



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES**

CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Tesis

**EVALUACIÓN DE PRODUCTOS BIOESTIMULANTES POR ETAPA
FENOLÓGICA Y DETERMINACIÓN DE ÁREAS AGROÉCOLOGICAS APTAS
PARA EL CULTIVO DE ARÁNDANO AZUL EN EL ESTADO DE
AGUASCALIENTES**

Que presenta

SOFÍA GUTIÉRREZ DURÓN

Para optar por el grado de

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRONÓMICAS

Tutor

Dr. ALBERTO MARGARITO GARCÍA MUNGUÍA

Comité tutorial

Dr. FERNANDO RAMOS GOURCY

Dr. JOAQUÍN SOSA RAMÍREZ

Aguascalientes, Ags., 31 marzo 2021

**CARTA DE VOTO APROBATORIO
COMITÉ TUTORAL**

**DR. RAÚL ORTÍZ MARTÍNEZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS**

AGROPECUARIAS P R E S E N T E

Por medio del presente como **Miembros del Comité Tutorial** designado del estudiante **SOFÍA GUTIÉRREZ DURÓN** con ID 117364 quien realizó la tesis titulada: **EVALUACIÓN DE PRODUCTOS BIOESTIMULANTES POR ETAPA FENOLÓGICA Y DETERMINACIÓN DE ÁREAS AGROÉCOLOGICAS APTAS PARA EL CULTIVO DE ARÁNDANO AZUL EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia damos nuestro consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que nos permitimos emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que ella pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Ponemos lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, le enviamos un cordial saludo.

ATENTAMENTE

“Se Lumen Proferre”

**Aguascalientes, Ags., a 20 de enero
del 2021**



**DR. ALBERTO MARGARITO GARCÍA
MUNGUÍA**

Tutor de tesis



**DR. FERNANDO RAMOS
GOURCY**

Asesor de tesis



**DR. JOAQUÍN SOSA
RAMÍREZ**

Asesor de tesis

c.c.p.- Interesado

c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado.

Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad. Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

Código: DO-SEE-FO-16

Actualización: 00 Emisión: 17/05/1



DICTAMEN DE LIBERACION ACADÉMICA PARA INICIAR LOS TRÁMITES DEL EXAMEN DE GRADO



Fecha de dictaminación dd/mm/aaaa: 23/03/2021

NOMBRE: SOFIA GUTIÉRREZ DURON ID 117364

PROGRAMA: MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRONÓMICAS Y VETERINARIAS LGAC (del posgrado): _____

TIPO DE TRABAJO: () Tesis (_____) Trabajo Práctico
 EVALUACIÓN DE PRODUCTOS BIOESTIMULANTES POR ETAPA FENOLÓGICA Y DETERMINACIÓN DE ÁREAS AGROECOLÓGICAS APTAS PARA EL CULTIVO DE ARÁNDANO AZUL EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES

IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado): Este trabajo servirá para iniciar una línea de investigación de cultivos alternativos mayormente rentables en el estado de Aguascalientes como lo es el arándano azul.

| INDICAR | SI | NO | N.A. (NO APLICA) | SEGÚN CORRESPONDA: |
|--|----|----|------------------|--|
| <i>Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:</i> | | | | |
| SI | | | | El trabajo es congruente con las LGAC del programa de posgrado |
| SI | | | | La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario |
| SI | | | | Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado |
| SI | | | | Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda |
| SI | | | | Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área |
| SI | | | | El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área |
| SI | | | | Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país |
| SI | | | | Generó transferencia del conocimiento o tecnológica |
| SI | | | | Cumple con la ética para la investigación (reporte de la herramienta antiplagio) |
| <i>El egresado cumple con lo siguiente:</i> | | | | |
| SI | | | | Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Docencia |
| SI | | | | Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios (créditos curriculares, optativos, actividades complementarias, estancia, predoctoral, etc) |
| SI | | | | Cuenta con los votos aprobatorios del comité tutorial, en caso de los posgrados profesionales si tiene solo tutor podrá liberar solo el tutor |
| SI | | | | Cuenta con la carta de satisfacción del Usuario |
| SI | | | | Coincide con el título y objetivo registrado |
| SI | | | | Tiene congruencia con cuerpos académicos |
| SI | | | | Tiene el CVU del Conacyt actualizado |
| SI | | | | Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales (en caso que proceda) |
| <i>En caso de Tesis por artículos científicos publicados</i> | | | | |
| NA | | | | Aceptación o Publicación de los artículos según el nivel del programa |
| NA | | | | El estudiante es el primer autor |
| NA | | | | El autor de correspondencia es el Tutor del Núcleo Académico Básico |
| NA | | | | En los artículos se ven reflejados los objetivos de la tesis, ya que son producto de este trabajo de investigación. |
| NA | | | | Los artículos integran los capítulos de la tesis y se presentan en el idioma en que fueron publicados |
| NA | | | | La aceptación o publicación de los artículos en revistas indexadas de alto impacto |

Con base a estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado:

SI No _____

FIRMAS

Elaboró: Alberto Margarito García Munguía

* NOMBRE Y FIRMA DEL CONSEJERO SEGÚN LA LGAC DE ADSCRIPCIÓN:

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO TÉCNICO:

DR. ANTONIO DE JESUS MERAZ JIMÉNEZ

* En caso de conflicto de intereses, firmará un revisor miembro del NAB de la LGAC correspondiente distinto al tutor o miembro del comité tutorial, asignado por el Decano

Revisó:

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO:

DR. ANTONIO DE JESUS MERAZ JIMÉNEZ

Autorizó:

NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO:

DR. RAÚL ORTIZ MARTÍNEZ

Nota: procede el trámite para el Depto. de Apoyo al Posgrado

En cumplimiento con el Art. 105C del Reglamento General de Docencia que a la letra señala entre las funciones del Consejo Académico: Custiar la abstracción terminal del programa de posgrado y el Art. 105F las funciones del Secretario Técnico, llevar el seguimiento de los alumnos.

AGRADECIMIENTOS

Esta experiencia de vida fue posible gracias al Consejo de Ciencias y Tecnología (CONACYT) y la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA) por su apoyo y patrocinio para la realización de este proyecto de tesis.

De manera especial agradezco al Dr. Alberto Margarito García Munguía, al Dr. Joaquín Sosa, al Dr. Fernando Ramos Gourcy y al Dr. Ernesto González Gaona, quienes fueron los guías de esta inolvidable experiencia y que con su apoyo, experiencia y excelentes aportaciones fue posible este trabajo.

De igual manera quiero agradecer al señor José, quien me permitió realizar el experimento en su parcela vitrina de cultivo de arándano azul en el rancho el Milagro, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, así como a todo el personal que me apoyó para la realización del proyecto. Agradezco el apoyo de la empresa COSMOCEL® quién colaboró en el suministro de bioestimulantes para el desarrollo de la investigación.

Agradezco a mis compañeros de generación por sus aportaciones y colaboración, especialmente a M.C. Jorge Alejandro Torres por su asesoría en la elaboración de mapas. Agradezco a mis maestros quienes me formaron y compartieron de la mejor manera conceptos técnicos que me formaron como profesional y como persona.

De manera muy especial agradezco a mi mamá Imelda, mi papá David, mi hermana Valeria, mi hermano David y de manera muy especial a mi novio Enrique Domínguez, por estar presentes a lo largo de este periodo tan importante de especialización profesional, por darle respeto, apoyo, valor e importancia a mi proceso de obtener el grado de maestría y por confiar que esta decisión me servirá para seguir preparándome profesionalmente dentro del área de la investigación y desarrollo.

Por todo esto,

Gracias,

DEDICATORIAS

Quiero dedicar este gran esfuerzo a todos los jóvenes que se atreven a perseguir sus sueños, a todos aquellos que creen que todo es posible de acuerdo a la medida en que lo crean posible.

A todos aquellos que tenemos una mente curiosa e insaciable por conocer y descubrir lo maravilloso que es el mundo y lo increíble que es aventurarse en el misterio de la vida.

Se lo dedico a todos los que se atreven, a los valientes, a los decididos, a los que actúan más y piensan menos, a los que temen pero aun así se atreven, a los que tienen la energía positiva suficiente para creer que podemos cambiar el mundo, porque todo esfuerzo cuenta para generar un cambio, lo más importante es creer que nuestra ayuda y aportación se verá reflejada en la historia de la humanidad, y no solo por textos científicos, sino también por los valores humanos que compartamos con nuestros semejantes.

Te lo dedico a ti que te permitirás conocer un poco de mi aportación a la ciencia al leer algunas hojas de mi tesis, a ti por todo el esfuerzo que has dado para llegar aquí el día de hoy a pesar de las adversidades, honra y reconoce el esfuerzo de tu camino, por mantener esa sonrisa y por seguir adelante aprendiendo de las lecciones de la vida aunque muchas veces sean retadoras y difíciles,

Quiero dedicar mi esfuerzo a todos los jóvenes que vendrán después de mí, con curiosidad de desarrollar sus investigaciones, quiero dejar esta dedicatoria como un promesa y expectativa de saber que contamos con ustedes para seguir manteniendo los valores esenciales del respeto, humildad, tolerancia y trabajo en equipo para la mejora de nuestras vidas, porque hoy nosotros pensamos en las futuras generaciones, y mañana pensarán ustedes en las siguientes.

Te lo dedico a ti, que sabes el valor que tienes y representas, y si no lo sabías te lo recuerdo ahora, vales mucho.

¡Ánimo! todos confiamos en lo que propones, aprende, escucha, déjate guiar e inspira tu vida con experiencias llenas de impactos positivos, después, enseña, apoya y comparte, porque así inspirarás a los demás a realizar también sus sueños y a seguir transmitiendo conocimiento

Determinación de zonas agroecológicas aptas para la producción de arándano azul (*Vaccinium spp*) en Aguascalientes; México.

Sofía Gutiérrez Durón¹
Alberto Margarito García Munguía^{1*}
Fernando Ramos Gourcy¹
Joaquín Sosa Ramírez¹

¹Maestría en ciencias agronómicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad núm. 940. Ciudad Universitaria, C. P. 20131; Centro de Ciencias Agropecuarias. Edificio 1-A, Carretera a la Posta s/n, Jesús María, Aguascalientes C.P. 47950 (sofi.gutierrez.10@gmail.com; framosg@correo.uaa.mx; joaquin.sosa@edu.uaa.mx)

^{1*}Autor para correspondencia: (almagamu@hotmail.com)

Resumen

La producción de arándano azul (*Vaccinium spp*) tiene gran importancia a nivel mundial debido a sus propiedades antioxidantes y alto retorno económico. Su expansión y producción se ha distribuido en todo el mundo para satisfacer la demanda del mercado. La temperatura máxima, mínima, humedad relativa y la acumulación de horas frío son variables climáticas que determinan la producción del cultivo de arándano azul. El objetivo de este trabajo fue determinar las zonas agroecológicas con mayor potencial para el desarrollo del cultivo de arándano azul en el estado de Aguascalientes. Se evaluaron las variables de temperatura máxima (T_{máx}), mínima (T_{min}) y humedad relativa (HR) del periodo 2013 al 2018, mediante los registros históricos de las 38 estaciones meteorológicas del Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos del INIFAP distribuidas en los 11 municipios del estado de Aguascalientes, los datos obtenidos se compararon con los datos recolectados por el DataLogger RHT10, Extech® ubicado en el sitio experimental correspondiente a una parcela vitrina (1 ha) de cultivo de arándano azul rancho “El Milagro” en Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. Los promedios de los datos obtenidos se analizaron estadísticamente a través de un análisis de mediante el paquete estadístico Excel® posteriormente se representó cartográficamente utilizando el programa R® y ArcGis® para identificar las zonas de mayor potencial para el cultivo de arándano azul con respecto a los requerimientos climáticos reportados. Los municipios San Francisco de los Romo, Rincón de Romos y Pabellón de Arteaga, cuentan con zonas agroecológicas aptas para la producción del cultivo de arándano azul en el estado de Aguascalientes. La implementación de tecnologías de macrotúnel favorece la adaptabilidad del cultivo de arándano en el estado de Aguascalientes.

Palabras clave: arándano azul, temperatura, clima.

Introducción

La capacidad antioxidante del arándano azul es mayor en comparación de otras frutas y verduras, debido a sus altas concentraciones de antocianinas y compuestos fenólicos (Michalkka y Lysiak, 2015). Las condiciones edafoclimáticas generan cambios en la composición química y física de los compuestos bioactivos (antioxidantes) que repercuten en la calidad del fruto (Cortés *et al.*, 2016) siendo las variables de T_{máx}, T_{min} y HR de las más importantes para su producción (Kim *et al.*, 2013).

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| ÍNDICE..... | 1 |
| RESUMEN | 10 |
| ABSTRACT..... | 11 |
| INTRODUCCIÓN GENERAL..... | 12 |
| CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO..... | 13 |
| 1.1 Descripción, origen, historia y distribución | 14 |
| 1.2 Botánica | 15 |
| Característica..... | 16 |
| 1.2.1 Arbusto | 16 |
| 1.2.2 Raíces | 16 |
| 1.2.3 Tallos | 16 |
| 1.2.4 Hojas | 16 |
| 1.2.5 Yemas vegetativas | 16 |
| 1.2.6 Flores | 17 |
| 1.2.7 Fruto | 17 |
| 1.3 Clasificación y variedades comerciales | 17 |
| 1.3.1 Silvestres de Norteamérica | 17 |
| 1.3.2 Arbustos altos del norte | 17 |
| 1.3.3 Ojo de conejo | 18 |
| 1.3.4 Arbustos altos del sur | 18 |
| 1.4 Cultivo comercial en México | 18 |
| 1.5 Manejo del cultivo | 19 |
| 1.5.1 Uso y requerimientos de sustrato | 19 |
| 1.5.2 Selección y propagación | 19 |
| 1.5.3 Plantación | 20 |
| 1.5.4 Fertilización e irrigación | 20 |
| 1.5.5 Cosecha | 20 |
| 1.5.6 Poda | 21 |
| 1.5.7 Poscosecha | 21 |
| 1.5.8 Plagas | 21 |
| 1.6 Síntomas de deficiencias y excesos nutricionales | 22 |
| 1.6.1 Nitrógeno | 22 |

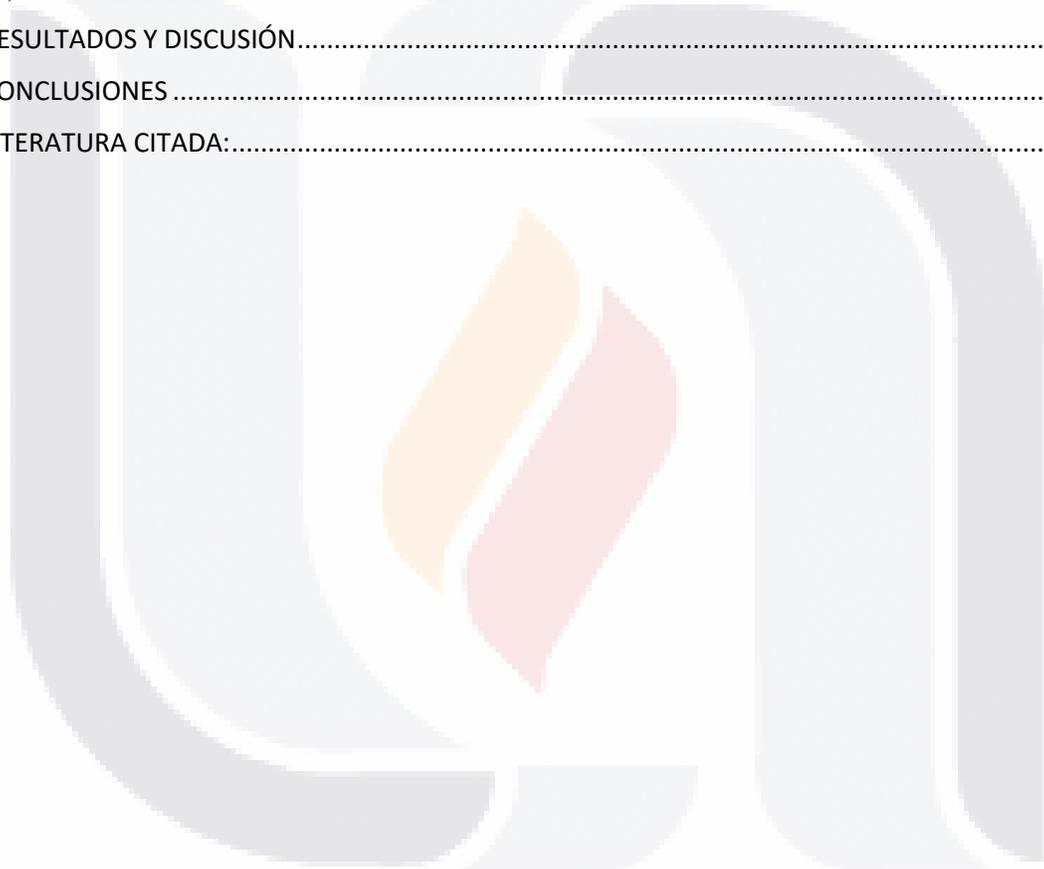
| | |
|--|-----------|
| 1.6.2 Fósforo..... | 22 |
| 1.6.3 Potasio | 22 |
| 1.6.4 Magnesio | 22 |
| 1.6.5 Calcio..... | 22 |
| 1.6.6 Azufre | 23 |
| 1.7 Deficiencia y toxicidad de micronutrientes | 23 |
| 1.7.1 Hierro | 23 |
| 1.7.2 Zinc | 23 |
| 1.7.3 Manganeso | 23 |
| 1.7.4 Cobre | 23 |
| 1.7.5 Boro | 23 |
| 1.7.6 Cloro | 24 |
| 1.8 Nutrición | 24 |
| 1.8.1 Función de macroelementos de importancia | 24 |
| 1.8.1.1 Nitrógeno..... | 24 |
| 1.8.1.2 Fósforo..... | 24 |
| 1.8.1.3 Potasio | 24 |
| 1.8.1.4 Azufre..... | 24 |
| 1.8.1.5 Magnesio | 24 |
| 1.8.1.6 Calcio..... | 24 |
| 1.9 Función de microelementos de importancia | 25 |
| 1.9.1 Hierro | 25 |
| 1.9.2 Zinc | 25 |
| 1.9.3 Manganeso | 25 |
| 1.9.4 Cobre..... | 25 |
| 1.9.5 Boro | 25 |
| 1.9.6 Cloro | 26 |
| 1.10 Polinización..... | 26 |
| 1.11 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 26 |
| 1.12 ORIGEN EVOLUCIÓN Y ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA..... | 26 |
| 1.14 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN | 27 |
| 1.15 OBJETIVOS | 27 |
| 1.15.1 OBJETIVOS GENERAL | 27 |

| | |
|--|----|
| 1.15.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 27 |
| 1.16 LITERATURA CITADA..... | 28 |
| CAPÍTULO II MANEJO NUTRICIONAL PARA LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARÁNDANO EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES..... | 31 |
| RESUMEN | 32 |
| 2. INTRODUCCIÓN..... | 32 |
| 2.1 Manejo nutricional de arándano | 32 |
| 2.2 Nutrición de acuerdo a la etapa fenológica | 32 |
| 2.3 OBJETIVOS DE EVALUACIÓN PARA CADA ETAPA FENOLÓGICA:..... | 33 |
| 2.4 MATERIALES Y MÉTODOS..... | 34 |
| a) Localización del sitio experimental | 34 |
| b) Cultivo en el que se realizó el estudio | 34 |
| c) Variables de estimación de la efectividad biológica y método de evaluación para etapas experimentales del proyecto de investigación. | 34 |
| i. Número de brotes (NB) | 34 |
| ii. Longitud de brotes (LB, cm) | 34 |
| iii. Diámetro de brotes (DB, cm) | 34 |
| iv. Longitud de tallo (LT, cm) | 35 |
| v. Diámetro de tallo (DT, cm) | 35 |
| vi. Altura de la planta (AP, cm) | 35 |
| vii. Numero de hojas (NH) | 35 |
| viii. Longitud de hojas (LH, cm) | 35 |
| ix. Diámetro de hojas (DH, cm) | 35 |
| x. Distancia entrenudos (DN, cm) | 35 |
| xi. Longitud de la raíz (LR, cm) | 35 |
| xii. Número de hojas (NH) | 35 |
| xiii. Contenido de clorofila en hojas (CC) | 35 |
| xiv. Número de flores por planta (NF) | 35 |
| xv. Cuajado de frutos (CF) | 36 |
| xvi. Número de frutos por planta (NFP) | 36 |
| xvii. Diámetro del fruto (DF, cm) | 36 |
| xviii. Longitud del fruto (LF, cm) | 36 |
| xix. Peso del fruto (PF,g) | 36 |
| xx. Fitotoxicidad | 36 |

| | |
|---|-----------|
| d) Análisis de datos..... | 37 |
| e) Tamaño de muestra y método de muestreo. | 37 |
| 2.5 Estudio 1.1 evaluación de inductores de brotación. | 37 |
| a) Diseño experimental..... | 37 |
| b) Croquis de distribución de los tratamientos en campo | 39 |
| c) Dosis..... | 39 |
| d) Momento y número de aplicaciones | 40 |
| 2.5.1.1 Número de brotes | 40 |
| 2.5.1.2 Longitud de brotes | 42 |
| 2.5.1.3 Diámetro de brotes..... | 43 |
| 2.5.1.4 Longitud de tallo..... | 45 |
| 2.5.2 CONCLUSIONES..... | 48 |
| 2.6 Etapa 1.2 estudio de evaluación de enraizadores y vigorizantes en el cultivo de arándano en Aguascalientes. | 48 |
| a) Diseño experimental: | 48 |
| e) Variables de evaluación estudio de evaluación de enraizadores y vigorizantes. | 50 |
| 2.6.1.1 Diámetro de tallo | 50 |
| 2.6.1.2 Altura de planta..... | 53 |
| 2.6.1.3 Número de hojas..... | 55 |
| 2.6.1.4 Longitud de hoja..... | 57 |
| 2.6.1.5 Diámetro de hojas..... | 58 |
| 2.6.1.6 Distancia entre nudos..... | 59 |
| 2.6.1.7 Longitud de raíz | 61 |
| 2.6.2 CONCLUSIONES..... | 62 |
| 2.7 Etapa 2 estudio para evaluación de la inducción de follaje..... | 63 |
| a) Diseño experimental: | 63 |
| b) Croquis de distribución de los tratamientos en campo | 63 |
| c) Dosis..... | 64 |
| d) Momento y número de aplicaciones | 64 |
| e) Variables para estudio inductores de follaje..... | 64 |
| 2.7.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN (INDUCTORES DE FOLLAJE)..... | 65 |
| 2.7.1.1 Diámetro de tallo | 65 |
| 2.7.1.2 Altura de planta..... | 66 |

| | |
|---|----|
| 2.7.1.3 Número de hojas | 67 |
| 2.7.1.4 Longitud de hojas | 69 |
| 2.7.1.5 Contenido de clorofila | 70 |
| 2.7.1.6 Distancia entre nudos | 71 |
| 2.7.2 CONCLUSIONES | 72 |
| 2.8 Etapa 3 estudio para evaluación de floración y amarre de frutos. | 73 |
| a) Diseño experimental: | 73 |
| b) Croquis de distribución de los tratamientos en campo | 74 |
| c) Dosis | 74 |
| d) Momento y número de aplicaciones | 75 |
| 2.8.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN (FLORACIÓN, AMARRE, POSCOSECHA) | 75 |
| 2.8.1.1 Número de flores | 75 |
| 2.8.1.2 Cuajado de frutos | 76 |
| 2.8.1.3 Número de frutos por planta | 78 |
| 2.8.1.4 Diámetro de fruto | 80 |
| 2.8.1.5 Longitud de fruto | 81 |
| 2.8.1.6 Peso de fruto | 83 |
| 2.9 CONCLUSIONES | 83 |
| 2.10 LITERATURA CITADA | 84 |
| CAPITULO III CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS APTAS DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES, PARA LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARÁNDANO | 87 |
| RESUMEN | 88 |
| | 88 |
| 3.1 INTRODUCCIÓN | 88 |
| 3.1.1 Requerimientos agroclimáticos del arándano | 89 |
| 3.1.2 Macrotúneles | 92 |
| 3.2 OBJETIVOS DE EVALUACIÓN PARA CONDICIONES CLIMÁTICAS | 92 |
| 3.3 MATERIALES Y MÉTODOS | 93 |
| 3.3.1 Ubicación y descripción del lugar de estudio | 93 |
| a) Variables de estudio Humedad relativa y temperatura | 93 |
| b) Sitio experimental | 93 |
| | 93 |
| 3.3.2 Evaluación de temperatura y humedad relativa del estado de Aguascalientes mediante datos de las estaciones climatológicas | 94 |

| | |
|---|-----|
| a) Análisis de datos | 94 |
| b) Método de muestreo S | 94 |
| 3.3.3 Proceso de obtención de datos por medio del Datalogger RHT10 en el sitio experimental. | 96 |
| a) Variables de estudio | 96 |
| b) Instrumento de evaluación | 96 |
| c) Localización del instrumento de evaluación | 96 |
| d) Análisis de datos | 96 |
| e) Método de muestreo | 96 |
| 3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 96 |
| 3.5 CONCLUSIONES | 103 |
| 3.6 LITERATURA CITADA:..... | 103 |



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción botánica de arándano azul variedad Biloxi. 16

Cuadro 2. Ejemplo de nutrición (kg/ha) de acuerdo a la etapa fenológica del arándano, variedades intermedias y rendimiento de 8 ton. 33

Cuadro 3. Etapas experimentales del proyecto de investigación. 34

Cuadro 4 Escala porcentual propuesta por la European Weed Research Society, para evaluar el posible efecto fitotóxico del inductor de brotación Inducel, en el cultivo de arándano azul en el Estado de Aguascalientes. 36

Cuadro 5: Distribución de tratamientos de inducción de brotación en campo..... 37

Cuadro 6. Tratamientos de inductor de brotación Inducel® en el cultivo de arándano en el Estado de Aguascalientes. 39

Cuadro 7 Distribución de tratamientos de enraizador en campo. 49

Cuadro 8. Tratamientos de inductor de brotación Fertigro-fósforo en el cultivo de arándano en el Estado de Aguascalientes. 49

Cuadro 9 Distribución de tratamientos de inductor de follaje en campo. 63

Cuadro 10. Tratamientos de inductor de follaje en el cultivo de arándano en el Estado de Aguascalientes..... 64

Cuadro 11 Distribución de tratamientos de inductor de floración en campo..... 73

Cuadro 12. Tratamientos de inductor de floración en el cultivo de arándano en el Estado de Aguascalientes..... 74

Cuadro 13. Estaciones climatológicas utilizadas para la recolección de datos en el estado de Aguascalientes..... 95

Cuadro 14. Promedio de temperatura máxima, mínima y humedad relativa (2013-2018), registrada por las estaciones climatológicas en el estado de Aguascalientes..... 97

Cuadro 15. Requerimientos climáticos para la producción del cultivo de arándano. 98

Cuadro 16 Promedio de T_{máx}, T_{min} y HR para cada municipio de Aguascalientes 2013-2018. 100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Croquis de distribución para estudio de inducción de brotación. 39

Figura 2 Número de brotes..... 40

Figura 3 NB del testigo (A) y tratamiento 4(B) a los 28 días 41

Figura 4 Longitud de brotes 42

Figura 5 LB del testigo (A) y tratamiento 5(B) a los 28 días..... 43

Figura 6 Diámetro de brotes..... 43

Figura 7 DB del testigo (A) y tratamiento 6(B) a los 28 días. 44

Figura 8 Longitud de tallo..... 45

Figura 9 LT del testigo (A) y tratamiento 6(B) a los 28 días..... 46

Figura 10 Diámetro de tallo 46

Figura 11 DT del tratamiento T5 a los 21 (A) Y 28 (B) días..... 47

Figura 12 Croquis de distribución para estudio de enraizador..... 49

Figura 13 Diámetro de tallo 51

Figura 14 DT del tratamiento T9 (A) Y T1 (B) a los 28 días..... 52

Figura 15 Altura de planta..... 53

Figura 16 AP del tratamiento T3 (A) Y T1 (B) a los 28 días..... 54

Figura 17 Número de hojas 55

Figura 18 NH del tratamiento T8 (A) Y T1 (B) a los 28 días 56

Figura 19 Longitud de hoja..... 57

Figura 20 LH del tratamiento T11 (A) Y T1 (B) a los 28 días..... 58

Figura 21 Diámetro de hojas 58

Figura 22 DH del tratamiento T3 (A) Y T1 (B) a los 28 días..... 59

Figura 23 Distancia entre nudos..... 59

Figura 24 DN del tratamiento T6 (A) Y T1 (B) a los 28 días..... 60

Figura 25 Longitud de raíz 28 después de la aplicación de los tratamientos. 61

Figura 26 Croquis de distribución para estudio de inductor de follaje. 63

Figura 27 Diámetro de tallo 65

Figura 28 DT del tratamiento T3 (A) Y T1 (B) a los 28 días..... 66

Figura 29 Altura de planta..... 66

Figura 30 AP del tratamiento T3 (A) Y T1 (B) a los 28 días..... 67

Figura 31 Número de hojas 67

Figura 32 NH del tratamiento T5 (A) Y T1 (B) a los 28 días..... 68

Figura 33 Longitud de hoja..... 69

Figura 34 LH del tratamiento T2 (A) Y T1 (B) a los 28 días..... 70

Figura 35 Contenido de clorofila a los 28 días de aplicación de tratamientos..... 70

Figura 36 Distancia entre nudos..... 71

Figura 37 DN del tratamiento T3 (A) Y T1 (B) a los 28 días..... 72

Figura 38 Croquis de distribución para estudio de inductor de follaje. 74

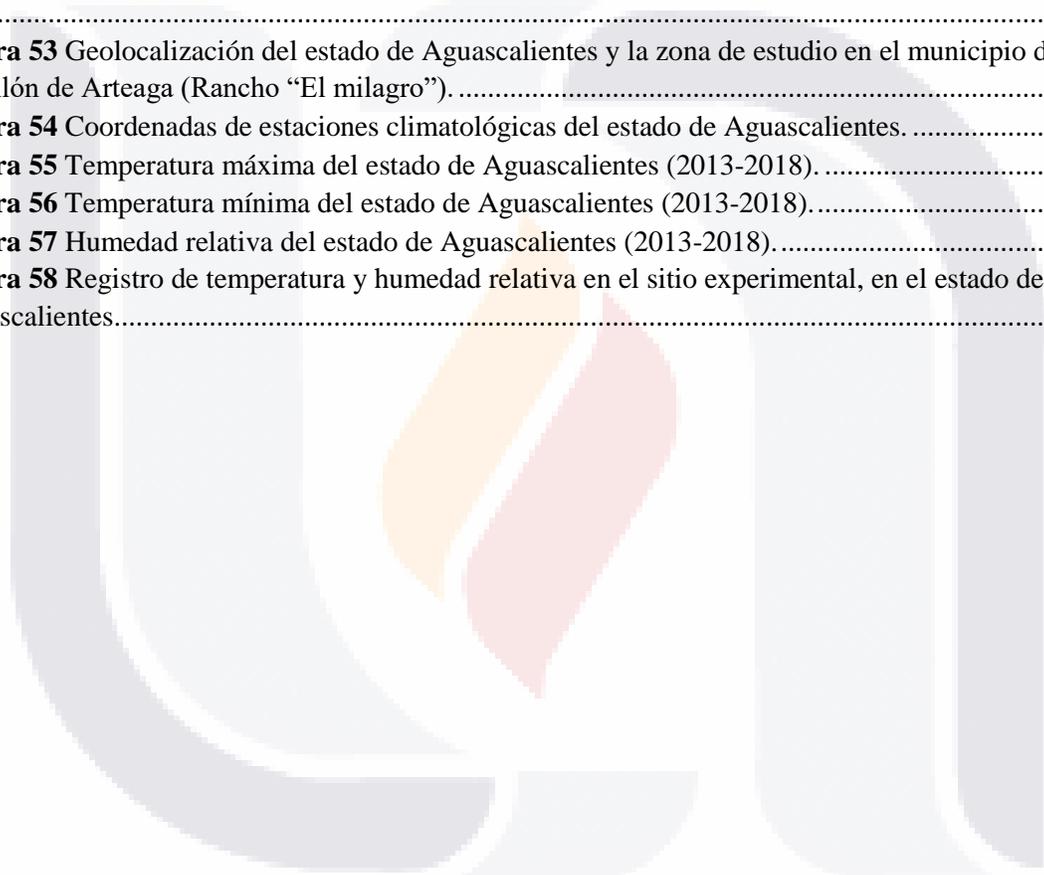
Figura 39 Número de flores a los 0, 7, 14, 30, 45, 60, 75, 78 y 93 días después de la aplicación de los tratamientos. 75

Figura 40 NF del tratamiento T8 (A) Y T1 (B) a los 93 días..... 76

Figura 41 Frutos cuajados 77

Figura 42 CF del tratamiento T8 (A) Y T1 (B) a los 93 días..... 78

| | |
|---|-----|
| Figura 43 Número de frutos por planta | 78 |
| Figura 44 NFP del tratamiento T3 (A) Y T1 (B) a los 93 días..... | 79 |
| Figura 45 Diámetro de fruto..... | 80 |
| Figura 46 DF del tratamiento T8 (A) Y T1 (B) a los 93 días..... | 81 |
| Figura 47 Longitud de fruto a los 0, 7, 14, 30, 45, 60, 75, 78 y 93 días después de la aplicación de los tratamientos. | 81 |
| Figura 48 LF del tratamiento T8 (A) Y T10 (B) a los 93 días. | 82 |
| Figura 49 Peso de fruto | 83 |
| Figura 50 Estado de Aguascalientes con su división geográfica en once municipios..... | 90 |
| Figura 51 Máximos y mínimos de la temperatura del estado de Aguascalientes..... | 91 |
| Figura 52 Humedad relativa de Aguascalientes. Años (2015-2019) y porcentaje humedad relativa. | 91 |
| Figura 53 Geolocalización del estado de Aguascalientes y la zona de estudio en el municipio de Pabellón de Arteaga (Rancho “El milagro”). | 93 |
| Figura 54 Coordenadas de estaciones climatológicas del estado de Aguascalientes. | 94 |
| Figura 55 Temperatura máxima del estado de Aguascalientes (2013-2018). | 99 |
| Figura 56 Temperatura mínima del estado de Aguascalientes (2013-2018). | 99 |
| Figura 57 Humedad relativa del estado de Aguascalientes (2013-2018). | 99 |
| Figura 58 Registro de temperatura y humedad relativa en el sitio experimental, en el estado de Aguascalientes..... | 101 |



RESUMEN

La producción del arándano azul tiene una gran importancia debido a sus propiedades antioxidantes y altos retornos económicos. Su expansión y producción se ha distribuido en todo el mundo para satisfacer la demanda del mercado. En México, el cultivo se encuentra en 3,786 hectáreas, localizadas en los estados de Jalisco, Michoacán, Sinaloa y Puebla, con una producción aproximada de 18 ton/ha. En Aguascalientes el cultivo es de recién ingreso y no se poseen datos técnicos o científicos relacionados al desarrollo del mismo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto bioestimulante de productos administrados durante el desarrollo fenológico del cultivo, analizar su efecto en rendimiento y calidad, e identificar áreas potenciales de producción en el estado de Aguascalientes bajo las condiciones climáticas apropiadas del cultivo de arándano azul. Se evaluaron 4 etapas fenológicas de desarrollo (inducción de brotación, enraizador, follaje, floración, post cosecha) y variables agroclimáticas (Temperatura y Humedad relativa) necesarias para la producción del cultivo. Se analizó el experimento estadísticamente y se determinó la correlación de estas para producción del cultivo de arándano. Siendo los municipios de Aguascalientes, Asientos, noreste de Calvillo y Cosío, que representan un 75.2% de la superficie del estado, cuentan con zonas agroecológicas aptas para la producción del cultivo de arándano azul. Así como la administración de una adecuada nutrición del cultivo mediante bioestimulantes altos en fósforo (inducción de brotación y enraizador), nitrógeno (follaje), calcio y boro (floración, cuajado de frutos y post cosecha) favorecen la productividad del cultivo hasta en 2.3 Kg/planta. La implementación de tecnologías de macrotúnel favorece la adaptabilidad del cultivo de arándano en el estado de Aguascalientes.

Palabras clave: Arándano, producción, clima, manejo nutricional, bioestimulantes.

ABSTRACT

The production of blueberry is very important due to its antioxidant properties and high economic returns. Its expansion and production has been distributed throughout the world to meet market demand. In Mexico, the crop is located on 3,786 hectares, located in the states of Jalisco, Michoacán, Sinaloa and Puebla, with an approximate production of 18 tons / ha. In Aguascalientes, the crop is recently entered and there is no technical or scientific data related to its development. The objective of this work was to evaluate the biostimulant effect of products administered during the phenological development of the crop, to analyze its effect on yield and quality, and to identify potential production areas in the state of Aguascalientes under the appropriate climatic conditions of blueberry cultivation. 4 phenological stages of development were evaluated (induction of sprouting, rooting, foliage, flowering, post harvest) and agroclimatic variables (Temperature and relative humidity) necessary for the production of the crop. The experiment was statistically analyzed and the correlation of these for the production of the blueberry crop was determined. Being the municipalities of Aguascalientes, Asientos, northeast of Calvillo and Cosío, which represent 75.2% of the state's surface, they have agro-ecological zones suitable for the production of blueberry cultivation. As well as the administration of adequate crop nutrition through biostimulants high in phosphorus (induction of sprouting and rooting), nitrogen (foliage), calcium and boron (flowering, fruit set and post-harvest) favor the productivity of the crop up to 2.3 Kg /plant. The implementation of macro-tunnel technologies favors the adaptability of blueberry cultivation in the state of Aguascalientes.

Keywords: Blueberry, production, climate, nutritional management, biostimulants.

INTRODUCCIÓN GENERAL

El arándano azul (*Vaccinium corymbosum*) es una fruta reconocida en el mercado por su delicioso sabor y por sus grandes beneficios a la salud. Es una planta perteneciente a la familia *Ericaceae* y tiene alrededor de 450 variedades cultivables conocidas, las cuales se dividen en highbush, lowbush y rabbiteye, siendo la primera la predominante en las zonas productoras (Guirado *et al.*, 2008) .

En los últimos años la demanda de esta berry se ha incrementado alrededor de un 58% del 2009 al 2014, y continúa en ascenso, por tal motivo la distribución del cultivo para su producción se ha expandido a nuevas áreas que cumplan con las condiciones edafoclimáticas necesarias, el manejo nutricional adecuado y el control e identificación de plagas durante el desarrollo y producción del cultivo (Armando, 2016).

El cultivo es originario de Estados Unidos, país que ocupa el primer lugar en producción y consumo de este berry, con una ingesta per cápita de aproximadamente 800 g. Actualmente el arándano se cultiva en países como China, Chile, Japón, Argentina, Nueva Zelanda, Perú y México. México ocupa el cuarto lugar a nivel internacional en la producción de arándano azul, siendo los estados de Jalisco, Michoacán y Sinaloa quienes encabezan la lista de la producción nacional. La expansión también ha llegado al sur de nuestro país donde estados como Oaxaca han visto un desempeño del cultivo de arándano azul con rendimientos de la variedad Biloxi de 1.8 Kg por planta (Baldomero, 2016).

Aguascalientes es una región que está migrando a la inclusión de cultivos alternativos que permitan un incremento en la economía de la región, un aumento en la diversificación de los cultivos tradicionales y la generación de nuevos empleos. El cultivo del arándano azul en el estado de Aguascalientes puede ser una gran oportunidad de incremento a la productividad del campo y elevando su rentabilidad, propiciando la organización de productores a través de una filosofía de competitividad y calidad.

En Aguascalientes el cultivo es de recién ingreso y no se poseen datos técnicos o científicos relacionados al desarrollo del mismo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto bioestimulante de productos administrados durante el desarrollo fenológico del cultivo, analizar su efecto en rendimiento y calidad, e identificar áreas potenciales de producción en el estado de Aguascalientes bajo las condiciones climáticas apropiadas del cultivo de arándano azul.

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO



1.1 Descripción, origen, historia y distribución

Apreciado por su sabor, propiedades nutricionales y medicinales, el arándano azul o blueberry, es una especie conocida en casi todo del mundo, por su consumo en fresco, congelado o derivados en productos alimenticios (Gómez, 2010; Bascopé, 2013).

Posee una de las fuentes más importantes de antocianinas, taninos y carotenoides, que le confieren su color característico, le otorgan astringencia y resaltan sus propiedades antioxidantes, útiles en el combate de los radicales libres (Jiménez y Abdelnour, 2013). La presencia de componentes fenólicos en el arándano y su actividad, han sido estudiadas por la aparente relación entre los fitoquímicos presentes de la fruta y su asociación con la prevención de enfermedades, ya que los antioxidantes actúan para prevenir estas enfermedades capturando radicales libres (Ehlenfeldt y Prior, 2001; Kähkönen *et al.*, 2001).

Originario de Norte América y perteneciente al género *Vaccinium* de la familia *Ericaceae*, subfamilia *Vaccinioideae*, tribu *Vaccinieae*; actualmente el arándano azul alcanza las 450 variedades genéticas disponibles para producción, distribuidas en el Hemisferio Norte, Centroamérica y Norte de Sudamérica. (Guirado *et al.*, 2008) .

La expansión y crecimiento del arándano es evidente en todo el mundo, incrementando un 58% del 2009 al 2014; tan solo en Estados Unidos, país que se mantiene como principal productor y consumidor, se tuvo un incremento del 32.5% del 2010- 2015, con una producción en 2016 de 296,000 toneladas, entre especies comerciales (highbush) y silvestres (lowbush), con un valor comercial de US\$720 millones (USDA, 2016). En los últimos 10 años, el consumo per cápita de arándanos aumentó en casi un 200% acercándose este a los 800 gr/habitante, siendo el segundo berry en importancia económica del país Norte Americano (Armando, 2016).

Antes de que los conquistadores llegaran al Nuevo Mundo, los nativos de Norte América consumían estos frutos silvestres en su dieta habitual (Kloet, 1988). El primer híbrido de arándano tuvo lugar en 1908 gracias a la investigación pionera de F. V. Coville y Elizabeth White, quienes tras un cruzamiento y selección de progenies, lograron adaptar el cultivo a distintas condiciones ambientales (Kloet, 1988).

Por su alta demanda y perspectiva de crecimiento, el mercado se ha propuesto lograr el abastecimiento de esta berry durante todo el año para satisfacer la demanda de los principales consumidores: Estados Unidos, Europa y Asia (Armando, 2016)

La producción de arándanos se ha expandido hacia áreas no tradicionales de bajas latitudes, logrando tener una expansión a países como China, Japón, Chile, Nueva Zelanda, Argentina, México, Perú, entre otros más (Bascopé, 2013).

Los diversos grupos de arándano azul son: rabbiteye, lowbush, half high , southern highbush y northern highbush (Kloet, 1988).

Este estudio establecerá la distribución de áreas de producción apropiadas en el Estado de Aguascalientes, que cumplen con las condiciones climáticas apropiadas para la producción y reproducción del cultivo de arándano y se propondrá un protocolo para el buen manejo nutricional de acuerdo a la etapa fenológica de la planta durante el desarrollo y crecimiento del cultivo.

1.2 Botánica

La variedad *Biloxi* es un híbrido basado en la especie *Vaccinium corymbosum*, es conocido como una variedad del grupo southern highbush porque tiene un bajo requerimiento de horas frío que van alrededor de las 150 horas frío (Saucedo y Jeanpierre, 2018).

Es una planta de hábito de crecimiento semi erguido, y muy abundante producción de frutos de tamaño mediano, forma redonda y muy firme (Pierron, 2020).

La siguiente descripción del cultivo de arándano azul para la variedad “Biloxi” se basó en la observación de especímenes cultivados en Gainesville, Florida, USA. Se evaluó y registró el desarrollo fenológico durante el ciclo anual completo reportando las características fenológicas presentadas durante las distintas etapas productivas de la planta de arándano azul en condiciones de cultivo en suelo y a cielo abierto (Lyrene,1998 ;Kloet, 1988).

Cuadro 1. Descripción botánica de arándano azul variedad Biloxi.

| Característica | Descripción botánica |
|--------------------------------|---|
| 1.2.1 Arbusto | <p>El arbusto es de tamaño mediano, puede alcanzar una altura de 1.2 a 1.8 m, con una anchura de base de 0.4 a 0.6 m y una anchura de arbusto superior de 1.0 a 1.2 m. El comportamiento de crecimiento es moderadamente vertical con tallos dispersos en la base.</p> <p>La productividad en general es moderada con un rendimiento de 1 a 2 kg en plantas de 3 años. El número de yemas y flores está debajo del promedio para la clasificación de southern highbush, lo que reduce el exceso de fruta y beneficia el desarrollo individual de los frutos.</p> <p>Posee una resistencia a enfermedades intermedia para <i>Phytophthora</i> en raíz y <i>Botryosphaeria</i> en el tallo (tizón). Mientras que el rango de adaptación para su producción requiere 150 a 200 horas de temperaturas menores o iguales a 7°C para inducir follaje y floración durante el verano con un pH ideal para producción entre 4.4 y 5.5.</p> |
| 1.2.2 Raíces | <p>Posee un sistema radicular superficial fino y fibroso, con ausencia de pelos absorbentes que facilita la absorción de nitrógeno, agua y minerales. Su estructura es fibrosa, fina y están asociadas con micorrizas en simbiosis para favorecer la longitud de la raíz, se concentran en un 80% a 50cm de profundidad del suelo. Se recomienda cultivar en suelos sueltos y bien drenados, con alto contenido de materia orgánica (3 a 5 %) y pH ácido entre 4.5 y 5.5.</p> |
| 1.2.3 Tallos | <p>En plantas de 3 años o más es de 1.5 a 2 cm de diámetro. En plantas de 2 años son de 0.6 a 0.8 cm. La textura de corteza en tallos maduros es áspera y en tallos jóvenes suave.</p> |
| 1.2.4 Hojas | <p>El tamaño es mediano, con una longitud de 1 a 8 cm, anchura 2.5 a 4.5 cm. Con una estructura ovaladas o lanceolada y de color verde pálido a intenso con nervaduras pequeñas de color rojizo (Carvajal, 2015).</p> |
| 1.2.5 Yemas vegetativas | <p>Para su reproducción las yemas se generan rápida y simultáneamente ubicadas en el sector medio basal, son de tamaño pequeño con una longitud de 0.4 cm aproximadamente.</p> |

1.2.6 Flores La estructura se compone de una corola conformada de 5 pétalos, 5 sépalos, de 8 a 10 estambres y 1 estilo inmersos en un ovario ínfero. Posee un color blanco o rosado, de tamaño mediano con una longitud promedio de 1.2 cm de pedicelo a corola y una longitud promedio de corola 1.0 cm. La forma de la corola es acampanada y la inflorescencia de crecimiento es de tipo racimo, con el pedúnculo adherido al brote donde a lo largo las flores forman la distribución de frutos sostenidos por un mismo tallo.

1.2.7 Fruto La longitud promedio es de 1.4 cm con 1.8 cm de ancho, con un peso de 1.6 g por fruto, de color Violeta- Azul, y posee una apariencia con un recubrimiento suave blanco nebuloso sobre la epidermis del fruto llamado cera o “bloom”, que funciona como mecanismo de defensa contra la luz solar y mantiene una mayor vida de anaquel del fruto.

1.3 Clasificación y variedades comerciales

Las diversas variedades de arándano cultivadas hoy en día, han sido obtenidas a partir de la manipulación de las distintas especies en el mundo, estas se han clasificado de acuerdo al tamaño de arbusto, hábitos de crecimiento y desarrollo, así como también por sus requerimientos de horas frío (Moore, 1993).

1.3.1 Silvestres de Norteamérica

Pertenecientes a la especie *Vaccinium angustifolium* y *V. myrtilloides.*, estos son arbustos de 30-45 cm de altura, conocidos también como “lowbush blueberry”. Se distribuyen en una superficie de más de 60.000 ha en el este de América del Norte (García, *et al.*, 2013). Su crecimiento es rizomatoso con frutos de calibre pequeño con un sabor semidulce (Gordó, 2011) Para su desarrollo regular tienen un requerimiento de horas frío alto, necesitando al menos 1000 horas de exposición a temperaturas bajas (menores a 7° C) llegando a tolerar hasta -35°C. El mejoramiento genético se ha dado en estos arbustos creando nuevas variedades (Retamales y Hancock, 2018).

1.3.2 Arbustos altos del norte

Son el grupo más cultivado en el mundo, con más de 100 variedades desarrolladas a partir de las especies *V. corymbosum* y *V. australe*, con una altura entre 1.5–7 m. (Pérez Torres, 2017). También conocidos como “northern highbush”, y normalmente plantados en latitudes mayores a los 45 grados, estos arbustos tienen una adaptabilidad alta con requerimientos de temperatura que van desde las 650 a las 1,200 horas frío, tolerando temperaturas inferiores a los -20°C, necesarias para inducción de la floración después de la dormancia (Retamales y Hancock, 2018). Algunas variedades comerciales son: Aurora, Elliott, Toro, Ozarkblue, Duke y Bluecrop (Williamson y Lyrene, 2004).

1.3.3 Ojo de conejo

También conocido como “Rabbiteye” este grupo pertenece a la especie *V. ashei*, los cuales son arbustos de gran tamaño y apariencia vigorosa que pueden llegar a alcanzar una altura de 5-6m (Gordó, 2011). Pueden soportar pH de suelos más altos, temperaturas más elevadas respecto a los otros grupos, son tolerantes a condiciones de sequía y sus requerimientos de temperatura van de 350 a 600 horas frío (Retamales y Hancock, 2018). Se cultivan principalmente en Georgia y Florida, donde algunas de las variedades de este grupo son Climax, Premier, Tifblue y Alapha (Gómez M., 2010).

1.3.4 Arbustos altos del sur

Cultivados principalmente en zonas de latitudes bajas que van desde 28 a 35 °C donde los inviernos no bajan de -7°C y adaptados a climas templados, estas variedades requieren de entre 200 a 600 horas frío (González y Gloria, 2014). Las variedades más comerciales que tienen un periodo de cosecha extendido son: O’Neal, Biloxi, Emerald, Jewel, Misty, Sharpblue y Star (González y Gloria, 2014)

1.3.5 Arbustos de altura media

Conocidas también como “Intermediate highbush” y obtenidas a partir de las cruces entre *V. corymbosum* y *V. angustifolium*, son variedades que no sobrepasan 1.5 m de altura y sus requerimientos de temperatura van por debajo de las 550 horas frío (Retamales y Hancock, 2018). Se plantan principalmente en latitudes de 35 a 40 grados donde sobreviven debido a la ausencia de inviernos extremos (Mesa Torres, 2015). Algunas variedades son: Friendship, Northblue, Sunrise y Chippewa que se distribuyen principalmente en el sur de Estados Unidos de América, como California, así como también en zona centro de Chile, Sur de Europa, norte de España y sur de Francia. (Pérez, 2017).

1.4 Cultivo comercial en México

En México el arándano es de reciente introducción en la cadena agroalimentaria donde su consumo y producción se dio por primera vez en 1996, y en la última década ha crecido un 800% su producción debido a la alta demanda de Norte América, Asia y Europa (Pérez C., 2018).

En 2017, la producción mundial de arándano fue de 596,814 toneladas, y los 10 principales productores fueron: Estados Unidos (236,621 toneladas), Canadá (160,246 toneladas), Perú (52,301 toneladas), México (36,700 toneladas), España (35,355 toneladas), Polonia (16,346 toneladas), Alemania (13,805), Portugal (9,840 toneladas), Francia (8,916 toneladas) y Holanda (8,729 toneladas) (FAO, 2017). México ocupa el cuarto lugar a nivel internacional en producción de arándano con una tasa promedio de crecimiento anual del 15.45% de 2013-2017 (FAO, 2017).

De acuerdo a la estadística de producción agrícola del 2017 (SIAP, 2017), la producción nacional de arándano se distribuye en los estados de Jalisco (39%, 1,577 ha), Michoacán (24%, 682 ha), Sinaloa (17%, 450 ha), Colima (7%, 235 ha) y Baja California (9%, 220 ha), entidades que conjuntamente aportan el 96%, mientras que los estados de Sonora,

Guanajuato, Puebla, y México participan con el 4% restante. Cabe destacar que Sinaloa en 2017 obtuvo el mayor rendimiento de cosecha alcanzando las 13.6 t/ha (SIAP, 2017).

Un importante porcentaje de la producción mexicana se da por alianzas comerciales y contratos estipulados por empresas como: Agroberries, Hortifrut, Driscoll's y North Bay Produce, entre otras (Pérez, 2018).

La variedad de arándano "Biloxi" es la más cultivada en México y es reconocida por su crecimiento erecto, vigoroso, precocidad y alta productividad, además por sus frutos de calibres medianos, de buen color, sabor y firmeza (González & Gloria, 2014)

1.5 Manejo del cultivo

1.5.1 Uso y requerimientos de sustrato

La reproducción de plantas de alta calidad en maceta, requiere comprensión del ambiente único encontrado bajo las propiedades físicas y químicas del sustrato en el que se encuentra (Cabrera, 1999). Los sustratos pueden ser de tipo orgánico o inorgánico, y se definen como cualquier material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o mezclada permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando un soporte para la planta, interviniendo o no, en la nutrición vegetal (Abad, Noguera, y Carrión, 2004).

Las plantas que crecen en sustrato se exponen a ambientes más estresantes y cambios constantes comparadas con las que crecen en campo, facilitando la reducción del control de plagas y enfermedades de la raíz (Bowman y Paul, 1983). Los sustratos son utilizados para la absorción de aire, agua y nutrientes en plena actividad de crecimiento (Cabrera, 1999).

El espacio poroso total, la capacidad de aireación, capacidad de retención de agua, densidad aparente y densidad real con las propiedades físicas de los sustratos (Baixauli y Aguilar, 2002). La capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), disponibilidad de los nutrientes, salinidad, pH y relación carbono(C) /nitrógeno (N) son las propiedades químicas de los sustratos (Cruz et al., 2013). Para los abonos orgánicos las propiedades necesarias son: la velocidad de descomposición, la actividad reguladora del crecimiento y la fitosanidad (Baixauli y Aguilar, 2002)

1.5.2 Selección y propagación

La propagación de esta especie se puede lograr por semillas, por hijuelos, enraizamiento de estacas o propagación in vitro (Muñoz, 1988). Se recomienda adquirir plantas sanas, vigorosas y certificadas de libres de patógenos (Gough y Shutak, 1982). La técnica de estacas es la más utilizada, estas pueden ser de cañas o varetas enraizadas de un año o de hasta de cinco años de edad, y requieren trasplantarse rápidamente para evitar la deshidratación del material. (Gómez, 2010).

1.5.3 Plantación

La plantación depende de las condiciones locales y preferencias personales (Trehane, 2004). Se debe instalar el riego previo al establecimiento de las plantas; líneas de goteo (0.9 mm a 30 cm de distancia), caudal de 1.6 o 2.2 L/h con goteros a 50 o 100cm (López Ubeda, Beer, y Raudan, 2016). Las plantas jóvenes pueden ser colocadas sobre camas con cobertura orgánica de corteza de pino o bolsas con mezcla de sustratos de vermiculita y peat moss, con profundidad de 60cm, para crecimiento de raíz, regular temperatura de suelo, controlar malezas, proteger daños mecánicos, aumentar la macroporosidad, mantener materia orgánica y asegurar irrigación nutricional (Gómez, 2010).

1.5.4 Fertilización e irrigación

El agua de riego con agregado de solución nutritiva (NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} (promotores de eutrofización) es uno de los principales factores que determina el crecimiento y producción final del cultivo de arándano, debido al tipo de sistema radical, una planta madura requiere anualmente aproximadamente 102 cm de agua (Zárate, Santiago, y Gutiérrez, 2017). El periodo más crítico para la irrigación es durante la etapa de amarre de fruto hasta el término de la cosecha, mientras continúe el desarrollo de hojas y la temperatura de suelo y vientos aumenten es requerido un volumen de 2.5 a 3 cm de agua a la semana por planta, la frecuencia depende del clima, tipo de suelo y tipo de arándano (Williamson y Lyrene, 2004). En plantaciones adultas la mayor necesidad de agua se concentra en la época de maduración y engrosamiento del fruto (de Junio a Septiembre) (Huayhua Solórzano, 2016). Las ventajas de la fertirrigación son: mejora la adaptación de la cantidad de concentración de cada elemento nutritivo para la demanda según etapa fenológica, favorece asimilación de fósforo (P) y potasio (K), la aplicación de abonos evita formación excesiva de sales y pérdidas por lixiviación, se aumenta la eficiencia del uso de agua y abonos (aplicación conjunta de agua y fertilizantes) y reduce mano de obra debido a la automatización (Rivadeneira, 2012).

1.5.5 Cosecha

Los frutos del arándano tienen un crecimiento cíclico: un primer periodo es el de crecimiento del pericarpio (parte que rodea la semilla) que aparece a los 29 días después de la fecundación; un crecimiento ralentizado del pericarpio, con un rápido desarrollo de embrión de 5 a 56 días; y por último ocurre un desarrollo acelerado del epicarpio que continúa hasta la madurez (Huayhua Solórzano, 2016). La maduración del fruto se da un mes o mes y medio después de haber florecido (Williamson & Lyrene, 2004). EL periodo de cosecha dura de seis a ocho semanas, dependiendo de la variedad (Otto, 1995). La cosecha de arándano en México va de Marzo a Mayo (Bañados, Uribe y Donnay, 2009). Los frutos listos para cosecharse presentan un color azul-violeta (alto contenido de azúcar) y son fáciles de pizcar, aquellos que presentan un anillo rosa o rojo cerca del pedúnculo, no están totalmente maduros y son difíciles de cosechar (Otto, 1995). Una vez cosechada la fruta se almacena a 0°C y 90% HR para su traslado y comercialización (Figuroa, Guerrero, y Bensch, 2010).

1.5.6 Poda

La poda es una práctica necesaria en el cultivo de arándano, ya que ayuda a mantener el equilibrio entre el crecimiento vegetativo (crecimiento anual de brotes) y la producción de la fruta (calidad), y debe realizarse durante el periodo de letargo de la planta (invernal) (Bañados, 2005). Para los primeros dos años desde la plantación se busca eliminar los crecimientos débiles desde la base y dejar los vigorosos, eliminando también yemas florales, en plantas adultas, se buscará eliminar de base a media altura, cañas débiles improductivas o mal ubicadas (Bañados, 2005). El tamaño de fruto mejora significativamente con la poda, independientemente del momento de realización o de la intensidad (Pescie, Borda, Fedyszak y López, 2011). Existen dos tipos de poda: despunte y aclareo, en la primera técnica se eliminan brotes, incluyendo yemas apicales y se estimula la brotación de yemas laterales a lo largo del brote, este tipo de poda se usa para redistribuir el crecimiento de la planta y controlar la altura; la segunda técnica, se busca eliminar brotes desde el origen, removiendo madera muerta y rejuveneciendo plantas, esta poda tiene un efecto en la forma y tamaño de planta (Gómez M., 2010).

1.5.7 Poscosecha

La poscosecha de la fruta se caracteriza por los aspectos estéticos como textura (firmeza, turgencia y jugosidad) y la apariencia (color, frescura ausencia de pudrición o desórdenes fisiológicos) (Figuerola et al., 2010). La calidad de la fruta depende principalmente de los valores nutricionales y organolépticos, que determinan de modo importante el consumo de frutos (Pelayo, Ebeler, y Kader, 2003). Los factores que pueden afectar la capacidad antioxidante incluyen la madurez en la cosecha, periodo de madurez, diferencias genéticas, condiciones ambientales durante la poscosecha, almacenamiento y procesamiento de la fruta (Connor, Luby, Hancock, Berkheimer, y Hanson, 2002). El uso de sistema en macrotúnel marca diferencias en las características físico-químicas relacionadas con la calidad del arándano, sin embargo los factores genéticos son los principales determinantes en estas variaciones (Gómez M., 2010).

1.5.8 Plagas

Los pájaros son la plaga más importante para el cultivo de arándano, ya que se comen los frutos (Trehane, 2004). En Estados Unidos de Norteamérica, las especies de insectos que pueden requerir inspección fitosanitaria son de un 30-50% lepidópteros (Molina, 1998). Algunos insectos reducen la producción o calidad del fruto que disminuye su valor, como la larva depositado por la mosca *Rhagoletis mendax curran* debajo de la epidermis del fruto en desarrollo, que se alimenta del fruto (Ratnaparkhe, 2007).

Las enfermedades más frecuentes en el cultivo de arándano son: *Botrytis cinerea* (moho gris en flor, ataca flores en periodos de lluvia o días nublados durante floración), *Phytophthora cinnamoni* (pudrición de raíz por exceso de agua y temperatura alta en suelo), *Botryosphaeria dothidea* o *mildu* (decoloración al interior y tejido necrótico) y *Pucciniastrum vaccini* (hojas

con manchas amarillas provocando muerte y caída en etapa severa).(Williamson & Lyrene, 2004)

Los desbalances nutricionales en el arándano tienen relación a las características físico-químicas del suelo en el que se encuentran, presentándose problemas productivos como toxicidades y salinidad, por tal motivo se recomienda disponer de un buen diagnóstico del nivel nutricional del suelo y del agua de riego (Tasi y Schulz, 2008).

1.6 Síntomas de deficiencias y excesos nutricionales

1.6.1 Nitrógeno

La deficiencia de nitrógeno (N) en el cultivo de arándano limita el crecimiento de la planta, induce pocos brotes, presenta solo un flujo de crecimiento, caída prematura de hojas y el color de la planta es verde pálido (clorosis uniforme). El exceso de N, provoca brotes vigoroso, hojas verde oscuro, menor rendimiento de frutas y calibre de bayas con llenado tardío. Se recomienda mantener un nivel moderado de N entre 80 y 110mg/100 gr de fruto fresco. La deficiencia de fosfato (P) se presenta por el crecimiento achaparrado de la planta y porque las hojas y los tallos presentan un color verde oscuro o púrpura (Opazo y Domingo, 2006) (Catalán, *et al.*, 2016).

1.6.2 Fósforo

El exceso de fosfato puede causar inhibición de absorción de Zn y Fe, generando deficiencia de Zinc y clorosis férrica por falta de hierro. Se recomienda una dosis promedio sobre 20ppm y no pasar de 100ppm. La deficiencia de potasio (K) causa muerte de ápices de ramillas, las hojas desarrollan puntos necróticos y quemados, provoca clorosis intervenal como en deficiencia de hierro y la fruta es de menor calibre, acuosa y de menor vida de poscosecha (Barrionuevo, Carrasco, Cravero, y Ramón, 2011) (Opazo y Domingo, 2006).

1.6.3 Potasio

El exceso de potasio puede generar disminución de la entrada de Mg y Ca. Su administración debe llevar una relación 1:4 K₂O-MgO. La falta de Azufre (S) genera una planta pequeña de color amarillento que comienza en las hojas nuevas y no por las adultas como el nitrógeno (Pannunzio y Texeira, 2008) (Opazo Domingo, 2006).

1.6.4 Magnesio

La deficiencia de Mg provoca amarillamiento y enrojecimiento entre las venas de las hojas, mientras que el tejido adyacente a las venas principales permanece verde. La toxicidad del Mg no ha sido reportada, y su dosis normal es de 30-40 unidades/ha/año (Opazo y Domingo, 2006).

1.6.5 Calcio

La deficiencia de calcio (Ca) genera una alta evapotranspiración en las hojas dejando a la fruta con poca disponibilidad de nutrientes. Se debe mantener una relación entre la cantidad de Ca y Boro (Br), ya que este último hace activo al calcio que se aplica, siendo la dosis sobre 10 a 12 mg total por 100gr de fruto fresco. La toxicidad de Ca no ha sido reportada, sin

embargo su excedente en suelo puede causar desordenes con otros iones como el Mg (Jiménez B. & Abdelnour E., 2013) (Opazo & Domingo, 2006)

1.6.6 Azufre

La falta de azufre (S) desarrolla plantas más pequeñas, la cual se torna de color amarillo como la deficiencia de N, pero comienza por las hojas nuevas, no por las adultas como en el nitrógeno, esto debido a que la movilidad interna del azufre es menor a la del nitrógeno (Opazo & Domingo, 2006).

1.7 Deficiencia y toxicidad de micronutrientes

1.7.1 Hierro

Los síntomas de deficiencia de Hierro (Fe) son frecuentes en el arándano en suelos y aguas de pH >7. La apariencia se ubica en la zona apical de la rama, que se caracteriza por un color amarillo o un color rosado inicial (clorosis férrica), resultado de la presencia de carbonatos en el suelo y agua. La toxicidad del Fe aún no es reportada (Zapata et al., 2014) (Opazo y Domingo, 2006).

1.7.2 Zinc

El problema se presenta principalmente en el crecimiento de hojas, ramillas y frutos, generando crecimientos anormales (disparejos), con hojas arrocetadas, chicas, entrenudos cortos, fruta chica y dispar. Su disponibilidad se afecta frente a altos niveles de fosfato, sobre 40-50 ppm. Excesos de Zn solo se podría presentar en aplicaciones foliares mal realizadas como daño en la piel por efecto caustico de la solución mal aplicada (Crisóstomo et al., 2014)(Paita Ponce, 2017) (Opazo y Domingo, 2006).

1.7.3 Manganeso

EL déficit se presenta con clorosis intervenal y muerte de ramillas en algunos casos. La deficiencia ocurre solo cuando en pH es muy alto (<7). La toxicidad puede estar asociada al menor crecimiento radicular, sin embargo no hay estudios completos (Opazo y Domingo, 2006).

1.7.4 Cobre

La sintomatología presenta hojas cloróticas y pequeñas, que finalmente mueren, en hojas adultas se presentan quemaduras irregulares, similares a las de potasio. Aplicaciones vía riego de 150-200 g/ha de sulfato de cobre reduce la deficiencia. La toxicidad por cobre se da sobre 150-200 ppm en el suelo, produciendo daños en raíces frutales y una mala absorción de nutrientes y agua (Opazo y Domingo, 2006).

1.7.5 Boro

No es frecuente en el arándano, pero puede presentarse con síntomas y muerte de brotes terminales, las hojas cercanas desarrollan clorosis moteada y acucharamiento, flores y yemas pueden abortar cuando la deficiencia es severa. La fruta deficiente tiene concentraciones menores a 0.4 mg/100 g de peso de fruto fresco. La toxicidad es posible encontrarla en suelos y aguas con contenidos mayores a 2ppm (Opazo y Domingo, 2006).

1.7.6 Cloro

No es común el déficit, sin embargo puede presentarse con un menor turgor foliar. La toxicidad produce amurallamiento en los ápices de la hoja, haciendo que estas caigan y tengan un crecimiento restringido. La toxicidad se presenta a partir 100ppm en suelo, a nivel foliar de 0.4 a 1% (Paita Ponce, 2017)(Opazo & Domingo, 2006).

1.8 Nutrición

1.8.1 Función de macroelementos de importancia

1.8.1.1 Nitrógeno

La forma absorbida es NH_4^+ , NO_3^- . Ayuda a la formación de enzimas, aminoácidos, proteínas y clorofila. Estimula producción y crecimiento vegetativo. La enzima nitrato reductasa encargada de transformar el nitrato en amina (NH_2^+) dentro de la planta, tiene baja actividad, por lo que predomina la absorción de amonio en la nutrición del cultivo (Opazo y Domingo, 2006) (Catalán Morales, Hirzel Campos, y Beyá Marshall, 2016).

1.8.1.2 Fósforo

La forma asimilada es $\text{HPO}_4=$ y H_2PO_4^- . Está presente en la formación y transferencia de energía, colabora en el crecimiento meristemático en la planta completa, particularmente en raíces, aporta energía en los proceso metabólicos: brotación, floración, cuajado, formación de semillas, crecimiento y llenado de frutos (Barrionuevo, Carrasco, Cravero, y Ramón, 2011) (Opazo y Domingo, 2006).

1.8.1.3 Potasio

La forma absorbida es K^+ . Es el segundo elemento que más se acumula en los tejidos. Sus funciones principales son: regulación osmótica, activación enzimática y transporte de azúcares al fruto (Pannunzio y Texeira, 2008) (Opazo Domingo, 2006).

1.8.1.4 Azufre

Se absorbe como $\text{SO}_4=$. Es parte de los aminoácidos azufrados y es parte fundamental de los haces vasculares (xilema y floema), colabora con la distribución y utilización de nitrógeno, y la producción de aminoácidos azufrados, también colabora en el transporte de agua, azúcares y nutrientes (Opazo y Domingo, 2006).

1.8.1.5 Magnesio

La forma absorbida es Mg^{++} . Tiene dos funciones: Participa en la estructura de ribosomas, donde se transforma el nitrógeno amínico (NH_2^+) proveniente de la absorción de N, en proteína. Si existe déficit, disminuye la actividad ribosomal y se acumula nitrógeno no proteico que causa desórdenes fisiológicos en la planta.

Su segunda aportación es porque forma parte estructural de la clorofila, lugar donde se elaboran los azúcares, que luego son transportados por el potasio a los puntos de crecimiento; hojas, raíces, ramas y fruta (Opazo & Domingo, 2006).

1.8.1.6 Calcio

La forma absorbida es Ca^{++} . Su tarea consiste en la formación de pectatos de calcio, que son compuestos químicos que conforman la pared celular de todas las células de la planta. Su presencia está relacionada a la unión de células entre si, elongación y división celular, donde

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

junto con el fosfato y al boro colaboran directamente en la firmeza y elasticidad de los tejidos del frutal, que a su vez se relaciona con la capacidad de la fruta para mantener firmeza, resistencia a hongos y mayor vida de anaquel (aparición de capa cerosa) (Jiménez B. & Abdelnour E., 2013) (Opazo & Domingo, 2006).

1.9 Función de microelementos de importancia

1.9.1 Hierro

Forma absorbida Fe^{++} , Fe^{+++} y forma activa Fe^{++} . Es útil para la promoción de la síntesis de clorofila, está relacionado a la síntesis y transferencia de electrones en reacciones redox. Forma parte estructural de sustancias en la reducción de O_2 y de agua dentro de la planta. Es parte del sistema enzimático de la respiración como parte de los citocromos, hemes, hematina, ferricromo, hemoglobina y leghemoglobina. Forma parte de la síntesis de proteínas y proteínas hemosulfuradas. El 75% del hierro total de las células está asociado a los cloroplastos, y el 90% del hierro en hojas, está asociado a las lipoproteínas de los cloroplastos y membranas mitocondriales (Zapata et al., 2014) (Opazo y Domingo, 2006).

1.9.2 Zinc

Su forma absorbida es Zn^{++} . Es componente de complejos enzimáticos, participa en la transferencia de electrones y en la construcción y degradación de la proteína, promotor del triptófano y este de las auxinas (ácido indol acético y ácido indol butírico). Las auxinas son fitohormonas que estimulan el crecimiento de tallos, ramillas, hojas, flores, frutos y raíz, son sintetizadas en el follaje (Crisóstomo et al., 2014)(Paita Ponce, 2017) (Opazo y Domingo, 2006).

1.9.3 Manganeso

La forma absorbida es Mn^{++} . Actúa en la evolución del O_2 en la fotosíntesis activa como componente de enzimas. Se localiza en los cloroplastos y está presente en el transporte de electrones dentro de la planta. Es componente de metalproteínas, participa en el ciclo de ácido cítrico, respiración celular y el metabolismo del nitrógeno (Opazo y Domingo, 2006).

1.9.4 Cobre

La forma absorbida es Cu^{++} . Es un activador enzimático, participa en la síntesis de proteínas, formación de clorofila y metabolismo del nitrógeno, es de baja movilidad (Opazo y Domingo, 2006).

1.9.5 Boro

Su forma absorbida es BO_3^- y HBO_3^- . Tiene relación con la formación del tubo polínico, por lo que colabora en la fecundación y cuaja del fruto. Actúa en el desarrollo de nuevas células en tejidos meristemáticos. Colabora con el potasio y nitrógeno en el transporte de los azúcares de la planta (llenado de fruta). Ayuda a la utilización de calcio en la planta (Opazo y Domingo, 2006).

1.9.6 Cloro

Forma absorbida Cl⁻. No forma estructuras en la planta y su tarea está asociada a la regulación osmótica, turgor de las hojas y neutralización de cationes. También es agente depresor en enfermedades fungosas radicales y foliares (Paíta Ponce, 2017)(Opazo & Domingo, 2006).

1.10 Polinización

El fruto necesita de la polinización para mejorar el peso y tamaño del fruto. Los polinizadores más usados son las abejas (*Apis mellifera*) colocadas en colmenas a razón de 6 a 10 por ha, cuando las flores tienen de 5 a 10% de apertura. También el uso de abejorros del género *Bombus* se utilizan a razón 10 por ha, cuya ventaja es su resistencia a bajas temperaturas, lluvias y vientos (Nates y Parra, 2005).

1.11 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo del arándano azul (*Vaccinium spp*) es una de las berries de mayor importancia comercial actualmente. Principalmente cultivada en Estados Unidos y Canadá, con una distribución que se ha expandido hacia Europa, Australia, Chile y Nueva Zelanda (Prodorutti, Pertot, Giongo, y Gessler, n.d.). A nivel mundial la superficie ha aumentado 15,000 hectáreas aproximadamente en tan solo 4 años (de 2010 a 2014) (FAO, 2017).

La producción de esta baya así como su adaptabilidad a nuevas condiciones edafoclimáticas es de gran interés para la agricultura moderna, debido al incremento en la demanda del consumidor por este tipo de comida saludable rica en antioxidantes (Pérez Cruz, 2018).

En México, la realidad de la industria de la producción del arándano (*Vaccinium spp*) se define como relativamente nueva, sin embargo, se está mejorando activamente para colocarse de manera importante dentro de la producción a nivel mundial. En muchas regiones del país el cultivo ya se encuentra adaptado bajo condiciones establecidas y previamente analizadas, sin embargo se continúa experimentando para identificar las ventajas comparativas, descriptivas y competitivas que se obtienen de la producción de este cultivo a nivel nacional (Bascopé J, 2013)

La posibilidad de producción y adaptabilidad del arándano (*Vaccinium spp*) como cultivo alternativo en el Estado de Aguascalientes puede otorgar grandes beneficios para lograr posicionarlo de manera efectiva dentro de la sociedad y el mercado, aportando información para su manejo agronómico dentro de reconversión productiva que actualmente promueve el estado (Dávalos, 2020).

1.12 ORIGEN EVOLUCIÓN Y ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

Los 5 principales cultivos tradicionales del estado de Aguascalientes, de acuerdo al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) del 2017 son: maíz forrajero, alfalfa, guayaba, avena forrajera y lechuga. Esta producción tiene un valor para la entidad de 3,208 millones de pesos, teniendo un 0.6% del porcentaje de producción nacional, en el que ocupa el lugar número 30.

Por otro lado, el volumen de la producción anual estatal agrícola en el estado de Aguascalientes es de 2,756,237 toneladas, que incluye otros cultivos como trigo, soya, sorgo, papa, frijol, chile verde, chile seco, tomate, ajo, uva y guayaba. Los cultivos tradicionales representan el 79% de la producción total del estado (SIAP, 2017).

La inclusión al sector agrícola de cultivos alternativos para una determinada región, que se adapten a condiciones de producción locales, que tengan una mayor rentabilidad y que generen un mayor ingreso son una gran oportunidad de negocio en la agricultura actual (Gómez, 2010).

1.13 CONDICIONES LOCALES QUE PERMITEN ABORDAR EL PROBLEMA

Actualmente existen programas de mejora productiva del campo por parte de gobierno estatal y federal, que incentivan la diversificación de cultivos, así como la expansión y tecnificación de los cultivos actuales para mejora económica del país y del estado de Aguascalientes.

La Inclusión de cultivos alternativos a los tradicionales como es el caso del arándano, permitirá expandir las áreas de oportunidad para los productores desde aun aspecto general, hasta una situación progresista, puesto que se podrá mejorar el ingreso al productor, la generación de empleos para el sector primario, y el ingreso económico al Estado de Aguascalientes (Ramírez, 2020).

1.14 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

El manejo nutricional, las condiciones agroclimáticas y la identificación de plagas utilizadas y registradas en el sitio experimental, si influyen en una mayor producción de arándano azul (*Vaccinium corymbosum*) en el estado de Aguascalientes.

1.15 OBJETIVOS

1.15.1 OBJETIVOS GENERAL

Identificar los requerimientos nutricionales, condiciones climáticas apropiadas para el cultivo del arándano azul (*Vaccinium corymbosum*) en el estado de Aguascalientes.

1.15.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el manejo nutricional para el cultivo de arándano en las distintas etapas fenológicas en el Estado de Aguascalientes.
- Determinar las condiciones climáticas para la producción del cultivo de arándano azul.

1.16 LITERATURA CITADA

Abad, M., Noguera, P., & Carrión, C. (2004). Los sustratos en los cultivos sin suelo en «Tratado de cultivo sin suelo». *Coord. Mundi-Prensa* Madrid.

Armando R., C. (2016). *El arándano en el Perú y el mundo, Producción, Comercio y Perspectivas*. Perú. Retrieved from http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia_plantas/f01-cultivo/el_arandano.pdf

Baldomero, Z. N., Pérez, L. E. G., y Gerardo, A. G. M. (2016) Efecto De Las Densidades De Plantación En El Cultivo Del Arándano (*Vaccinium Corymbosum* L.) En La Sierra Norte De Oaxaca. *Gestión de la Innovación como agente determinante del cambio.*, 692.

Baixauli Soria, C., & Aguilar Oliver, J. M. (2002). Cultivo sin suelo de hortalizas, 15–20.

Bañados, P. (2005). Claves para la poda de arándanos.

Barrionuevo, M. R., Carrasco, J. M., Cravero, B. A., & Ramón, A. N. (2011). Formulación de un helado dietético sabor arándano con características prebióticas. *Diaeta (B. Aires)*, 29(134), 23–28.

Bascopé J, A. (2013). *Realidad productiva del arándano en EE.UU. y México*. Retrieved from <http://www.agrimundo.gob.cl/wp-content/uploads/Informe-ArandanoVF21012013.pdf>

Bowman, D. C., & Paul, J. L. (1983). Understanding of container media vital knowledge for growing successful plants. *Pacific Coast Nurseryman and Garden Supply Dealer. March Issue*.

Cabrera, R. I. (1999). Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5(1), 5–11.

Catalán Morales, C. F., Hirzel Campos, J. F., & Beyá Marshall, V. (2016). Efecto de diferentes fertilizantes nitrogenados orgánicos aplicados a través de dos modalidades sobre parámetros productivos y nutricionales de arándano variedad aurora. Universidad de Talca (Chile). Escuela de Agronomía.

Connor, A. M., Luby, J. J., Hancock, J. F., Berkheimer, S., & Hanson, E. J. (2002). Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(4), 893–898.

Crisóstomo Crisóstomo, M. N., Hernández Rodríguez, O. A., López Medina, J., Manjarrez-Domínguez, C., & Pinedo-Alvárez, A. (2014). Relaciones amonio/nitrato en soluciones nutritivas ácidas y alcalinas para arándano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(3), 525–532.

Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Sandoval-Villa, M., Bugarin-Montoya, R., Robles-Bermudez, A., & Juarez-Lopez, P. (2013). Sustratos en la horticultura.

Tomás Dávalos. (2020). Avanza la producción de arándano, apuesta agrícola en Aguascalientes. *El sol del centro*, 1.

Ehlenfeldt, M. K., & Prior, R. L. (2001). Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) and Phenolic and Anthocyanin Concentrations in Fruit and Leaf Tissues of Highbush Blueberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(5), 2222–2227. <https://doi.org/10.1021/jf0013656>

FAO. (2017). Crop statistics are recorded for 173 products, covering the following categories: Crops. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

Figueroa, D., Guerrero, J., & Bensch, E. (2010). Efecto de momento de cosecha y permanencia en huerto sobre la calidad en poscosecha de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.), cvs. Berkeley, Brigitta y Elliott durante la temporada 2005-2006. *Idesia (Arica)*, 28(1), 79–84.

García Rubio, J. (2010). Requerimientos edafo-climáticos del arándano. Retrieved from <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=5224>

García, J. C., García, G., & Ciordia, M. (2013). Situación actual del cultivo del arándano en el mundo. *Tecnología Agroalimentaria. Boletín Informativo Del SERIDA*, 5–8. <https://doi.org/1135-6030>

Gómez M., M. G. (2010). *La poda en la productividad del arándano (Vaccinium spp.) en Michoacán*. Universidad de Chapingo.

González, A., & Gloria, C. (2014). Variedades de arándanos. In *Manual de manejo agronómico del arándano* (pp. 11–17).

Gordó, M. (2011). Guía práctica para el cultivo de Arándanos en la zona norte de la provincia de Buenos Aires, 15. Retrieved from <https://inta.gob.ar/documentos/guia-practica-para-el-cultivo-de-arandanos-en-la-zona-norte-de-la-provincia-de-buenos-aires>

Gough, R. E., & Shutak, V. G. (1982). *Grow the best blueberries*.

Guirado, O. A. A., Cuéllar, A. C., & Prieto, S. (2008). Fitoquímica del género *Vaccinium* (Ericaceae) Phytochemistry of genus *Vaccinium* (Ericaceae). Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962008000300003&lng=es&tlng=pt.

Huayhua Solórzano, L. (2016). Uso de fosfitos en la prevención de *Phytophthora cinnamomi* en arándano (*Vaccinium corymbosum*) cv. Biloxi, en invernadero.

Jiménez B., V., & Abdelnour E., A. (2013). Identificación y valor nutricional de algunos materiales nativos de arándano (*Vaccinium* spp.), 26, 8. Retrieved from https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/7103/Identificacion_valor_nutricion_al_algunos_materiales.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Kähkönen, M. P., Hopia, A. I., & Heinonen, M. (2001). Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8), 4076–4082.

Kloet, V. (1988). *The genus Vaccinium North America*. Ottawa: Agriculture Canada.

López Ubeda, P. E., Beer, C., & Raudan, E. (2016). Efecto de tres laminas de riego por goteo y tres distancias de siembra en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Cv. UC-82, Universidad Nacional Agraria, Managua. Universidad Nacional Agraria, UNA.

Lyrene, P. (1998). Low chill Highbush blueberry. USA.

Mesa Torres, P. A. (2015). *Algunos aspectos de la fenología, el crecimiento y la producción de dos cultivares de arándano (Vaccinium corymbosum L. x V. darowii) plantados en Guasca (Cundinamarca, Colombia)*.

Molina, J. M. (1998). Lepidópteros asociados al cultivo del arándano en Andalucía Occidental. *Bol. San. Veg. Plagas*, 24, 763–772.

Moore, J. N. (1993). The blueberry industry of North America. In *V International Symposium on Vaccinium Culture 346* (pp. 15–26).

Muñoz, C. (1988). Arándano: Variedades y su propagación. *Instituto de Investigación Agropecuaria, Estación Experimental Carillanca. El Cultivo de Arándano. Temuco, Chile*, 30, 53–56.

- Nates-Parra, G. (2005). Abejas silvestres y polinización. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 75, 7–20.
- Opazo, J., & Domingo, J. (2006). Calidad de Suelo, Nutrición y Fertilización para Arándanos. *Revista Aconex*, (93), 11–14.
- Otto, S. (1995). *backyard berry book*. OttoGraphics.
- Paita Ponce, M. S. (2017). Situación actual del cultivo del arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) en Huarmey.
- Pannunzio, A., & Texeira, P. (2008). Respuesta del arándano al riego por goteo ya la aplicación de calcio y potasio. In *5 Simposio Internacional de Arándanos y Berries y Congreso Latinoamericano de Arándanos y Berries*. Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.
- Pelayo, C., Ebeler, S. E., & Kader, A. A. (2003). Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5 C in air or air+ 20 kPa CO₂. *Postharvest Biology and Technology*, 27(2), 171–183.
- Pérez Cruz, O. A. (2018). Análisis de la cadena productiva del arándano en México y Chile, 12, 62.
- Pérez Torres, J. J. (2017). *El cultivo del arándano (Vaccinium myrtilus L.)*.
- Pescie, M. de los A., Borda, M., Fedyszak, P., & López, C. (2011). Efecto del momento y tipo de poda sobre el rendimiento y calidad del fruto en arándano altos del sur (*Vaccinium corymbosum*) var. O' Neal en la provincia de Buenos Aires. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 37(3), 268–274.
- Pierron-Darbonne, A. (2020). U.S. Patent Application No. 16/501,255.
- Ramírez. (2020). Reconversión productiva en el campo, es realidad. BOLETÍN DE PRENSA GOBIERNO DE AGUASCALIENTES., 1.
- Ratnaparkhe, M. B. (2007). Blueberry. In *Fruits and Nuts* (pp. 217–227). Springer.
- Retamales, J. B., & Hancock, J. F. (2018). *Blueberries*. Cabi.
- Rivadeneira, M. F. (2012). Concentración de nutrientes en hojas de diferente estado de desarrollo en arándano. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 38(3).
- Saucedo, A., & Jeanpierre, C. (2018). DESCRIPCION DE LA COSECHA Y POSCOSECHA DE 4 VARIEDADES DE *Vaccinium* sp EN VIRU, LA LIBERTAD. SIAP. (2017). Estadísticas de producción agrícola.
- Tasi, H., & Schulz, G. (2008). Índices de productividad específico para el cultivo de arándanos en el Departamento Concordia-Provincia de Entre Ríos. In *Resúmenes XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Luis (summary of oral presentation)*.
- Trehane, J. (2004). *Blueberries, cranberries and other Vacciniums. Royal horticultural society plant collector guide*. Timber Press Portland, Ore.
- USDA. (2016). Noncitrus Fruits and Nuts. *Nature*. Retrieved from https://www.nass.usda.gov/Publications/Todays_Reports/reports/ncit0617.pdf

CAPÍTULO II MANEJO NUTRICIONAL PARA LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARÁNDANO EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES



RESUMEN

El manejo nutricional del cultivo de arándano vara con respecto al uso convencional u orgánico. Los nutrientes se aplican con respecto al nivel de rendimiento de los huertos y las propiedades del sustrato y agua. La reproducción en sustrato requiere comprensión del ambiente único encontrado bajo las propiedades físicas y químicas del sustrato. La propagación de esta especie se puede lograr por semillas, por hijuelos, enraizamiento de estacas o propagación in vitro. La plantación depende de las condiciones locales y preferencias personales. El requerimiento nutricional es necesario para alcanzar un rendimiento esperado y cambia año con año según en desarrollo del cultivo; rendimiento esperado por variedad (precoz, intermedia, tardía), edad del huerto y distribución durante la temporada en los distintos estados fenológicos.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 Manejo nutricional de arándano

La práctica del manejo nutricional para la producción del cultivo del arándano varía con respecto al uso convencional u orgánico determinado de la producción, ya que para el convencional se puede utilizar cualquier tipo de fertilizante, pero para orgánico se deben utilizar productos autorizados (Hirzel, 2017). La aplicación de fertilizantes debe realizarse oportunamente para la buena asimilación y actividad biológica correspondiente, así como la absorción de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) que dependen del tipo de sustrato (compost, abonos verdes) y nutrientes como potasio (K), calcio (Ca) y magnesio, boro(B), manganeso (Mn) y zinc (Zn) que son asimilados de manera más rápida (Larco, Strik, Bryla, y Sullivan, 2013).

Los nutrientes se aplican con respecto al nivel de rendimiento de los huertos y las propiedades del sustrato (estudio de suelo) para su producción por temporada (Banados, Strik, Bryla, y Righetti, 2012).

2.2 Nutrición de acuerdo a la etapa fenológica

El requerimiento nutricional es necesario para alcanzar un rendimiento esperado y cambia año con año según el desarrollo del cultivo ; rendimiento esperado por variedad (precoz, intermedia, tardía), edad del huerto y distribución durante la temporada en los distintos estados fenológicos (Zárate, Alavez, y Domínguez, 2017).

A continuación se da un ejemplo de las unidades de nutrientes (kg/ha) y distribución para producir 8 ton/ha, de acuerdo a la etapa fenológica del arándano (Jequier, 2015).

Cuadro 2. Ejemplo de nutrición (kg/ha) de acuerdo a la etapa fenológica del arándano, variedades intermedias y rendimiento de 8 ton.

| Estado fenológico | N | P | K | Ca | Mg |
|---|------|------|-------|-----|------|
| Niveles óptimos foliares | 1.5 | 0.08 | 0.3 | 0.3 | 0.12 |
| Inducción de brotación | 17.5 | 17.3 | 26.3 | 14 | 2.2 |
| Desarrollo de follaje y crecimiento de fruto | 17.5 | 17.3 | 26.3 | 14 | 2.2 |
| Cosecha | 5.8 | 34.7 | 42.1 | 8 | 2.2 |
| Poscosecha | 17.5 | 17.3 | 10.5 | 4 | 0.7 |
| Total | 58.3 | 86.7 | 105.3 | 40 | 7.2 |

2.3 OBJETIVOS DE EVALUACIÓN PARA CADA ETAPA FENOLÓGICA:

- 1.-Evaluar la eficacia biológica del inductor de brotación Inducel®, en el cultivo del arándano comparándolo con un testigo comercial (Dormex®) en Aguascalientes.
2. Evaluar la eficacia biológica del producto Fertigro-fósforo, como enraizador y comparándolo con el testigo comercial Rootex® en el cultivo de arándano azul en Aguascalientes.
3. Evaluar la eficacia biológica del producto Dermaplex®, como inductor de follaje en el cultivo de arándano azul en Aguascalientes.
4. Evaluar la eficacia biológica del producto Agro K® y Barrier®, como inductor de floración, amarre de frutos y vida de anaquel en el cultivo de arándano azul en Aguascalientes.
5. Determinar los efectos fitotóxicos posibles de los inductores de brotación: Inducel®, Dormex®; enraizadores: Fertigro-Manganeso, Rootex®; inductor de follaje: Dermaplex® y como inductores de floración: Agro K® y Barrier® en el cultivo de arándano azul, variedad Biloxi en el estado de Aguascalientes.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto de investigación se llevó a cabo en 3 etapas experimentales para la evaluación de la efectividad biológica de nutrientes en el cultivo del arándano, variedad Biloxi, en el Estado de Aguascalientes.

Cuadro 3. Etapas experimentales del proyecto de investigación.

| Etapa | Estudio |
|-------|--|
| 1 | 1.1 Evaluación de inductores de brotación. 1.2 Evaluación de enraizadores y vigorizantes en el cultivo de arándano. |
| 2 | Evaluación de la inducción de follaje. |
| 3 | Evaluación de floración, amarre de frutos y evaluación de vida de anaquel en poscosecha. |

a) Localización del sitio experimental

La totalidad de las evaluaciones para la elaboración de la presente investigación se realizaron en una parcela comercial de 1 hectárea en el municipio de Pabellón de Arteaga en el Estado de Aguascalientes, Rancho “El milagro” ubicado en las coordenadas 22°08'37.2"N 102°20'31.5"W, durante el periodo enero-septiembre 2019.

b) Cultivo en el que se realizó el estudio

La totalidad de las evaluaciones para la elaboración de la presente investigación se realizaron para el cultivo de arándano azul (*Vaccinium corymbosum*), variedad Biloxi en sus diferentes etapas de desarrollo.

c) Variables de estimación de la efectividad biológica y método de evaluación para etapas experimentales del proyecto de investigación.

- i. Número de brotes (NB)**
Se contabilizó en el arbusto el número de brotes (nuevos crecimientos de las plantas) presentes a los 0, 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación.
- ii. Longitud de brotes (LB, cm)**
Con cinta métrica marca Pretul® se midió la longitud de 5 brotes en 3 plantas al azar por unidad experimental (desde el origen del brote hasta el ápice más alto) a los 0, 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación.
- iii. Diámetro de brotes (DB, cm)**
Se midió con un vernier de la marca Pretul® el diámetro de 5 brotes en 3 plantas al azar por unidad experimental (en el origen del brote) a los 0, 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación.

- iv. Longitud de tallo (LT, cm)**
 Se midió con una cinta métrica marca Pretul® la longitud de 5 tallos en 3 plantas al azar por unidad experimental (distancia entre la base de raíz al ápice más alto) a los 0, 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación.
- v. Diámetro de tallo (DT, cm)**
 Se midió con un vernier de la marca Pretul® el diámetro de 5 tallos en 3 plantas al azar por unidad experimental (en el origen del tallo), a los 0, 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación
- vi. Altura de la planta (AP, cm)**
 Se midió con una cinta métrica marca Pretul® la unidad experimental, a los 0, 7, 14, 21 y 28 días después de la primera aplicación.
- vii. Numero de hojas (NH)**
 Se contabilizó el número de hojas en 2 plantas al azar por unidad experimental, a los 0, 7, 14, 21 y 28 días después de la primera aplicación. Los resultados se expresarán como valor numérico.
- viii. Longitud de hojas (LH, cm)**
 Se midió con cinta métrica 2 plantas al azar por unidad experimental (de la base de la hoja al ápice) a los 0, 7, 14, 21 y 28 días después de la primera aplicación.
- ix. Diámetro de hojas (DH, cm)**
 Se midió con un vernier 2 plantas al azar por unidad experimental (del borde medio), a los 0,7, 14, 21 y 28 días después de la primera aplicación.
- x. Distancia entrenudos (DN, cm)**
 Se midió con cinta métrica 2 plantas al azar por unidad experimental, a los 0, 7, 14, 21 y 28 días después de la primera aplicación.
- xi. Longitud de la raíz (LR, cm)**
 Se midió la raíz de 1 planta por unidad experimental, a los 0, 7, 14, 21 y 28 días después de la primera aplicación.
- xii. Número de hojas (NH)**
 Se contabilizó el número de hojas de tres plantas, muestreadas al azar por unidad experimental (repetición), a los 0, 7,14, 21 y 28 días después de cada aplicación. Los resultados se expresaron como valor numérico.
- xiii. Contenido de clorofila en hojas (CC)**
 Se tomaron dos hojas en tres plantas por repetición, la cual se medirá con el método SPAD, el cual determina la cantidad relativa de clorofila presente a través de la medición de la absorción de las hojas en dos regiones de longitud de onda; en las regiones rojas y cercanas a infrarroja. Utilizando estas dos trasmisiones el medidor calcula el valor numérico SPAD que es proporcional a la cantidad de clorofila presente en la hoja y en consecuencia de nitrógeno, a los 28 días después de la primera aplicación.
- xiv. Número de flores por planta (NF)**
 Se contó el número de flores por unidad experimental a los 0, 7, 14, 30, 45, 60 y 75,

78, 93 días después de la primera aplicación. Los resultados se reportaron en unidades.

- xv. Cuajado de frutos (CF)**
 Se contó el número de frutos cuajados por unidad experimental a los 0, 7, 14, 30, 45, 60 y 75, 78, 93 días después de la primera aplicación. Los resultados se reportaron en unidades.
- xvi. Número de frutos por planta (NFP)**
 Se contó el número de frutos de 3 por unidad experimental a los 0, 7, 14, 30, 45, 60 y 75, 78, 93 días después de la primera aplicación. Los resultados se reportaron en unidades.
- xvii. Diámetro del fruto (DF, cm)**
 Se tomaron 5 frutos de 3 plantas por unidad experimental y se midió el diámetro con un vernier marca Pretul ® a los 0, 7, 14, 30, 45, 60 y 75, 78, 93 días después de la primera aplicación. Los resultados se reportaron en cm.
- xviii. Longitud del fruto (LF, cm)**
 Se tomaron 5 frutos de 3 plantas por unidad experimental y se midió la longitud con un vernier marca Pretul ® a los 0, 7, 14, 30, 45, 60 y 75, 78, 93 días después de la primera aplicación. Los resultados se reportarán en cm.
- xix. Peso del fruto (PF,g)**
 Se tomaron 5 frutos de 3 plantas por unidad experimental y se pesaron con una báscula digital a los 0, 7, 14, 30, 45, 60 y 75, 78, 93 días después de la primera aplicación. Los resultados se reportaron en gramos.
- xx. Fitotoxicidad**
 La fitotoxicidad se evaluó a los 0, 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación, mediante la escala porcentual propuesta por la *European Weed Research Society* (Cuadro 4), en 3 plantas al azar por unidad experimental.

Cuadro 4 Escala porcentual propuesta por la European Weed Research Society, para evaluar el posible efecto fitotóxico del inductor de brotación Inducel, en el cultivo de arándano azul en el Estado de Aguascalientes.

| Efectos sobre el cultivo | Fitotoxicidad al cultivo (%) |
|--|------------------------------|
| Sin efecto | 0.0-1.0 |
| Síntomas muy ligeros | 1.1-3.5 |
| Síntomas ligeros | 3.6-7.0 |
| Síntomas que no se reflejan en el Rendimiento | 7.1-12.5** |
| Daño medio | 12.6-20.0 |

| | |
|---------------------------|-----------|
| Daños elevados | 20.1-30.0 |
| Daños muy elevados | 30.1-50.0 |
| Daños severos | 50.1-99.0 |
| Muerte completa | 99.1-100 |

Transformación de la escala porcentual logarítmica de la EWRS a escala porcentual. ** Limite de aceptabilidad.

d) Análisis de datos

Todas las variables descritas se evaluaron mediante la captura de datos en una base generada en hojas de cálculo del paquete Microsoft Excel ®, y posteriormente se analizaron estadísticamente a través de un análisis de varianza (ANDEVA) y prueba de comparación de medias de Tukey con un $\alpha=0.05$, mediante el paquete estadístico SAS®.

e) Tamaño de muestra y método de muestreo. El tamaño de muestra para cada una de las variables se especificó anteriormente.

2.5 Estudio 1.1 evaluación de inductores de brotación.

a) Diseño experimental

El experimento se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar, con 4 repeticiones y 7 tratamientos (Cuadro 5). La unidad experimental quedó constituida por 5 macetas a una distancia entre ellas de 2 m entre líneas y 0.5 m entre planta. Es decir, se utilizaron 5 m² por unidad experimental y 20 m² por tratamiento. El estudio quedó conformado por 5 macetas por unidad experimental y 20 plantas por tratamiento. Para todo el estudio se utilizaron 140 macetas en etapa vegetativa. El experimento se realizó en 1 hectárea de dimensiones 122 x 82 m. Para la distribución del estudio 1.1, la hectárea se dividió en 4 bloques y se determinaron plantas para cada unidad experimental (5) y tratamientos (n=7).

Cuadro 5: Distribución de tratamientos de inducción de brotación en campo.

| Bloque I | Bloque II | Bloque III | Bloque IV |
|-----------|-----------|------------|-----------|
| T7 | T5 | T6 | T2 |
| T2 | T1 | T3 | T7 |
| T6 | T4 | T2 | T5 |
| T4 | T2 | T1 | T3 |
| T5 | T3 | T7 | T6 |
| T3 | T6 | T4 | T1 |

T1

T7

T5

T4

Números romanos= Bloques Números arábigos=Tratamientos (unidades experimentales).



b) Croquis de distribución de los tratamientos en campo

Los bloques se distribuyeron en campo de la siguiente manera:

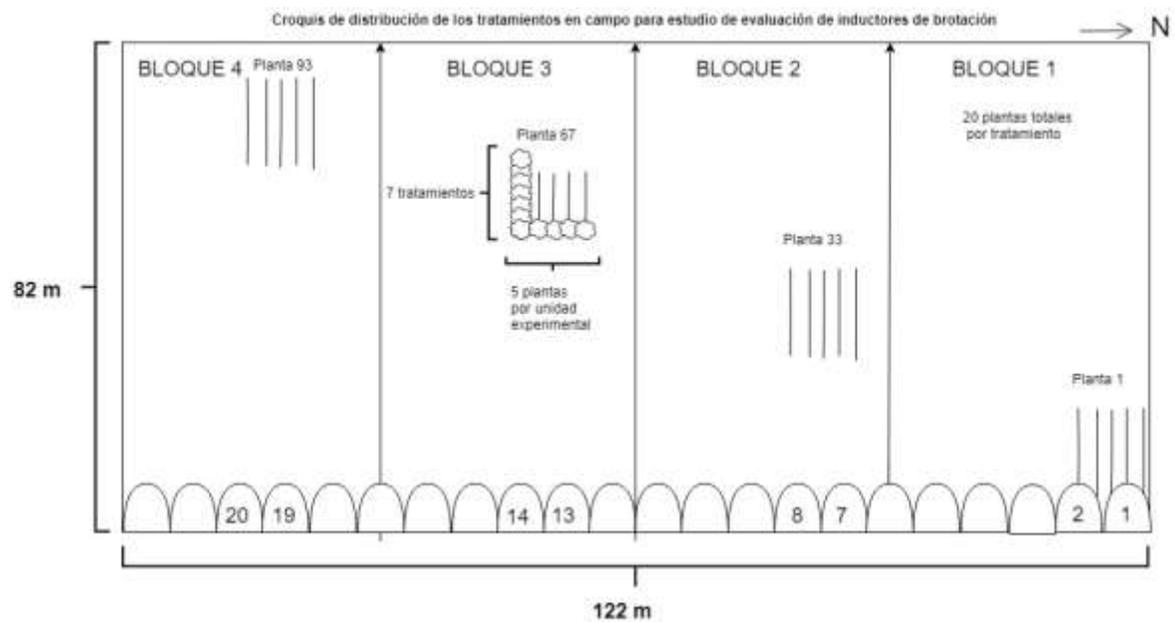


Figura 1 Croquis de distribución para estudio de inducción de brotación.

c) Dosis

Cada tratamiento evaluado se administró a distintas dosis (Cuadro 6) durante el mismo periodo de tiempo de evaluación. Las dosis especificadas por tratamiento fueron administradas de manera constante a los 0, 7, 14, 21 y 28 días.

Cuadro 6. Tratamientos de inductor de brotación Inducel® en el cultivo de arándano en el Estado de Aguascalientes.

| Tratamiento | Producto | Dosis L/ha |
|-------------|------------------|----------------|
| 1 | Testigo absoluto | - |
| 2 | Inducel | 2.5 |
| 3 | Inducel | 5 |
| 4 | Inducel | 7.5 |
| 5 | Inducel | 10.0 |
| 6 | Inducel | 12.0 |
| 7 | Dormex | 1 L/100 L agua |

d) Momento y número de aplicaciones

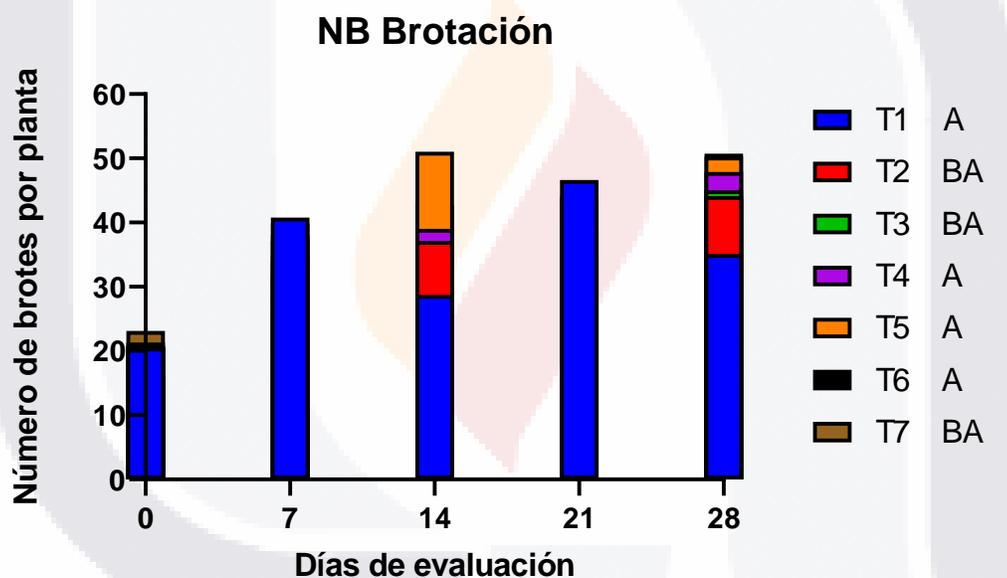
Se realizó una sola aplicación de manera foliar con un aspersora manual marca Cosmos® de la empresa Swissmex utilizando un volumen de agua de 1000 L/ha., durante el inicio del ciclo del cultivo después de la poda. Para cada parámetro se realizaron 5 evaluaciones a los 0, 7, 14, 21 y 28 días después de la primera aplicación de los tratamientos, mediante muestreo al azar.

2.5.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN (INDUCTORES DE BROTAÇÃO)

El periodo de desarrollo de la etapa 1, estudio 1.1 para evaluación de la efectividad biológica del inductor de brotación, se realizó del 21 de marzo al 18 de abril para el cultivo de arándano, en Aguascalientes.

2.5.1.1 Número de brotes

La producción de brotes es una de las variables con mayor impacto para la producción del cultivo de arándano. Cada brote puede formar una inflorescencia y su tamaño, número y vigor depende de la cantidad de flores y frutos que amarre.



A, BA, B: Significancia y agrupamiento.

Figura 2 Número de brotes

En la Figura 2 se observa una respuesta mayor para los tratamientos T4, T5 y T6, obtenidos a lo largo del periodo de evaluación para NB, comparados con el tratamiento control. Así mismo todos los tratamientos muestran un mayor rendimiento, comparado con el tratamiento control. Estas diferencias van haciéndose más notables conforme avanza el periodo de evaluación. Tal y como se observa en la Figura 2, se obtuvieron diferencias de NB en los tratamientos 4, 5 y 6, por encima del control, de 47.9, 50.3, 50.7 y 35.1 número de brotes por planta para los primeros 28 días de inducción de brotación, respectivamente. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que

existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el estudio ($p=0.0257$). Para ver qué medias difieren, se utilizaron comparaciones múltiples de un solo factor, mediante el método Tukey y método LSD, obteniendo diferencias significativas entre los tratamientos T4, T5 y T6.

Lo anterior se puede deber a que los tratamientos evaluados contenían altas cantidades de fósforo, 7.5, 10 y 12 Kg/ha respectivamente, y según Parra (2007) el crecimiento anual del arándano, determina una demanda nutricional diferente de fósforo según su etapa fenológica, para satisfacer la formación de fotosintatos, estructuras celulares y reacciones metabólicas, que favorecen el desarrollo de: frutos, hojas, brotes, raíces. Con una demanda para crecimiento de brotes de temporada de 0.6 Kg/ha para el primer año de la planta, 0.13 Kg/ha para el segundo año y 0.6 Kg/ha para el sexto año (Vidal, 2003).

Otro aspecto importante del fósforo (P) es que interviene en la formación del sistema radical de cultivos, forma parte de macromoléculas como el ADN, fosfolípidos, ATP y algunos carbohidratos que son importantes para el metabolismo de las plantas (Rodríguez, 1996).



Figura 3 NB del testigo (A) y tratamiento 4(B) a los 28 ddpa.

2.5.1.2 Longitud de brotes

La longitud de brotes se tomó a partir del cuello del brote al ápice de la última hoja de la parte media a superior de cada planta, con el objetivo de evaluar el crecimiento potencial de altura de la planta.

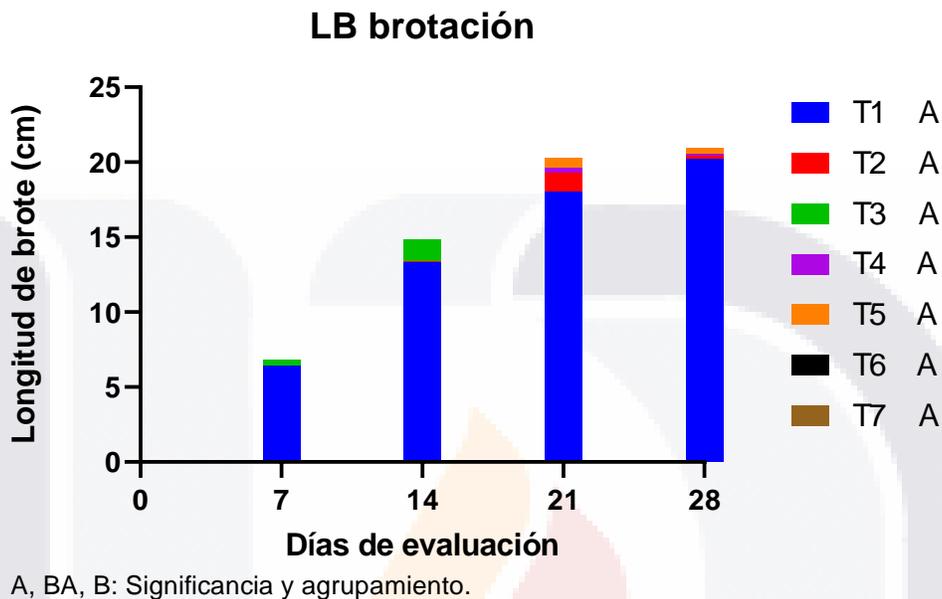


Figura 4 Longitud de brotes

En la Figura 4 se observa una respuesta mayor para los tratamientos T5 y T7, obtenidos a lo largo del periodo de evaluación para LB, comparados con el tratamiento control. Así mismo todos los tratamientos muestran una similitud de respuesta en el rendimiento, comparado con el tratamiento control. Se obtuvieron diferencias de LB en los tratamientos 5 y 7, por encima del control, de 20.9, 20.5 y 20.2 cm en la longitud de brotes por planta, respectivamente. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que no existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p=0.8434$).

Lo anterior tiene relación nuevamente con las altas concentraciones de fósforo presente en los tratamientos, debido a que su función no puede ser ejecutadas por ningún otro nutriente y se requiere una concentración de 0.1 a 0.5 % en etapa de inducción de brotes (Montes, 2016). Según Riveros (1996), la tecnificación del riego tiene un marcado efecto positivo en la producción de frutos y en el largo de los brotes. Por otro lado, un estudio realizado por Gómez (2010) sobre el manejo de podas en cultivo de arándano, arrojó que realizando está a partir del 20 de Junio (Despunte de 30%), se obtiene un valor más alto de longitud de brotes con 31.5 cm, para el 4 de Julio (Despunte de 50%) de 27.8 cm y para el 18 de Julio (Despunte de 10% y raleo de cañas) de 26.9 cm de longitud de brotes.

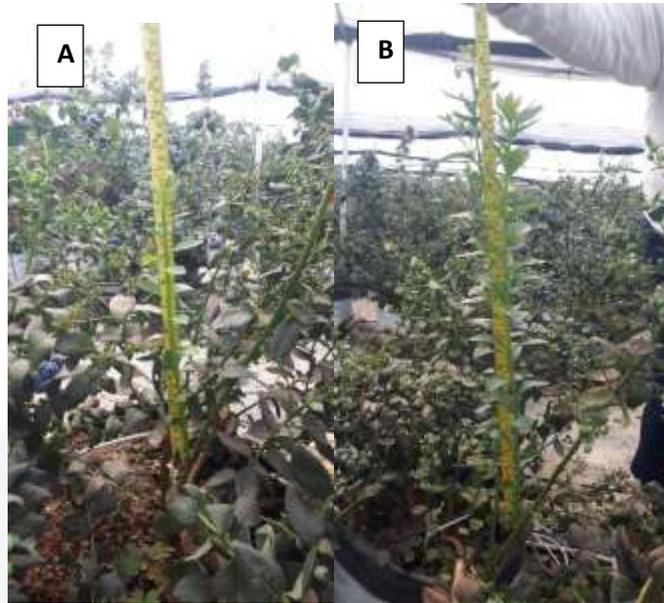
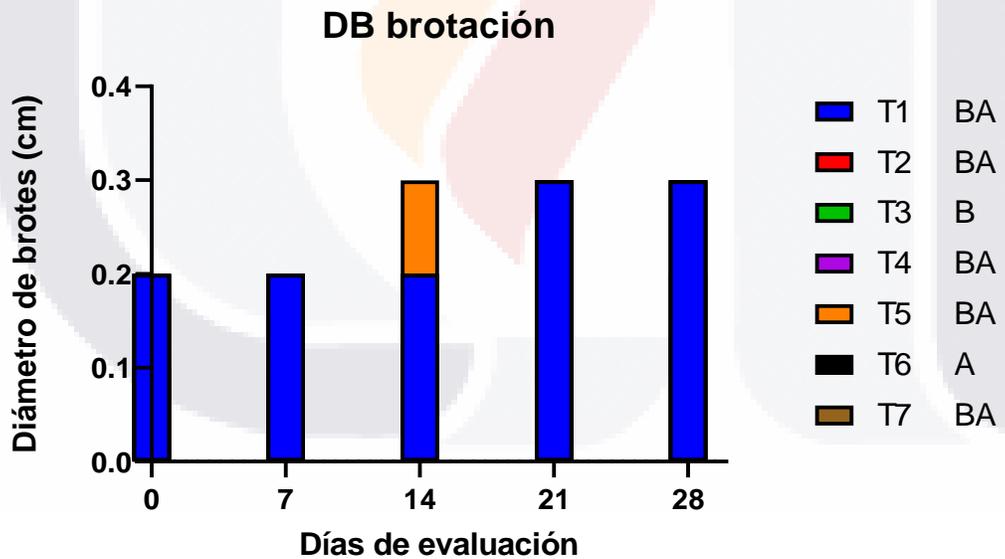


Figura 5. LB del testigo (A) y tratamiento 5(B) a los 28 ddpa.

2.5.1.3 Diámetro de brotes

El diámetro de brotes se tomó a partir del cuello de brote de cada planta, con el objetivo de evaluar el grosor de la planta.



A, BA, B: Significancia y agrupamiento.

Figura 6 Diámetro de brotes

En la Figura 6 se observa que todos los tratamientos excepto T3, muestran una similitud en la respuesta de rendimiento, con 0.3 cm de diámetro aproximadamente de brote por planta, comparado con el tratamiento control. Se obtuvieron diferencias significativas de DB para el tratamiento T6, por encima del control de 0.375 y 0.275 cm, respectivamente. Tras el análisis

de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el estudio ($p=0.0329$). Para ver qué medias difieren, se utilizaron comparaciones múltiples de un solo factor, mediante el método Tukey y método LSD, obteniendo diferencias significativas para el tratamiento T6.

Lo anterior puede deberse debido a que como lo menciona García Rubio (2010), el diámetro de brote depende principalmente del tipo de variedad utilizada, donde la variedad Sharpblue obtuvo un diámetro de brote de 1.3 cm y de Biloxi 0.3 cm, lo cual indica una mayor tasa de incremento de diámetro para variedades Sharpblue.



Figura 7 DB del testigo (A) y tratamiento 6(B) a los 28 ddpa.

2.5.1.4 Longitud de tallo

La longitud de tallo se tomó a partir de la distancia entre la base de raíz al ápice más alto de cada planta, con el objetivo de evaluar el crecimiento potencial de altura de la planta.

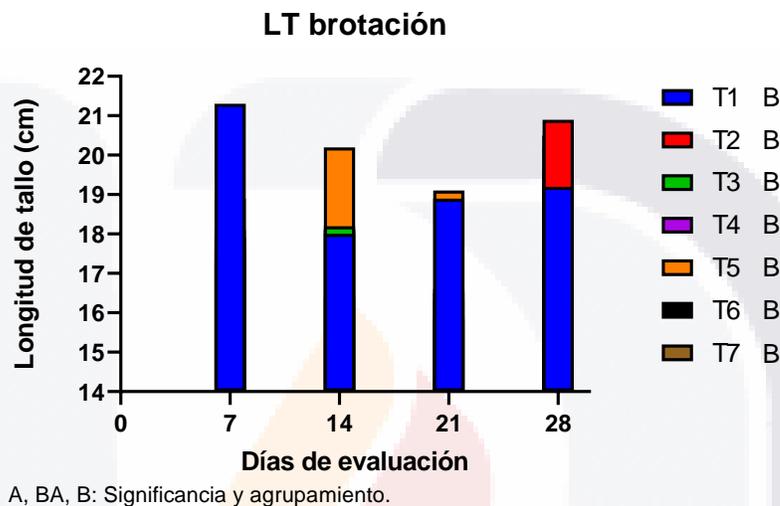


Figura 8 Longitud de tallo

En la Figura 8 se observa una respuesta mayor para el tratamiento T2, obtenido a lo largo del periodo de evaluación para LT, comparado con el tratamiento control. Así mismo todos los tratamientos muestran una similitud de respuesta en el rendimiento, comparado con el tratamiento control. Estas diferencias van haciéndose más notables conforme avanza el periodo de evaluación. Tal y como se observa en la Figura 8, se obtuvieron diferencias de LT en el tratamiento 2, por encima del control, 20.9 y 19.2 cm en la longitud de tallo por planta, respectivamente. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p=0.0085$). Para ver qué medias difieren, se utilizaron comparaciones múltiples de un solo factor, mediante el método Tukey y método LSD, obteniendo diferencias significativas entre el tratamiento T2 con el control.

Durante el primer año, el desarrollo vegetativo fue crítico, pues las plantas presentaron una altura menor a 70 cm, diámetro de la copa de hasta 50 cm. La poda de formación favoreció la altura de planta, como lo demostró Hummer et al, 2007, en su evaluación después de poda, donde la planta más alta presentó 1.17 m y el menor valor de 0.90 m para la variedad Shapphire, el valor mayor de diámetro de copa Biloxi con 1.17 m y el menor valor Shapphire

con 1 m. Lo anterior se puede deber a que la fase de evaluación de esta variable, no consideró el estado fenológico final para la variedad Biloxi, ya que aunque esta no es vigorosa, presenta altura en estado reproductivo de 50 a 1.8 m, con una corona bastante compacta en la base, formada por las ramas primarias (Gough, 1994).

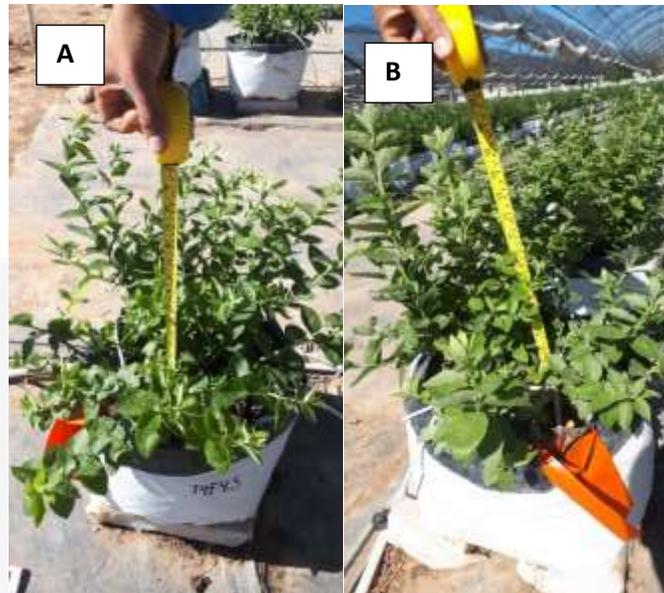
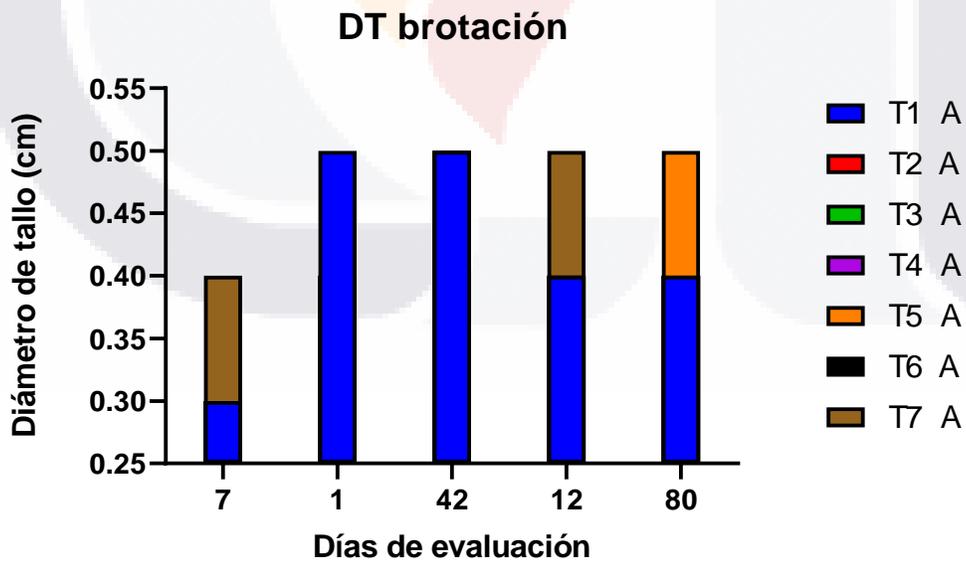


Figura 9 LT del testigo (A) y tratamiento 6(B) a los 28 ddpa.

2.5.1.5 Diámetro de tallo

Se tomó el diámetro de tallos basales de cada planta, con el objetivo de evaluar el grosor de tallo de la planta.



A: Significancia y agrupamiento.

Figura 10 Diámetro de tallo

En la Figura 10 se observa una respuesta mayor para el tratamiento T5, obtenido a lo largo del periodo de evaluación para DT, comparado con el tratamiento control. Así mismo todos los tratamientos muestran una similitud de respuesta en el rendimiento, comparado con el tratamiento control. Tal y como se observa en la Figura 10, no se obtuvieron diferencias de DT en el tratamiento 5, por encima del control, 0.4 y 0.5 cm en diámetro de tallo por planta, respectivamente. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que no existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p=0.8995$).

Lo anterior tiene relación con el desarrollo vegetativo de la planta según el año de reproducción de la planta, donde según Mesa, 2015, los tallos basales del arándano el diámetro en plantas de un año varía entre 0.29 a 0.32 cm y en plantas de tres años va desde 0.32 y 0.40 cm.



Figura 11 DT del tratamiento T5 a los 21 (A) Y 28 (B) ddpa.

Para la evaluación de fitotoxicidad no se presentaron efectos negativos o contraproducentes para el cultivo de arándano en la aplicación de los tratamientos utilizados para el experimento.

2.5.2 CONCLUSIONES

- El producto Inducel® a una dosis de 10L/ha es eficaz para el manejo agronómico en la etapa de brotación del arándano, ya que notablemente resalta el rendimiento para la evaluación del estudio de NB, LB, DB y DT, 50.3, 20.9, 0.3 y 0.5 cm, respectivamente, superando al testigo comercial Dormex®, debido a su alto contenido en fósforo que favorece crecimiento radicular.
- El uso de Inducel® favorece el crecimiento y desarrollo vegetativo debido a que el diámetro de brotes y tallos es mayor en comparación con el testigo, de igual forma el producto Dormex® muestra mayor número de brotes contra el testigo.
- Los productos utilizados como inductores de brotación a las dosis evaluadas no tienen efecto fitotóxico en el manejo nutricional del cultivo de arándano, por lo que se recomienda el uso de estos productos.

2.6 Etapa 1.2 estudio de evaluación de enraizadores y vigorizantes en el cultivo de arándano en Aguascalientes.

a) Diseño experimental:

El experimento se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar, con 4 repeticiones y 12 tratamientos. La unidad experimental quedó constituida por 3 macetas a una distancia entre ellas de 2 m entre líneas y 0.5 m entre planta. Es decir, se utilizaron 3 m² por unidad experimental y 12 m² por tratamiento. El estudio quedó conformado por 3 macetas por unidad experimental y 12 plantas por tratamiento. Para todo el estudio se utilizaron 144 macetas en etapa vegetativa. Se realizó en 1 hectárea de dimensiones 122 x 82 m la distribución del estudio 1.2, se dividió el área en 4 bloques y se determinaron plantas para cada unidad experimental (3) y tratamientos (12) (Cuadro 7).

| Bloque I | Bloque II | Bloque III | Bloque IV |
|----------|-----------|------------|-----------|
| T8 | T2 | T4 | T6 |
| T3 | T7 | T1 | T3 |
| T2 | T1 | T7 | T5 |
| T1 | T8 | T3 | T8 |
| T6 | T10 | T5 | T1 |
| T9 | T4 | T2 | T2 |
| T7 | T9 | T10 | T9 |
| T4 | T6 | T8 | T7 |
| T10 | T5 | T9 | T10 |
| T5 | T3 | T6 | T4 |

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| T11 | T12 | T11 | T12 |
| T12 | T11 | T12 | T11 |

Cuadro 7 Distribución de tratamientos de enraizador en campo.

Números romanos= Bloques. Números arábigos=Tratamientos (unidades experimentales).

b) Croquis de distribución de los tratamientos en campo

Los bloques se distribuyeron en campo de la siguiente manera:

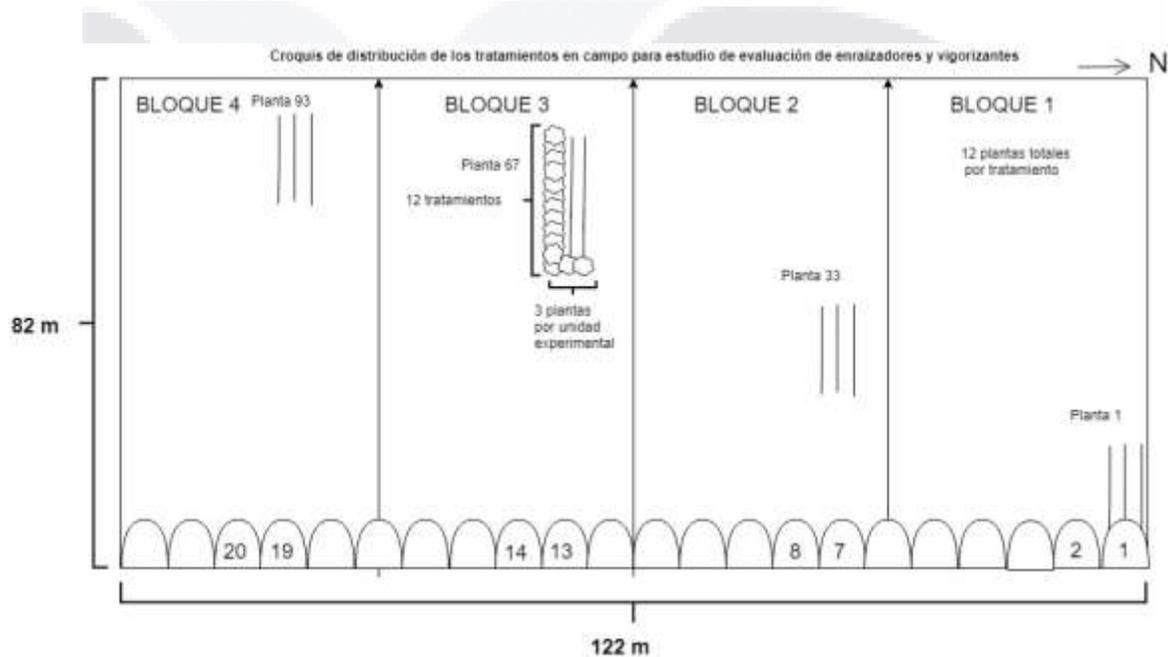


Figura 12 Croquis de distribución para estudio de enraizador.

c) Dosis

Cada tratamiento evaluado se administró a distintas dosis (Cuadro 8) durante el mismo periodo de tiempo de evaluación. Las dosis especificadas por tratamiento fueron administradas de manera constante a los 0, 7, 14, 21 y 28 días.

Cuadro 8. Tratamientos de inductor de brotación Fertigro-fósforo en el cultivo de arándano en el Estado de Aguascalientes.

| Tratamiento | Producto | Dosis/ha |
|-------------|----------------------------|----------|
| 1 | Testigo absoluto | - |
| 2 | Fertigro fósforo 8-24-0 T1 | 10 L |

| | | |
|----|----------------------------|-------|
| 3 | Fertigro fósforo 8-24-0 T2 | 10 L |
| 4 | Fertigro fósforo 1 | 10 L |
| 5 | Fertigro fósforo 2 | 10 L |
| 6 | Rootex mejorado 183 | 10 kg |
| 7 | Rootex mejorado 186 | 10 kg |
| 8 | Rootex mejorado T2 | 10 kg |
| 9 | Rootex mejorado B47 | 10 kg |
| 10 | MTR Rootex B13 | 10 kg |
| 11 | MTR Rootex P3 | 10 kg |
| 12 | MTR Rootex P1-1 | 10 kg |

d) Momento y número de aplicaciones

Se realizaron 2 aplicaciones en drench con un vaso graduado de 100 ml, a los 0 y 14 días, utilizando un volumen de agua de 1200 L/ha. Los registros se realizaron durante el inicio del ciclo del cultivo después de la poda. Para cada parámetro se realizaron 5 evaluaciones a los 0, 7, 14, 21 y 28 días después de la primera aplicación de los tratamientos, mediante muestreo al azar.

e) Variables de evaluación estudio de evaluación de enraizadores y vigorizantes.

La evaluación de los principales parámetros se realizó para diámetro de tallo (DT), altura de planta (AP), número de hojas (NH), longitud de hojas (LH), diámetro de hojas (DH), distancia entre nudos (DN), longitud de raíz (LR) y fitotoxicidad

2.6.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN (ENRAIZADORES Y VIGORIZANTES)

El periodo de desarrollo de la etapa 1, estudio 1.2 para evaluación de la efectividad enraizadores, se realizó del 21 de marzo al 18 de abril para el cultivo de arándano, en Aguascalientes.

2.6.1.1 Diámetro de tallo

Se tomó el diámetro de tallos basales de cada planta, con el objetivo de evaluar el grosor de tallo de la planta.

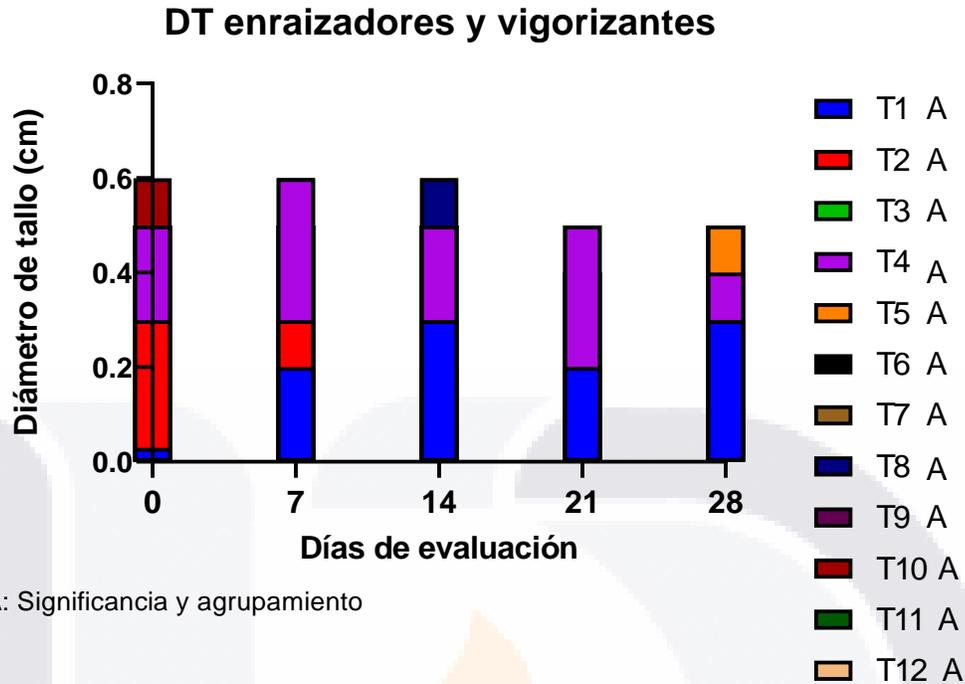


Figura 13 Diámetro de tallo

En la Figura 13 se observa una respuesta mayor y similar para el tratamiento T9, T4 y T11 obtenido a lo largo del periodo de evaluación para DT, comparado con el tratamiento control. Tal y como se observa en la Figura 13, se obtuvieron similitudes de DT en los tratamientos T9, T4 y T11 por encima del control, 0.57, 0.57, 0.57 y 0.3 cm en diámetro de tallo por planta, respectivamente. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que no existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p=0.0336$). Lo anterior se puede deber a que la cantidad de auxinas presentes (0.03%) en el tratamiento utilizado (T9), al ser utilizadas como fitohormonas bioestimulantes en plantas, mejoran el desarrollo del diámetro de tallo y pueden inducir y fijar un tipo determinado de expresión morfogénica en un tejido (Gálvez & Elias, 2005) (Jordán y Casaretto, 2006), de igual manera el uso de ácidos químicos para este tratamiento (15.5 %), beneficia el efecto de la fertilización con N, P y K en el crecimiento y estado nutricional en plántulas (Guzmán *et al*; 2012), adicional a esto, el alto contenido de fósforo en T9 con un 47%, favorece el desarrollo vegetativo en la fertirrigación de los arándanos (Parra, 2007).



Figura 14 DT del tratamiento T9 (A) Y T1 (B) a los 28ddpa.

2.6.1.2 Altura de planta

La altura de una planta se midió en metros, desde el nivel del sustrato al límite más alto del ápice de la misma.

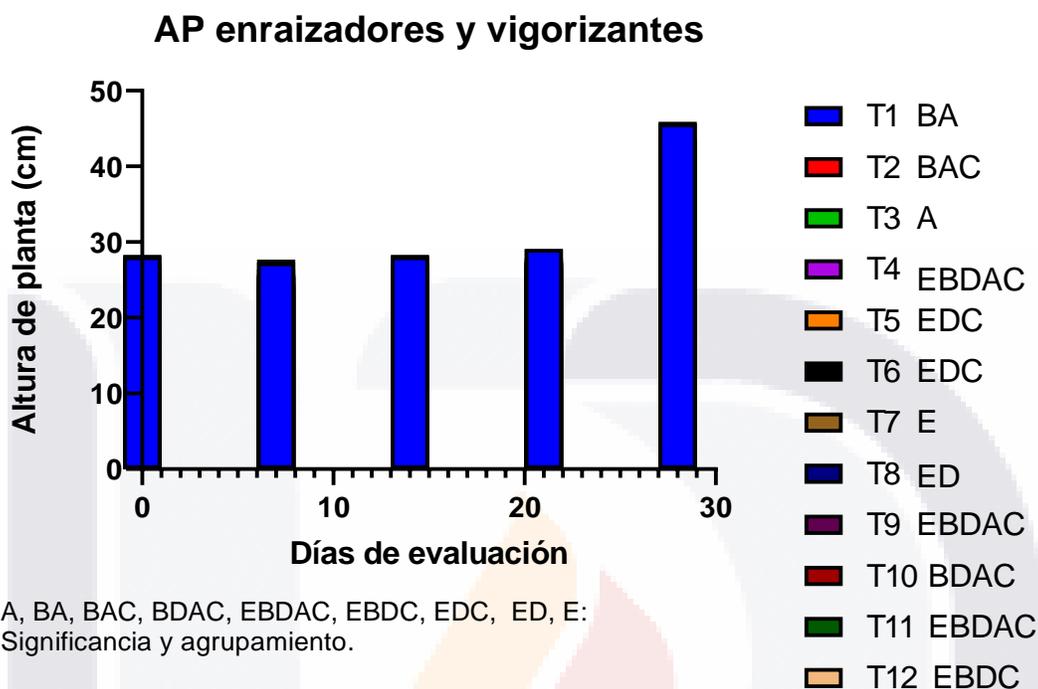


Figura 15 Altura de planta

En la Figura 15 se observa una respuesta mayor para el tratamiento T3, obtenido a lo largo del periodo de evaluación para AP, comparado con el tratamiento control. Así mismo todos los tratamientos muestran una similitud de respuesta en el rendimiento, comparado con el tratamiento control. Estas diferencias van haciéndose más notables y similares conforme avanza el periodo de evaluación. Tal y como se observa en la Figura 15, no se observan diferencias significativas, por encima del control. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p=0.0012$). Para ver qué medias difieren, se utilizaron comparaciones múltiples de un solo factor, mediante el método Tukey y método LSD, obteniendo diferencias significativas entre el tratamiento T3 con el control.

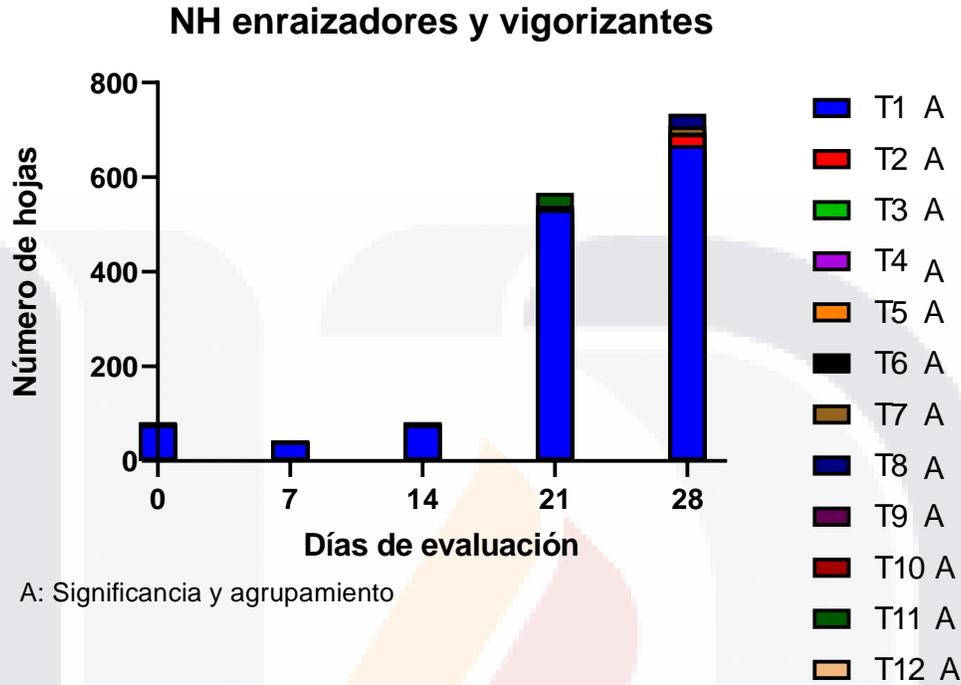


Figura 16 AP del tratamiento T3 (A) Y T1 (B) a los 28 ddpa.

Lo anterior (Figura 15) se puede deber a que en el tratamiento utilizado (T3), el contenido de nitrógeno (5%) con relación al pH (5) de la solución nutritiva utilizada tiene efecto directo en el crecimiento de la planta favoreciendo la longitud y el tamaño de hojas (Crisóstomo *et al.*, 2014). Por otro lado, las concentraciones de azufre presentes en T3 (3%) incorporado con compuestos orgánicos como los extractos húmicos presentes al 5% en el mismo tratamiento, favorecen la mineralización de la materia orgánica, aunque también puede aprovecharse desde una forma inorgánica proveniente de sulfatos, absorbiéndose en pequeñas cantidades y beneficiando el crecimiento de las plantas en suelo (López, 1987). Finalmente la dosis de zinc presente en un 6.5 % de T3, se encuentra dentro del rango óptimo para fertilización de este microelemento y su aplicación mejora la producción de centros de crecimiento, el enraizamiento de plantas nuevas y aumento de cuajado de flores (Huayhua, 2016).

2.6.1.3 Número de hojas

Se contabilizó el total del número de hojas presentes en la planta.



A: Significancia y agrupamiento

Figura 17 Número de hojas

En la Figura 17 se observa una respuesta mayor para el tratamiento T8, obtenido a lo largo del periodo de evaluación para NH, comparado con el tratamiento control. Así mismo todos los tratamientos muestran una similitud de respuesta en el rendimiento, comparado con el tratamiento control. Tal y como se observa en la Figura 17, no se obtuvieron diferencias de NH en el tratamiento 8, por encima del control, 734.5 y 668.1 número de hojas por planta, respectivamente. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que no existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p=0.7416$).

Lo anterior se puede deber a que productos que contienen aminoácidos como T8 en un 3%, condicionan la respuesta fisiológica de la planta en el desarrollo vegetativo, ya que el contenido de estos metabolitos primarios se destinan hacia la síntesis de energía de moléculas orgánicas relacionadas a los procesos fotosintéticos, respiratorios, asimilación de nutrientes, transporte de solutos, síntesis de proteínas, carbohidratos o lípidos (García y Carril, 2011). De igual manera el desarrollo de tallos y hojas, tiene estrecha relación con el potencial osmótico de la solución nutritiva del cultivo, ya que este tiene efectos negativos en el desarrollo vegetativo y reproductivo de las plantas de arándano (Salgado *et al.*, 2018).



Figura 18 NH del tratamiento T8 (A) Y T1 (B) a los 28 ddpa.

2.6.1.4 Longitud de hoja

La longitud de hoja se midió desde el peciolo al ángulo apical.

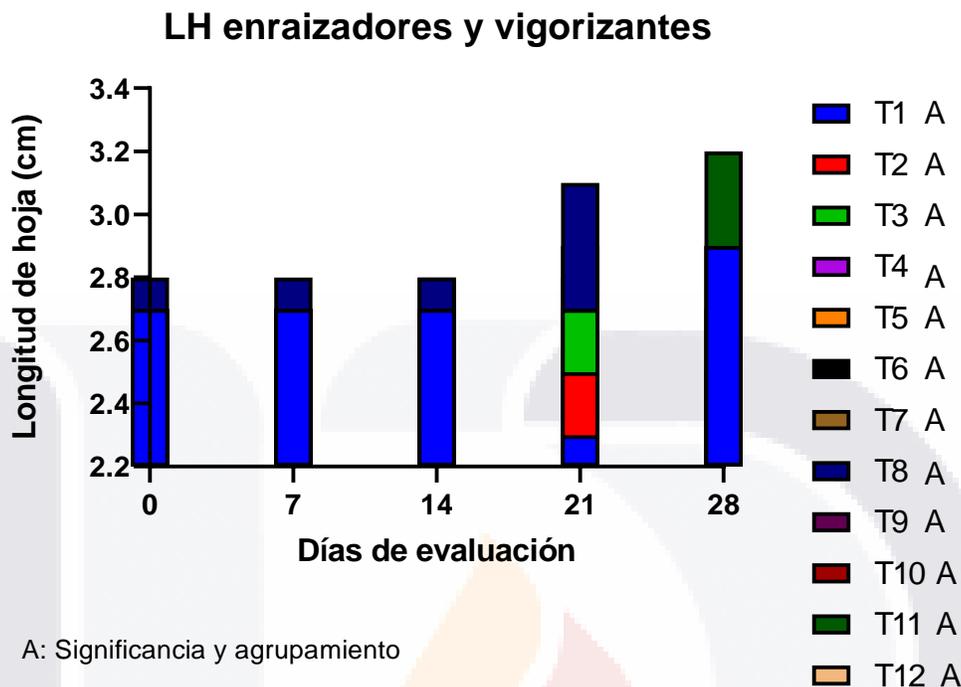


Figura 19 Longitud de hoja

En la Figura 19 se observa una respuesta mayor para el tratamiento T11, obtenido a lo largo del periodo de evaluación para LH, comparado con el tratamiento control. Así mismo todos los tratamientos muestran una similitud de respuesta en el rendimiento, comparado con el tratamiento control. Tal y como se observa en la Figura 19, no se obtuvieron diferencias de LH en el tratamiento 11, por encima del control, 3.2 y 2.9 cm en la longitud de hojas por planta, respectivamente. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que no existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p=0.0664$).

Lo anterior se puede deber a que el producto utilizado (T11) tiene una relación de NPK de 7, 47 y 6 % respectivamente, siendo esta concentración relevante para la diferenciación de ancho, longitud de hoja, diámetro del tallo, días a floración y días a cosecha, debido a la interacción de los elementos (Gómez y Arce, 2014).

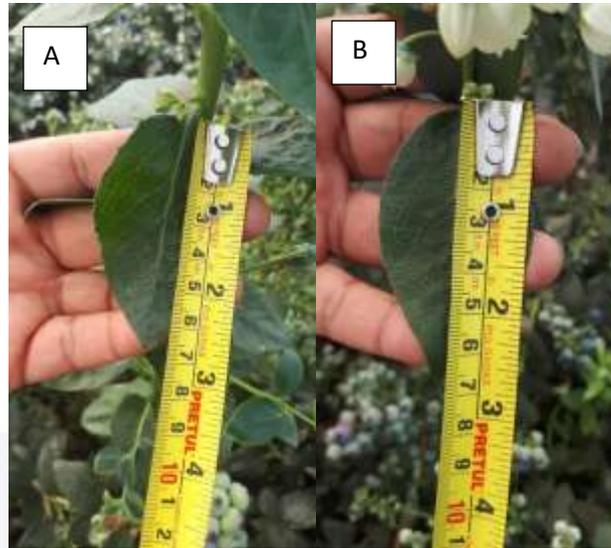


Figura 20 LH del tratamiento T11 (A) Y T1 (B) a los 28 ddpa.

2.6.1.5 Diámetro de hojas

El diámetro de hojas se midió con la longitud del eje menor del limbo.

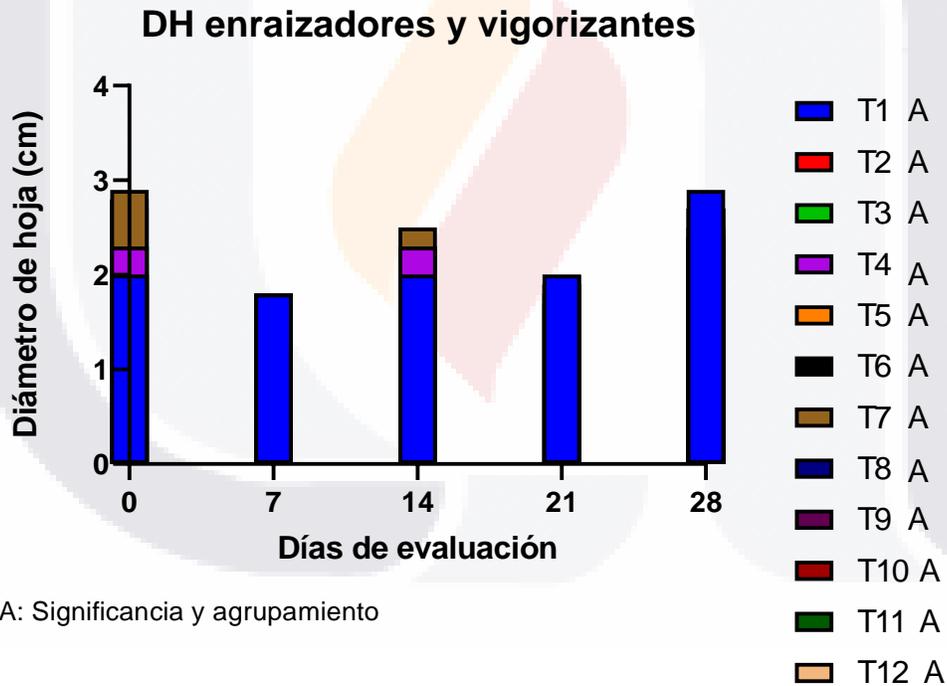


Figura 21 Diámetro de hojas

En la Figura 21 se observa una respuesta mayor para el tratamiento T3, obtenido a lo largo del periodo de evaluación para DH, comparado con el tratamiento control. Así mismo todos los tratamientos muestran una similitud de respuesta en el rendimiento, comparado con el tratamiento control. Tal y como se observa en la Figura 21, no se obtuvieron diferencias de

DH en el tratamiento control, por encima de los tratamientos mayores a comparar T1 y T3, 2.9 y 2.9 cm en diámetro de hoja por planta, respectivamente. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que no existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p=0.0030$).

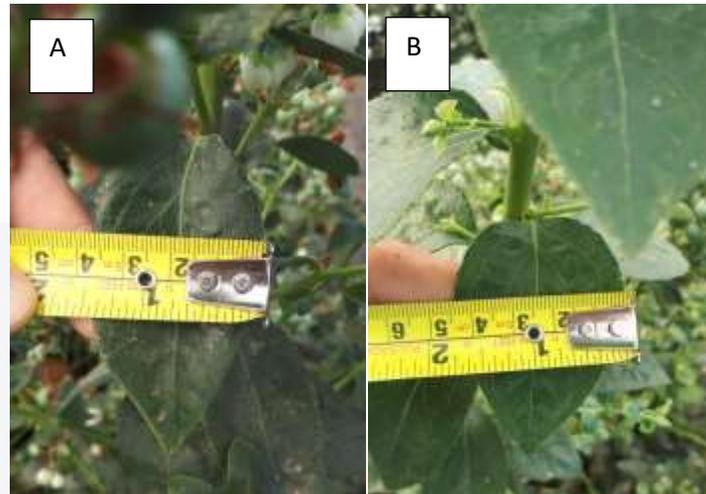


Figura 22 DH del tratamiento T3 (A) Y T1 (B) a los 28 ddpa.

2.6.1.6 Distancia entre nudos

La distancia entre nudos se midió en cm como la distancia entre el nacimiento de un peciolo al inmediato siguiente sobre el mismo tallo.

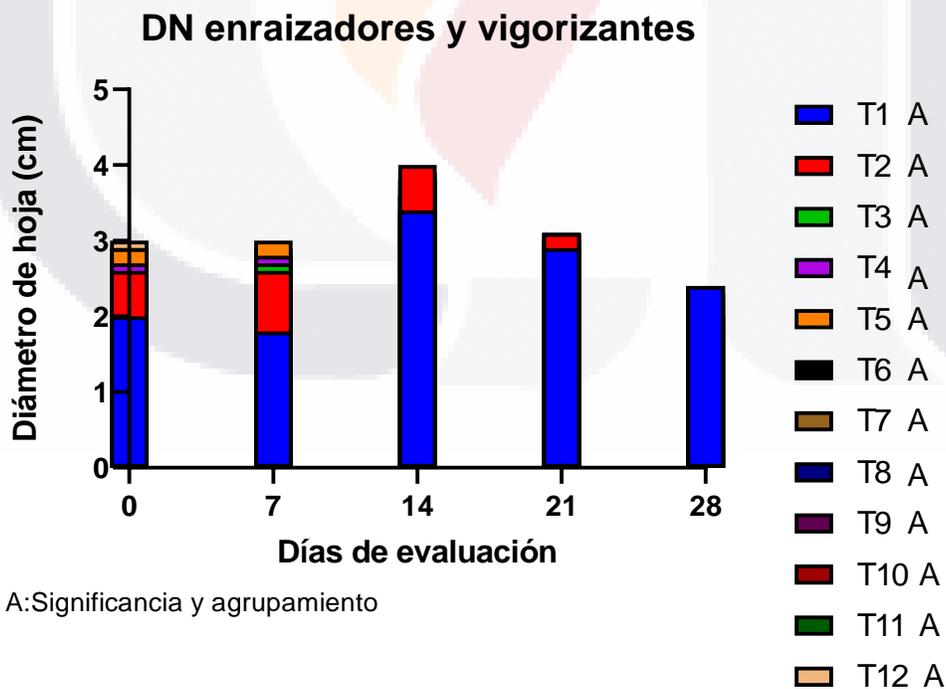


Figura 23 Distancia entre nudos

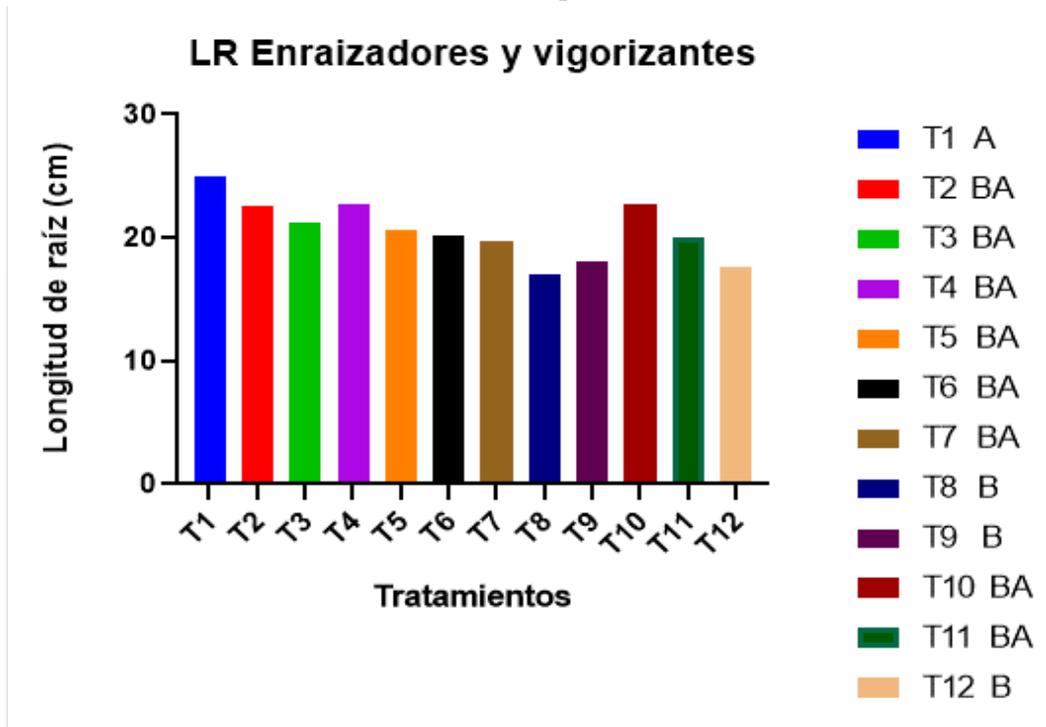
En la Figura 23 se observa una respuesta mayor para el tratamiento T6 y T9 obtenido a lo largo del periodo de evaluación para DN, similar a la del tratamiento control. Así mismo todos los tratamientos muestran una similitud de respuesta en el rendimiento, comparado con el tratamiento control. Tal y como se observa en la Figura 23, se obtuvieron similitudes de DN en el tratamiento T6 y T9, comparadas con el control de 2.5, 2.4 y 2.4 cm en la distancia entre nudos por planta, respectivamente. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que no existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p=0.0151$).



Figura 24 DN del tratamiento T6 (A) Y T1 (B) a los 28 ddpa.

2.6.1.7 Longitud de raíz

Se extrajo parcialmente una muestra de raíz dentro de la maceta, se lavó y se midió la distancia desde el nacimiento de la raíz hasta el punto final de la misma.



A, B, BA: Significancia y agrupamiento

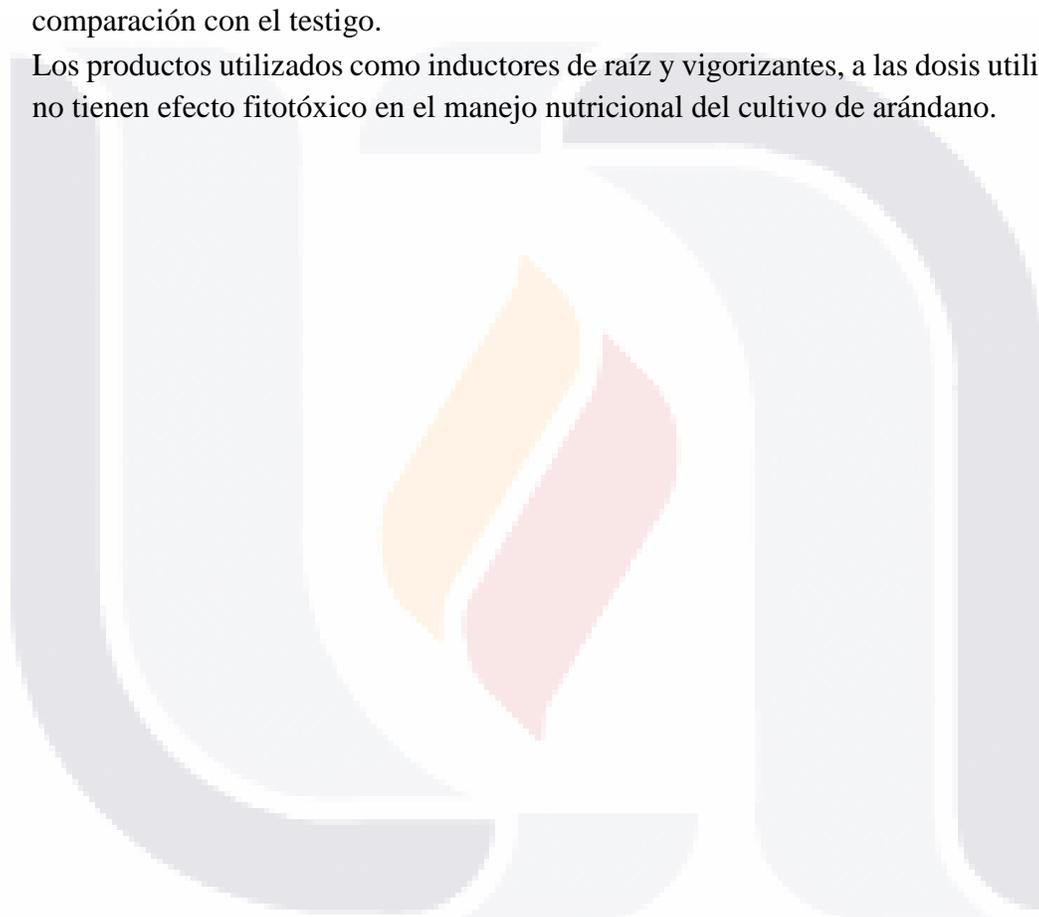
Figura 25 Longitud de raíz 28 días después de la aplicación de los tratamientos.

En la Figura 25 se observa una respuesta mayor para el tratamiento control. Así mismo todos los tratamientos muestran una similitud de respuesta en el rendimiento, comparado con el tratamiento control. Estas diferencias van haciéndose más notables y similares conforme avanza el periodo de evaluación. Tal y como se observa en la Figura 25 , se obtuvieron similitudes de LR en el tratamiento T2, T3, T4, T5, T6, T7, T10 y T11, en comparación con el control de 22.5, 21.2, 22.7, 20.7, 20.2, 22.7, 20 y 25 cm en la longitud de raíz por planta, respectivamente. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p=0.0001$). Para ver qué medias difieren, se utilizaron comparaciones múltiples de un solo factor, mediante el método Tukey y método LSD, obteniendo diferencias significativas entre los tratamientos con el control.

Para la evaluación de fitotoxicidad no se presentaron efectos negativos o contraproducentes para el cultivo de arándano en la aplicación de los tratamientos utilizados para el experimento.

2.6.2 CONCLUSIONES

- De acuerdo con el estudio realizado para AP, LH, DH y DN el tratamiento 3 fue el que mayor resalta las características para cada evaluación en la mayoría de las variables, con 45.9, 2.3, 2.7 y 1.9 cm respectivamente, superando al testigo comercial Rootex®, empleado en T6, T7, T8, T9, T10, T11 y T12.
- El producto Fertigro fósforo 8-24-0 T2 a una dosis de 10L / ha es eficaz como enraizador y vigorizante en el cultivo de arándano.
- No existen diferencias significativas en el uso de los tratamientos que favorezcan el crecimiento y desarrollo vegetativo para número de hojas y longitud de hojas en comparación con el testigo.
- Los productos utilizados como inductores de raíz y vigorizantes, a las dosis utilizadas no tienen efecto fitotóxico en el manejo nutricional del cultivo de arándano.



2.7 Etapa 2 estudio para evaluación de la inducción de follaje.

a) Diseño experimental:

El experimento se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar, con 4 repeticiones y 5 tratamientos. La unidad experimental quedó constituida por 5 macetas a una distancia entre ellas de 2 m entre líneas y 0.5 m entre planta. Es decir, se utilizaron 5 m² por unidad experimental y 20 m² por tratamiento. El estudio quedó conformado por 5 macetas por unidad experimental y 20 plantas por tratamiento. Para todo el estudio se utilizaron 100 macetas en etapa vegetativa. Se realizó en 1 ha de dimensiones 122 x 82 m la distribución de la etapa 2, se dividió el área en 4 bloques y se determinaron plantas para cada unidad experimental (5) y tratamientos (5) (Cuadro 9).

Cuadro 9 Distribución de tratamientos de inductor de follaje en campo.

| Bloque I | Bloque II | Bloque III | Bloque IV |
|-----------|-----------|------------|-----------|
| T2 | T3 | T1 | T4 |
| T5 | T2 | T4 | T3 |
| T4 | T1 | T5 | T5 |
| T1 | T4 | T3 | T2 |
| T3 | T5 | T2 | T1 |

Números romanos= Bloques Números arábigos=Tratamientos (unidades experimentales)

b) Croquis de distribución de los tratamientos en campo

Los bloques se distribuyeron en campo de la siguiente manera:

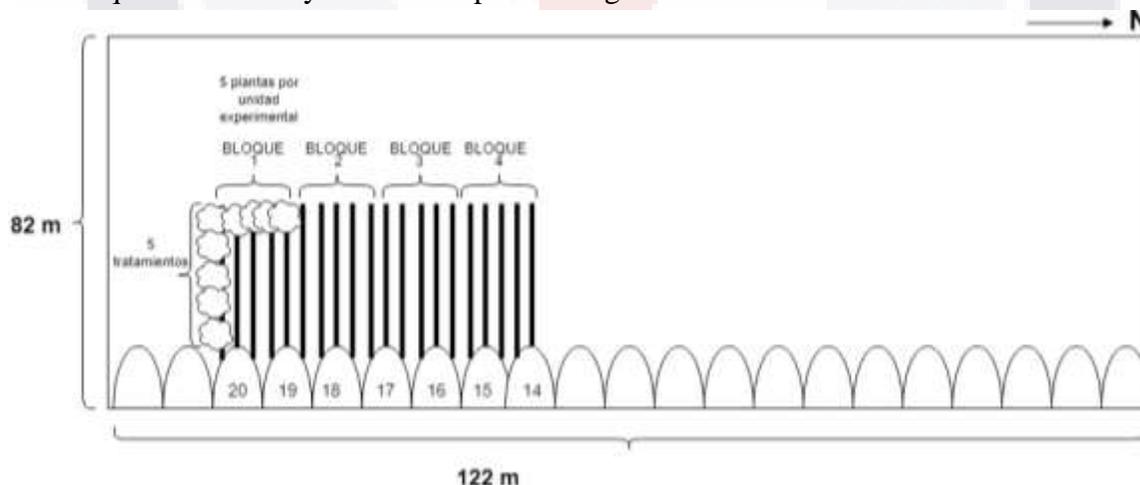


Figura 26 Croquis de distribución para estudio de inductor de follaje.

c) Dosis

Cada tratamiento evaluado se administró a distintas dosis (Cuadro 9) durante el mismo periodo de tiempo de evaluación. Las dosis especificadas por tratamiento fueron administradas de manera constante a los 0, 7, 14, 21 y 28 días.

Cuadro 10. Tratamientos de inductor de follaje en el cultivo de arándano en el Estado de Aguascalientes.

| Tratamiento | Producto | Dosis/ha |
|-------------|---|----------|
| 1 | Testigo absoluto | - |
| 2 | Producto 1 : Dermaplex +B6 (electroliox) | 10 L |
| 3 | Defense Bio sustrato + Defense Bio concentrado | 10 L |
| 4 | Dermaplex + B6 + Defense Bio sustrato | 10 L |
| 5 | Defense Bio sustrato + Fertigro Fe B7+ Fertigro Zn Bio + H-85-B39-3. | 10 L |

d) Momento y número de aplicaciones

Se realizó 1 aplicación en drench con un vaso graduado de 100 ml, utilizando un volumen de agua de 1000 L/ha.

e) Variables para estudio inductores de follaje.

La evaluación de los principales parámetros se realizó para diámetro de tallo (DT), altura de planta (AP), número de hojas (NH), longitud de hojas (LH), contenido de clorofila, distancia entre nudos (DN) y fitotoxicidad. Los registros se realizaron durante el inicio del ciclo del cultivo después de la poda. Para cada parámetro se realizaron 5 evaluaciones a los 0, 7, 14, 21 y 28 días después de la primera aplicación de los tratamientos, mediante muestreo al azar. Para el diseño y el análisis experimental de los datos se utilizaron los programas Microsoft Excel y el específico de estadística SAS®. En el análisis de los datos se realizó un ANOVA (comparación de medias) para encontrar las diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%. Los ensayos se llevaron a cabo teniendo en cuenta 1 factor o variable de proceso: NB “tratamientos” (n=5).

2.7.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN (INDUCTORES DE FOLLAJE)

El periodo de desarrollo de la etapa 2 para inductores de follaje, se realizó del 18 de abril al 16 de mayo para el cultivo de arándano, en Aguascalientes.

2.7.1.1 Diámetro de tallo

Se tomó el diámetro de tallos basales de cada planta, con el objetivo de evaluar el grosor de tallo de la planta.

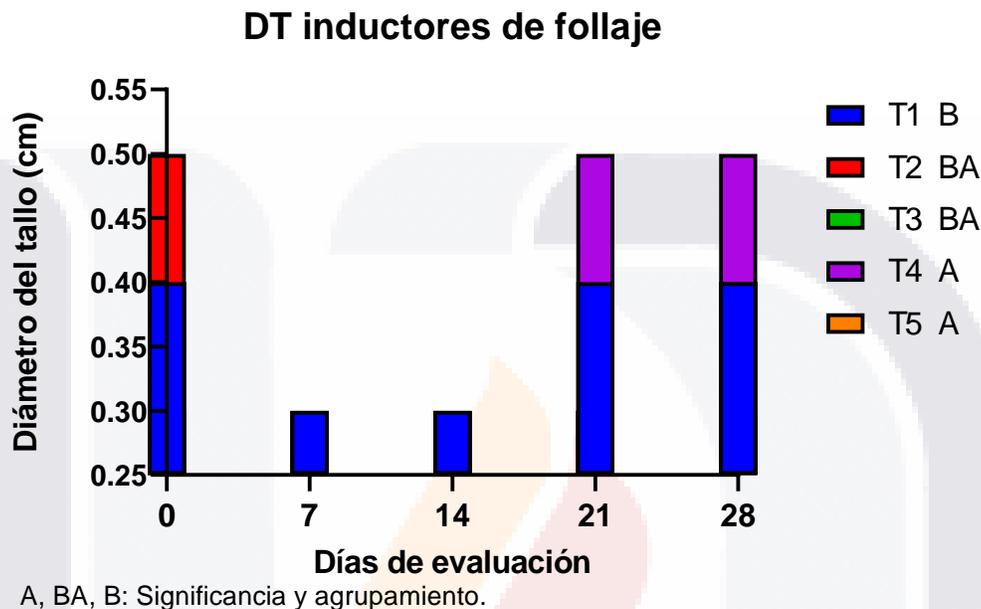


Figura 27 Diámetro de tallo

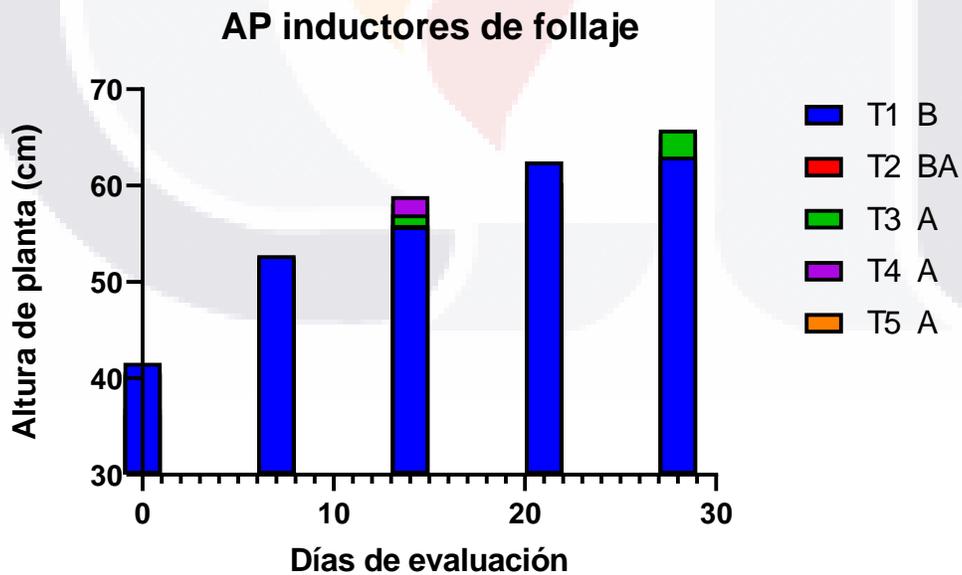
En la Figura 27 se observa una respuesta mayor para el tratamiento T3, T4 y T5, obtenido a lo largo del periodo de evaluación para DT, comparado con el tratamiento control. Estas diferencias van haciéndose más notables conforme avanza el periodo de evaluación. Se obtuvieron diferencias de DT en los tratamientos 3,4 y 5 por encima del control, de 0.4, 0.4, 0.4 y 0.5 cm de diámetro de tallo por planta, respectivamente. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p=0.1533$). Para ver qué medias difieren, se utilizaron comparaciones múltiples de un solo factor, mediante el método Tukey y método LSD, obteniendo diferencias significativas entre los tratamientos 3,4 y 5 con el control.



Figura 28 DT del tratamiento T3 (A) Y T1 (B) a los 28 ddpa.

2.7.1.2 Altura de planta

La altura de una planta se midió en metros, desde el nivel del sustrato al límite más alto del ápice de la misma.



A, BA, B: Significancia y agrupamiento.

Figura 29 Altura de planta

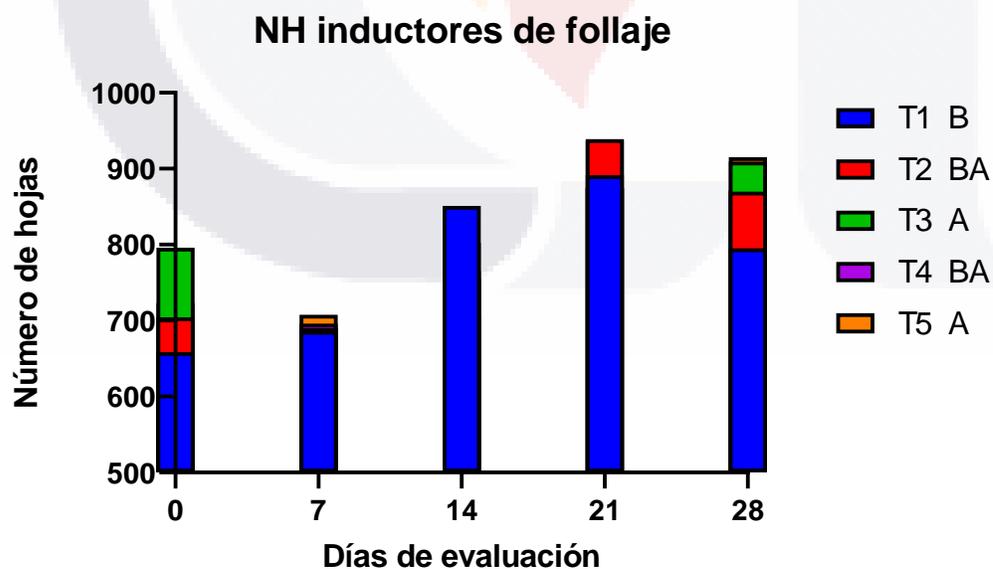
En la Figura 29 se observa una respuesta similar para los tratamientos obtenida a lo largo del periodo de evaluación para AP, comparado con el tratamiento control. Así mismo todos los tratamientos muestran un similar rendimiento, comparado con el tratamiento control. Tal y como se observa en la Figura 29, se obtuvieron diferencias de AP en el tratamiento 3, por encima del control, de 65.8, y 63 cm por planta, respectivamente. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que no existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p=0.6673$).



Figura 30 AP del tratamiento T3 (A) Y T1 (B) a los 28 ddpa.

2.7.1.3 Número de hojas

Se contabilizó el número de hojas totales por planta.



A, BA, B: Significancia y agrupamiento.

Figura 31 Número de hojas

En la Figura 31 se observa una respuesta mayor para el tratamiento T5, obtenido a lo largo del periodo de evaluación para NH, comparado con el tratamiento control. Así mismo todos los tratamientos muestran un similar rendimiento, comparado con el tratamiento control. Tal y como se observa en la Figura 31, se obtuvieron diferencias de NH en el tratamiento, por encima del control, de 915.2 y 795 número de hojas por planta, respectivamente. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que no existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p=0.1751$). Lo anterior se debe a que T5 posee materia orgánica a una concentración de 2,000, ppm lo que hace que la biodisponibilidad de los compuestos de carbono tengan una mayor presencia en suelo, lo que define el rendimiento del cultivo (Navarro et al., 2008).

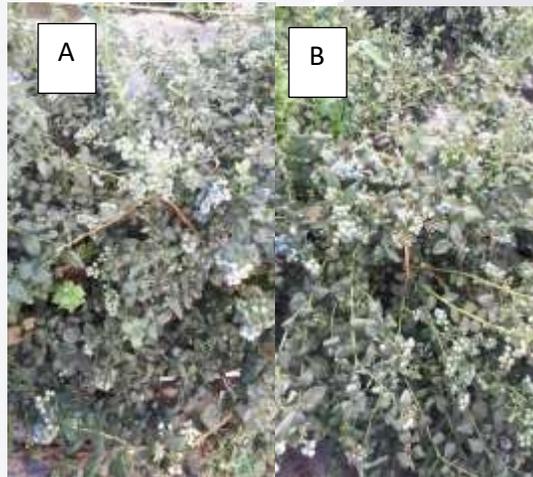


Figura 32 NH del tratamiento T5 (A) Y T1 (B) a los 28 ddpa.

2.7.1.4 Longitud de hojas

La longitud de hoja se midió desde el peciolo al ángulo apical.

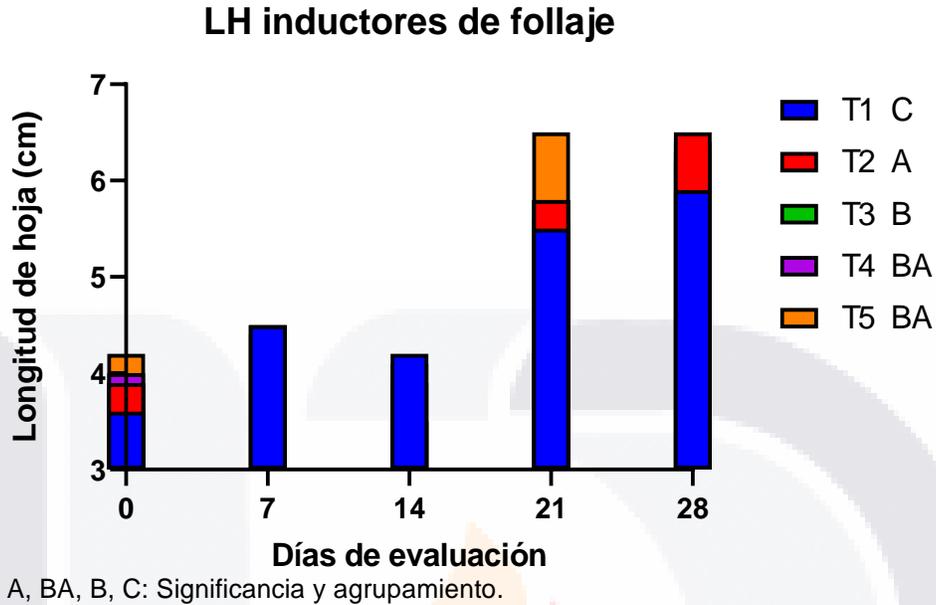


Figura 33 Longitud de hoja

En la Figura 33 se observa una respuesta mayor para el tratamiento T2, obtenido a lo largo del periodo de evaluación para LH, comparados con el tratamiento control. Así mismo todos los tratamientos muestran un similar rendimiento, comparado con el tratamiento control. Tal y como se observa en la Figura 33, se obtuvieron diferencias de LH en el tratamiento 2, por encima del control, de 6.5 y 5.9 cm en la longitud de hoja por planta, respectivamente. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p=0.0034$). Para ver qué medias difieren, se utilizaron comparaciones múltiples de un solo factor, mediante el método ‘Tukey’ y método ‘LSD’, obteniendo diferencias significativas entre el tratamiento T2 con el control.

Lo anterior se puede deber a que el producto utilizado para T2 tiene una composición de nitrógeno total 2%, potasio 3%, fierro 1%, zinc 1%, materia orgánica 19% y ácidos húmicos 4%, peso/ peso, respectivamente haciendo la presencia del fierro un importante elemento para intervenir en funciones metabólicas, así como en el crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas siendo la forma reducida (Fe_{2+}) la que generalmente se encuentra en los suelos, principalmente en sus estados de valencia (Fe_{2+} y Fe_{3+}) (Martínez, Gómez, y Santamaría, 2000). La presencia de fierro regula funciones biológicas tales como el transporte de electrones, fijación de nitrógeno, síntesis de ADN y varias reacciones de la fotosíntesis, siendo este elemento importante para el desarrollo de la planta (Barrera, 2015).

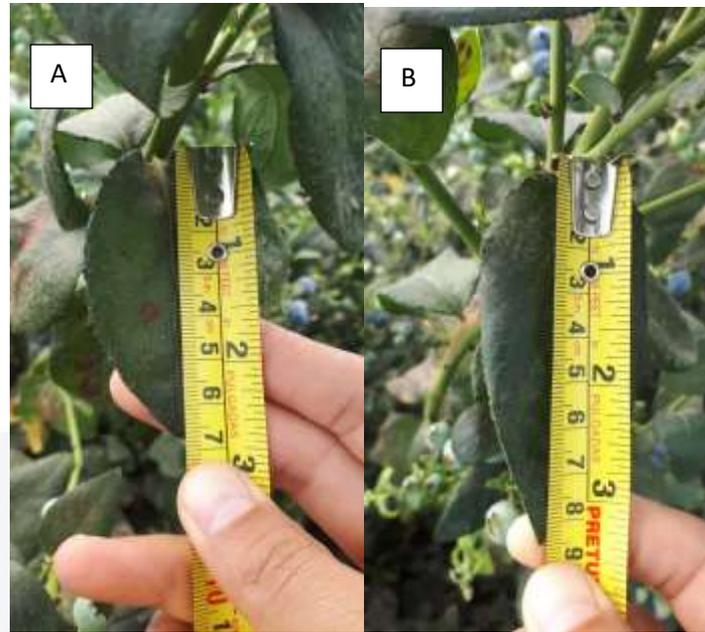
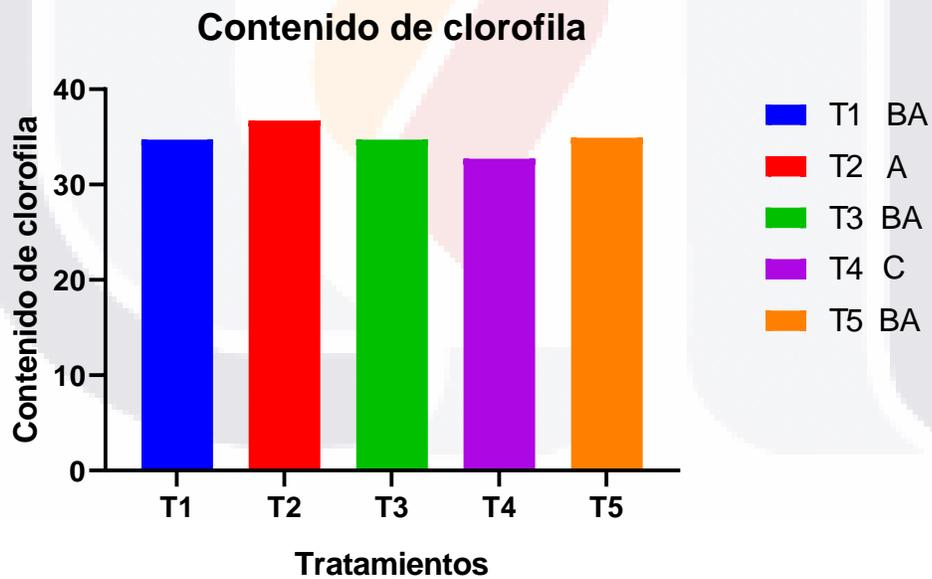


Figura 34 LH del tratamiento T2 (A) Y T1 (B) a los 28 ddpa.

2.7.1.5 Contenido de clorofila



A, BA, B, C: Significancia y agrupamiento.

Figura 35 Contenido de clorofila a los 28 días de aplicación de tratamientos.

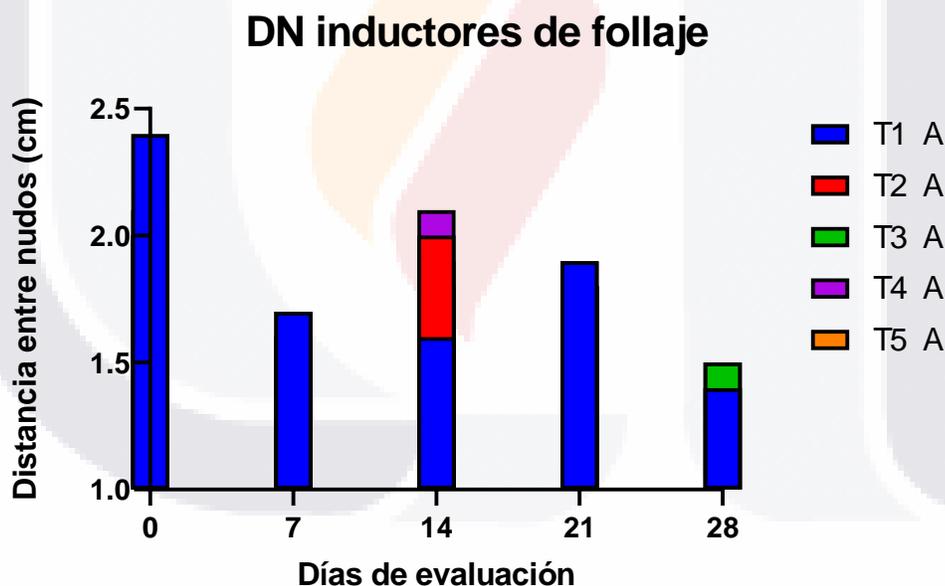
En la Figura 35 se observa una respuesta mayor para el tratamiento T2, obtenido a lo largo del periodo de evaluación para contenido de clorofila, comparado con el tratamiento control. Tal y como se observa en la Figura 35, se obtuvieron diferencias de contenido de clorofila en

el tratamiento 2 por encima del control, de 36.75 y 34.79, respectivamente. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p=0.0001$). Para ver qué medias difieren, se utilizaron comparaciones múltiples de un solo factor, mediante el método Tukey y método LSD, obteniendo diferencias significativas entre el tratamiento T2 con el control.

Esto se debe a que el tratamiento 2 al contener hierro (al 1% peso/peso) evita problemas nutricionales, evitando problemas en el crecimiento, productividad y calidad de las baya (Barrera, 2015). Una alternativa de fertilizante para adición de hierro propuesta por Molina (2010) es el uso de sangre bovina, ya que esta no afecta la concentración foliar de clorofila en la planta de arándano, el crecimiento vegetativo, las variables productivas ni la concentración de minerales en las plantas por competencia de agua. De igual manera el uso del medidor SPAD podría ser utilizado como un indicador eficiente y rápido de niveles de clorofila y nitrógeno foliar (Molina, Retamales, y Lobos, 2010).

2.7.1.6 Distancia entre nudos

La distancia entre nudos se midió en cm como la distancia entre el nacimiento de un peciolo al inmediato siguiente sobre el mismo tallo.



A: Significancia y agrupamiento.

Figura 36 Distancia entre nudos

En la Figura 36 se observa una respuesta mayor para los tratamientos T3, T4 y T5, obtenidos a lo largo del periodo de evaluación para DN, comparados con el tratamiento control. Así mismo todos los tratamientos muestran un mayor rendimiento, comparado con el tratamiento control. Tal y como se observa en la Figura 36, no se obtuvieron diferencias de NB en los tratamientos 3,4, y 5 por encima del control, de 1.5, 1.5, 1.5 y 1.4 cm de distancia entre

nudos por planta, respectivamente. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que no existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p=0.3931$).

Lo anterior se debe a que el T3 posee materia orgánica a una concentración de 1,000 ppm, diluyentes y acondicionadores al 99.9 %, que favorecen el desarrollo y la distancia entre nudos de la planta que favorece el desarrollo vegetativo en primocaña y floricaña (Maticorena, 2017).

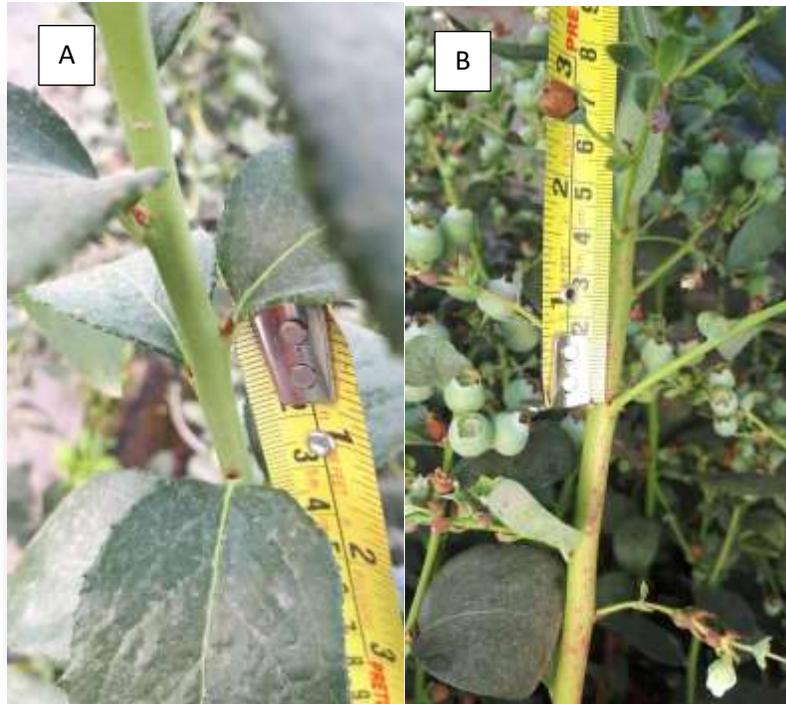


Figura 37 DN del tratamiento T3 (A) Y T1 (B) a los 28 ddpa.

Para la evaluación de fitotoxicidad no se presentaron efectos negativos o contraproducentes para el cultivo de arándano en la aplicación de los tratamientos utilizados para el experimento.

2.7.2 CONCLUSIONES

- De acuerdo con el estudio realizado para LH y contenido de clorofila el tratamiento 2 fue el que mayor resalta las características para estas variables, 6.5 cm y 36.7 respectivamente, superando al control 5.9 cm y 34.7 empleado en T1.
- El producto Dermaplex ® +B6 a una dosis de 10L / ha es eficiente como inductor de follaje en el cultivo de arándano.

- No existen diferencias significativas en el uso de los tratamientos que favorezcan el diámetro de tallo, altura de planta, número de hojas y distancia entre nudos en comparación con el testigo.
- Los productos utilizados como inductores de follaje, a las dosis utilizadas no tienen efecto fitotóxico en el manejo nutricional del cultivo de arándano.

2.8 Etapa 3 estudio para evaluación de floración y amarre de frutos.

a) Diseño experimental:

El experimento se realizará bajo un diseño de bloques completos al azar, con 4 repeticiones y 10 tratamientos. La unidad experimental quedará constituida por 3 macetas a una distancia entre ellas de 2 m entre líneas y 0.5 m entre planta. Es decir, se utilizaron 3 m² por unidad experimental y 12 m² por tratamiento. El estudio quedará conformado por 3 macetas por unidad experimental y 12 plantas por tratamiento. Para todo el estudio se utilizarán 120 macetas en etapa vegetativa. Se realizó en 1 ha de dimensiones 122 x 82 m la distribución de la etapa 3, se dividió el área en 4 bloques y se determinaron plantas para cada unidad experimental (3) y tratamientos (10) (Cuadro 11).

Cuadro 11 Distribución de tratamientos de inductor de floración en campo.

| Bloque I | Bloque II | Bloque III | Bloque IV |
|------------|-----------|------------|-----------|
| T2 | T8 | T7 | T6 |
| T5 | T6 | T9 | T8 |
| T4 | T9 | T10 | T4 |
| T1 | T7 | T1 | T3 |
| T3 | T10 | T4 | T5 |
| T6 | T3 | T5 | T2 |
| T8 | T2 | T3 | T1 |
| T10 | T1 | T2 | T10 |
| T9 | T4 | T6 | T9 |
| T7 | T5 | T8 | T7 |

Números romanos= Bloques Números arábigos=Tratamientos (unidades experimentales)

b) Croquis de distribución de los tratamientos en campo

Los bloques se distribuyeron en campo de la siguiente manera:

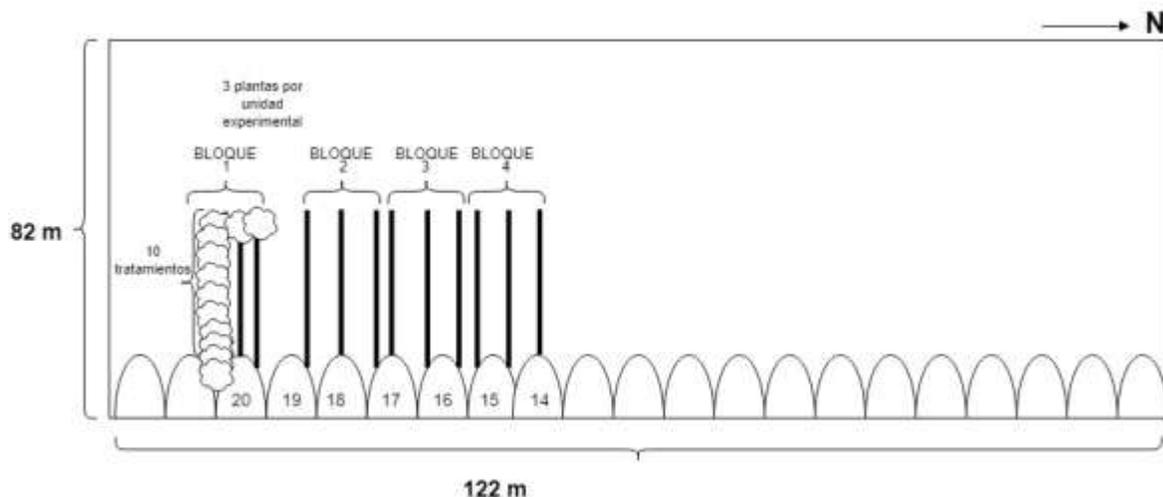


Figura 38 Croquis de distribución para estudio de inductor de follaje.

c) Dosis

Cada tratamiento evaluado se administró a distintas dosis (Cuadro 12) durante el mismo periodo de tiempo de evaluación. Las dosis especificadas por tratamiento fueron administradas de manera constante a los 0, 7, 14, 21 y 28 días.

Cuadro 12. Tratamientos de inductor de floración en el cultivo de arándano en el Estado de Aguascalientes.

| Tratamiento | Producto | Dosis/ha |
|-------------|------------------|----------|
| 1 | Testigo absoluto | - |
| 2 | Agro K H5KF P33 | 3 Kg |
| 3 | Agro K H5KF P33 | 2 Kg |
| 4 | Agro K H5KF P33 | 1 Kg |
| 5 | Agro K H5KF B33 | 3 Kg |
| 6 | Agro K H5KF B33 | 2 Kg |
| 7 | Agro K H5KF B33 | 1 Kg |
| 8 | Barrier B-21 | 3 L |
| 9 | Barrier B-21 | 2 L |
| 10 | Barrier B-21 | 1 L |

d) Momento y número de aplicaciones

Se realizarán 3 aplicaciones en drench con un vaso graduado de 100 ml, utilizando un volumen de agua de 1200 L/ha. Los registros se realizaron durante la etapa reproductiva del cultivo. Para cada parámetro se realizaron 5 evaluaciones a los 0, 7, 14, 30, 45, 60, 75, 78 y 93 días después de la primera aplicación (ddpa) de los tratamientos, mediante muestreo al azar.

2.8.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN (FLORACIÓN, AMARRE, POSCOSECHA)

El periodo de desarrollo de la etapa 3, para evaluación de floración, amarre de frutos y evaluación de vida de anaquel en poscosecha, se realizó del 16 de mayo al 15 de agosto para el cultivo de arándano, en Aguascalientes.

2.8.1.1 Número de flores

El número de flores se contabilizó en todas las inflorescencias y racimos, de acuerdo la morfología de 4-5 sépalos, corola blanca de cinco pétalos fusionados y forma de campana.

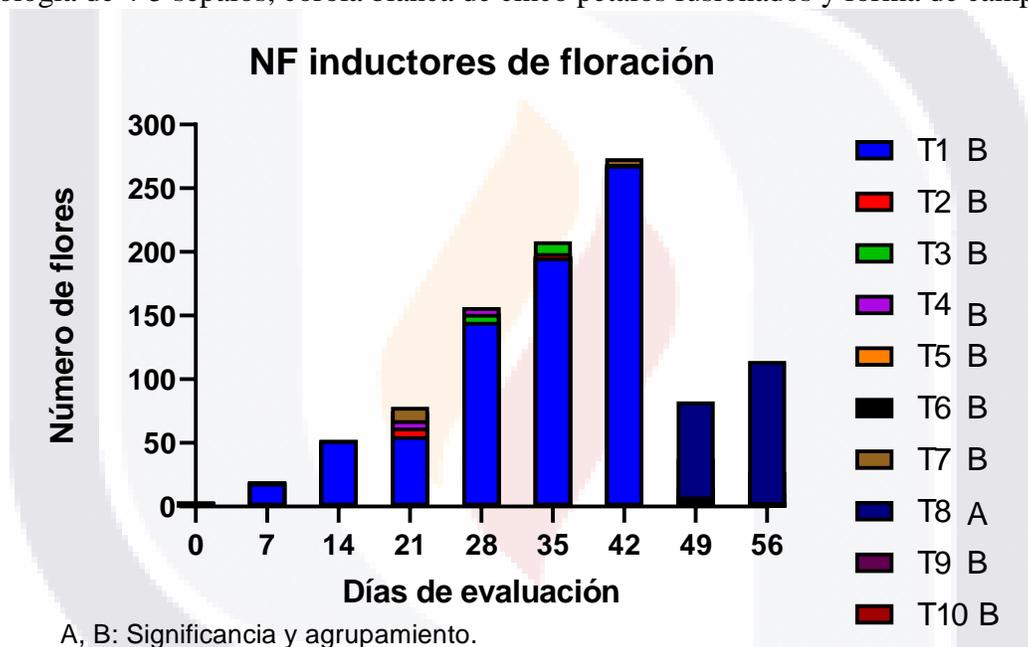


Figura 39 Número de flores.

En la Figura 39 se observa una respuesta mayor para el tratamiento T8, obtenido a lo largo del periodo de evaluación para NF, comparado con el tratamiento control. Así mismo todos los tratamientos muestran un mayor rendimiento, comparado con el tratamiento control. Estas diferencias van haciéndose más notables conforme avanza el periodo de evaluación. Tal y como se observa en la Figura 39, se obtuvieron diferencias de NF en el tratamiento 8, por encima del control, de 114.4 y 2.5 número de flores por planta a los 93 ddpa, respectivamente, haciendo que T8 favorezca la floración extendiendo el tiempo de producción. En el pico de mayor producción de número de flores se dio a los 75 ddpa, donde se obtuvieron diferencias en el tratamiento 8, por encima del control, de 276.6 y 268.4 número de flores por planta, respectivamente. Tras el análisis de la varianza realizado

mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p=0.0001$). Para ver qué medias difieren, se utilizaron comparaciones múltiples de un solo factor, mediante el método Tukey y método LSD, obteniendo diferencias significativas entre los tratamientos 8 con el control.

Esto se puede deber a que el tratamiento 8 aplicado a la dosis de 3L/ha del producto Barrier®, contiene 10 % de calcio y 24 % de silicio, y como lo mencionaron Vallejo y Alvarado en 2011, se ha comprobado que el silicio beneficia a las plantas cuando están bajo estrés por sequía retrasando la defoliación prematura y mejorando la capacidad de resistencia a toxicidades de micronutrientes y otros metales, favoreciendo la asimilación del fósforo en etapa de floración por parte de las plantas, permitiendo la liberación de formas biodisponibles. Para mejorar el manejo del cultivo, son recomendadas las aplicaciones constantes de calcio durante el desarrollo de brotes nuevos, hojas, flores y frutos para influenciar directamente en la calidad y producción, como lo menciona Lazcano (2009), en su investigación sobre deficiencias de calcio en tomate (*Lycopersicon esculentum L.*) “La fertilización foliar de Ca, es una buena alternativa si se buscan rendimientos altos y buena calidad cuando la asimilación radicular es deficiente”.

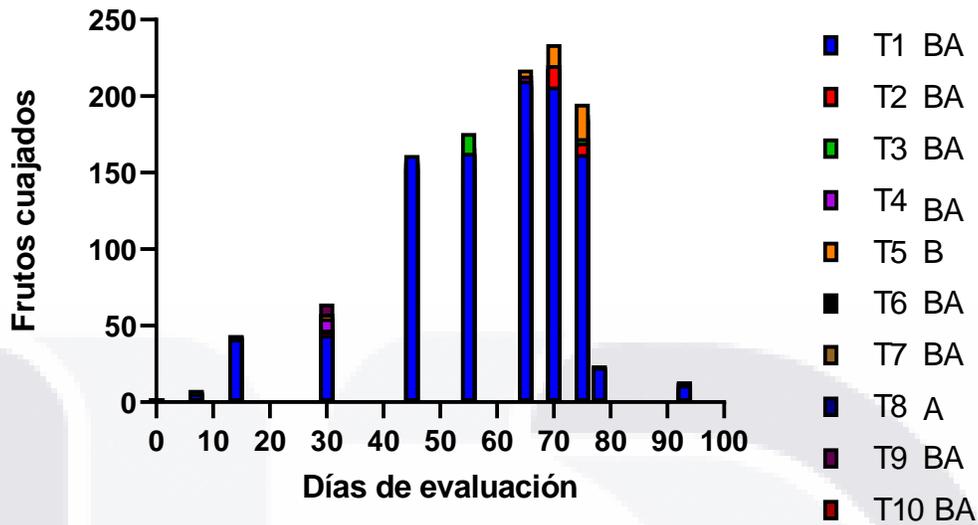


Figura 40 NF del tratamiento T8 (A) Y T1 (B) a los 93 ddpa.

2.8.1.2 Cuajado de frutos

Se contabilizó el número de frutos inmaduros (transición de flor a fruto) o falsas bayas, de forma esférica, color verde, rojo o morado.

CF inductores de floración



A, BA, B: Significancia y agrupamiento.

Figura 41 Frutos cuajados

En la Figura 41 se observa una respuesta mayor para el tratamiento T8, obtenido a lo largo del periodo de evaluación para CF, comparado con el tratamiento control. Así mismo todos los tratamientos muestran un mayor rendimiento, comparado con el tratamiento control. Estas diferencias van haciéndose más notables conforme avanza el periodo de evaluación. Tal y como se observa en la Figura 41, se obtuvieron diferencias de CF en el tratamiento 8, por encima del control, de 12.8 y 11.4 cuajado de frutos por planta a los 93 ddpa, respectivamente. En el pico de mayor producción de número de flores se dio a los 60 ddpa, donde se obtuvieron diferencias en el tratamiento 5, por encima del control, de 234 y 206.4 cuajado de frutos por planta, respectivamente. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p= 0.0441$). Para ver qué medias difieren, se utilizaron comparaciones múltiples de un solo factor, mediante el método Tukey y método LSD, obteniendo diferencias significativas entre los tratamientos 5 y 8 con el control.

Esto se debe a que el calcio, como el nitrato de calcio, ayudan a impulsar el cuajado y el número de frutos, siendo muy importante aplicarlo para una mejora significativa del cuajado antes y durante la floración, a una dosis de menos de 30 mg en los frutos verdes (Ocampo Chavarriaga, y Ceballos, 2007).

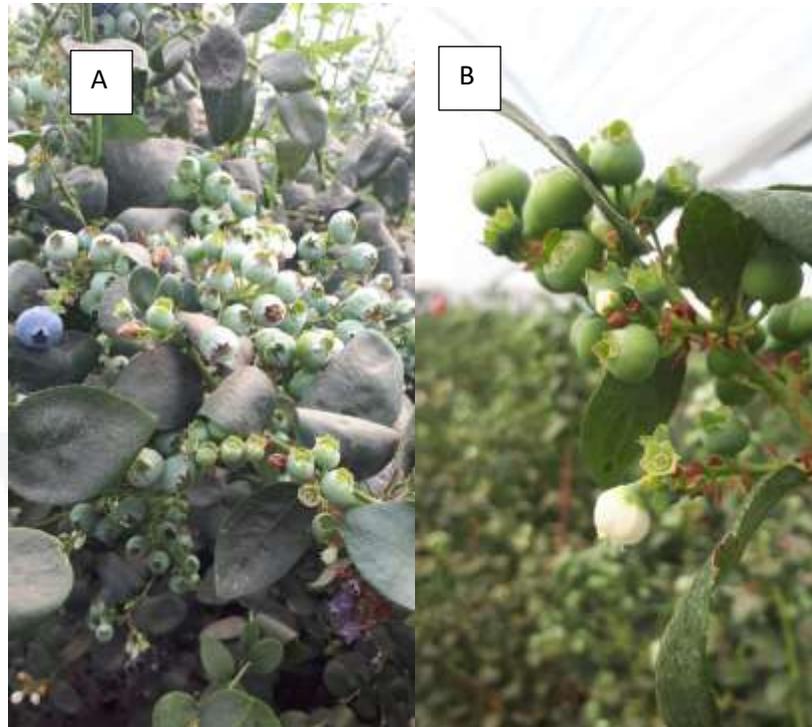
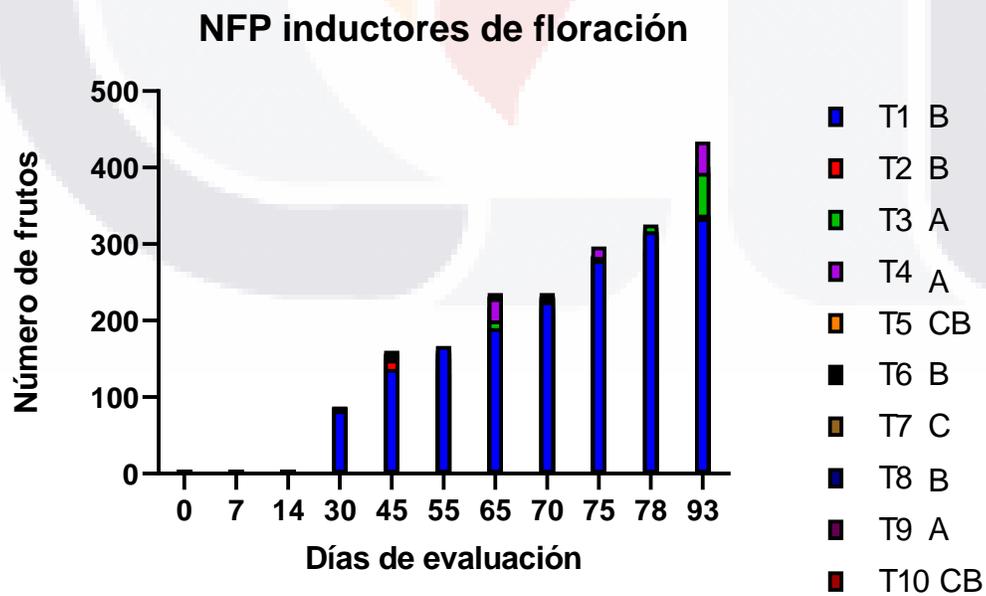


Figura 42 CF del tratamiento T8 (A) Y T1 (B) a los 93 ddpa.

2.8.1.3 Número de frutos por planta

Se contabilizó el número total de frutos por planta.



A, B: Significancia y agrupamiento.

Figura 43 Número de frutos por planta

En la Figura 43 se observa una respuesta mayor para el tratamiento T3, T4, y T9 obtenido a lo largo del periodo de evaluación para NFP, comparada con el tratamiento control. Tal y como se observa en la Figura 43 , se obtuvieron diferencias de NFP en el tratamiento 3,4, y 9 por encima del control, de 393.2, 422.9, 401.1 y 334.1 para el número de frutos por planta, respectivamente. En el pico de mayor producción de número de flores se dio a los 93 ddpa. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p= 0.0001$). Para ver qué medias difieren, se utilizaron comparaciones múltiples de un solo factor, mediante el método Tukey y método LSD, obteniendo diferencias significativas entre el tratamiento 3, 4 y 9 por arriba del control.

Los anterior se puede deber a la relación que existe con el contenido del producto presente en T3, puesto que este tiene una concentración de fósforo en un 32 %, potasio en un 53% y aminoácidos en un 3%.Las relaciones entre el nitrógeno y el potasio tienen efecto directo en la productividad, calidad de la planta, rendimiento, calidad de los frutos, así como frutos con mayor firmeza y grosor del endocarpio, menor porcentaje de frutos fuera de norma y valores inferiores de pérdidas postcosecha (Hernández et al., 2009).



Figura 44 NFP del tratamiento T3 (A) Y T1 (B) a los 93 ddpa.

2.8.1.4 Diámetro de fruto

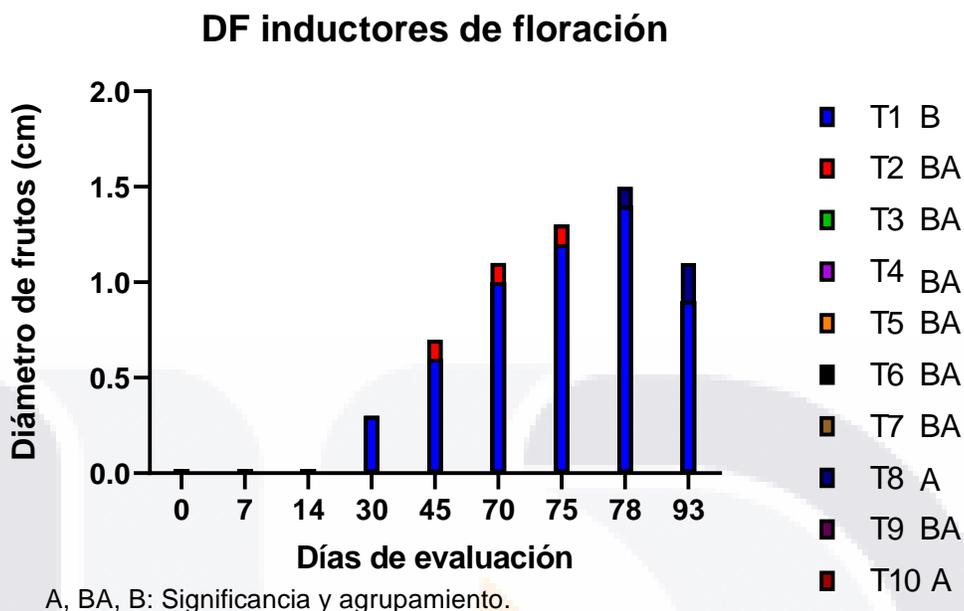


Figura 45 Diámetro de fruto

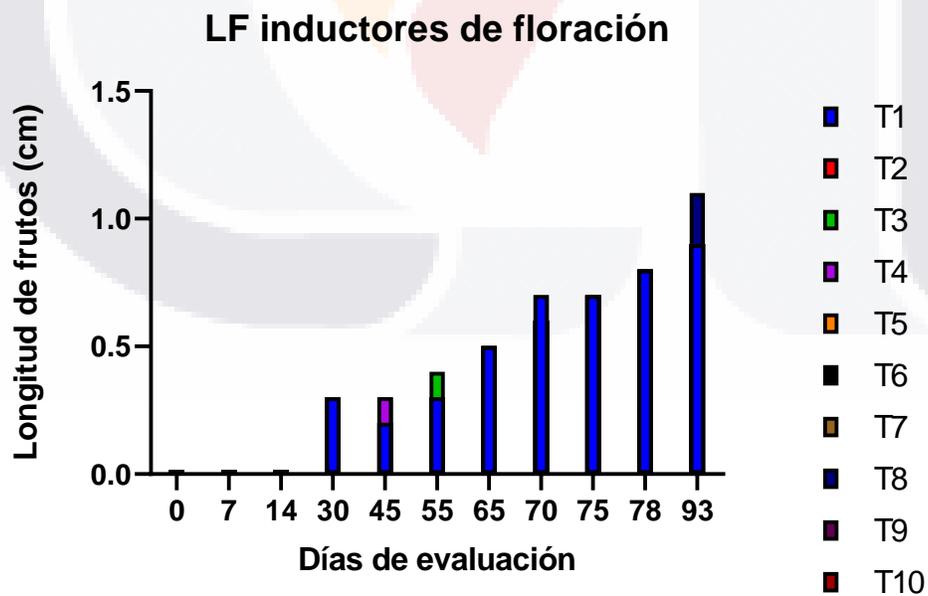
En la Figura 45 se observa una respuesta mayor para el tratamiento T8 Y T10, obtenido a lo largo del periodo de evaluación para DF, comparada con el tratamiento control. Así mismo todos los tratamientos muestran un mayor rendimiento, comparado con el tratamiento control. Estas diferencias van haciéndose más notables conforme avanza el periodo de evaluación. Tal y como se observa en la Figura 45, se obtuvieron diferencias de DF en el tratamiento 8 y 10 por encima del control, de 1.5, 1.5 y 1.4 cm de diámetro de fruto por planta, respectivamente. En el pico de mayor producción con respecto al diámetro de fruto se dio a los 78 ddp, donde se obtuvieron diferencias en el tratamiento 8 y 10, por encima del control, de 1.7, 1.7 y 1.6 cm de diámetro de fruto por planta, respectivamente. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p=0.0191$). Para ver qué medias difieren, se utilizaron comparaciones múltiples de un solo factor, mediante el método Tukey y método LSD, obteniendo diferencias significativas entre los tratamientos 8 y 10 con el control.

El tratamiento 8 utilizado se compone de calcio 10 % y silicio 24 %, por tal motivo esta respuesta se puede deber a que la aplicación foliar de silicio incrementa el peso y diámetro del de fruto, así como también beneficia a la plantas cuando están bajo estrés, mejora la tolerancia a sequías, evita defoliación prematura y mejora capacidad de resistencia a toxicidades de micronutrientes y otros metales (Laiza, 2019)(Onofre, 2019).



Figura 46 DF del tratamiento T8 (A) Y T1 (B) a los 93 ddpa.

2.8.1.5 Longitud de fruto



A, BA, B: Significancia y agrupamiento.

Figura 47 Longitud de fruto.

En la Figura 47 se observa una respuesta mayor para el tratamiento T8, obtenido a lo largo del periodo de evaluación para LF, comparado con el tratamiento control. Tal y como se observa en la Figura 47, se obtuvieron diferencias de LF en el tratamiento 8, por encima del control, de 1.1 y 0.9 para la longitud del fruto por planta, respectivamente. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p=0.0118$). Para ver qué medias difieren, se utilizaron comparaciones múltiples de un solo factor, mediante el método Tukey y método LSD, obteniendo diferencias significativas entre el tratamiento 8 con el control.

Como se mencionó anteriormente el nitrato de calcio, ayuda a impulsar el cuajado y el número de frutos (Ocampo Chavarriaga, y Ceballos, 2007)



Figura 48 LF del tratamiento T8 (A) Y T10 (B) a los 93 ddpa.

2.8.1.6 Peso de fruto

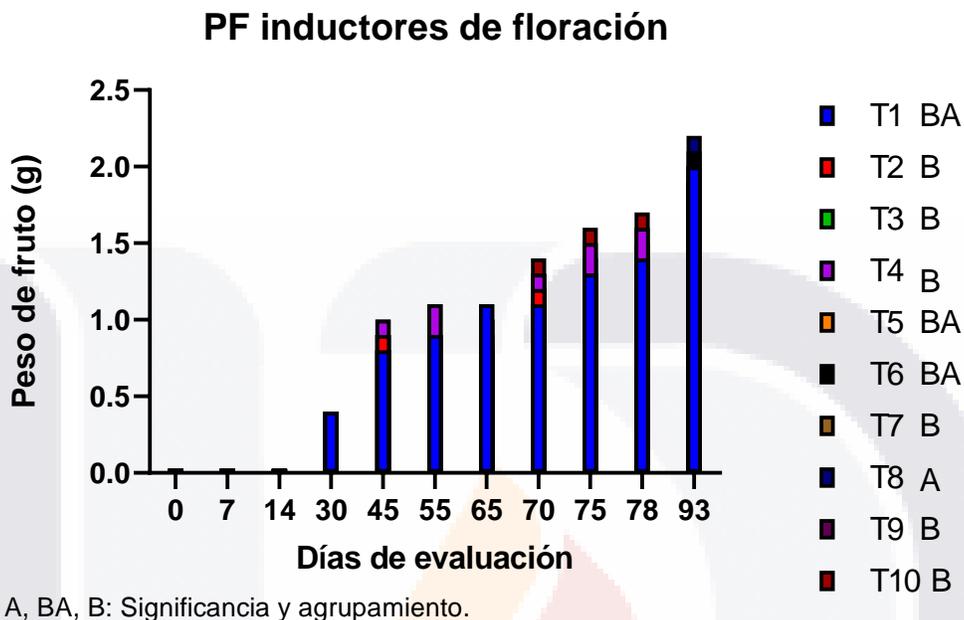


Figura 49 Peso de fruto

En la Figura 49 se observa una respuesta mayor para el tratamiento T8, obtenido a lo largo del periodo de evaluación para PF, comparado con el tratamiento control. Tal y como se observa en la Figura 49, se obtuvieron diferencias de PF en el tratamiento 8, por encima del control, de 2.2 y 2 para el peso del fruto por planta, respectivamente. En el pico de mayor producción de número de flores se fue a los 93 ddp. Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos aplicados en el ensayo ($p= 0.0092$). Para ver qué medias difieren, se utilizaron comparaciones múltiples de un solo factor, mediante el método Tukey y método LSD, obteniendo diferencias significativas entre el tratamiento 8 y el control.

Como se mencionó anteriormente, el tratamiento 8 utilizado se compone de calcio 10 % y silicio 24 %, por tal motivo esta respuesta se puede deber a que la aplicación foliar de silicio incrementa el peso ya que este interviene directamente con la división celular en el fruto (Onofre, 2019).

2.9 CONCLUSIONES

- De acuerdo con el estudio realizado para NF, CF, DF y LF el tratamiento 8 fue el que mayor resalta las características para estas variables, 276.6, 12.8, 1.5 cm y 1.1 cm

respectivamente, superando al control de empleado en T1 con 268.4, 206.4, 1-4 cm y 0.9 cm.

- El producto Barrier® a una dosis de 3L / ha es eficiente como inductor de floración de fruto en el cultivo de arándano.
- De acuerdo con el estudio realizado para NFP, el tratamiento 3 fue el que mayor resalta las características para esta variable, con 393.2, superando al control de empleado en T1 con 334.1 número de frutos por planta.
- El producto Agro K H5KF P33 a una dosis de 2 Kg/ ha es eficiente como inductor de amarre de fruto en el cultivo de arándano.
- Los productos utilizados como inductores de floración y amarre de fruto, a las dosis utilizadas no tienen efecto fitotóxico en el manejo nutricional del cultivo de arándano.
- El número de frutos por planta multiplicado por el peso del fruto a los 28 días del T4, fue de 140 g, y tuvo un rendimiento final de 1600 g por planta, estimando una producción de 13.2 toneladas por hectárea.
- Existe una relación entre las variables (AP, NH, LH, DN y NF) con el rendimiento, donde a una altura de 48 cm, existe mejor desarrollo en cantidad y longitud de hojas, a una distancia entre nudos de 2.4 a los 28 días después de poda cultural (30 cm) con una dosis de Barrier® a una dosis de 3L / ha.

2.10 LITERATURA CITADA

Gálvez, A., & Elias, M. (2005). Efecto de la aplicación de un extracto de algas marinas (*Durvillea antarctica*) en el crecimiento vegetativo de plántulas de arándano [*Vaccinium corymbosum*] y ciruelo [*Prunus insititia*].

García Rubio, J. (2010). Requerimientos edafoclimáticos del arándano. Retrieved from <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=5224>

Gough, R. E. (1994). *The Highbush Blueberry and its Management*. Binghamton, NY. Food Product Press an Imprint of the Haworth Press, Inc.

Guzmán-Antonio, A., Borges-Gómez, L., Pinzón-López, L., Ruiz-Sánchez, E., & Zúñiga-Aguilar, J. (2012). Efecto del ácido salicílico y la nutrición mineral sobre la calidad de plántulas de chile habanero. *Agronomía Mesoamericana*, 23(2), 247–257.

Jequier, J. (2015). *Nutrición en arándanos*. Retrieved from https://www.blueberrieschile.cl/subidas/2015/07/pdf_000114.pdf

Jordán, M., & Casaretto, J. (2006). Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas. *Squeo, F, A., & Cardemil, L.(Eds.). Fisiología Vegetal*, 1–28.

Laiza Rondo, J. A. (2019). Efecto del silicio y quitosano en la calidad de *Vaccinium corymbosum* L. var. "Biloxi" en Virú, La Libertad.

Lazcano, I. (2009). Deficiencias de Calcio en Tomate. Quito.

Maticorena Quispe, M. F. (2017). Cinco tipos de poda en arándano (*Vaccinium corymbosum* L. cv. Biloxi) y su influencia en determinados parámetros productivos.

Mesa Torres, P. A. (2015). *Algunos aspectos de la fenología, el crecimiento y la producción de dos cultivares de arándano (Vaccinium corymbosum L. x V. darowii) plantados en Guasca (Cundinamarca, Colombia)*.

Navarro Bravo, A., Figueroa Sandoval, B., Martínez Menes, M., González Cossio, F., Ceja, O., & Salvador, E. (2008). Indicadores físicos del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. *Agricultura Técnica En México*, 34(2), 151–158.

Parra, I. V. (2007). Fertilización de arándanos. *IV Seminário Brasileiro Sobre Pequenas Frutas*, 23.

Gálvez, A., & Elias, M. (2005). Efecto de la aplicación de un extracto de algas marinas (*Durvillea antarctica*) en el crecimiento vegetativo de plantulas de arandano [*Vaccinium corymbosum*] y ciruelo [*Prunus insititia*].

Banados, M. P., Strik, B. C., Bryla, D. R., & Righetti, T. L. (2012). Response of highbush blueberry to nitrogen fertilizer during field establishment, I: accumulation and allocation of fertilizer nitrogen and biomass. *HortScience*, 47(5), 648–655.

Barrera Soto, M. D. (2015). Evaluación del efecto de nano partículas de óxido de hierro y un elicitador sobre el crecimiento en plantas de *Solanum Lycopersicum L. cv. Micro-Tom*.

Crisóstomo Crisóstomo, M. N., Hernández Rodríguez, O. A., López Medina, J., Manjarrez-Domínguez, C., & Pinedo-Alvárez, A. (2014). Relaciones amonio/nitrato en soluciones nutritivas ácidas y alcalinas para arándano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(3), 525–532.

García, A. Á., & Carril, E. P.-U. (2011). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología)*, 2(3).

González, A., & Gloria, C. (2014). Variedades de arándanos. In *Manual de manejo agronómico del arándano* (pp. 11–17).

Guzmán-Antonio, A., Borges-Gómez, L., Pinzón-López, L., Ruiz-Sánchez, E., & Zúñiga-Aguilar, J. (2012). Efecto del ácido salicílico y la nutrición mineral sobre la calidad de plántulas de chile habanero. *Agronomía Mesoamericana*, 23(2), 247–257.

Hernández Díaz, M. I., Chailloux Laffita, M., Moreno Placeres, V., Ojeda Veloz, A., Salgado Pulido, J. M., & Bruzón Guerrero, O. (2009). Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego para el cultivo protegido del tomate en suelo Ferralítico Rojo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(5), 429–436.

Huayhua Solórzano, L. (2016). Uso de fosfitos en la prevención de *Phytophthora cinnamomi* en arándano (*Vaccinium corymbosum*) cv. Biloxi, en invernadero.

Jordán, M., & Casaretto, J. (2006). Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas. *Squeo, F. A., & Cardemil, L. (Eds.). Fisiología Vegetal*, 1–28.

Larco, H., Strik, B. C., Bryla, D. R., & Sullivan, D. M. (2013). Mulch and Fertilizer Management Practices for Organic Production of Highbush Blueberry. II. Impact on Plant and Soil Nutrients during Establishment. *HortScience Horts*, 48(12), 1484–1495. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.12.1484>

López, G. (1987). Importancia del azufre en la producción de los cultivos. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 10(3), 265–273.

Martínez-Rodríguez, O. A., Gómez-Gallegos, C., & Santamaría-César, E. (2000). Aplicación de quelatos para corregir la deficiencia de fierro en durazno (*Prunus persica* Baltch). *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*.

Molina Jara, V. P., Retamales Aranda, J., & Lobos Prats, G. A. (2010). Determinación del contenido de clorofila y nitrógeno foliar mediante Spad en *Vaccinium corymbosum* L. Universidad de Talca (Chile). Escuela de Agronomía.

Ocampo López, J., Chavarriaga Montoya, W., & Ceballos Aguirre, N. (2007). Valoración de tres fuentes de calcio en suelos ácidos de la granja tesorito y la respuesta en

Onofre Salazar, J. F. (2019). El Silicio (Si) como mineral multifuncional en la agricultura. BABAHOYO; UTB, 2019.

Parra, I. V. (2007). Fertilización de arándanos. *IV Seminário Brasileiro Sobre Pequenas Frutas*, 23.

Salgado Vargas, C., Sánchez-García, P., Volke-Haller, V. H., & Colinas León, M. T. B. (2018). Respuesta agronómica de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) al estrés osmótico. *Agrociencia*, 52(2), 231–239.

Zárate, N. B., Alavez, A. Y., & Domínguez, V. J. M. (2017). MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE ARÁNDANO (*Vacciniumcorymbosum* L.) EN LA SIERRA NORTE DE OAXACA. *Universidad&Ciencia*, 6, 138–155.

CAPITULO III CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS APTAS DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES, PARA LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARÁNDANO.



RESUMEN

La producción de arándano azul (*Vaccinium spp*) tiene gran importancia a nivel mundial debido a sus propiedades antioxidantes y alto retorno económico. Su expansión y producción se ha distribuido en todo el mundo para satisfacer la demanda del mercado. La temperatura máxima, mínima, humedad relativa y la acumulación de horas frío son variables climáticas que determinan la producción del cultivo de arándano azul. El objetivo de este trabajo fue determinar las zonas agroecológicas con mayor potencial para el desarrollo del cultivo de arándano azul en el estado de Aguascalientes. Se evaluaron las variables de temperatura máxima (T_{\max}), mínima (T_{\min}) y humedad relativa (HR) del periodo 2013 al 2018, mediante los registros históricos de las 38 estaciones meteorológicas del Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos del INIFAP distribuidas en los 11 municipios del estado de Aguascalientes, los datos obtenidos se compararon con los datos recolectados por el DataLogger RHT10, Extech® ubicado en el sitio experimental correspondiente a una parcela vitrina (1 ha) de cultivo de arándano azul rancho "El Milagro" en Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. Los promedios de los datos obtenidos se analizaron estadísticamente a través de un análisis de mediante el paquete estadístico Excel® posteriormente se representó cartográficamente utilizando el programa R® y ArcGis® para identificar las zonas de mayor potencial para el cultivo de arándano azul con respecto a los requerimientos climáticos reportados. Los municipios San Francisco de los Romo, Rincón de Romos y Pabellón de Arteaga, cuentan con zonas agroecológicas aptas para la producción del cultivo de arándano azul en el estado de Aguascalientes. La implementación de tecnologías de macrotúnel favorece la adaptabilidad del cultivo de arándano en el estado de Aguascalientes.

3.1 INTRODUCCIÓN

La capacidad antioxidante del arándano azul es mayor en comparación de otras frutas y verduras, debido a sus altas concentraciones de antocianinas y compuestos fenólicos (Michalkka y Lysiak, 2015). Las condiciones edafoclimáticas generan cambios en la composición química y física de los compuestos bioactivos (antioxidantes) que repercuten en la calidad del fruto (Cortés et al., 2016) siendo las variables de T_{\max} , T_{\min} y HR de las más importantes para su producción (Kim et al., 2013).

El cultivo de arándano azul atraviesa un periodo de dormancia durante el invierno debido a la presencia de bajas temperaturas y fotoperiodo corto, por lo que requiere cierto número de horas frío, para la iniciación floral y crecimiento de hojas en la primavera (Retamales y Hancock, 2012).

Regiones completamente nuevas del mundo están iniciando el consumo de arándano azul; las nuevas variedades hacen posible no solo producir en nuevas regiones geográficas, sino también mejorar la economía y la experiencia del consumidor en el mundo (Brazelton, 2013). La producción de arándano azul se ha expandido recientemente a zonas no tradicionales de baja latitud, como son Argentina, México y la parte norte de Chile. En México los estados que lideran la producción de arándano azul son Michoacán, y Jalisco (SADER, 2018); estas áreas (latitudes 17°N y 19° N respectivamente), se caracterizan por tener poca o ninguna acumulación de frío durante el "invierno", veranos lluviosos y temperaturas medias altas, por

lo que la producción del cultivo se realiza bajo el uso de túneles de plástico y variedades tempranas (Bañados, 2009). En el país hay establecidas 2 625 ha de arándano (SIAP, 2017) que generan entre 100 y 110 mil empleos directos e indirectos (FAOSTAT, 2017). Jalisco es el estado que se coloca en primer lugar en producción de arándano, con 14 563 t en 1 576 ha y un valor de producción de 524 millones de pesos (SIAP, 2017).

En las últimas décadas, el estado de Aguascalientes ha experimentado un proceso de reconversión productiva, desde cultivos básicos hacia frutales y hortalizas en invernadero (SIAP, 2017). La adopción de nuevos cultivos y tecnologías de producción, particularmente el de frutillas (fresa, arándano azul, zarzamora y frambuesa) bajo condiciones de agricultura protegida ofrecen una alternativa de reconversión con alta rentabilidad en poca superficie (SIAP, 2017). En Aguascalientes aún no existe información sobre el desarrollo y productividad del arándano azul.

La T_{min} de crecimiento del arándano azul (*Vaccinium* spp) en campo abierto es de 7 a 8°C, dentro del túnel está entre 10 a 12°C (Retamales 2018; Hancock, 2018); y durante el invierno de -35°C (según la variedad) (Otto, 1995). Tolera T_{máx} de 30 a 33°C, que pueden ocasionar pérdida en la calidad del fruto como deshidratación o quemaduras (Crisóstomo et al, 2014). Su crecimiento es óptimo alrededor de los 26°C, según la variedad (Zheng, 2017). El porcentaje de humedad relativa recomendable para la producción de arándano azul es igual o mayor a 70%, y de 90 a 95% para su cosecha y post cosecha (Maldonado, 2014).

EL cultivo del arándano azul se caracteriza por el alto costo de estructuras de producción como los invernaderos y su baja relación costo/beneficio en los sistemas de producción controlada; es por esto que los productores de arándano azul a nivel mundial optaron por tecnologías como los macrotúneles, debido a su bajo costo, practicidad de instalación y vida útil (Lamont, 2009). El uso de macrotúneles reduce la lixiviación de fertilizantes, el volumen y frecuencia de aplicación de pesticidas, incrementa la temperatura de 2 a 5°C respecto a la del ambiente, reduciendo en el tiempo de entrada en producción y protección del daño mecánico ocasionado al cultivo por precipitaciones, vientos fuertes y heladas (Lamont, 2009).

El objetivo del presente estudio fue identificar las zonas con condiciones agroclimáticas óptimas para la producción de arándano azul en el estado de Aguascalientes.

3.1.1 Requerimientos agroclimáticos del arándano

La capacidad antioxidante del arándano es mayor en comparación de otras frutas y verduras, debido a sus altas concentraciones de antocianinas y compuestos fenólicos (Michalkka y Lysiak, 2015). Las condiciones edafoclimáticas generan cambios en la composición química y física en los compuestos bioactivos (antioxidantes) que repercuten en la calidad del fruto (Cortés *et al.*, 2016)(Kim, *et al.*, 2013). Para la producción de arándano en un área determinada, es muy importante la acumulación de horas-frío (que van desde 400-1100), debido a que es un factor determinante para lograr un rendimiento favorable de cosecha (García, 2010). Sin embargo, la actual diversidad de variedades comerciales existente, ha

llevado a desarrollar el cultivo de arándano en zonas climáticas diferentes en todo el mundo (Guerrero *et al.*, 2010).

La temperatura mínima de crecimiento es de 7°C (Valenzuela, 1988). Soporta temperaturas bajas durante el invierno de -35°C (según variedades) (Otto, 1995). Su floración comienza a finales de marzo (según variedades), tolerando temperaturas máximas de 30 a 33°C, que pueden ocasionar pérdida en la calidad del fruto (deshidratación o quemaduras) (Crisóstomo *et al.*, 2014). Su crecimiento es óptimo entre 16 a 25°C (Mesa y Torres, 2015). El porcentaje de humedad relativa recomendable para la producción de arándano es igual o mayor a 70% , y de 90 a 95% para su cosecha y post cosecha (Maldonado, 2014).

3.1.2 Temperatura del Estado de Aguascalientes

El estado de Aguascalientes (101° 53' y 102° 52' O y 22° 27' y 21° 28' N) representa 0.29% de la superficie del país, la división municipal está distribuida en once municipios: Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío, El Llano, Jesús María, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, San Francisco de los Romo, San José de Gracia y Tepezalá. La temperatura media anual es de 17-18 °C, la más alta de 30°C y la más baja 4°C .La precipitación anual es de 526 mm, una altitud de 2,000 metros sobre nivel del mar (msnm), con una humedad relativa promedio anual de 36.7%; Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2015).



Figura 50 Estado de Aguascalientes con su división geográfica en once municipios.

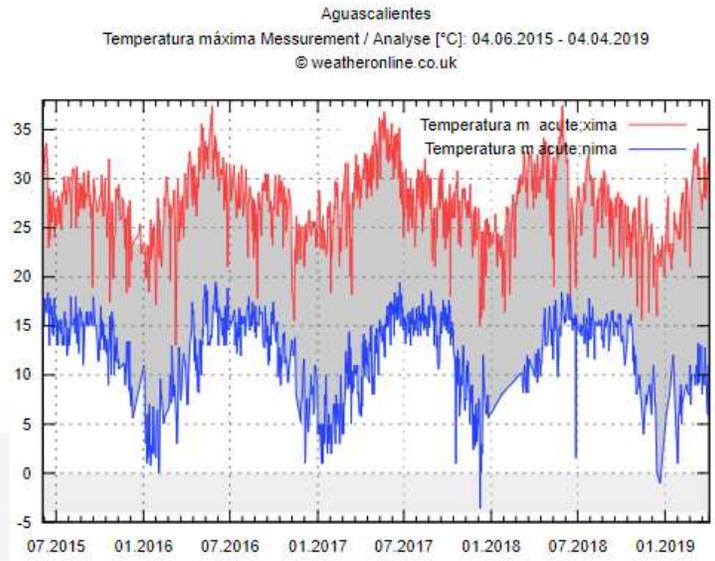


Figura 51 Máximos y mínimos de la temperatura del estado de Aguascalientes.

3.1.3 Humedad Relativa del estado de Aguascalientes

La temperatura de punto de rocío se usa para expresar el contenido de vapor de agua en un ambiente, en relación con la presión en que se mide (Martines & Lira, 2008). Desde 2015 la presión promedio en Aguascalientes, se dio entre las 810-820 hPa (hecto pascales). La radiación UV mostró un índice de entre 9 y 12 en los meses de Julio a Septiembre, y de 5 a 9, en los meses de Junio a Octubre. El porcentaje de humedad relativa se presentó de Enero a Julio con un rango entre 40-90 y de Agosto a Diciembre de 12-40 (WeatherOnline, 2019).

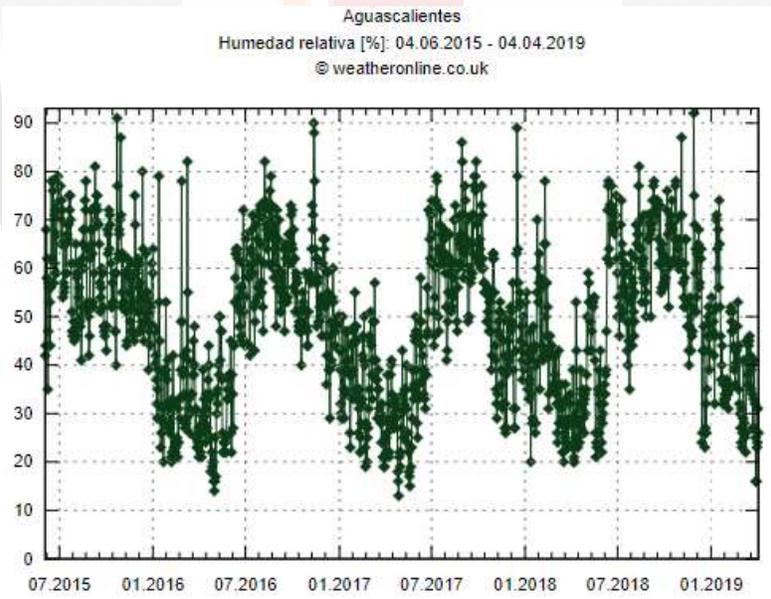


Figura 52 Humedad relativa de Aguascalientes. Años (2015-2019) y porcentaje humedad relativa.

3.1.4 Macrotúneles

La exposición a condiciones climáticas adversas, precipitaciones, efecto mecánico del granizo, radiación UV, heladas y vientos fuertes, son factores abióticos que repercuten en el desarrollo de los cultivos de arándano (Rubio *et al.*,2014).

El cultivo del arándano se caracteriza por el alto costo de estructuras de producción como los invernaderos y su baja relación costo/beneficio en los sistemas de producción controlada; es por esto que los productores de arándano a nivel mundial optaron por preferir tecnología como los macrotúneles, debido a su bajo costo, practicidad de instalación y vida útil (hasta 10 años). El uso de macrotúneles reduce la lixiviación de fertilizantes, el volumen y frecuencia de aplicación de pesticidas y fungicidas, incrementa la temperatura de 2 a 5°C respecto a la del ambiente, con un efecto reductor en el tiempo de entrada en producción y ofrece protección del daño mecánico ocasionado a la planta por precipitaciones, vientos fuertes y heladas (Lamont, 2009).

3.2 OBJETIVOS DE EVALUACIÓN PARA CONDICIONES CLIMÁTICAS

1. Evaluar la temperatura y la humedad relativa de los últimos 5 años en el estado de Aguascalientes.
2. Evaluar la temperatura y la humedad relativa en el cultivo de arándano establecido en estado de Aguascalientes.
3. Identificar la superficie con condiciones agroclimáticas óptimas para la producción de arándano en el estado de Aguascalientes.
4. Determinar zonas con mayor potencial para el desarrollo del cultivo de arándano en el estado de Aguascalientes.

3.3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.3.1 Ubicación y descripción del lugar de estudio

a) **Variab**les **de** estudio

Humedad relativa y temperatura.

b) **Sitio experimental**

Las condiciones iniciales se encontraban establecidas bajo macrotúnel, cobertura de plástico calibre 800, 15% malla-sombra, bolsa de 35 L con capacidad 400 UV, sustrato inerte (Agrolita 10%, Peat moss 80% y Vermiculita 10%) pH 4.5-5.5, granulado >200, con fertirriego cada hora, sobre grand cover y 8,254 plantas de variedad Biloxi de arándano.

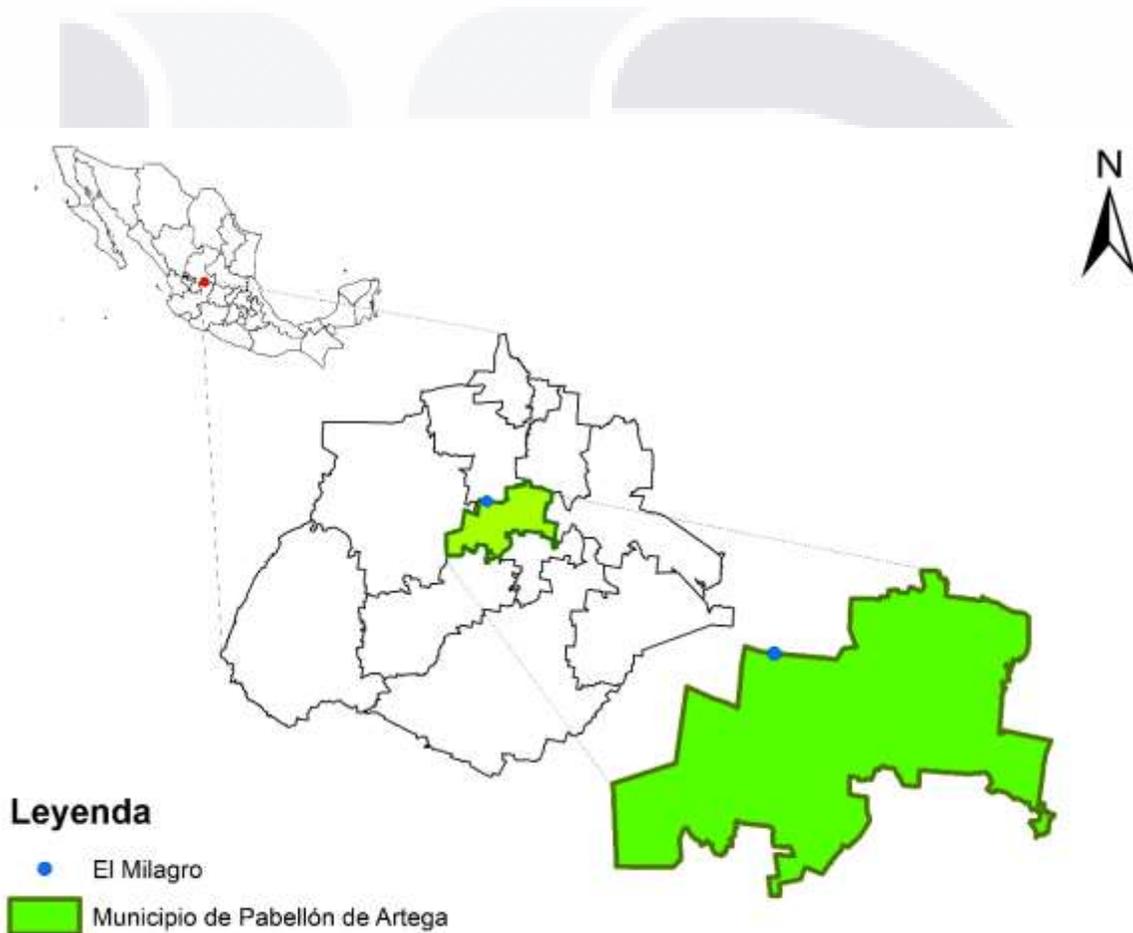


Figura 53 Geolocalización del estado de Aguascalientes y la zona de estudio en el municipio de Pabellón de Arteaga (Rancho “El milagro”).

El proyecto de investigación se llevó a cabo mediante 2 etapas para la evaluación de la temperatura y humedad relativa y determinación de las zonas agroecológicas aptas para el cultivo de arándano en el Estado de Aguascalientes que se realizaron a la par: estaciones climatológicas y sitio experimental.

3.3.2 Evaluación de temperatura y humedad relativa del estado de Aguascalientes mediante datos de las estaciones climatológicas.

a) **Análisis de datos**

De los datos obtenidos de las variables correspondientes a las estaciones climatológicas, se generó un promedio de temperatura, para obtener la máxima y mínima, así como de la humedad relativa máxima y mínima por año, de los últimos 5 años. Posteriormente se utilizó el programa R® y ArcGis® para mapear las zonas de mayor potencial para el cultivo con respecto a la temperatura y humedad relativa requerida para su producción.

b) **Método de muestreo**

Se evaluó la temperatura y humedad relativa con registros históricos de 38 estaciones meteorológicas distribuidas en el estado de Aguascalientes (Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos) del INIFAP, la cual se compone de equipos automatizados que colectan datos quinceminutales de temperatura, precipitación, radiación solar y viento (Adcon Telemetry, modelo A753, Klosterneuburg, Austria). La red operó durante cinco años desde 2013-2018 (Tabla 43). Posteriormente mediante el uso del programa R® se colocaron las coordenadas de las estaciones climatológicas del estado de Aguascalientes y se realizó su representación mediante un mapeo como se representa en la figura 54.

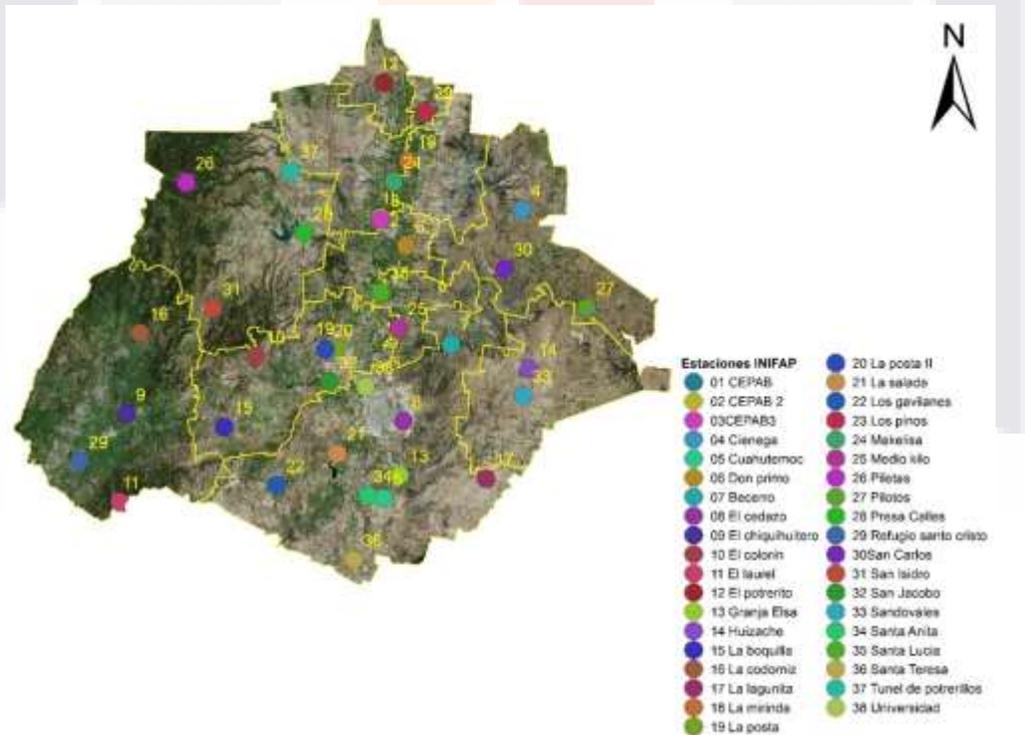


Figura 54 Coordenadas de estaciones climatológicas del estado de Aguascalientes.

Se recolectaron los datos de las estaciones climatológicas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) del estado de Aguascalientes y se seleccionaron los datos de temperatura máxima, mínima, media y la humedad relativa.

Cuadro 13. Estaciones climatológicas utilizadas para la recolección de datos en el estado de Aguascalientes.

| # | Nombre | Latitud | Longitud | Altitud m s. n. m. | # | Nombre | Latitud | Latitud | Altitud m s. n. m. |
|----|------------------|------------|-------------|--------------------------|----|----------------------|-------------|------------|--------------------------|
| 1 | CEPAB | 22.1650278 | -102.295194 | 1888 | 20 | La posta II | -102.382528 | 21.9701389 | 2000 |
| 2 | CEPAB 2 | 22.1650278 | -102.295228 | 1900 | 21 | La salada | -102.362917 | 21.8167167 | 1880 |
| 3 | CEPAB3 | 22.1613889 | -102.294444 | 1926 | 22 | Los gaviñanes | -102.45905 | 21.7701083 | 1876 |
| 4 | Ciénega | 22.1764167 | -102.071444 | 2000 | 23 | Los pinos | -102.225167 | 22.3203333 | 2450 |
| 5 | Cuauhtémoc | 21.7511944 | -102.290194 | 2066 | 24 | Makelisa | -102.274917 | 22.2176667 | 1923 |
| 6 | Don primo | 22.1233611 | -102.254778 | 1923 | 25 | Medio kilo | -102.266667 | 22.0025 | 1870 |
| 7 | Becerro | 21.978 | -102.183889 | 1949 | 26 | Piletas | -102.603667 | 22.2156667 | 2668 |
| 8 | El cedazo | 21.8648 | -102.259328 | 1910 | 27 | Pilotos | -101.969306 | 22.0324889 | 1910 |
| 9 | El chiquihuitero | 21.8742222 | -102.695778 | 1696 | 28 | Presa Calles | -102.415722 | 22.1418889 | 2046 |
| 10 | El colorín | 21.9591667 | -102.490833 | 1888 | 29 | Refugio santo cristo | -102.769444 | 21.8036111 | 1880 |
| 11 | El laurel | 21.7442333 | -102.705883 | 2760 | 30 | San Carlos | -102.099722 | 22.0897222 | 1860 |
| 12 | El potrerito | 22.3637222 | -102.291722 | 1874 | 31 | San Isidro | -102.560278 | 22.0302778 | 1812 |
| 13 | Granja Elsa | 21.7853 | -102.263886 | 1899 | 32 | San Jacobo | -102.37555 | 21.9224333 | 1890 |
| 14 | Huizache | 21.942 | -102.060306 | 2022 | 33 | Sandovales | -102.069767 | 21.9025278 | 1865 |
| 15 | La boquilla | 21.855525 | -102.541625 | 2027 | 34 | Santa Anita | -102.315 | 21.7551389 | 1638 |
| 16 | La codorniz | 21.9935278 | -102.675139 | 1839 | 35 | Santa Lucia | -102.294639 | 22.0542778 | 1917 |
| 17 | La lagunita | 21.7803889 | -102.128306 | 1996 | 36 | Santa Teresa | -102.336672 | 21.660453 | 1935 |

Para el análisis espacial se utilizó el programa R para la proyección en el espacio de las estaciones climatológicas del estado de Aguascalientes. Con las variables Latitud, Longitud (Cuadro 13), se visualizaron los puntos de la geolocalización de las 38 estaciones y se generó el mapa en formato (.shp). Con la base de datos, se analizaron las variables Humedad relativa (HR) y temperatura máxima (T_{máx}) y temperatura mínima (T_{min}) y se obtuvo un promedio de 2013-2018 (Cuadro 14). Finalmente se agregó la geolocalización del estado de Aguascalientes (.shp) y se transformaron ambos archivos en la misma proyección para visualizarse en un mismo plano con el sistema de información geográfica Arcmap Versión 10.1 (ArcGIS, California, Estados Unidos) de acuerdo a los requerimientos climáticos del cultivo (Cuadro 15). Enseguida se obtuvo un promedio con los datos de las diferentes estaciones para evaluar el comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas y humedad relativa por año, de los últimos 5 años.

3.3.3 Proceso de obtención de datos por medio del Datalogger RHT10 en el sitio experimental.

- a) **Variables de estudio**
Humedad relativa (HR) y temperatura máxima (T_{máx}) y temperatura mínima (T_{min})
- b) **Instrumento de evaluación**
DataLogger RHT10, Extech®
- c) **Localización del instrumento de evaluación**
Se colocará suspendido al centro del sitio experimental con un registro cada 30 s de las variables de estudio.
- d) **Análisis de datos**
De los datos obtenidos de las variables correspondientes a los registros diarios del datalogger RHT10, se generó un promedio de temperatura, para obtener la máxima y mínima del sitio experimental, así como de la humedad relativa máxima y mínima del mismo. Posteriormente se graficaron los datos para su evaluación y comparación con el estudio 1.
- e) **Método de muestreo**
Se obtuvieron los datos del registro del datalogger RHT10, Extech® cada 30 s del mes de Marzo al mes de Julio.

3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los datos se realizó mediante el mapeo estatal de aquellas zonas que cumplieron con los requerimientos para el cultivo de arándano.

Cuadro 14. Promedio de temperatura máxima, mínima y humedad relativa (2013-2018), registrada por las estaciones climatológicas en el estado de Aguascalientes.

| Nombre | *T max | *Tmin | *HR | Nombre | *T max | *Tmin | *HR |
|-------------------------|------------|------------|------------|----------------------|------------|------------|------------|
| CEPAB | 25.8609756 | 9.24547038 | 53.6843496 | La posta II | 25.6777003 | 9.81672474 | 53.2426074 |
| CEPAB 2 | 26.8427419 | 12.6112903 | 54.0928671 | La salada | 26.7095819 | 9.55911731 | 56.3576307 |
| CEPAB3 | 25.5041667 | 10.3708333 | 57.8040826 | Los gavilanes | 26.9348432 | 11.029036 | 50.0375784 |
| Cienega | 25.1240237 | 9.49715976 | 51.3347574 | Los pinos | 25.6711382 | 8.11504065 | 56.56536 |
| Cuahutemoc | 26.6334677 | 9.03266129 | 45.9387903 | Makelisa | 26.34156 | 9.04144354 | 53.7492026 |
| Don primo | 25.5375726 | 9.44483159 | 52.1878281 | Medio kilo | 25.658072 | 9.55156794 | 57.8374274 |
| Becerro | 25.9148084 | 10.3931475 | 51.1996225 | Piletas | 19.7890825 | 8.12711963 | 58.0003426 |
| El cedazo | 25.595935 | 12.2804297 | 51.6127584 | Pilotos | 25.7442185 | 9.29610691 | 54.2554968 |
| El chiquihuitero | 29.6578981 | 12.8650955 | 54.0104298 | Presa Calles | 27.1063916 | 10.6457292 | 53.51957 |
| El colorín | 25.6439605 | 10.1308943 | 52.5788734 | Refugio santo cristo | 28.4780488 | 11.0714866 | 51.9840534 |
| El laurel | 19.1358885 | 10.766144 | 54.82482 | San Carlos | 25.5593496 | 9.25191638 | 55.7229907 |
| El potrerito | 25.3157956 | 9.51678281 | 51.8854123 | San Isidro | 22.6207898 | 9.70481998 | 56.0125436 |
| Granja Elsa | 25.6901628 | 10.2658752 | 52.2698643 | San Jacobo | 25.8819977 | 9.90150987 | 52.5630256 |
| Huizache | 24.9681421 | 10.5369831 | 55.6832557 | Sandoval | 24.6966318 | 10.0821719 | 53.941144 |
| La boquilla | 26.3885673 | 7.32648336 | 56.2076411 | Santa Anita | 26.6110918 | 9.50418118 | 56.4197735 |
| La codorniz | 27.3147503 | 12.3509872 | 49.6641754 | Santa Lucia | 27.4695703 | 9.04094077 | 54.7965563 |
| La lagunita | 25.7402439 | 8.39500581 | 54.0974002 | Santa Teresa | 28.1509407 | 9.352822 | 53.3977858 |
| La mirinda | 26.8558357 | 8.43697479 | 60.9832741 | Túnel de potrerillos | 23.8579559 | 10.7641115 | 50.0349942 |
| La posta | 25.7861628 | 10.0923837 | 53.1195872 | Universidad | 27.7356562 | 10.7541231 | 50.7506678 |

*Tmax: Temperatura máxima, *Tmin: Temperatura mínima, *HR: Humedad relativa

En la Cuadro 15 se citan las condiciones ambientales óptimas para la producción del arándano de acuerdo a la etapa fenológica de la planta, la temperatura media de desarrollo y la humedad relativa estimada para crecimiento.

Cuadro 15. Requerimientos climáticos para la producción del cultivo de arándano.

| Etapa | Temperatura media °C | Humedad relativa % | Autores |
|---|--|---------------------------|---|
| Brotación | 7-10 | 60-85 | (Kovaleski, Williamson, Olmstead, y Darnell, 2015)(Petridis <i>et al.</i> , 2018) |
| Crecimiento y desarrollo de brotes | 16-25 | 60-85 | (Petridis <i>et al.</i> , 2018) |
| Inicio de crecimiento follaje | >7 ideal 15-16 Óptimo para fotosíntesis 25-30 | 60-85 | (Carvajal, 2015) (Maldonado, 2014) |
| Floración y cuajado de frutos | 20-25 | 60-85 | (Petridis <i>et al.</i> , 2018)(Valenzuela, 1988) |
| Desarrollo de frutos | 20-28 | 60-85 | (Spann, Williamson, y Darnell, 2004) (Davies & Flore, 1986) (Petridis <i>et al.</i> , 2018) (Davies & Flore, 1986)(Sedgley, Wilkie, y Olesen, 2008) |

A continuación se muestran las zonas de temperatura máxima, mínima y humedad relativa del estado de Aguascalientes obtenidas de acuerdo al promedio de temperaturas registradas del 2013 a 2018 (Figura 55, 56 y 57).

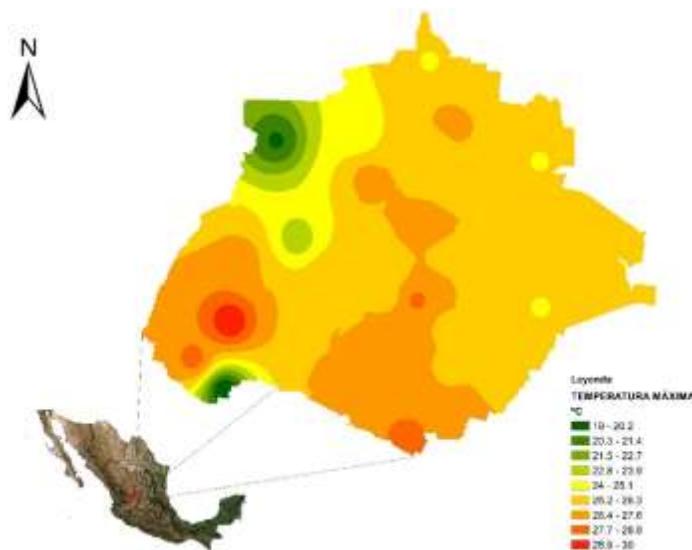


Figura 55 Temperatura máxima del estado de Aguascalientes (2013-2018).

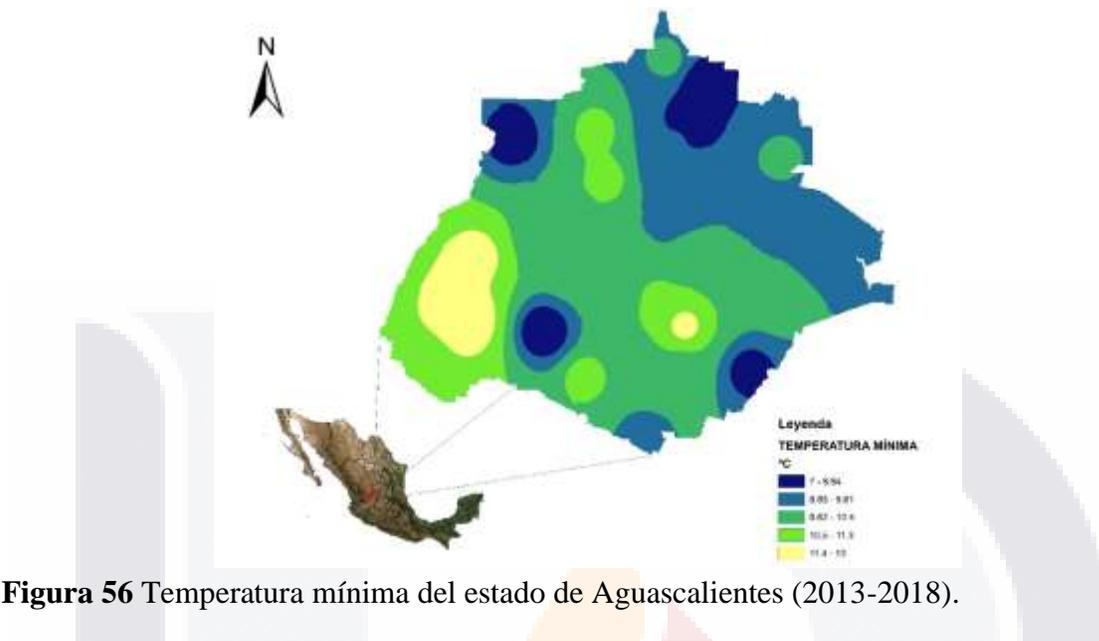


Figura 56 Temperatura mínima del estado de Aguascalientes (2013-2018).

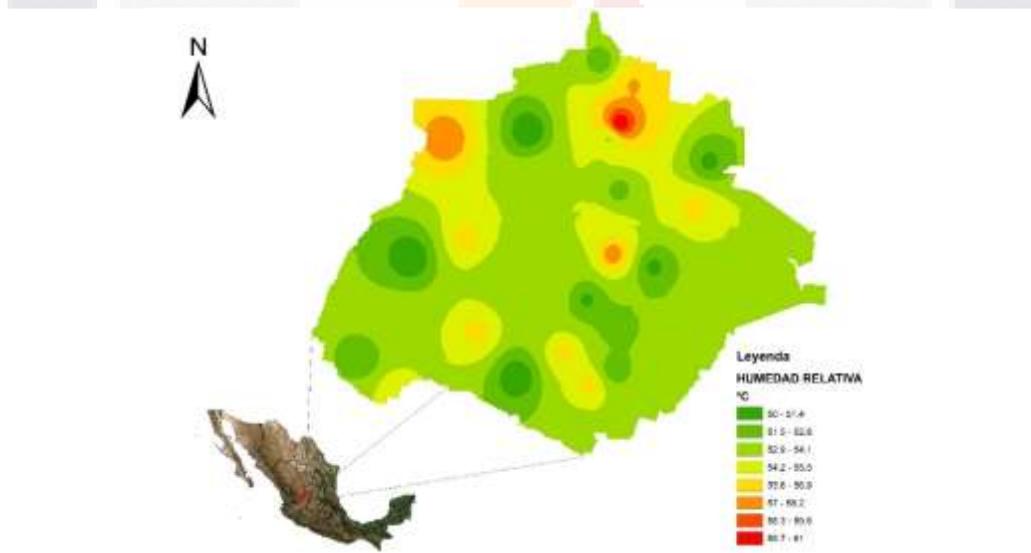


Figura 57 Humedad relativa del estado de Aguascalientes (2013-2018).

De acuerdo a los datos del Cuadro 16, se comparó el promedio de T_{máx}, T_{min} y HR del registro de las 38 estaciones climatológicas para cada municipio de Aguascalientes.

Cuadro 16 Promedio de Tmáx, Tmin y HR para cada municipio de Aguascalientes 2013-2018.

| Municipio | *T máx | *Tmin | *HR |
|---------------------------|---------------|--------------|------------|
| Aguascalientes | 25.7904062 | 9.89543085 | 53.6897789 |
| Asientos | 25.7397482 | 9.88285661 | 53.6618796 |
| Calvillo | 29.8865242 | 32.0585708 | 54.4360368 |
| Cosío | 26.070031 | 10.3344614 | 54.7544212 |
| El Llano | 25.6961554 | 9.61663043 | 54.6772153 |
| Jesús María | 25.4353167 | 9.69261448 | 54.3983536 |
| Pabellón de Arteaga | 25.917158 | 10.0337078 | 52.5071125 |
| Rincón de Romos | 25.917158 | 10.0337078 | 52.5071125 |
| San Francisco de los Romo | 25.4195677 | 9.65250458 | 55.0048113 |
| San José de Gracia | 25.4971724 | 9.72857633 | 54.2206897 |
| Tepezalá | 26.2824032 | 9.44153153 | 54.8650343 |
| Estudio | 28 | 7 | 72.5 |

El comportamiento de la Tmáx, Tmin y HR tiene un promedio de 25.7, 9.8 y 54, respectivamente para el estado de Aguascalientes de acuerdo a los datos recabados del 2013 al 2018 por las estaciones climatológicas del INIFAP. Para el estudio se muestran Tmáx, Tmin y HR óptimas para el desarrollo del cultivo de, 28, 7 y 72.5 (Cuadro 16), respectivamente, estando Aguascalientes por debajo de los datos óptimos un 2.24, -2.8 y 18.4, respectivamente. Dentro del sitio experimental se registraron 30, 7.2 y 38 en los meses de abril-junio del 2019 respectivamente, haciendo uso de tecnología agrícola apropiada para la producción del cultivo de arándano en el estado de respectivamente Aguascalientes.

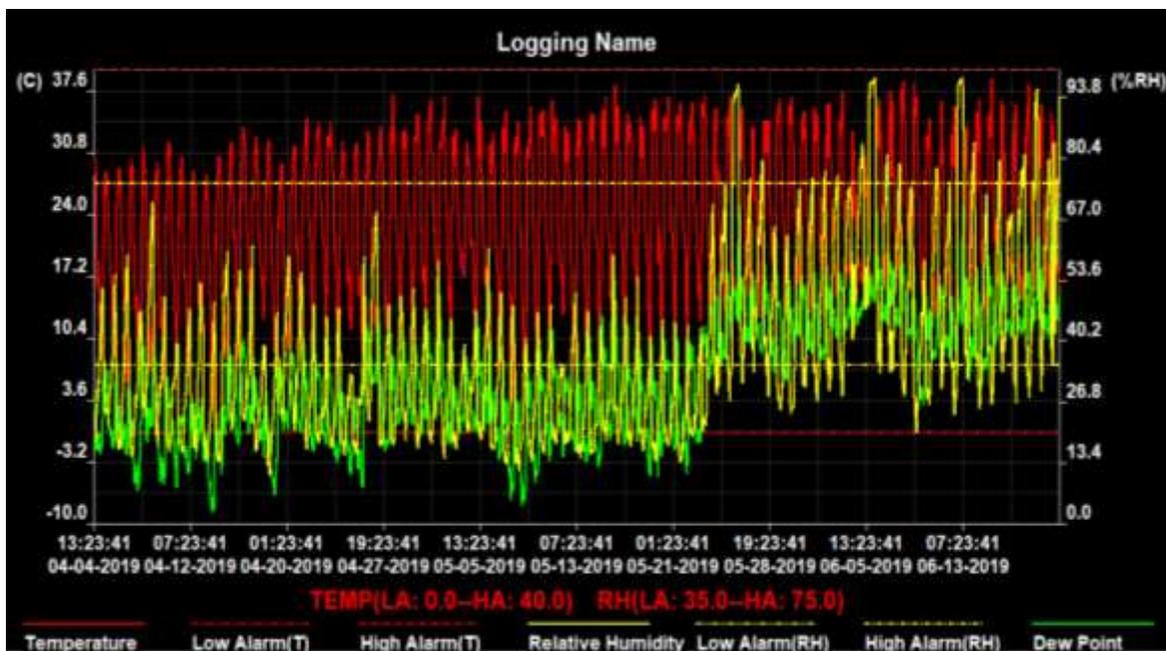


Figura 58 Registro de temperatura y humedad relativa en el sitio experimental, en el estado de Aguascalientes.

Tras el análisis de la varianza realizado mediante el método ANOVA (un solo factor), se puede concluir que no existen diferencias significativas para $T_{m\acute{a}x}$, $T_{m\acute{i}n}$ o HR, con un nivel de confianza del 95% respectivamente, entre los municipios del estado de Aguascalientes y el sitio experimental ($p= 3.28491$) durante el periodo 2013-2018.

De acuerdo con el mapeo generado con el reporte del registro histórico climático del estado de Aguascalientes (Cuadro 15), se determinaron las zonas con mayor afinidad climática para la producción de arándano azul. Para la identificación de HR, $T_{m\acute{a}x}$ y $T_{m\acute{i}n}$ de los municipios de Aguascalientes (Fig. 55, 56 y 57), y con relación a los requerimientos climáticos óptimos para el desarrollo de cultivo de arándano azul (*Vaccinium spp*) (Cuadro 16), se identificó que los municipios de Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos y Asientos, poseen un porcentaje de HR de 52.50711252, 52.50711252, 53.66187964 respectivamente, siendo los municipios que presentan mayor afinidad al valor óptimo de producción de esta variable (72.5%) para el cultivo de arándano azul, representando un 12.57% de la superficie estatal (70,630 hectáreas). Según Figueroa (2005) la humedad relativa para el cultivo de arándano azul también sucede entre 15 a 45 % para su producción, desarrollándose en latitudes medias bajas y reduciendo sensibilidad en la presencia de hongos patógenos.

De igual manera los municipios de Tepezalá, San José de Gracia y San Francisco de los Romo poseen un promedio de $T_{m\acute{a}x}$ de 28, 26.28 y 26.07 °C respectivamente, y presentan mayor afinidad al valor óptimo de producción de esta variable (29.7 °C). El Llano, San Francisco de los Romo y Pabellón de Arteaga, poseen un promedio de $T_{m\acute{i}n}$ de 9.44153153, 9.61663043 y 9.65250458 °C respectivamente, y presentan mayor afinidad al valor óptimo

de producción de esta variable (7 °C). Una alternativa para favorecer las condiciones climáticas óptimas es la implementación de estructuras de macrotúnel para mejorar las ventajas de protección, manejo, control de humedad, temperatura y productividad del cultivo (Pernuzzi *et al.*, 2016). El uso de estructuras de producción controlada o agricultura protegida; como los macrotúneles o invernaderos favorecen las condiciones climatológicas del cultivo de arándano azul (Lamont, 2009). Siendo este un sistema de producción que bajo diversas estructuras, protege al cultivo de arándano azul al minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos (Gutiérrez *et al.*, 2017).

La apropiada brotación del cultivo de arándano azul, sucede cuando la temperatura media y la humedad relativa están entre los 7°-10°C y 60-85%; respectivamente (Kovaleski *et al.*, 2015; Petridis *et al.*, 2018), siendo el municipio de Pabellón de Arteaga el municipio que se acerca al óptimo de desarrollo.

En una siguiente etapa fenológica, para favorecer el crecimiento y desarrollo de brotes, la temperatura media y HR debe manejarse de 16-25°C, 60-85% respectivamente (Petridis *et al.*, 2018;). De acuerdo con el registro de la HR y con el óptimo requerido por el cultivo (Cuadro 16) el estado de Aguascalientes no cuenta con el porcentaje de HR requerida por el cultivo a campo abierto (Figura 57).

En el Cuadro 3 se citan las condiciones ambientales óptimas para la producción del arándano azul en sus diferentes etapas fenológicas. Para favorecer el inicio del crecimiento de follaje en el cultivo de arándano azul la temperatura media y la HR deben acercarse a >7°C, ideal 16-15°C, con un óptimo para fotosíntesis 25-30°C y un 60-85%, respectivamente (Carvajal, 2015; Maldonado, 2014), el estado de Aguascalientes no cuenta con el porcentaje de HR requerida por el cultivo a campo abierto (Figura 57).

Con respecto a la temperatura y HR para inducir la floración y cuajado de frutos esta debe estar entre 20-25°C y 60-85%, respectivamente (Petridis *et al.*, 2018; Valenzuela, 1988). Con respecto a los datos para los municipios de Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos y San Francisco de los Romo, Finalmente, para un adecuado desarrollo de frutos la temperatura y HR deben presentarse a 20-28°C y 60-85%, respectivamente (Spann *et al.*, 2004; Davies y Flore, 1986; Petridis *et al.*, 2018; Radünz *et al.*, 2018), donde Pabellón de Arteaga, Asientos y San Francisco se acercan a los requerimientos óptimo requeridos bajo estructuras de tecnología agrícola adecuadas.

Con base a esta información y a la evaluación del promedio de T_{máx}, T_{mín} y HR por municipio del estado de Aguascalientes (Cuadro 15) se pueden determinar espacialmente las áreas con mayor potencial para el cultivo del arándano azul. El sistema de información geográfica permitió la representación cartográfica de datos climáticos. Los resultados permitieron localizar puntualmente las zonas con mejores condiciones para el establecimiento de cultivos con requerimientos térmicos específicos, como las horas

frío en arándano, similares investigaciones fueron reportadas por (Bhatt *et al.*, 2018; Gentilucci *et al.*, 2019) para kiwi (*Actinidiadeliciosa*) en India y uva para vino (*Vitis vinífera*) en Italia respectivamente.

3.5 CONCLUSIONES

Por primera vez en Aguascalientes fue posible identificar la superficie con condiciones agroclimáticas óptimas para la producción de arándano. En Aguascalientes hay condiciones climáticas apropiadas para establecer el cultivo de arándano, siempre y cuando se maneje bajo instalaciones apropiadas como macrotúneles o invernaderos, que favorezcan condiciones de humedad requeridas por el cultivo.

Los municipios de Aguascalientes, Asientos, noreste de Calvillo, Cosío, Jesús María, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, sureste de San José de Gracia, Tepezalá, El Llano y San Francisco de los Romos cuentan con zonas agroecológicas con temperaturas mínimas y máximas aptas para la producción de cultivo de arándano azul (*Vaccinium spp*).

El estado de Aguascalientes no cuenta con una humedad relativa apropiada para establecer el cultivo de arándano azul, por lo que el uso de estructuras como macrotúneles o invernaderos son alternativas que adaptan las condiciones necesarias para su manejo y control.

Estos resultados podrán servir de base para el diseño de estrategias de reconversión productiva de suelos con baja productividad, nula aptitud agrícola o condición ociosa; para promover un cambio hacia un cultivo de alto valor comercial, baja demanda de mano de obra y alto impacto en los servicios asociados a la cadena de valor agroalimentario.

3.6 LITERATURA CITADA:

Bañados, M. P. 2009. Expanding blueberry production into non-traditional production areas: northern Chile and Argentina, Mexico and Spain. *Acta Horticulturae*, (810), 439–445. doi:10.17660/actahortic.2009.810.57

Bhatt, C. K.; Nain, A. S.; Bhatt, M. K. and Paliwal, A. 2018. Site suitability analysis for kiwi fruit plantation in Uttarakhand using GIS. *IJCS*. 6(3):101-106.

Brazelton, C. 2013. World blueberry acreage & production. North American Blueberry Council. Available online: http://www.chilealimentos.com/2013/phocadownload/Aprocesados_congelados/nabc_2012-world-blueberry-acreage-production.pdf

Carvajal, C. 2015. Crecimiento y desarrollo vegetativo de dos cultivares de arándanos (Biloxi y Sharpblue) en la Sabana de Bogotá. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/6443>

Cortés-Rojas, M. E., Mesa-Torres, P. A., Grijalba-Rativa, C. M., y Pérez-Trujillo, M. M. 2016. Yield and fruit quality of the blueberry cultivars Biloxi and Sharpblue in Guasca, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 34(1), 33-41.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Crisóstomo, M. N., Hernández Rodríguez, O. A., López Medina, J., Manjarrez-Domínguez, C., y Pinedo-Alvárez, A. 2014. Relaciones amonio/nitrato en soluciones nutritivas ácidas y alcalinas para arándano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(3), 525–532.

Davies, F. S., y Flore, J. A. 1986. Flooding, gas exchange and hydraulic root conductivity of highbush blueberry. *Physiologia Plantarum*, 67(4), 545-551.

Elías González Maldonado. 2014. Arándano: cultivo alternativo para el sur de Sinaloa. Fundación Produce Sinaloa, Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa A.C, 1, 12.

FAOSTAT. 2017. Base de datos estadísticos corporativos de la Organización de Alimentos y Agricultura. <http://www.fao.org/faostat/es/#country/138>.

Gentilucci, M.; Barbieri, M. and Burt, P. 2019. Climate and Territorial Suitability for the Vineyards Developed Using GIS Techniques. In: exploring the nexus of geocology, geography, geoarcheology and geotourism: advances and applications for sustainable development in environmental sciences and agroforestry research. Springer, Cham. 11-13 pp.

Gutiérrez, M. G. A., Zárate, N. B., y Domínguez, V. M. 2017. La agricultura protegida como una alternativa para el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) en regiones del estado de Oaxaca. *Universidad Ciencia*, 6, 221–237.

INEGI. 2017. Cartas climatológicas, atlas, estudios y productos cartográficos digitales de Aguascalientes. Retrieved from <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/#Mapa>

Kim, J. G., Kim, H. L., Kim, S. J., & Park, K.-S. 2013. Fruit quality, anthocyanin and total phenolic contents, and antioxidant activities of 45 blueberry cultivars grown in Suwon, Korea. *Journal of Zhejiang University Science B*, 14(9), 793–799.

Kovaleski, A. P., Williamson, J. G., Olmstead, J. W., y Darnell, R. L. (2015). Inflorescence bud initiation, development, and bloom in two southern highbush blueberry cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 140(1), 38–44.

Lamont, W. J. 2009. Overview of the use of high tunnels worldwide. *HortTechnology*, 19(1), 25–29.

Michalkka, A., y Lysiak, G. 2015. Bioactive Compounds of Blueberries: PostHarvest Factors Influencing the Nutritional Value of Products. *Int. J. Mol. Sci.* 2015, 16(8), 18642-18663; <https://doi.org/10.3390/ijms160818642>

Maldonado. 2014. Arándano: cultivo alternativo para el sur de Sinaloa. Fundación Produce Sinaloa, A.C., 2014, Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa, Primera edición ISBN 978–607–8347–47–6, 18.

Otto, Stella. 1995. *Backyard Berry Book*. Washburn, WI, U.S.A.: Chequamegon Books.

Pernuzzi, Sordo, Travadelo, Maina, Aceta 2016. Evaluación de la conveniencia de los macrotúneles en comparación con microtúneles para el cultivo de frutilla en coronda. *Revista FAVE Ciencias Agrarias* 15 (2) 2016. ISSN 1666-7719.

Petridis, A., Chrysanthou, E., van der Kaay, J., Graham, J., McCallum, S., y Hancock, R. D. 2018. Photosynthetic limitation as a factor influencing yield in highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum*) grown in a northern European environment. *Journal of Experimental Botany*, 69(12), 3069–3080. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery118>

Radünz, A. L., Scheunemann, L. C., Herter, F. G., Junior, F. W. R., Radunz, M., & Silva, V. N. 2018. Characterization of blueberry cultivar ‘climax’. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 40, e40472-e40472.

Retamales, J. and Hancock, J. F. 2012. Blueberries. *Crop Production Science in Horticulture Series UK*. Núm. 21. 323 p.

Retamales, J. B., & Hancock, J. F. 2018. *Blueberries* (Vol. 27). Cabi.

SADER. 2018. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Cultivo del arándano en México, <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/cultivo-del-arandano-en-mexico-reto-superado.com>

SIAP.2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Atlas agroalimentario 2017. SIAP-SAGARPA. México, DF. 236 p.

Spann, T. M., Williamson, J. G., y Darnell, R. L. 2004. Photoperiod and temperature effects on growth and carbohydrate storage in southern highbush blueberry interspecific hybrid. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(3), 294–298.

Valenzuela, J. 1988. Requerimientos agroclimáticos de las especies de arándano; Instituto de investigaciones agropecuarias. Seminario: El Cultivo Del Arándano. Estación Experimental Carillanca, 15–23.

Williamson, J. G., y Lyrene, P. M. 2004. *Blueberry varieties for Florida*. University of Florida Cooperative Extension Service.

Zheng, Y., Li, R., Sun, Y., Xu, M., Zhang, H., Huang, L., y Li, F. 2017. The optimal temperature for the growth of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 49(3), 965-979.