento en SNBA



Fig. 5.- Siembra del experimento en Ciudad Serdán. Fig. 6.- Sitio experimental en Ciudad Serdán.



Fig. 7.- Etapa vegetativa del maíz en Ciudad Serdán. Fig. 8.- Aspersión foliar del brasinoesteroide.

ANEXO I

DIÁLOGO DE GRUPOS FOCALES

Agrupamiento lógico de las 2 localidades donde se realizaron los grupos focales.

1.- Adriana: ¿Usted aplicaría este producto “Brasinoesteroide sintético”?

Ciudad Serdán

Ignacio: ¡Yo sí! Por lo que usted nos platica y por los beneficios que usted nos dice, pos yos si se lo aplicaría.

Gustavo: Sí sería bueno para hacer la prueba.

Los productores de la localidad de San Diego Ciudad Serdán comentaron que sí aplicarían el producto Brasinoesteroide sintético, para probar nuevas cosas en sus cultivos. Como lo comento uno de ellos: ¡sí sería bueno para hacer la prueba!
(Gustavo, 42 años)

San Nicolás Buenos Aires

Pedro: ¡Yo digo el no porque, por que no lo conozco!

Jacinto: ¡Ver y probar para ver si funciona!

Pedro: ¡y ahí ya se ve!!!... ¡pos sí!

José: ¡probablemente sí!

Los productores de San Nicolás Buenos Aires Puebla comentaron que para aplicar el productor Brasinoesteroide sintético primero necesitarían probarlo para ver si funciona, y entonces probablemente sí, antes de eso no lo aplicarían. Uno de ellos comento: ¡Ver y probar para ver si funciona! (Jacinto,)

2.- Adriana: ¿qué les pareció el producto de origen natural para aumentar el rendimiento? O sea, si les convence a ustedes para el rendimiento o a lo mejor para el rastrojo.

Ciudad Serdán

Ignacio: Bueno yo diría que sería mucho muy bueno probar eso, la cosa es de ver probar, verlo.

En Ciudad Serdán a los productores les pareció muy bueno el producto Brasinoesteroide sintético, y piden probarlo.

San Nicolás Buenos Aires

José: Bueno.

Carlos: Bueno.

Jacinto: ¡Hasta no ver no creer!

José: Es que a veces duda uno.

En San Nicolás Buenos Aires a los productores les pareció bueno el producto, sin embargo están dudosos porque no han visto si el producto tiene beneficios para su cultivo. Como comento el señor José 60 años: ¡Es que a veces duda uno!

3.- Adriana: ¿qué es lo que les interesa aumentar el grano o el rastrojo?

Ciudad Serdán

Pedro: ¡El grano!

A los productores de Ciudad Serdán les interesa aumentar el grano de maíz.

San Nicolás Buenos Aires

Gaspar: grano.

A los productores de San Nicolás Buenos Aires les interesa aumentar el grano de maíz.

4.- Adriana: ¿El costo qué les pareció? El costo está muy caro, a ver por aquí unas opiniones.

Ciudad Serdán

Mauricio: 500 sí

Miguel: 500 por “hitaria” si conviene.

El costo del producto Brasinoesteroide sintético para los agricultores de Ciudad Serdán les pareció conveniente, si lo aprobaron.

San Nicolás Buenos Aires

Gaspar: está un poco “alzado” el precio.

José: elevado el precio,

Para los productores de San Nicolás Buenos Aires el precio del producto Brasinoesteroide sintético les parece elevado, les parece caro.

5.- Adriana: ¿Cuál de los dos métodos sería más accesible para ustedes? ¿Por lo comentado antes, sería la aspersión?

Ciudad Serdán

Todos: todos contestaron “si, si”.

José: ¡Solamente cuando está húmedo, pos si se puede remojar, pero como ahorita no!

Francisco: por aspersión.

Los productores de Ciudad Serdán comentaron que el método de aplicación que realizarían es el de aspersión, porque remojar las semillas para luego sembrarlas dijeron que no es recomendable para ellos únicamente cuando esta húmeda la tierra, ya que si depositan la semilla remojada en la tierra seca aseguran que se pudre y ya no nace, como uno de los productores comento:

¡Solamente cuando está húmedo, pos si se puede remojar, pero como ahorita no!
(José, 60 años)

San Nicolás Buenos Aires

Gaspar: la de remojar maíz.

Pedro: si, por que sería más práctico.

Jacinto: y ya desde que se siembra ya empieza a trabajar, ¿a ver ya?

Los productores de San Nicolás Buenos Aires comentaron que el método de aplicación que realizaron sería el de remojar la semilla porque les parece que sería más práctico, además de que el producto empezaría a trabajar desde la siembra comentó uno de ellos: y ya desde que se siembra ya empieza a trabajar, ¿a ver ya? (Jacinto, 53 años).

6.- Adriana: el producto, les gustaría que viniera ya preparado nada más para diluirlo en agua, o a ustedes les gustaría prepararlo conocerlo desde el polvo.

Ciudad Serdán

Luis: ¡yo diría que allá preparen el producto y acá ya nadamás se aplica!

Luis: que ya lo traigan preparado.

En Ciudad Serdán los productores dijeron que prefieren que el producto ya venga preparado, listo para aplicarse.

San Nicolás Buenos Aires

Gaspar: ya viniera preparado.

Pedro: que viniera así ya preparado.

Los productores de San Nicolás Buenos Aires dijeron que el producto ya venga preparado.

7.- Adriana: ¿Cuáles son las necesidades básicas para su cultivo de maíz?

Ciudad Serdán

José: es el fertilizante lo dan muy caro.

Miguel: primero hacer una prueba pa' que vayamos más seguros.

Mauricio: pos igualmente quisiera una prueba para ver si se da el producto y ya no tengamos duda.

Las necesidades básicas de los productores de Ciudad Serdán es un fertilizante más barato. También estos productores dijeron que quisieran una prueba del producto Brasinoesteroide sintético para estar seguros de sus efectos.

San Nicolás Buenos Aires

Gaspar: la más necesaria es el agua, pero la otra sería el fertilizante.

José: ¡Que fuera un poco más barato el fertilizante! También buenos insecticidas.

Gaspar: ¡Necesitamos también nutrir las tierras con abono orgánico!

Las necesidades básicas de los productores de San Nicolás Buenos Aires son el agua, fertilizante barato, buenos insecticidas y dijeron que también necesitan nutrir las tierras con abono orgánico. Ellos comentaron: ¡la más necesaria es el agua, pero la otra sería el fertilizante! (Gaspar,).

¡Que fuera un poco más barato el fertilizante! También buenos insecticidas (José,).

¡Necesitamos también nutrir las tierras con abono orgánico! (Gaspar).