



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA
AGRICULTURA**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA Y DETERMINACIÓN DEL
TIEMPO TÉRMICO EN LAS ETAPAS INICIALES DE MORTIÑO
(*Vaccinium floribundum* Kunth) PARA PROSPECCIÓN DE PRODUCCIÓN
FORZADA EN LA HACIENDA EL PRADO IASA I - ESPE**

AUTOR: CERÓN GUERRERO, BRANDO MIGUEL

DIRECTOR: ING. SORIA IDROVO, NORMAN AURELIO, M.Sc.

SANGOLQUÍ

2019



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA Y DETERMINACIÓN DEL TIEMPO TÉRMICO EN LAS ETAPAS INICIALES DEL MORTIÑO (*Vaccinium floribundum Kunth*) PARA PROSPECCIÓN DE PRODUCCIÓN FORZADA EN LA HACIENDA EL PRADO IASA I - ESPE”*** fue realizado por el señor ***Cerón Guerrero, Brando Miguel***, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 20 de Junio de 2019

.....
Ing. Norman Aurelio Soria Idrovo, M.Sc.

CC: 1801206572



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Cerón Guerrero, Brando Miguel*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *Caracterización agronómica y determinación del tiempo térmico en las etapas iniciales del mortiño (Vaccinium Floribundum Kunth) para prospección de producción forzada en la Hacienda el Prado IASA I - ESPE* es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 20 de Junio de 2019

Brando Miguel Cerón Guerrero

CC: 0401830963



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

*Yo, Cerón Guerrero, Brando Miguel autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Caracterización agronómica y determinación del tiempo térmico en las etapas iniciales del mortiño (Vaccinium Floribundum Kunth) para prospección de producción forzada en la Hacienda el Prado IASA I - ESPE en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.***

Sangolquí, 20 de Junio de 2019

Brando Miguel Cerón Guerrero

CC: 0401830963

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado con mucho amor a mi papá, a mi mamá, a mi hermano y a todos los amigos que han sido parte de mi vida.

Brando Miguel Cerón Guerrero

AGRADECIMIENTOS

A Dios por otorgarme incondicionalmente las bendiciones necesarias para salir adelante en todo momento.

A mis padres Miguel y Carmita, a mi hermano Andrés, por el amor, amistad, paciencia, y por todo lo que he aprendido de ellos durante mi vida para lograr cumplir mis metas a corto y largo plazo especialmente en mi carrera universitaria.

A la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, por el inmenso conocimiento y oportunidades brindadas en este período de mi formación como profesional.

Al Ingeniero Norman Soria, mi director de tesis, un gran profesional y persona, por su amistad, paciencia, y por compartir siempre sus conocimientos.

Al Ingeniero Marcelo Arce por ayudarme con los datos de temperatura de la estación meteorológica.

A todos mis amigos por su apoyo, por sus consejos y por todos los momentos que compartimos nuestra alegría dentro y fuera de la universidad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xvi

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes	1
1.2	Planteamiento del problema	4
1.2.1	Problema	4
1.2.2	Efectos	6
1.2.3	Causas	7
1.3	Justificación e importancia	7
1.4	Objetivos	10
1.4.1	Objetivo General	10
1.4.2	Objetivos específicos	10

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1	Mortiño (<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth)	11
2.1.1	Generalidades	11
2.1.1.1	Importancia	12
2.1.1.2	Distribución en el Ecuador	12

2.1.1.3	Generalidades del páramo andino hábitat del mortiño.....	12
2.1.1.4	Taxonomía del mortiño.....	13
2.1.1.5	Características botánicas.....	13
2.1.1.6	Propiedades medicinales de frutos de mortiño.....	14
2.1.1.7	Propiedades nutricionales.....	15
2.2	Domesticación de especies.....	15
2.2.1	Concepto de domesticación.....	15
2.2.2	Información del sitio de domesticación.....	16
2.2.3	Proceso de domesticación.....	16
2.2.3.1	Selección de individuos.....	16
2.2.3.2	Introducción al sitio de cultivo.....	17
2.2.3.3	Prácticas de manejo.....	17
2.2.4	Variantes producidas en la domesticación.....	18
2.2.5	El arándano y su reciente domesticación.....	18
2.3	Crecimiento y desarrollo vegetativo.....	19
2.3.1	Crecimiento vegetal.....	19
2.3.2	Desarrollo vegetal.....	20
2.3.3	Factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de la planta.....	20
2.3.4	Letargo.....	21
2.3.4.1	Ecoletargo.....	21
2.3.4.2	Paraletargo.....	22
2.3.4.3	Endoletargo.....	22
2.3.5	Fisiología del letargo.....	22
2.3.6	Efecto del frío sobre la planta.....	24
2.3.7	Salida del letargo.....	26
2.3.8	Acumulación de frío.....	27
2.3.8.1	Cálculo de horas frío.....	28
2.3.8.1.1	Método del higrotermógrafo.....	28

2.3.8.1.2	Método de Da Mota	28
2.3.8.1.3	Método de Crossa-Raynaud	29
2.3.9	Alternativas para compensar deficiencias de frío	29
2.3.9.1	Uso de Cianamida hidrogenada	30
2.4	El nitrógeno en la agricultura.....	31
2.4.1	Formas de Nitrógeno en el suelo y su absorción por los cultivos.....	32
2.4.2	Fijación simbiótica de N	32
2.4.3	Mineralización e inmovilización.....	33
2.4.4	Nitrificación y desnitrificación	33
2.4.5	Lixiviación	34
2.4.6	Volatilización de amoníaco.....	34
2.4.7	Fertilizantes nitrogenados	35
2.5	Fenología de plantas.....	35
2.5.1	Factores que influyen en la fenología	36
2.5.1.1	Radiación solar.....	37
2.5.1.2	Precipitación.....	38
2.5.1.3	Temperatura	38
2.5.2	Termoperiodicidad	39
2.5.2.1	Tiempos térmicos.....	40
2.5.2.2	Cálculo de grados día desarrollo (GDD).....	41
2.5.2.3	Aplicaciones del tiempo térmico en la agricultura.....	42
2.5.3	Caracterización fenológica.....	43
2.5.3.1	Escala BBCH (Basch - Bayer - Ciba - Hoerchst)	44
2.6	Descriptorios morfológicos	46
2.6.1	Uso de descriptorios morfológicos.....	47
2.6.2	Caracterización morfológica	47
2.7	Manejo de producción forzada adaptado a la especie.....	48
2.7.1	Labores culturales	48

2.7.1.1	Plantación.....	48
2.7.1.2	Poda.....	49
2.7.1.3	Riego	49
2.7.1.4	Fertilización	50
2.7.1.5	Control de malezas.....	50
2.7.2	Inducción artificial de la brotación	51
2.7.2.1	Defoliación temprana.....	51
2.7.2.2	Biorreguladores de crecimiento	51
2.7.2.2.1	Giberelinas	52
2.7.2.2.2	Citoquininas	52
2.7.2.2.3	Auxinas.....	52
2.7.2.2.4	Brassinoesteroides	53
2.7.2.2.5	Poliaminas.....	53
2.7.2.2.6	Aminoácidos.....	54

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1	Ubicación del experimento	55
3.2	Materiales.....	56
3.3	Métodos.....	57
3.3.1	Localización de plantas	57
3.3.2	Muestreo y extracción de plantas.....	58
3.3.3	Aclimatación y manejo del letargo	60
3.3.4	Manejo del cultivo previo a la producción forzada.....	61
3.3.5	Caracterización morfológica de los genotipos introducidos	63
3.3.6	Caracterización fenológica mediante la escala BBCH	63
3.3.7	Determinación de los grados día desarrollo (GDD).....	65
3.3.8	Desarrollo y aplicación de un modelo de producción forzada.....	66
3.3.8.1	Poda.....	66

3.3.8.2	Fertilización	67
3.3.8.3	Aplicación de un promotor de brotación.....	68
3.3.9	Evaluación de variables agronómicas	69
3.3.10	Cálculo de las horas de frío acumuladas.....	71
3.4	Diseño experimental	72
3.4.1	Factores analizados	72
3.4.2	Diseño experimental	72
3.5	Análisis estadístico.....	73
3.6	Métodos específicos del manejo del experimento	75
3.7	Difusión de la información	75

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Caracterización morfológica	76
4.1.1	Descriptores morfológicos	76
4.1.2	Análisis de conglomerados	77
4.2	Caracterización fenológica.....	84
4.2.1	Descripción del desarrollo de yemas	85
4.2.2	Descripción del desarrollo de hojas y brotes	86
4.3	Grados día desarrollo	90
4.3.1	Variables meteorológicas.....	90
4.3.2	Grados día desarrollo acumulados	91
4.4	Evaluación agronómica del mortuño	94
4.4.1	Acumulación de horas frío	94
4.4.2	Número de brotes	96
4.4.3	Longitud de brotes	99
4.4.4	Índice Plastocrónico	102
4.4.5	Materia seca	104
4.4.6	Nitrógeno total	106

CAPÍTULO V**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	Conclusiones.....	110
5.2	Recomendaciones	111
5.3	Bibliografía	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Requerimiento de frío de especies frutales de hoja caduca</i>	<i>25</i>
Tabla 2	<i>Estadíos principales de crecimiento y desarrollo.....</i>	<i>45</i>
Tabla 3	<i>Introducciones de Vaccinium floribundum Kunth caracterizados en la Hacienda el Prado.....</i>	<i>64</i>
Tabla 4	<i>Listado de descriptores morfológicos de hojas y tallos.....</i>	<i>65</i>
Tabla 5	<i>Unidades de frío acumuladas en diferentes temperaturas.....</i>	<i>71</i>
Tabla 6	<i>Descripción del factor Dosis de Cianamida Hidrogenada (Dormex) y su simbología.....</i>	<i>72</i>
Tabla 7	<i>Descripción del factor Dosis de Nitrógeno y su simbología.....</i>	<i>72</i>
Tabla 8	<i>Descripción de los tratamientos.....</i>	<i>73</i>
Tabla 9	<i>Estadística descriptiva para 8 variables cuantitativas evaluadas en 72 introducciones de Vaccinium floribundum Kunth.....</i>	<i>77</i>
Tabla 10	<i>MANOVA y prueba de vectores medios de Hotelling para las variables morfológicas de las accesiones de Vaccinium floribundum Kunth caracterizadas.....</i>	<i>79</i>
Tabla 11	<i>Especies pertenecientes a los tres conglomerados de las introducciones de Vaccinium Floribundum Kunth caracterizados</i>	<i>80</i>
Tabla 12	<i>Etapa fenológica principal 0: Desarrollo de yemas para la fenología de Vaccinium floribundum Kunth.....</i>	<i>86</i>

Tabla 13 <i>Etapa fenológica principal 1: Desarrollo de las hojas de <i>Vaccinium floribundum</i> Kunth</i>	87
Tabla 14 <i>Etapa fenológica principal 3: Desarrollo del brote de <i>Vaccinium floribundum</i> Kunth</i>	88
Tabla 15 <i>Duración (Días) de las sub-etapas fenológicas en el ciclo vegetativo anual del mortiño (<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth.)</i>	92
Tabla 16 <i>Acumulación de GDD en las sub-etapas fenológicas en el ciclo vegetativo anual del mortiño (<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth.)</i>	93
Tabla 17 <i>Media \pm error estándar del número de unidades frío acumuladas por las plantas de mortiño en cada tratamiento.</i>	95
Tabla 18 <i>Acumulación de unidades frío por las introducciones de <i>Vaccinium floribundum</i> Kunth</i>	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Hojas, flores y frutos de mortiño (<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth).	14
Figura 2	Fenología reproductiva del arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i>): A: yema hinchada, B: quiebre de yema, C: racimo apretado, D: botón rosado temprano, E: botón rosado tardío, F: inicio floración, G: plena floración, H: caída de pétalos, I: fruto verde, J: fruto en pinta, K: fruto 25% azul, L: fruto 75% azul.	37
Figura 3	Ubicación del experimento.....	55
Figura 4	Esquema de la extracción de plantas según dispersión radicular (A) y profundidad radicular (B).	59
Figura 5	Plantas de mortiño presentando síntomas de estrés fisiológico, se puede observar una pigmentación en las hojas por la presencia de compuestos fenólicos.	60
Figura 6	Nitrato de potasio y producto comercial Max Folirar FE	62
Figura 7	Aplicación de macro y micronutrientes vía drench y uso de mulch orgánico de paja.	62
Figura 8	Actividad de poda, la imagen de la izquierda muestra una planta no podada, mientras que la imagen derecha muestra una planta podada.....	67
Figura 9	Fertilización de plantas.....	68
Figura 10	Aplicación foliar de Cianamida Hidrogenada	69
Figura 11	Croquis experimental de la investigación en campo.	73

Figura 12 Dendograma de clasificación jerárquica de las 72 introducciones de mortiño (<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth).	78
Figura 13 Principales etapas de crecimiento de mortiño (<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth) según lo descrito por la escala BBCH. 00: yemas en letargo, 01: inicio del hinchamiento de las yemas, 03: final del hinchamiento de las yemas, 07: inicio de brotación de yemas, 09: brotación, 10: hojas visibles, 11/31: inicio del desarrollo foliar y crecimiento del brote, 15/35: despliegue de hojas y crecimiento del brote, 19/39: crecimiento y desarrollo final del brote.	85
Figura 14 Datos meteorológicos para la Hacienda el Prado durante el período de evaluación del crecimiento de mortiño (<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth).	91
Figura 15 Número de brotes de mortiño bajo el efecto de dos dosis de Dormex (Cianamida hidrogenada al 50%) y tres dosis de nitrógeno.....	98
Figura 16 Longitud de brotes (mm) de mortiño bajo el efecto de dos dosis de Dormex (Cianamida hidrogenada al 50%) y tres dosis de nitrógeno.	101
Figura 17 Índice plastocrónico final en brotes de mortiño para cada tratamiento.....	103
Figura 18 Contenido de materia seca (%) en las plantas para cada tratamiento.....	104
Figura 19 Contenido total de nitrógeno (%) al final del ciclo vegetativo en plantas de mortiño para cada tratamiento.	107

RESUMEN

El mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) es una especie endémica de los páramos andinos que no ha sido domesticada, sus frutos tienen importancia social y económica, por este motivo fueron seleccionados 72 genotipos de dos sitios de muestreo, en el Cantón Espejo y Montufar en la provincia del Carchi, los cuales fueron introducidos y aclimatados en “La Hacienda el Prado”, luego, mediante descriptores morfológicos fueron caracterizados y por medio de un análisis multivariado se establecieron tres conglomerados, los descriptores fueron: longitud de entrenudo, peciolo y hoja, ancho de hoja, distancia entre segunda y tercera nervadura, diámetro del brote y tallo principal, y número de tallos basales. El conglomerado 1 aglutinó el mayor número de plantas, mientras que el conglomerado 3 presentó los mejores valores para la mayoría de variables. Posteriormente, se describió la fenología del ciclo vegetativo anual del mortiño utilizando la escala BBCH, determinando tres etapas principales, el desarrollo de las yemas y el desarrollo de hojas y brote, además, mediante estadística descriptiva se determinó para el ciclo fenológico descrito un requerimiento total de 1410,61 GDD en un periodo de tiempo de 107 días. Finalmente, se evaluó el desempeño agronómico de las plantas bajo el efecto de dos dosis de Dormex y tres dosis de Nitrógeno, obteniendo un efecto significativo para las variables número de brotes, longitud de brote, materia seca, nitrógeno e índice plastocrónico, excepto para la variable unidades frío donde no hubo diferencias.

PALABRAS CLAVE:

- **FRUTALES ANDINOS**
- **MORTIÑO**
- **CONGLOMERADOS**
- **FENOLOGÍA**

ABSTRACT

The mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) is an endemic species of the Andean's high mountain that has not been domesticated, its fruits have social and economic importance, for this reason 72 genotypes were selected from two sampling sites, Espejo and Montufar city in the Carchi province, which were introduced and acclimated in "La Hacienda el Prado", then, using morphological descriptors were characterized and by means of a multivariate analysis three conglomerates were established, the descriptors were: internode length, petiole and leaf, leaf width, distance between second and third rib, diameter of the bud and main stem, and number of basal stems. The conglomerate 1 agglutinated the greater number of plants, while the conglomerate 3 presented the best values for the majority of variables. Subsequently, the phenology of the annual vegetative cycle of the mortiño was described using the BBCH scale, determining three main stages, the development of the buds and the development of leaves and bud, in addition, by descriptive statistics was determined for the phenological cycle described a total requirement of 1410,61 GDD in a period of 107 days. Finally, the agronomic performance of the plants was evaluated under the effect of two doses of Dormex and three doses of Nitrogen, obtaining a significant effect for the variables number of buds, bud length, dry matter, nitrogen and plastochronic index, except for the variable cold units where there were no differences.

KEYWORDS:

- ANDEAN FRUIT
- MORTIÑO
- CONGLOMERATES
- PHENOLOGY

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth), especie de la familia *Ericaceae*, es un arbusto endémico de los páramos andinos, encontrándose el mayor número de especies en Ecuador y Colombia (Luteyn, 2002). Existe mucha diversidad de esta planta, que ha sido atribuida a los suelos francos arenosos, con abundante materia orgánica, en condiciones de bajas temperaturas y humedades relativas altas (Racines, Hidalgo, & Vasquez, 2016).

En Ecuador, el mortiño se encuentra endémicamente en ambientes montañosos, desde la provincia del Carchi hasta la provincia de Loja (Gonzalez, 2002), donde se han registrado tres especies, estas son *Vaccinium distichum*, *Vaccinium crenatum* y *Vaccinium floribundum* Kunt la más común en la región andina, con la excepción de *V. distichum* y *V. crenatum* únicamente reportadas al sur del país en Azuay y Loja (Luteyn, 1996).

El mortiño ha sido utilizado por la población ecuatoriana desde la antigüedad, principalmente en el Día de los Difuntos del 2 de noviembre para la elaboración de la tradicional colada morada. Además, aunque es poco usual se lo emplea para su consumo en fresco, así como en jugos, mermeladas y vinos. En el INIAP (2006) determinaron que los frutos de mortiño presentan un alto contenido de vitamina C (106,1 mg.100g⁻¹) y la presencia de antocianinas, indicando potencial como fuente de antioxidantes.

Noboa (2010), sugiere que el desarrollo de un protocolo de manejo del cultivo de mortiño, favorecería la disponibilidad de materia prima para su uso en la agroindustria, pero esto ha sido

limitado por la dificultad en su propagación y por escasa información de requerimientos agronómicos para su manejo como cultivo. En su estudio, probó varios sustratos y dosis de auxinas, para la propagación de mortiño mediante esquejes, como alternativa a la propagación por medio de semillas, debida a su difícil aclimatación y tiempo de crecimiento, el estudio tuvo resultados favorables respecto al porcentaje de brotación, pero no se tuvo presencia de raíces.

Además, Torres, Trujillo & Arahana (2009), establecieron métodos de propagación in vitro del mortiño, mediante la germinación de semillas y brotación de yemas axilares, logrando buenos resultados en el enraizamiento y elongación de las plántulas germinadas in vitro, sin embargo, recalcan una baja aclimatación de la planta en campo, por lo que recomiendan desarrollar protocolos de aclimatación para su establecimiento en campo.

Por otra parte, Magnitskiy, Ligarreto & Lancheros (2011), evaluaron el potencial de enraizamiento de estacas jóvenes provenientes de primordios apicales y tallos semileñosos provenientes del tercio medio de la rama, utilizando 50-400 mg.L⁻¹ del ácido naftalenacético y del ácido indolbutírico. Los resultados obtenidos luego de 60 días, fueron 47 % de enraizamiento en estacas jóvenes y 24 % de enraizamiento en estacas semileñosas. Por otro lado, Ligarreto, Torres & Ariza (2013) evaluaron el ácido naftalenacético como hormona enraizante en el método de propagación por acodo para mortiño, logrando la aparición y desarrollo de las raíces, la formación de raíces permitió separar los acodos de la planta madre obteniendo otra planta con las mismas características.

El mortiño es una especie arbustiva que crece en lugares montañosos con niveles de radiación solar elevados, aires fríos, y temperaturas bajo el nivel normal para procesos metabólicos. En una investigación más reciente en el volcán Rumiñahui, Racines, Hidalgo & Vasquez (2016), determinaron una relación simbiótica de la especies de arvenses presentes en el

hábitat del mortiño, estas forman un manto de sombra en el cual el mortiño crece inmerso, lo cual generan un microclima y condiciones especiales para su desarrollo y supervivencia en las condiciones de los páramos.

Por otra parte, Zúñiga (2017), realizó una caracterización del hábitat donde crece del mortiño en el páramo de Cotacachi en su estudio reporta un ambiente con temperaturas entre 7 y 19 °C con humedades relativas superiores al 80 %, suelos con presencia de hongos benéficos cerca de las raíces del mortiño, además indica que crece en suelos franco-arenoso con buen drenaje y aireación, los valores de pH están en el rango de 5,4 a 5,5 lo que indica un suelo ácido, conductividad eléctrica baja ($0,3 \text{ ds.m}^{-1}$) y contenidos de materia orgánica elevados (18 %), y finalmente el contenido de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre y zinc en el suelo presentó valores de 0,94 %, 9,3 ppm, $0,35 \text{ cmol.kg}^{-1}$, $14,57 \text{ cmol.kg}^{-1}$, $1,6 \text{ cmol.kg}^{-1}$, 152,87 ppm, 24,6 ppm, 3,56 ppm y 3,99 ppm respectivamente, estos datos son una referencia para un posible manejo nutricional como un cultivo fuera de su hábitat natural.

Medina y otros (2015) realizaron una caracterización del crecimiento de plantas de *Vaccinium meridionale*, obtenidas a partir de semilla y multiplicación vegetativa en Colombia a 2120 msnm, en un bosque húmedo montano bajo, las cuales tuvieron una duración total de crecimiento de 1663 y 1367 días, hasta la maduración del fruto, lo cual indica un tiempo considerable en el crecimiento del mortiño.

Recientemente Mendoza (2018), realizó una investigación referente a las etapas fenológicas del estadio reproductivo del mortiño in situ, determinando el tiempo (días) y unidades térmicas (GDD) requeridas durante cada etapa fenológica, sus resultados determinan un requerimiento total de 798,61 grados de calor y una duración de 150,8 días en el ciclo, indicando la posibilidad

de realizar dos cosechas al año, además indica que la planta se desarrolló en temperaturas que variaron en el rango de 0,8 a 21,6 °C y humedades relativas entre 40 y 100 %.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema

La región andina existe una gran variedad de especies de plantas usadas por comunidades rurales e indígenas como fuentes de alimento, como las especies de la familia ericácea, las cuales proveen de frutos a los habitantes de comunidades rurales. El Ecuador es un país con un gran número de especies endémicas destacándose el mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) como la especie de mayor explotación por su valor nutritivo y cultural en el país. Actualmente es una especie protegida, considerada vulnerable debido a la expansión agropecuaria hacia los páramos.

La pérdida actual de conocimiento ancestral sobre uso de numerosas especies andinas y la falta de sistemas de aprovechamiento de especies con el objetivo de abastecer demandas futuras de alimento a nivel mundial, requiere investigación referente a las características agronómicas y variabilidad de especies. Sin embargo las potencialidades de estas plantas no han sido todavía explotadas para contribuir a la seguridad alimentaria. En Ecuador existe un potencial no explorado o muy poco estudiado, respecto a los frutos nativos presentes en los diversos ecotipos del país, los mismos que pueden generar innovadores productos de valor agregado.

Los frutales andinos son especies con alto potencial productivo, su cultivo generalmente se realiza mediante conocimientos tradicionales por parte del agricultor sin aplicación de tecnologías con enfoque intensivo. Hasta el presente, en Colombia se han conformado colecciones de varios frutales andinos, llevando a cabo procesos de caracterización de la variabilidad y de domesticación, en respuesta a la demanda creciente de algunas especies como el

mortino (*Vaccinium meridionale*), apetecida por su contenido elevado de antioxidantes en sus bayas (Arias, 2006).

Las frutas andinas últimamente han experimentado un incremento en su consumo, valorados por su condición de origen, ya sea silvestre, natural u orgánico, para la alimentación saludable, esta valoración genera aportes económicos para sus productores, como también para la industria que los procesa y comercializa, generándose un mercado dinámico. Las bayas del mortino, se pueden considerar como súper frutas a nivel mundial, por su alto potencial antioxidante, contenido de antocianinas y de vitamina C, las propiedades de *Vaccinium floribundum* Kunth han generado interés a nivel nacional por trabajar con esta especie debido al gran potencial para ser utilizado en la industria como en la explotación como un cultivo.

El arándano (*Vaccinium corymbosum*), es el ejemplar más promisorio del género *Vaccinium*, la demanda por esta especie crece a nivel mundial, esta “súper fruta” encanta a los consumidores alrededor del mundo en mercados americanos y europeos (Reque, y otros, 2014). En el Ecuador el cultivo de arándano está comenzando a implementarse en distintas zonas, sin embargo el área de producción en el país es mínima en comparación a países como Chile y Estados Unidos. Análisis bromatológicos realizados a las bayas de mortino en INIAP (2006) frutos con propiedades nutrimentales superiores al arándano, mostrando una ventaja competitiva ante este cultivo.

El mortino es una especie andina cuyo potencial no ha sido aprovechado a pesar de considerarse como un alimento tradicional para la población ecuatoriana, debido a la inexistencia de monocultivos de mortino, la explotación y la industrialización del mortino, se desarrolla bajo un sistema de recolección sobre plantas silvestres en forma estacional, las cuales están bajo situaciones climáticas adversas, además cada año la producción de mortino es diferente.

En respuesta a lo anterior se han realizado pocos estudios previos de caracterización de los ambientes edafoclimáticos donde se desarrolla la planta, caracterización del desarrollo fenológico, métodos eficaces para su propagación y métodos de manejo, con el propósito de su domesticación como un cultivo alternativo en la sierra ecuatoriana, además no existe información sobre variables agronómicas o sistemas de manejo como la producción forzada lo cual contribuiría a la disponibilidad constante de materia prima de este frutal andino para su posible comercialización e industrialización.

1.2.2 Efectos

La explotación de plantas de mortiño nativas de los páramos andinos, conlleva a la alteración de estos ecosistemas, esta es una de las causas principales de la degradación biológica del mortiño como también de otras especies nativas.

El desconocimiento acerca de nichos ecológicos apropiados para la planta, limita su cultivo, dando como resultado una baja disponibilidad de estos frutos por parte de los consumidores locales y de otras regiones.

La disponibilidad del mortiño, cada vez se encuentra más reducida, como consecuencia de la inexistencia de cultivos de mortiño en el país, además, las personas dedicadas a su recolección, recorren largas distancias para su obtención, lo que ha provocado un aumento en el costo de esta baya andina.

La inexistencia de estudios de factibilidad agroindustrial y como cultivo, no supone alternativas para el desarrollo económico a nivel de productores pequeños y existe una baja posibilidad de que esta especie constituya una alternativa para el reemplazo de cultivos poco

rentables en la región andina, esto se convierte en una desmotivación por parte de pequeñas asociaciones para lograr su cultivo e industrialización.

El mortiño debido a sus múltiples propiedades principalmente antioxidantes y vitaminas, es un fruto al que se puede dar un valor agregado, como por ejemplo su industrialización para la elaboración de vinos, bebidas, pigmentos naturales, mermeladas, por lo tanto, presenta un gran potencial económico.

1.2.3 Causas

La poca investigación y transferencia de tecnología para la producción de frutos no tradicionales en la región andina por parte de entes estatales.

Dificultades para la producción de mortiño a mediana y gran escala debido a la limitada cantidad de información relacionada con los requerimientos edafoclimáticos y métodos eficientes para su propagación y manejo como un cultivo comercial.

La falta de programas básicos de un manejo productivo de la especie, como por ejemplo, tipos de poda, requerimientos nutricionales y fertilización, control de malezas, plagas y enfermedades, técnicas de cosecha apropiadas.

La inexistencia de estudios de factibilidad económica para su posible explotación, industrialización y comercialización a nivel nacional e internacional.

La falta de ejecución de proyectos por parte de instituciones científicas e instituciones educativas de nivel superior por baja disponibilidad de presupuesto.

1.3 Justificación e importancia

Vaccinium floribundum Kunth, es una especie frutal de la familia *Ericaceae*, endémica del páramo andino, el escaso conocimiento sobre su fisiología y manejo, limita la posibilidad de

cultivarlo en el país. Es la especie de *Vaccinium* más utilizada por la población andina, desde antes de la conquista es empleado como elemento ceremonial para la comida en conmemoración a los muertos, llamada “aya api” (colada para los muertos), costumbre que se tiene hasta la actualidad (Estrella, 1986).

El Ecuador es un país que posee una gran diversidad de plantas endémicas poco estudiadas, las cuales son utilizadas tradicionalmente con fines alimenticios y medicinales. La falta de oportunidades socioeconómicas en el sector rural andino, limita la posibilidad de una mejor vida social entre sus habitantes.

Por lo tanto, es importante rescatar, conservar y generar información sobre plantas nativas como el mortiño, contribuyendo al estudio de tecnologías de producción y desarrollo de cultivos, como también oportunidades de mercado y la posibilidad de incorporar un valor agregado a este producto, para generar oportunidades económicas de mayor rentabilidad para los agricultores de las zonas andinas del país, ya que por el momento poseen pocas fuentes de trabajo e ingresos para subsistir.

Los frutos del género *Vaccinium* están posicionados como súper alimentos a nivel mundial, por su alto potencial antioxidante, contenido de antocianinas y de vitamina C (Reque, y otros, 2014). Debido a la amplia aceptación mundial de especies del género *Vaccinium*, existe interés a nivel nacional por trabajar con el mortiño, principalmente en el área de la salud y alimentación.

El mortiño, además por ser una especie propia de los páramos andinos tiene gran importancia para la reforestación de los mismos, como también en la alimentación de fauna silvestre. Además, contribuye a la protección de aves silvestres, fuentes de agua, por lo tanto, su estudio generará información respecto al valor de esta especie andina, sobre su uso y competitividad frente a otros

cultivos, además promoverá el estudio de nuevas especies de los andes y la conservación de la biodiversidad y ecosistemas (Medina & Mena, 2001).

Los estudios preliminares referentes a posibles métodos de propagación, como es el caso de Torres, Trujillo & Arahana (2009) y quienes aseguran la eficiencia del cultivo *in vitro* de mortiño mediante la germinación de semillas y brotación de yemas axilares, indican la difícil aclimatación de las plántulas en campo por desconocimiento de su fisiología y requerimientos ambientales.

Además, la inexistencia de estudios referentes al comportamiento agronómico del mortiño, proponen llevar a cabo múltiples investigaciones sobre su complejo comportamiento fisiológico fuera de su hábitat.

La región andina posee un gran número de cultivos alimenticios que fueron domesticados por pueblos autóctonos tiempo atrás de la conquista, en la actualidad, algunos de estos cultivos han adquirido importancia mundial, como es el caso de la papa. Sin embargo en su mayoría han sido poco conocidos internacionalmente e inclusive existen especies poco estudiadas en los mismos países andinos.

El presente estudio generará información sobre el comportamiento agronómico del mortiño en un hábitat con diferentes condiciones edafoclimáticas, el cual será un referente para futuras investigaciones relacionadas a la domesticación y preservación de esta especie andina, debido a que en el país no existe información sobre lo mencionado.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Analizar el comportamiento agronómico y determinar el tiempo térmico en la etapa vegetativa anual del mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) para prospección de producción forzada en La Hacienda El Prado IASA I - ESPE"

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar una caracterización morfológica de los genotipos de mortiño introducidos en La Hacienda el Prado
- Describir el ciclo anual vegetativo de las plantas de *Vaccinium floribundum* Kunth mediante la escala fenológica BBCH.
- Calcular los Grados Día Desarrollo requeridos en la etapa vegetativa anual de *Vaccinium floribundum* Kunth.
- Evaluar el crecimiento del mortiño bajo la aplicación de dos dosis de Dormex y tres dosis de nitrógeno.
- Difundir los resultados de la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth)

2.1.1 Generalidades

2.1.1.1 Importancia

El mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth), de la familia *Ericaceae*, es una fruta nativa de los andes ecuatorianos (Luteyn & Pedraza, 2002). Las bayas de mortiño tienen altos contenidos de azúcares, antioxidantes, vitaminas y minerales (Coba, y otros, 2012).

Además ha sido utilizada por sus habitantes desde tiempos pasados en el Día de los Difuntos para la elaboración de la colada morada, además se lo emplea para consumo fresco, así como en vinos y otros productos agroindustriales.

Por sus propiedades físicas y químicas puede ser refrigerado sin la alteración de sus características organolépticas y nutricionales lo cual permite su disponibilidad posterior para elaboración de cualquier producto en temporadas en las cuales esta fruta no se encuentra disponible en los mercados del país (Zúñiga, 2017).

Desde hace tiempo atrás este producto ha tenido importancia dentro de la alimentación y era de fácil adquisición en la sierra, pero en la actualidad su consumo ha disminuido y la especie también ha comenzado a desaparecer, debido a factores como el cambio climático, expansión agropecuaria y destrucción de su hábitat y al limitado conocimiento acerca de sus beneficios nutraceuticos, como la falta de investigación de técnicas para su propagación y cultivo (Arjona, 2001).

2.1.1.2 Distribución en el Ecuador

En el Ecuador *Vaccinium floribundum* Kunth crece en zonas altas de la cordillera desde los páramos en el Carchi hasta Tambo en Cañar, además se conocen datos del Parque Nacional Cotopaxi que reportan especies de mortiño desde los 2500 msnm, hasta los 4000 msnm, pero en la actualidad existen pocos páramos con alta cantidad de plantas de esta especie, debido a la extensión de las áreas dedicadas a la agricultura, esta especie puede encontrarse en zonas comprendidas entre los 3000 hasta los 3600 msnm (Gonzalez, 2002).

Además, los hábitats del mortiño son zonas con climas templados y fríos, con temperaturas de 8 a 16 °C, en los bosques húmedo montano con suelos húmedos y bien drenados, en donde habita desde la antigüedad. La especie *Vaccinium floribundum* Kunth ha sido reportada en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay y Loja (Luteyn, 1999). Sin embargo, el incremento en la demanda de frutos de mortiño ha ocasionado su extracción irracional, lo cual ha generado que la especie se considerada vulnerable (Medina, y otros, 2009).

2.1.1.3 Generalidades del páramo andino hábitat del mortiño

En Ecuador se encuentra el complejo de páramo continuo más grande de la región, con 3970 km², el clima en los páramos generalmente presenta temperaturas bajas y alta humedad relativa, sin embargo, también se presentan variaciones de estas condiciones (Noboa, 2010). La temperatura media anual está generalmente entre 2 y 10 °C, la precipitación anual oscila entre 600 mm en páramos secos y 4000 mm en páramos húmedos como los cercanos a la amazonía (Llambí, y otros, 2012).

Los páramos más altos contienen suelos rocosos poco profundos, arenosos, con poca materia orgánica y baja retención de agua, son extremadamente infértiles, por otro lado, en elevaciones medias, los suelos son húmedos, con materia orgánica y ácidos, con una gran capacidad de retención de agua, mientras que los páramos más bajos presentan suelos con acidez moderada, deficientes de calcio, con alto contenido de agua, potasio y nitrógeno total. La acumulación de materia orgánica se debe a la baja descomposición del material, debido a bajas temperaturas que ocasiona una actividad lenta de los microorganismos (Llambí, y otros, 2012).

2.1.1.4 Taxonomía del mortiño

La especie *Vaccinium floribundum* Kunth pertenece al género *Vaccinium* de la familia *Ericaceae*, orden Ericales, clase Magnoliopsida, división Magnoliophyta del reino Plantae (Luteyn & Pedraza, 2002). La familia *Ericaceae* se encuentra distribuida geográficamente en muchas partes del planeta, en todos los continentes se han reportado especies pertenecientes a esta familia en zonas templadas, frías y también en regiones neotropicales las cuales presentan un mayor número de especies. Se ha reportado 110 géneros y 4000 especies pertenecientes a la familia *Ericaceae*, entre estas encontramos a las plantas del género *Vaccinium* presentes en el noroeste de América del Sur en los países de Colombia, Ecuador y Venezuela, especialmente en hábitat de crecimiento en bosques montanos húmedos y fríos ubicados entre los 1500 y 3000 msnm (Luteyn, 2002).

2.1.1.5 Características botánicas

Lagos y otros (2010), describen al mortiño como un arbusto pequeño, cuya altura llega hasta 2 m, sus hojas son pequeñas, de forma ovada a ovado lanceolada, con márgenes finamente aserrados, y ápice redondeado agudo, nervación pinnada, frecuentemente presentan una

coloración granate, y posteriormente cambian a verde pálido. Además, presentan inflorescencias axilares en racimos, flores con el tubo del cáliz articulado con el pedicelo, corola urceolada blanca o rosada, estambres del mismo largo que el tubo de la corola, anteras con dehiscencia apical; ovario ínfero. El fruto es una baya globosa de 5 a 8 mm de diámetro, presenta un color verde en estado inmaduro y color morado o negro en su estado de madurez (Jorgensen, Ulloa, & Madsen, 1995).



Figura 1 Hojas, flores y frutos de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth)

2.1.1.6 Propiedades medicinales de frutos de mortiño

El crecimiento del consumo de antioxidantes debido a los múltiples beneficios para las personas que los consumen ha sido bien documentada en múltiples de investigaciones científicas (Gaviria, y otros, 2011). El mortiño es una baya andina en la cual se ha determinado un contenido abundante de compuestos fenólicos que tienen la propiedad de ser colorantes y antioxidantes y que además son estructuras protectoras de la salud, su valores de antocianinas y fenoles se encuentran en 201 y 609 mg.100g⁻¹ de fruta respectivamente, los cuales son valores son comparables o superiores a los resultados reportados sobre *Vaccinium* en otras investigaciones, en resumen los frutos de mortiño poseen gran potencial de comercialización como compuestos nutraceuticos o como fruta fresca (Gaviria, y otros, 2011).

2.1.1.7 Propiedades nutricionales

La baya del mortiño aporta un total de proteína 0,7 %, grasa 1 %, carbohidratos totales 18,1 %, cenizas 0,4 %, fibra total 7,6 %, 2,9 %, y un componente calórico de 84 kcal.100g⁻¹ en fruta fresca (Estrella, 1986), además, se ha encontrado la presencia de minerales como Fe, Cu, Zn, Ca, Mg, K (Gonzalez, 2002). El consumo de frutas brinda un valor nutricional muy particular como lo es la cantidad de vitaminas que aportan, se reporta además la presencia de ácido ascórbico, beta carotenos, y también se ha evidenciado la presencia de Tiamina, Riboflavina, Niacina y ácido patoténico (Agustí, 2010).

Debido a las propiedades y cualidades nutricionales del mortiño, es un producto que cada vez es más consumido, brinda un bajo contenido de calorías para su uso en dietas, su buen contenido de compuestos fenólicos y fibra reduce el azúcar en la sangre y su alto contenido en vitaminas como la vitamina C lo convierte en un excelente antioxidante celular y purificador (Trehane, 2004).

2.2 Domesticación de especies

2.2.1 Concepto de domesticación

La palabra domesticación proviene del Latín *domus* que significa lugar de habitación, refiriéndose a la acogida de una población silvestre dentro del lugar donde habita el hombre como puede ser un campo de cultivo (Chacón, 2009). La domesticación de una planta silvestre involucra un proceso de cultivo, por medio de técnicas agronómicas que se adapten a la misma, por lo tanto, la planta domesticada depende totalmente del cuidado del hombre, pues sin su ayuda no podría crecer ni tampoco reproducirse, la asociación entre ambos, determina una mutua

interdependencia, por lo cual una planta domesticada pierde la capacidad de sobrevivir en condiciones naturales (Morales, 1993).

2.2.2 Información del sitio de domesticación

Las características de las variables ambientales y edáficas del sitio de domesticación deben ser similares a las condiciones de crecimiento de la planta a domesticar, además se necesita información relacionada a la organización productiva y social del lugar, toda la información obtenida permitirá determinar las ventajas del sitio seleccionado frente a otros posibles sitios de cultivo (Davies, 2004).

Los datos ambientales requeridos de sitio son: microclima, registros anuales de temperatura, fotoperíodo, viento, humedad relativa, datos pluviométricos. Por otra parte, las variables edáficas de mayor relevancia son el tipo de suelo, pH, textura, contenido en nutrientes, contenido de materia orgánica, capacidad de retención de agua.

Además, se requiere de información sobre los recursos hídricos del sitio, características y problemas de la agricultura local, posibilidad de mecanización, problemas sanitarios locales y tipos de cultivos actuales (Davies, 2004).

2.2.3 Proceso de domesticación

2.2.3.1 Selección de individuos

Los diversos mecanismos de manipulación de los genotipos de las plantas por el hombre, ha generado una enorme diversidad biológica acorde a las necesidades, cambio climático y condiciones de manejo agrícola (Casas & Caballero, 1995). La manipulación de dichos genotipos se realiza mediante un proceso previo de selección denominado selección artificial, este proceso consiste en favorecer la preservación de variantes deseables y eliminar los rasgos indeseables,

dando como resultado variaciones morfológicas, fisiológicas y genéticas en la planta de interés (Díaz, 2010).

En el sitio de origen de la especie de interés previo a su domesticación, se debe observar el desarrollo y arquitectura de la planta, características del clima y suelo y la propagación natural (Davies, 2004)

2.2.3.2 Introducción al sitio de cultivo

La información previamente obtenida del sitio de cultivo permitirá decidir sobre la posibilidad del cultivo en las nuevas condiciones, comparando los requerimientos de la especie en su lugar de origen con las condiciones actuales, posteriormente si la decisión es acertada se procederá a la introducción de las plantas seleccionadas al cultivo, posteriormente se debe realizar un monitoreo de las plantas en parcelas pequeñas, para después realizar una evaluación en parcelas experimentales (Davies, 2004).

2.2.3.3 Prácticas de manejo

Entre las prácticas de manejo se deben implementar inicialmente métodos de propagación de las plantas seleccionadas, que pueden ser por medio de semillas, propagación vegetativa o mediante prácticas biotecnológicas (Lema, 2010). Además, se debe experimentar para definir prácticas de cultivo como el marco de plantación, métodos de cultivo, preparación del suelo y fertilización, control de plagas y enfermedades. Una vez establecidas las prácticas de manejo se debe realizar la evaluación del cultivo, determinando la duración de los diversos eventos fenológicos del cultivo, métodos y momento de cosecha, manejo poscosecha y almacenamiento (Davies, 2004).

2.2.4 Variantes producidas en la domesticación

El hombre ha ejercido una fuerte selección en las especies domesticadas permitiendo preservar muchas características que hubieran desaparecido en condiciones naturales, sin embargo, también se ha promovido nuevas variantes, que han permitido facilitar el manejo agronómico y obtener mayores rendimientos, como por ejemplo, actualmente genetistas de plantas han logrado variantes genéticas por medio de un gran número de cruzamientos con el propósito de solucionar problemas de producción en las especies cultivadas (Franco & Hidalgo, 2003).

Las plantas cultivadas en comparación con sus parientes silvestres presentan diferentes alteraciones en muchos de sus rasgos, debidos a la domesticación (Díaz, 2010). El proceso de domesticación conlleva paulatinamente una serie de variaciones morfológicas y fisiológicas, definidos como el síndrome de domesticación, estos cambios contribuyen a la adaptación de las especies silvestres al proceso de cultivo, como también su dependencia al hombre para sobrevivir, la domesticación influye principalmente en los órganos de la planta para uso o consumo, como por ejemplo las semillas y frutos, los cuales pueden presentar gigantismo, además, se producen cambios en el hábito de crecimiento de la planta, en la reproducción induciendo mayoritariamente la autogamia, la pérdida de la dormancia de semillas y el mecanismo natural de dispersión de la semilla (Chacón, 2009; Díaz, 2010).

2.2.5 El arándano y su reciente domesticación

El uso de las especies *Vaccinium* en la agricultura intensiva es reciente, esto tuvo lugar en Norteamérica a inicios del siglo XX, por medio de 26 especies nativas se logró obtener las actuales variedades comerciales de arándano, en 1893 agricultores de Michigan seleccionaron y

trasplantaron plantas silvestres en sus campos de cultivo, además Elizabeth White, dueña de una granja en New Jersey pidió a sus trabajadores introducir plantas silvestres, las cuales posteriormente fueron utilizadas en programas de mejora genética, en el año 1908 el Dr. Frederick Coville inició procesos de mejoramiento genético por medio de plantas silvestres logrando la primera hibridación en 1911, y alrededor del año 1930 Stanley Johnston profesor de Michigan Agricultural College comenzó el cultivo de arándano, en 1923 en Europa fueron cultivadas las 10 primeras hectáreas de arándano en Países Bajos, y para 1951 las plantaciones alemanas ya superaban las 51 hectáreas (Parra, 2004).

A pesar de que el cultivo de arándano es reciente, ha tenido un notable éxito con un incremento de su cultivo mucho mayor a la de cualquier otro frutal, tal es el caso de Estados Unidos que en el año de 1930 se cultivaban 80 hectáreas, para el año de 1989 el cultivo había ascendido a 16000 hectáreas, mientras que a nivel mundial en 1998 se cultivaban 65000 hectáreas, en la actualidad Canadá tiene la mayor área cultivada con un total de 48000 hectáreas y a nivel mundial se superan las 100000 hectáreas, este cultivo genera anualmente millones de dólares en ganancias para sus productores y se ha considerado uno de los cultivos más rentables del mundo (Romero, 2016).

2.3 Crecimiento y desarrollo vegetativo

2.3.1 Crecimiento vegetal

El crecimiento vegetal es el aumento irreversible de volumen de una célula, tejido, órgano o individuo, aumentando su masa, es un proceso que incluye tres fases: división celular, expansión de las células y diferenciación. La división celular es seguida por la expansión celular, rápidamente las células hijas alcanzan o superan el tamaño de la célula madre, seguido por

cambios en la forma y organización interna de las células, proceso denominado diferenciación en ellas y tejidos (Bidwell, 1993).

El crecimiento puede determinarse mediante medidas directas como la longitud, grosor o área; a menudo se mide como aumento en volumen o peso. Cabe recalcar que el crecimiento está ligado a factores ambientales como luz, temperatura y humedad, entre otros (Salisbury & Ross, 1994).

2.3.2 Desarrollo vegetal

Desarrollo vegetal es la serie de eventos que determinan el fenotipo de la planta, su capacidad de reproducirse y adaptarse plenamente a su ambiente, este proceso ocurre después del crecimiento y diferenciación (Azcón & Talón, 2013). El termino crecimiento denota los cambios cuantitativos que tienen lugar durante el desarrollo, mientras que diferenciación se refiere a los cambios cualitativos (Taiz & Zeiger, 2006).

2.3.3 Factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de la planta

El suelo es uno de los factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de la planta, está compuesto por distintos tipos de textura que influyen en la disponibilidad de agua y oxígeno para el crecimiento de plantas, el contenido de nutrientes y materia orgánica que debe ser óptimo según los requerimientos de cada especie (Salisbury & Ross, 1992).

La disponibilidad de agua en el suelo y su absorción, permite que se realicen algunos procesos en la planta, como transportar nutrientes, metabolitos, y azúcares a todas las partes de la planta, además el agua proporciona turgencia y rigidez a las células favoreciendo el anclaje de las hojas y tejidos nuevos (Parcker, 2000).

Además otro factor como la luz es necesaria para el proceso de la fotosíntesis que consiste en la absorción y retención de energía lumínica para convertirla en potencial químico como fuente de energía para los procesos fisiológicos de la planta (Lira, 1994).

Las altas temperaturas se combinan con una alta irradiación, baja humedad, escasas de agua y una transpiración elevada en la planta, mientras que las bajas temperaturas se muestran como una desventaja para algunos procesos metabólicos (Salisbury & Ross, 1994), cuando la temperatura foliar está situada por debajo de la temperatura del aire, el aumento de la velocidad del aire aumenta la transpiración (Salisbury & Ross, 1992).

2.3.4 Letargo

El reposo o letargo, es la suspensión temporal del crecimiento de cualquier estructura de la planta que contenga un meristemo, es un proceso fisiológico por el que pasan todos los árboles frutales caducifolios, la planta suspende temporalmente el crecimiento de estructuras que contienen meristemos primarios y disminuye al mínimo sus funciones metabólicas, para que con las reservas que acumulan en este período, las utilizan la primavera siguiente para empezar la etapa de brotación y crecimiento vegetativo hasta llegar nuevamente a la etapa reproductiva (Parcker, 2000). Existen tres tipos de dormancia en yemas: el ecoletargo, el paraletargo y el endoletargo (Mohd, 1992).

2.3.4.1 Ecoletargo

Es una etapa de latencia inducida por condiciones ambientales extremas las yemas permanecen latentes a causa de condiciones externas desfavorables al crecimiento (Mohd, 1992). A este estado se le ha denominado también quiescencia si va asociado a la vez a causas internas.

Las condiciones del medio ecológico o ambientales que originan este tipo de latencia son, esencialmente, la baja temperatura, la falta de agua y el fotoperíodo (Urbina, 2001).

2.3.4.2 Paraletargo

La falta de crecimiento de las yemas es debida a la acción inhibidora de otros órganos (Gil F. , 1994). Por eso se le ha llamado también inhibición o latencia correlativa. Por ejemplo, la latencia que se produce en las yemas laterales de un brote debido a la dominancia apical en crecimiento, pero cuando este fenómeno se elimina por despunte o deshojado se inicia la brotación lateral. En definitiva es un estado de pre-latencia o pre-reposo de las yemas, que tiene lugar progresivamente desde la base al ápice del brote (Urbina, 2001).

2.3.4.3 Endoletargo

Las yemas están latentes a causa de condiciones fisiológicas internas que impiden el crecimiento, incluso si las condiciones del medio son favorables y no hay impedimento debido a otros órganos (Mohd, 1992). Su regulación está bajo control endógeno y para salir de este estado de latencia la planta debe permanecer un determinado tiempo a temperaturas bajas para obtener sus necesidades de acumulación de frío (Urbina, 2001).

2.3.5 Fisiología del letargo

Las plantas en crecimiento no tienen la capacidad de resistir el frío del invierno y requieren de adaptaciones para enfrentar esta situación, eventos como la caída de hojas, la detención del crecimiento vegetativa y endurecimiento de la madera son adaptaciones adquiridas evolutivamente (Gil G. , 2000). El factor de mayor relevancia sobre el letargo es el fotoperíodo, en la mayoría de plantas leñosas los días cortos estimulan el letargo, el período de luz es

interceptado por las hojas que transmiten una señal a las yemas y ápices en donde el efecto del letargo se produce. Además, la permanencia de días con bajas temperaturas conduce a una disminución del metabolismo dando como resultado el inicio del proceso de letargo. Una carencia de agua es otro factor importante para iniciar el letargo, en ciertas especies la carencia de nutrientes como el nitrógeno también lo desencadena (Taiz & Zeiger, 2003). Estos factores generan un estrés en la planta que consecuentemente producen ácido abscísico, que es la hormona que interviene en la iniciación y mantenimiento del letargo, el ABA es un inhibidor general del crecimiento, sin embargo la aplicación de fitohormonas como las giberelinas pueden inhibir el efecto del ABA (Bidwell, 1993).

El ácido abscísico es sintetizado en todos los órganos de la planta, su cantidad varía según la especie, encontrándose las concentraciones más altas en hojas, cogollos, frutos y semillas. El ABA mantiene el crecimiento de la raíz bajo estrés hídrico, aparentemente suprimiendo al etileno, el ABA tiene una respuesta lenta y rápida a nivel fisiológico, por ejemplo, en el rápido cierre del estoma. Los aumentos endógenos de ABA ocurren rápidamente en plantas estresadas. En general, la aplicación de ABA a las plantas contrarresta las simultáneas aplicaciones de auxinas, giberelinas, citoquinina e inclusive brassinoesterioides (Pallardy, 2008).

Todos los procesos fisiológicos están controlados en última instancia por los genes, y se está avanzando en la identificación de genes asociados con la latencia. Aunque el control de la latencia en última instancia se encuentra dentro del genoma, dicho control se debe ejercer a través de mecanismos fisiológicos. Las teorías avanzadas para explicar la latencia son: deficiencias nutricionales o metabólicas, bloqueos a la permeabilidad de la membrana y excesos o deficiencias de las hormonas (Pessaraki, 2002).

Con la disminución de la temperatura el ABA promueve la síntesis de proteínas hidrofílicas capaces de fijar agua estas sustancias incrementan la latencia al deshidratar a la célula lo que permite una mayor resistencia al frío, posterior a esto la planta entra a un período de endoletargo, en esta fase las yemas son sensibles a las citoquininas y a otras sustancias químicas para romper la latencia y si son expuestas a altas temperaturas comienzan a crecer, el nivel metabólico aumenta, se activa la producción de ADN y ARN y se inicia la síntesis de enzimas (Agustí, 2010).

Cuando la latencia se aproxima el componente hormonal cambia en el tiempo por estímulos ambientales y el ABA, exigiendo mantener las macromoléculas hidratadas por medio de un incremento de los ácidos grasos poliinsaturados de los fosfolípidos de las membranas, capaces de aumentar su fluidez y hacer posible su actividad aún a bajas temperaturas (Salisbury & Ross, 1994). En estas condiciones no hay conexión entre los distintos órganos de la planta, el crecimiento se detiene totalmente pero el proceso de latencia se mantiene por un período de bajas temperaturas hasta que nuevamente inician los cambios, las membranas celulares restauran su conexión con el resto de la planta permitiendo el crecimiento. La actividad hormonal se reestablece y las citoquininas pueden promover la brotación (Agustí, 2010).

2.3.6 Efecto del frío sobre la planta

El descenso de la temperatura influye sobre el desarrollo normal de la vegetación, contribuyendo a desencadenar los mecanismos inhibitorios que detienen el crecimiento, hay una tendencia en la disminución de la respiración y ralentiza las reacciones químicas y la actividad enzimática lo que resulta en el aumento del contenido de almidón y de otros compuestos

insolubles. En la fase de abscisión de hojas se almacena mayor cantidad de nitrógeno proteínico en los ramos y ramas, debido a la regresión nutrimental procedente de las hojas (Urbina, 2001).

El frío es responsable de la salida del reposo por medio de la destrucción de ciertas sustancias inhibitoras, entonces, las yemas precisan una acumulación mínima de frío durante el letargo para desencadenar una serie de reacciones fisiológicas por parte de las hormonas promotoras del crecimiento como citoquininas y auxinas que son hormonas antagónicas al ácido abscísico. Las temperaturas invernales se consideran un factor clave en la producción frutícola y corresponden a uno de los factores ambientales más críticos, debido a que la mayoría de las especies frutales tienen un requerimiento de frío invernal para romper el letargo de sus yemas (Grés, 1989).

Las especies o variedades incapaces de activar la respiración o esta es reducida en bajas temperaturas requieren de un largo período que se prolonga hasta la primavera hasta que se alcanza temperaturas más altas que le permiten desarrollar totalmente las yemas se conocen como muy exigentes de horas frío, por otra parte las que pueden activar la respiración y son capaces de desarrollar totalmente sus yemas a bajas temperaturas son conocidas como de bajo requerimiento de frío (Agustí, 2010). Los requerimientos de frío son propios de cada especie, inclusive varían dentro de cada especie al encontrar variedades de altos o bajos requerimientos de frío (Tabla 1).

Tabla 1

Requerimiento de frío de especies frutales de hoja caduca

Especie	Mínimo HF	Máximo HF
Almendro	100	500
Arándano	600	1200
Durazno	100-400	1100
Manzano	200-800	1700
Peral	500	1500
Vid	100-500	1400

Fuente: INIA, (2017)

La deficiencia de frío en variedades exigentes, no permite que los meristemas puedan captar el nivel suficiente de nutrientes y los fotoasimilados. En las especies en general el déficit de frío provoca una brotación no uniforme con brotes débiles, muchas yemas vegetativas no brotan, además puede ocurrir un crecimiento vegetativo desenfrenado con un uso excesivo de reservas disminuyendo la producción en el siguiente ciclo, en la floración puede ocurrir un retraso, las flores pueden ser poco viables, puede ocurrir aborto floral, mientras que en el fruto puede ocurrir una maduración irregular, con frutos de menor tamaño, poca coloración por baja disponibilidad de carbohidratos todo esto se refleja en la producción y calidad de la fruta cosechada (Aron, 1983).

2.3.7 Salida del letargo

Las plantas acumulan una amplia variedad de compuestos fenólicos, que comprenden un gran grupo de inhibidores de crecimiento endógenos, pueden afectar a las plantas directamente por su participación en el metabolismo, la función hormonal, en la división celular, fotosíntesis y respiración, además influyen en procesos de crecimiento y desarrollo como germinación, desarrollo de la raíz, expansión de la hoja y funciones ecológicas como agentes alelopáticos y antimicrobianos (Pallardy & Kozlowski, 2008).

Cuando la planta completa el período de letargo y se produce un crecimiento de las yemas de forma irreversible, comienzan a apreciarse los signos externos de la actividad vegetativa (Urbina, 2001). Esta fase se caracteriza por un notable incremento en el contenido de hormonas como las citoquininas, auxinas y giberelinas que desencadenan una serie de procesos fisiológicos, además en este período hay una merma de los hidratos de carbono totales, debido a que la planta necesita consumir sus reservas para el crecimiento, se produce la hidrólisis de los hidratos de carbono

insolubles disminuyendo su contenido y por lo tanto incrementando el nivel de los hidratos de carbono solubles, además, el contenido de nitrógeno total se incrementa especialmente en las yemas, estas evolucionan dando lugar a la aparición de los brotes jóvenes (Urbina, 2001).

En el inicio de la brotación el crecimiento de los brotes es relativamente lento, se acelera con el tiempo, luego se ralentiza y al final cesa, este patrón ocurre incluso a temperatura constante, el crecimiento tiende a ser cíclico. Inclusive en el trópico húmedo, el crecimiento es en parte aleatorio, un árbol puede tener un brote creciendo considerablemente mientras que el crecimiento de otro es lento. Además, el crecimiento de las plantas perennes en la zona templada es sincronizado (Pessarakli, 2002).

2.3.8 Acumulación de frío

A pesar de tratarse de un proceso fisiológico complejo que depende de muchos factores se ha vinculado la duración del reposo con las temperaturas por debajo de un determinado umbral, en los años 30 y 40 se determinó que el rango de temperaturas entre 0 y 7,2 °C era el más eficaz para romper el reposo, de este modo, se ha definido el concepto horas frío como el número de horas por debajo de la temperatura umbral de 7,2 °C y que son necesarias para la ruptura del reposo, sin embargo la medida de este parámetro es totalmente empírica y no está exenta de inexactitudes (Agustí, 2010).

Estudios llevados a cabo en condiciones de temperatura controlada han determinado que la temperatura más eficiente para la acumulación de frío es 6 °C y la temperatura de 10 °C es la mitad de eficiente que aquella, sin embargo existe un efecto negativo de las altas temperaturas en el período de acumulación de frío por lo que en zonas con estas características es erróneo determinar el número de horas frío sin considerar valores de temperaturas superiores a los 7,2 °

C, entonces Shaltout & Unrath (1983), propusieron un modelo en el que se asigna a cada temperatura o intervalo un nivel de eficacia para contribuir a la salida de reposo. Una hora a una temperatura de 1,4 °C no produce avance en la salida del reposo, mientras que una hora a temperaturas en el rango de 2,5 a 9,1 °C equivale a la acumulación de una unidad frío y a partir de los 16 °C se anula la cantidad de frío acumulado, además el método da el mayor efecto negativo que se da a las temperaturas superiores a 21 °C.

2.3.8.1 Cálculo de horas frío

Se ha desarrollado varios modelos para predecir la ruptura del reposo, la mayoría de los modelos contemplan rangos de temperatura con diferente eficiencia en la acumulación de frío. Para el cálculo de este requerimiento se emplean diversas fórmulas, las cuales son:

2.3.8.1.1 Método del higrotermógrafo

Las horas frío son determinadas mediante las mediciones de temperatura realizadas por un higrotermógrafo que es un aparato que grafica mediante una aguja entintada las temperaturas registradas. Después con las temperaturas impresas se procede a contabilizar el número de horas que registraron una temperatura del ambiente menores a 7,2 °C obteniéndose el número total de horas frío diario, luego se procede a realizar una sumatoria de las horas frío registradas en cada día del período considerado (Reyna, 1983).

2.3.8.1.2 Método de Da Mota

El procedimiento se basa en un modelo que incluye la temperatura media mensual y el número de horas frío acumuladas de cada mes de reposo. La fórmula que se emplea se presenta a continuación:

$$\mathbf{Hf} = 485,1 - 28,52 \mathbf{X}$$

Donde:

\mathbf{Hf} = cantidad mensual de horas frío

\mathbf{X} = temperatura media mensual

2.3.8.1.3 Método de Crossa-Raynaud

Este método determina el número de horas frío diariamente en base a los datos de temperaturas máximas y mínimas observadas diariamente (Aron, 1983). La suma de las horas frío calculadas diariamente durante el período de reposo dan como resultado el total de horas frío en determinado período. La fórmula se presenta a continuación:

$$\mathbf{Hf} = \frac{7 - \mathbf{M}}{\mathbf{M} - \mathbf{m}} \times 24$$

Donde:

\mathbf{Hf} = horas frío presentadas cada día

\mathbf{M} = temperatura máxima diaria

\mathbf{m} = temperatura mínima diaria

2.3.9 Alternativas para compensar deficiencias de frío

El efecto de determinados productos puede reemplazar en parte, el requerimiento de acumulación de frío adelantando la salida del reposo como también permitir una brotación y floración regular en zonas con insuficiencia de frío (Urbina, 2001). En regiones áridas técnicas de manejo como el manejo del riego permite romper la latencia de las yemas de algunas especies quitando el suministro del agua durante varias semanas y después regando (Pessarakli, 2002).

El uso de fitorreguladores se considera como una buena alternativa como compensador de frío en frutales, esto se debe a que el frío produce un estímulo hormonal en los mismos, en lugares con desfases climáticos con períodos intermitentes cortos de calor y frío se tiene evidencia del efecto de ácido naftalenacético a 0,02 y 0,08 % en manzanos retardando la floración 15 días, además en frutales de hueso como el durazno el ácido giberélico a 200 ppm a fines de verano posterga la floración por 10 días, permitiendo tener condiciones climáticas más favorables para la brotación, aplicaciones de cianamida, giberelinas, tiourea y citrolina tienen buenos resultados como estímulo de brotación (Rojas, 1993). Las citoquininas pueden acelerar la liberación de la latencia en brotes de plantas leñosas, así como suprimir la dominancia apical durante la temporada de crecimiento temprano. En algunos casos se conoce que el etileno rompe la latencia del brote, la respuesta es dependiente de la especie (Parcker, 2000).

Los productos más utilizados como promotores de brotación son los aceites de invierno como la cianamida de hidrógeno (Dormex), nitrato potásico y tiazuron, etc. Estos productos deben aplicarse con precaución conociendo bien las dosis y condiciones de aplicación para evitar tener respuestas de fitotoxicidad ya que la respuesta no siempre es generalizada para todas las especies (Urbina, 2001).

2.3.9.1 Uso de Cianamida hidrogenada

La cianamida hidrogenada es el primer producto de la descomposición en el suelo del fertilizante nitrogenado cianamida cálcica, es el producto químico más efectivo de uso práctico para ayudar a terminar el letargo de la mayoría de las especies, tiene como objetivo suplir las horas de frío en zonas cálidas, actúa como inductor de brotación y floración, este fitorregulador es absorbido por las yemas influyendo en sus procesos fisiológicos como cambios bioquímicos

relacionados al retorno normal del proceso de respiración, aumentando la actividad metabólica y fotosintética (Gil F. , 1994).

Reemplaza las deficiencias en la acumulación de frío invernal, induciendo una brotación uniforme, según la fecha de aplicación se puede provocar un adelanto de una a dos semanas en la floración (Agustí, 2010). La aplicación de Dormex incrementa los porcentajes de brotación en zonas con bajo frío invernal, permite obtener una mayor uniformidad de brotación y floración, además minimiza la dominancia apical lo que resulta en una mayor brotación de yemas laterales (NeSmith, Krewer, & Williamson, 1998).

Por otro lado, la cianamida puede sobre ralea yemas florales en épocas incorrectas o con dosis excesivas, mostrando daños en la madera de un año. La aplicación de la dosis de ingrediente activo dependerá de cada especie, generalmente es recomendable 1 al 2% dependiendo de la madurez fisiológica del cultivo (Calderón, 2016). Además, se ha establecido que dosis cianamida hidrogenada en concentraciones de 0, 25 a 1 % v.v⁻¹ son las más efectivas en arándanos (Grés, 1989). Por lo tanto la época de aplicación para lograr un máximo efecto, debe ser una vez que se haya acumulado entre 50 % y 70 % de frío invernal normalmente requerido, las aplicaciones en la etapa de post letargo son inefectivas o pueden causar fitotoxicidad (Gil G. , 2000).

2.4 El nitrógeno en la agricultura

En los suelos cultivados el origen del nitrógeno corresponde al aporte de este elemento mediante el empleo de fertilizantes orgánicos o minerales. Además, el nitrógeno atmosférico pasa al suelo por vía abiótica mediante el arrastre del nitrógeno por la lluvia y por vía biótica a través de los microorganismos y vegetales superiores capaces de fijarlo por relaciones simbióticas o sin

estas (Urbano, 2001). Se puede considerar al nitrógeno como el principal factor de producción de los cultivos después del agua, es necesario agrupar las necesidades de una agricultura competitiva y de calidad con la protección y mejora de la calidad de los suelos, el agua y la atmósfera.

2.4.1 Formas de Nitrógeno en el suelo y su absorción por los cultivos

El Nitrógeno puede estar en forma inorgánica u orgánica, siendo el porcentaje de nitrógeno orgánico del orden del 95 %, presentándose el nitrógeno orgánico como proteínas, aminoácidos y las formas inorgánicas del nitrógeno incluyen amonio, nitrato, nitrito, óxido nitroso, óxido nítrico, siendo las tres primeras importantes desde el punto de vista de la fertilidad (Urbano, 2001). La absorción de nitrato se ve favorecida por pH bajo, en el caso del ion amonio ocurre lo contrario. Sin embargo, la absorción de amonio conlleva acidificación de la rizosfera y disminuye la absorción de calcio, magnesio, mientras que aumenta la absorción de H_2PO_4^- , SO_4^{2-} y Cl^- (Kafkafi & Tarchitzky, 2012).

2.4.2 Fijación simbiótica de N

La fijación simbiótica consiste en la reducción del nitrógeno, atmosférico a NH_3 , gracias a la enzima nitrogenasa presente en microorganismos aeróbicos como *Rhizobium* que forman nódulos en las raíces de las leguminosas, los factores que más afectan a la cantidad de nitrógeno fijado son la humedad, aireación, temperatura, formas de nitrógeno, pH, la concentración nutrimental en el suelo y la actividad fotosintética (Urbano, 2001).

Un exceso de nitrato en el suelo disminuye la actividad de la nitrogenasa y la fijación de nitrógeno. En general, una alta actividad fotosintética se relaciona con mayores fijaciones de nitrógeno (Villalobos, Mateos, Orgaz, & Fereres, 2009).

2.4.3 Nitrificación y desnitrificación

La transformación de amonio a nitrato se denomina nitrificación y ocurre en dos fases, en la primera las bacterias Nitrosomonas en presencia de oxígeno transforman una molécula de amonio en una de nitrato, agua e hidrógeno, la segunda fase es más rápida las bacterias Nitrobacter transforma una molécula de nitrito en una de nitrato (Navarro, 2003). Los factores que afectan a la nitrificación, son la concentración de amonio que dependerá de la fertilización y la mineralización, un pH óptimo es 8,5 pero la nitrificación ocurre en el intervalo de 4,5 a 10, temperaturas entre 25 y 35 °C, una buena aireación en el suelo por lo que el encharcamiento será indeseable (Villalobos, Mateos, Orgaz, & Fereres, 2009).

Cuando el suelo se encharca tiene lugar la descomposición anaeróbica de la materia orgánica mediante microorganismos anaeróbicos principalmente entre *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Paracoccus*, los cuales son capaces de obtener su oxígeno del NO_3^- , y del NO_2 , liberando N_2 , y N_2O , el factor principal que afecta la desnitrificación es la disponibilidad de oxígeno (Villalobos, Mateos, Orgaz, & Fereres, 2009).

2.4.4 Mineralización e inmovilización

La mineralización es un proceso de transformación del nitrógeno orgánico a NH_4^+ , esto tiene lugar antes de la aminización, o paso de proteínas a aminoácidos, aminas y urea, y la amonificación, o paso de aminas y aminoácidos a amonio, esta conversión la realizan los microorganismos heterótrofos por respiración aeróbica y en menor cantidad microorganismos anaeróbicos (Navarro, 2003). La inmovilización es la conversión del nitrógeno inorgánico a nitrógeno orgánico, cuando la materia orgánica contiene poco nitrógeno en relación a carbono, los microorganismos inmovilizarán el nitrógeno mineral del suelo, debido a que necesitan una

relación C:N de aproximadamente 8:1, caso contrario el nitrógeno inorgánico puede descender rápidamente y el cultivo puede mostrar deficiencia de nitrógeno (Villalobos, Mateos, Orgaz, & Fereres, 2009).

2.4.5 Lixiviación

Los nitratos son muy solubles en agua y no es retenido por los coloides del suelo, su lixiviación depende de la textura del suelo, siendo esta mayor en suelos arenosos que en suelos con textura arcillosa, estas pérdidas siempre serán mayores en un suelo desnudo en comparación con un suelo cubierto (Navarro, 2003). Además, las mayores pérdidas por lixiviación de nitratos pueden ocurrir con altas fertilizaciones y precipitaciones y bajos consumos de los cultivos, la concentración de nitratos en el suelo aumenta con la profundidad (Covas, 2012). Sin embargo, aunque el nitrógeno nítrico desciende en el suelo arrastrado por lavado, inversamente puede ascender por capilaridad en los períodos de verano con mayor sequía, en estas circunstancias entonces el nitrógeno se encuentra en mayor cantidad en las capas más superficiales del suelo (Agustí, 2010).

2.4.6 Volatilización de amoníaco

El ion amonio se encuentra en solución en equilibrio con amoníaco (NH_3), que es volátil. La volatilización de amoníaco ocurre de forma natural en los suelos, pero en pequeñas cantidades. Las condiciones que más favorecen las pérdidas de amoníaco son: la aplicación en superficie, fertilizante que contiene urea, pH mayor que 7, suelo con baja CEC, suelo y aire seco (Kafkafi & Tarchitzky, 2012). Los intervalos de porcentaje de pérdidas de fertilizante por volatilización de amoníaco son 2-50 % a un pH mayor a 7 y 0-25 % a un pH menor a 7 (Villalobos, Mateos, Orgaz, & Fereres, 2009). También se ha comprobado que el amonio se pierde en mayor cantidad

en suelos ricos en sodio y potasio que en suelos ricos en calcio y magnesio, posiblemente porque en los primeros el pH es más elevado (Navarro, 2003).

2.4.7 Fertilizantes nitrogenados

La cantidad de nitrógeno que se suministra por medio de los fertilizantes garantiza la presencia de nitrógeno asimilable en el suelo en cantidad suficiente para satisfacer la demanda requerida por el cultivo, se debe considerar la cantidad de nitrógeno y el momento más oportuno de su aplicación, utilizando el tipo de fertilizante adecuado según las condiciones edafoclimáticas en las que se desarrolla un determinado cultivo (Urbano, 2001). Los fertilizantes nitrogenados contienen nitrógeno en tres formas básicas que son: urea, nitrato y amonio. La urea en el suelo se transforma en amonio y dióxido de carbono por medio de la enzima ureasa, en la superficie del suelo, las pérdidas directas por volatilización son considerables (Kafkafi & Tarchitzky, 2012).

Los principales factores que influyen en su volatilización son la CIC las pérdidas disminuyen a medida que aumenta la CIC y son despreciables en suelo arcillosos debido a que el amonio producido durante la hidrólisis de la urea se adsorbe fuertemente a las partículas de arcilla, el pH del suelo es el segundo factor más importante que regula las pérdidas de amonio durante la hidrólisis siendo mayor en suelos alcalinos (Hofman & Van Cleemput, 2004). El nitrato es un anión, por lo tanto, no puede unirse a las partículas de arcilla. Sin embargo, el ion nitrato se añade a los óxidos de hierro y aluminio cargados negativamente que están presentes en suelos ácidos (Kafkafi & Tarchitzky, 2012).

2.5 Fenología de plantas

El estado en que se encuentra una planta viene definido por los procesos de desarrollo y crecimiento, ambos son afectados diferentemente por factores ambientales, el crecimiento es un

proceso de cambios cuantitativos donde aumenta el peso, volumen, área o longitud de uno o varios órganos de la planta, mientras que el desarrollo representa cambios cualitativos, procesos que resultan en la aparición de nuevos órganos, resultando en la aparición de eventos fenológicos en la vida de la planta como, por ejemplo, la brotación o la floración (Villalobos, Mateos, Orgaz, & Fereres, 2009).

Las plantas presentan a lo largo del año una serie de fenómenos biológicos periódicos que hacen cambiar el aspecto de sus órganos, estos eventos están muy relacionados con el clima y con los cambios estacionales a los que se encuentran sometidas las plantas. La fenología estudia los cambios que se suceden en las diferentes especies de una manera periódica, siendo el aspecto característico en un momento determinado lo que se denomina estado fenológico (Urbina, 2001).

La fenología se define como el estudio del ritmo de repetitividad de sucesos biológicos, las causas bióticas y abióticas de esos sucesos y el período durante el cual ocurre un suceso fenológico específico para un individuo o una población. El potencial reproductivo en las plantas puede verse afectado durante el período anterior a la dispersión de frutos por factores extrínsecos como polinización, depredación de frutos, entre otros, y factores intrínsecos o ritmos fenológicos de las plantas como duración de crecimiento vegetativo, duración de la floración, duración de fructificación (Agustí, 2010; Parra, 2004). El arándano un frutal de importancia comercial tiene una gran similitud en su ciclo fenológico al mortiño (Mendoza, 2018), el ciclo fenológico propuesto por Rivedeneira & Carlazara (2011) se presenta en la Figura 2.

2.5.1 Factores que influyen en la fenología

Los fenómenos meteorológicos son los factores más representativos que influyen en los cambios fenológicos de la planta, estos son la temperatura, la precipitación y la radiación.

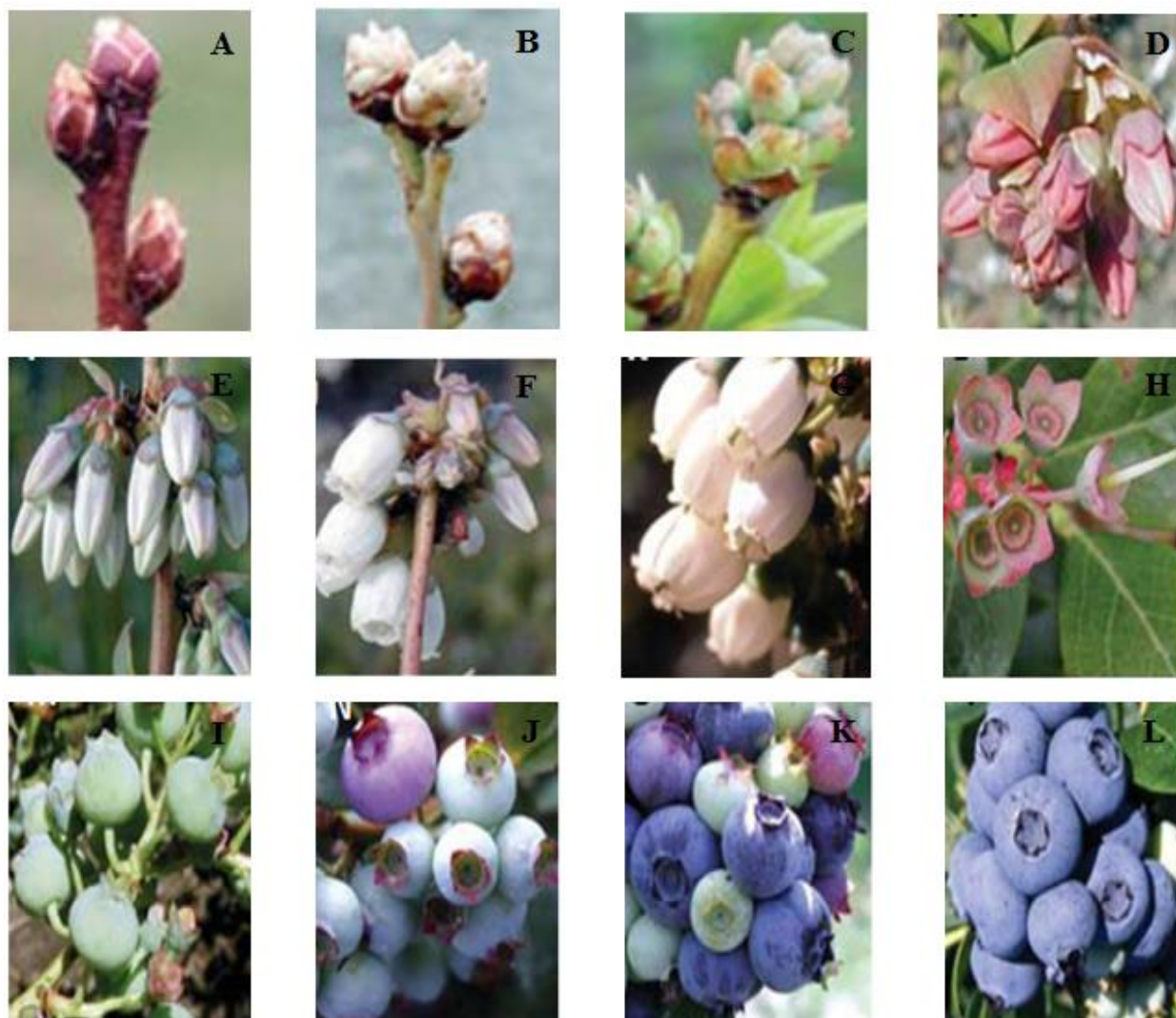


Figura 2 Fenología reproductiva del arándano (*Vaccinium corymbosum*): A: yema hinchada, B: quiebre de yema, C: racimo apretado, D: botón rosado temprano, E: botón rosado tardío, F: inicio floración, G: plena floración, H: caída de pétalos, I: fruto verde, J: fruto en pinta, K: fruto 25% azul, L: fruto 75% azul

Fuente: (Rivedeneira & Carlazara, 2011).

2.5.1.1 Radiación solar

El fotoperíodo es un factor importante en el desarrollo de muchas especies, puesto que la radiación solar es la principal fuente de luz para cualquier organismo, la radiación solar varía en intensidad, longitud de onda, irradiación en escala horaria, diaria y estacional (Fuentes, 2011).

Determina el microclima de un cultivo, condiciona la temperatura del aire y del suelo, el movimiento del viento, la evapotranspiración y la fotosíntesis, de tal manera que la intensidad y la eficiencia en el uso de la energía, son determinantes en la tasa de crecimiento y desarrollo de las plantas, además constituye la fuente fundamental de energía del ciclo hidrológico en la biosfera y ejerce gran influencia en cada región a través de la disponibilidad de lluvias (Goyal & Ramirez, 2008).

2.5.1.2 Precipitación

Las lluvias influyen sobre el desarrollo de las plantas favoreciendo su distribución durante un determinado período y también incrementándolas en número, ciertas semillas germinan solo si la cantidad requerida para la imbibición es suficiente y la emergencia de las plantas se lleva a cabo por determinadas condiciones climáticas siendo la disponibilidad hídrica el factor primordial (Fuentes, 2011; Orduz & Fischer, 2007).

Urrego & Valle (2001) en su estudio sobre la relación entre fenología y clima de algunas especies, determinan que aunque exista poca variación en la disponibilidad de agua, algunas especies muestran sensibilidad a los cambios en la precipitación y en los valores de las temperaturas extremas para el inicio de las diferentes fases.

2.5.1.3 Temperatura

En regiones templadas el desarrollo biológico en una determinada estación depende fundamentalmente de la temperatura ambiental, la cual determina la velocidad de crecimiento y desarrollo de organismos que requieren acumular cierta cantidad de calor para pasar de un estado de desarrollo hacia otro (Fuentes, 2011). La temperatura del aire regula del funcionamiento de los ecosistemas terrestres, los cultivos son sensibles a la temperatura puesto que esta afecta a la

actividad fotosintética, a las velocidades de crecimiento y desarrollo, a la transpiración. Los cultivos al absorber radiación se calientan y pueden mantener su actividad metabólica (Villalobos, Mateos, Orgaz, & Fereres, 2009).

La temperatura afecta las tasas de división y expansión celular, esto se ve reflejado en la tasa de crecimiento del dosel de las plantas el cual determina la cantidad de luz interceptada resultando en la cantidad de biomasa y rendimiento producido (Goyal & Ramirez, 2008). La temperatura influye en todos los fenómenos bioquímicos, como fotosíntesis, respiración y transpiración, además de los procesos físicos y fisicoquímicos de la planta, como permeabilidad celular, estabilidad enzimática, translocación de líquidos (Maroto, 2008).

2.5.2 Termoperiodicidad

Es el cambio diario de temperatura, las plantas responden a ese cambio de manera que su crecimiento máximo se presenta cuando las plantas se exponen a una temperatura diurna diez y quince grados más que la temperatura nocturna, a través de una temperatura diurna óptima la planta puede hacer fotosíntesis y pueda respirar. Si las temperaturas son más altas de lo necesario, el proceso de respiración puede incrementar (Gil F. , 1994).

Entonces, el desarrollo de una planta es mayor si es sometida a ciertas fluctuaciones térmicas entre el día y la noche, que si se mantiene constante un régimen térmico concreto, por lo que el termoperíodo tiene una incidencia importante en los diversos estadios del desarrollo de la planta como germinación, floración, fructificación (Maroto, 2008).

No todas las plantas crecen con un mismo rango de temperaturas, esto varía según la especie, como es el caso de los caducifolios, estos requieren una determinada cantidad de días con bajas temperaturas para crecer (Parcker, 2000).

2.5.2.1 Tiempos térmicos

El tiempo térmico se utiliza para calcular el crecimiento de las plantas y plagas durante la temporada de desarrollo, si la temperatura sobrepasa el umbral mínimo de crecimiento también llamado como temperatura base, esta determinación de requerimiento de temperatura es experimental y su valor es diferente en cada ser vivo (Parcker, 2000). Las plantas pueden crecer en variadas condiciones térmicas, por lo que se han establecido conceptos determinantes en el crecimiento como son: el cero de vegetación o temperatura por debajo de la cual la planta deja de crecer y desarrollarse, por ejemplo en el tomate 10° C, las temperaturas críticas o temperaturas mínimas o máximas por debajo o por encima de las cuales hay daño fisiológico, y la temperatura óptima, en donde el desarrollo y crecimiento de la planta se efectúa en la forma más favorable (Maroto, 2008).

Una determinada fase de crecimiento y desarrollo de un cultivo requiere un determinado número de unidades calor (UC) y en su ciclo completo se tendrá la acumulación total de las unidades calor. Toda especie está sujeta a una cantidad constante de energía para su crecimiento y desarrollo la cual se mide indirectamente a través de la suma de temperaturas toleradas por el cultivo, denominadas unidades térmicas (Jaramillo & Guzman, 1984). En un determinado cultivo cada una de las fases de desarrollo tienen una temperatura base o inferior de crecimiento y una temperatura base superior o máxima (Goyal & Ramirez, 2008).

La Temperatura base inferior se puede determinar mediante una relación de la tasa de crecimiento del cultivo y la temperatura, representándose gráficamente con el inverso del número de días ($1/n$) en el eje de las ordenadas y la temperatura en el eje de las abscisas, entonces la tasa de crecimiento se representa en la ecuación lineal $1/n = a + b (T^\circ)$ (Urrego & Valle, 2001).

La planta requiere dos condiciones para que haya crecimiento y desarrollo en relación con la temperatura, la primera que no existan valores fuera del requerimiento de temperatura mínima y máxima y la segunda que el rango de temperatura óptima sea permanente en el transcurso del ciclo, con estas dos condiciones el período de crecimiento es normal (Goyal & Ramirez, 2008).

2.5.2.2 Cálculo de grados día desarrollo (GDD)

Villalobos y otros (2009) describen el modelo para determinar los grados día, para el cálculo se debe asumir que la velocidad de desarrollo crece desde una temperatura base inferior (T_1) hasta la temperatura óptima (T_0) y que desde ahí decrece hasta valer cero para la temperatura base superior (T_2). Además, se considera que la temperatura a lo largo del día varía linealmente entre los valores extremos de temperatura mínima (T_m) y temperatura máxima (T_M) por lo que se deduce el valor del tiempo térmico en función de las temperaturas máximas y mínimas, presentándose tres casos que se describen a continuación:

a) Si (T_m) y (T_M) se hallan en el intervalo (T_1 , T_0) entonces:

$$GDD = (T_m + T_M)/2 - T_1 = T_{med} - T_1$$

Donde T_{med} es la temperatura media del día.

b) Si $T_m < T_1$ y T_M se halla en el intervalo (T_1 , T_0) entonces:

$$GDD = \frac{0.5 (T_M - T_1)^2}{(T_M - T_m)}$$

Esta situación ocurre a menudo en invierno y primavera.

c) Si T_m se halla en el intervalo (T_1 , T_0) y $T_M > T_0$ entonces:

$$GDD = \frac{T_M (T_0 - T_1) (T_2 - 0.5T_M) + T_m (T_2 - T_0) (T_1 - 0.5T_m) - 0.5T_2 (T_2 - T_1)}{(T_M - T_m)(T_2 - T_0)}$$

Esta situación es muy frecuente en verano.

2.5.2.3 Aplicaciones del tiempo térmico en la agricultura

El conocimiento de las fases fenológicas de un cultivo de interés productivo es de gran relevancia al momento de la aplicación de fertilizantes, podas o aplicaciones fitosanitarias para obtener una mejor respuesta y tener un mayor beneficio económico, además con la recopilación de datos fenológicos de varias épocas se puede programar un mejor manejo y técnicas de cultivo (Fuentes, 2011).

Las unidades de calor expresados en grados-día, son empleados para la caracterización de variedades permitiendo planificar racionalmente las siembras con el propósito de conseguir cosechas intermitentes requeridas para la industria (Maroto, 2008). En cultivos en invernadero la termoperiodicidad es una consideración fundamental con el propósito de realizar un manejo óptimo de la temperatura para conseguir producciones más satisfactorias, por ejemplo en el cultivo del tomate, durante el crecimiento se recomiendan temperaturas diurnas de 18-20 °C y nocturnas de 15 °C, durante la floración 22- 25 °C de temperaturas diurnas y 13-17 °C durante la noche, durante la fructificación temperaturas diurnas y nocturnas de 25 y 18 °C respectivamente (Chaux, 1972; Goyal & Ramirez, 2008).

En los insectos la temperatura influye de forma directa a su comportamiento y desarrollo, mientras que afecta indirectamente a su alimentación, los insectos de igual manera que las plantas se desarrollan en una temperatura óptima, por ejemplo la broca del café a una temperatura promedio de 19,2 °C el paso de huevo a pupa duraba 63 días y a temperaturas de 22 °C la duración era de 32 días (Urbano, 2001). La fenología además, está estrechamente relacionada con la ecología, pequeñas variaciones en la temperatura pueden alterar de forma muy significativa a la distribución de especies vegetales por motivo de competencia natural en un determinado ecosistema, una especie por un mayor incremento de su área foliar puede establecerse dominante

frente a otra que no logro abastecer su requerimientos climáticos, esto afecta la estructura de un ecosistema (Fuentes, 2011).

Además, se debe considerar que algunos acontecimientos climáticos pueden influir sobre la salud de animales, e inclusive de personas, dando lugar a la aparición de alergias, pestes, un incremento en la temperatura también afecta el requerimiento hídrico de los cultivos por lo que se debe considerar el período de desarrollo de un cultivo para programar el abasto de agua requerido para una mayor productividad. En la actualidad existe muchas controversias por las consecuencias del cambio climático del planeta, diversos estudios demuestran el incremento de la temperatura en distintos ecosistemas del planeta lo cual tendría graves consecuencias para el hombre y las especies nativas de los mismos (Chmielewski & Rötzer, 2001).

Las condiciones climáticas de un ecosistema permiten la reproducción de varias especies de plantas e insectos que se encuentran adaptados a un determinado modelo climático, por lo cual determinar cambios significativos de la temperatura puede contribuir a preservar especies que se consideren vulnerables como es el caso del mortiño especie protagonista de este estudio (Bidwell, 1993).

2.5.3 Caracterización fenológica

Una etapa fenológica está delimitada por dos fases fenológicas sucesivas, una etapa es el intervalo en donde la planta presenta la máxima sensibilidad a las oscilaciones en determinado evento meteorológico reflejándose en el rendimiento, estos períodos críticos se presentan poco antes o después de una fase fenológica, por ejemplo, en maíz consideran las siguientes etapas: Siembra a emergencia (I etapa), emergencia a panoja (II etapa), panoja a espiga (III etapa), espiga

a maduración (IV etapa); los diferentes estados fenológicos que ocurren delimitan las fases o períodos propios de un ciclo anual (Yzarra & López, 2009).

Una descripción fenológica concreta en fruticultura particularizada en cada especie hace referencia a la evolución de las yemas desde un estado de reposo hasta el inicio del crecimiento de la estructura que originan, estos eventos se describe mediante una serie de estadios fenológicos que son representados mediante una escala numérica (1-7, 1-9 según especie) o mediante las primeras letras del abecedario (A-I, A-J según especie), la escala numérica se suele utilizar en Estados Unidos e Inglaterra y la alfabética en la mayor parte de los países europeos (Urbina, 2001).

2.5.3.1 Escala BBCH (Basch - Bayer - Ciba - Hoerchst)

Para establecer los variados estadios y fases fenológicas de todas las especies tanto dicotiledóneas como monocotiledóneas se estableció una codificación decimal denominada escala BBCH, con el propósito de uniformizar la definición de los variados estados de desarrollo de las plantas y facilitar la recolección de información (Hack, y otros, 1996).

La escala BBCH es una base para todas las especies, a partir de esta se puede elaborar una escala para especies que no existe una escala individual, en cada especie un estado específico deberá tener el mismo código con una descripción conocida o incluso un dibujo con características externas fácilmente reconocibles, como regla, solamente se evaluará el desarrollo del tallo principal en forma individual en un grupo plantas representativas de la especie (Meier, 2018). Los estadios secundarios 0 a 9 corresponden al respectivo número o valor porcentual, por ejemplo el estadio 4 puede representar la cuarta hoja verdadera, 40 % de la longitud final típica de la especie, los tratamientos de post-cosecha y semilla se incluyen bajo el código 99 y 00

respectivamente (Hack, y otros, 1996). El ciclo de vida de una planta se subdivide en diez fases principales codificado con números del 0 al 9 (Tabla 2). Los estadios principales de desarrollo no siempre suceden en secuencia, también se pueden desarrollar en forma paralela y son señalados usando un slash (Ej. 16/22) (Meier, 2018).

Tabla 2

Estadios principales de crecimiento y desarrollo

Estadio	Descripción
0	Germinación, brotación, desarrollo de la yema
1	Desarrollo de las hojas (brote o tallo principal)
2	Formación de brotes laterales / macollamiento (ahijamiento)
3	Crecimiento longitudinal del tallo o crecimiento en roseta, desarrollo de brotes (retoños)/ encañado (tallo principal)
4	Desarrollo de las partes vegetativas cosechables de la planta o de órganos vegetativos de propagación / embuchamiento
5	Emergencia de la inflorescencia (tallo principal) / espigamiento
6	Floración (tallo principal)
7	Desarrollo del fruto
8	Coloración o maduración de frutos y semillas
9	Senescencia, comienzo de la dormancia

Fuente: (Hack, y otros, 1996)

Los estadios secundarios son usados para describir con precisión fases cortas del desarrollo de que ocurren durante un determinado estadio principal de desarrollo y son codificados también usando números de 0 a 9, en combinación con el estadio principal se obtiene un código final de dos dígitos que precisa y define todos los estadios fenológicos para la mayoría de las especies de plantas (Engels & Visser, 2003).

Además, en ciertas especies (ej. pepino, cebolla, tomate) se necesita una subdivisión más detallada junto a un estadio principal de crecimiento en estos casos se presenta una escala de 3 dígitos al lado de la escala de 2 dígitos, lo que implica la inclusión de los también llamados meso estadios entre los estadios principales y secundarios, en este caso se pueden contar hasta 19 hojas

del tallo principal y además existe la posibilidad de describir las ramificaciones de las plantas (Mendoza, 2018; Hack, y otros, 1996). Sin embargo, aunque la escala BBCH se adapta a todas las especies frutales, no es usual su empleo y, normalmente, se siguen empleando las escalas tradicionales (Urrego & Valle, 2001).

2.6 Descriptores morfológicos

A lo largo de la historia se han realizado domesticaciones de muchas especies las cuales han sido seleccionadas por sus muchas de sus particularidades preservando así, muchas variantes que en condiciones naturales pueden desaparecer, además hay que considerar que en el proceso de domesticación también se han producido variantes que han permitido el manejo agronómico y aumento de la productividad (Engels & Visser, 2003).

Establecer una caracterización de una especie mediante el uso de descriptores específicos de una estructura vegetal contribuye a la determinación de la diversidad genética, el estudio de variedades mejoradas, y la identificación de caracteres de importancia agronómica para un posterior manejo y mejoramiento genético, todos estos aspectos conjuntamente permiten que los recursos fitogenéticos sean aprovechados óptimamente (Bioversity International, 2007). Además, se debe distinguir entre lo que puede o no, ser expresado en el fenotipo para determinar la proporción de la variabilidad total que analizó mediante la caracterización, los caracteres que describen el fenotipo son representados por la descripción morfológica de la planta y su arquitectura.

El Ecuador es considerado uno de los países con mayor biodiversidad del mundo, uno de los objetivos de desarrollo sustentable del país es preservar al máximo la biodiversidad. Reunir y compartir información sobre la biodiversidad agrícola es vital para su conservación y uso, para

los agricultores, científicos y conservacionistas. Los procesos de caracterización se desarrollan siguiendo los descriptores recomendados internacionalmente por instituciones encargadas de conservar recursos filogenéticos, como son Biodiversity International (IPGRI) y UPOV (Union Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales) (UPOV, 1991; Bioversity International, 2007).

2.6.1 Uso de descriptores morfológicos

El nombre de una especie es identificado y listado, cuando se describen diferentes formas de una fruta, se mide la longitud de la hoja, se registra la recolección de una especie de cultivo, se realizan observaciones en los atributos específicos de una planta en particular, y cada característica se llama descriptor.

Las listas de descriptores incluyen atributos clave, características o rasgos de un cultivo, y establecer el método utilizado para medir y documentar ellos, junto con los datos relevantes del registro (UPOV, 1991).

Cada descriptor consta de un nombre de descriptor, un método descriptivo que explica cómo se debe medir el descriptor y un estado de descriptor. Un estado descriptivo podría ser una característica medible o un atributo (Bioversity International, 2007).

2.6.2 Caracterización morfológica

La parte exacta de la planta que se observará o medirá mediante el uso de descriptores, en el caso de descriptores cuantitativos, se debe definir una unidad de medida (Bioversity International, 2007). Por ejemplo, la longitud de la lámina de la hoja (mm): medido en el punto más ancho; promedio de 10 hojas completamente desarrolladas tomadas de tres diferentes árboles adultos.

Además, se define las condiciones bajo las cuales se realiza la observación, tales como la duración, etapa de crecimiento de la planta, condición fenológica, condiciones climáticas, tratamientos previos a la observación, y especificaciones de equipos particulares si es necesario. Cuando la variación de una característica de la accesión es frecuente, es esencial describir cómo se seleccionarán las muestras y cuántas muestras se necesitan (UPOV, 1991).

2.7 Manejo de producción forzada adaptado a la especie

La producción forzada consiste producir un determinado frutal en lugares desfavorables, o en determinadas fechas de mayor beneficio económico, esto se logra mediante el conocimiento fisiológico del cultivo, condiciones, edafoclimáticas de la zona y aplicando de técnicas de manejo y producción. Previo al ciclo de crecimiento, la planta naturalmente pasa por un estado de reposo caracterizado por una baja actividad metabólica y nulo crecimiento, por lo tanto, para la reactivación del crecimiento es necesario la aplicación de varias técnicas que se describen a continuación.

2.7.1 Labores culturales

2.7.1.1 Plantación

El tiempo de trasplante depende de las condiciones locales y las preferencias personales, pero lo más recomendable es en el inicio del período de lluvias, el marco de plantación recomendable es 1 m entre plantas y 2 m entre hileras. El distanciamiento adecuado de cualquier cultivo permite una mejor captación de luz para su posterior transformación en energía química, además permite una mejor captación de agua y nutrientes para un adecuado desarrollo (INIA, 2017).

El trasplante debe efectuarse cuando las condiciones atmosféricas hagan que la transpiración sea mínima, se debe hacer un hoyo lo suficientemente grande para acomodar las raíces y además se recomienda colocar turba orgánica en el hoyo (Trehane, 2004).

2.7.1.2 Poda

La poda tiene como propósito es el balance entre el crecimiento vegetativo y reproductivo y formar su estructura, si las plantas no se podan llegan a ser muy densas y poco productivas, la eliminación de ramas permite una mayor entrada de luz hacia los tejidos, el movimiento de nutrimentos hacía las mejores yemas, se recomienda eliminar de 1 a 3 ramas anualmente, lo cual resultará en la renovación continua de cañas evitando así tener cañas de más de dos años (Williamson & Lyrene, 2004).

Además, se requiere dejar un número determinado de yemas por planta en función al rendimiento esperado y también tener un mayor número de ramillas de temporada de longitud de 20 cm las que tienen una adecuada relación hoja fruto (INIA, 2017).

2.7.1.3 Riego

El déficit o exceso de agua puede inducir en la planta letargo, la falta de agua provoca marchitez en el cultivo, mientras que el exceso de agua satura los poros del suelo provocando una falta de oxígeno y por tanto muerte de raíces de absorción, entonces una planta necesita agua para realizar sus funciones fisiológicas diariamente, antes de regar un cultivo determinado, se establece el plan de riego correspondiente considerando el número de riegos, frecuencia de riego, lamina neta a aplicar según los diferentes períodos vegetativos hasta el momento en que se dejará de regar (León & Ravelo, 2005).

Mientras el desarrollo de hojas continúe es recomendable de 3,5 a 4 cm de agua a la semana por planta, mientras que en condiciones de alta evapotranspiración se recomienda una lámina de riego entre 5 y 8 mm (Williamson & Lyrene, 2004).

2.7.1.4 Fertilización

Es fundamental emplear los fertilizantes que sean verdaderamente útiles, en la dosis requerida, la determinación de la dosis necesaria puede hacerse teóricamente por cálculos, basándonos en la composición del suelo y las exigencias nutricionales de las plantas (León & Ravelo, 2005).

Después del reposo posterior a un ciclo de crecimiento determinado, se puede inducir a una planta a brotar más eficiente con la aplicación de fuentes nitrogenadas, entre los fertilizantes a emplear se pueden considerar la urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio, el empleo de fuente amoniacales NH_4^+ contribuye a la acidificación de la rizosfera del mortiño al liberar iones H^+ posterior a su absorción, además se ha demostrado obtener mejores resultados con la aplicación de nitrato de potasio al suelo, este fertilizante tiene la propiedad de inducir la formación de hormonas como citoquininas en el sistema radicular que inhiben el efecto de latencia, por lo que su empleo agiliza la salida del letargo (Agustí, 2010).

2.7.1.5 Control de malezas

Se denomina vegetación extraña, malezas, vegetación indeseables o arvenses, a las plantas que se propagan naturalmente y se desarrollan en una plantación determinada sin ser requeridas y compiten con los cultivos y los perjudican, pueden albergar enfermedades o plagas y reducir considerablemente los rendimientos (Urbano, 2001). Estas malezas también pueden usarse como

cubierta vegetal para evitar la erosión del suelo, el manejo de altura de cubierta entre hilera no debe ser superior a 5 cm mediante cortes periódicos (INIA, 2017).

2.7.2 Inducción artificial de la brotación

2.7.2.1 Defoliación temprana

Es muy frecuente en zonas con variadas condiciones ambientales que un frutal presente brotes en distintos estados de crecimiento los cuales al final del ciclo pueden alterar el estado hormonal de la planta, la defoliación prematura de los árboles tiene como finalidad disminuir la cantidad de inhibidores potenciales que acumularía la yema en condiciones normales al final del crecimiento, permitiendo posteriormente que los árbol frutales salgan del reposo de manera homogénea, para tal fin se realiza una defoliación química mediante la aspersion foliar de un químico caustico, para ello puede utilizarse urea, sulfato de cobre o sulfato zinc a dosis elevada (3-5 %) (Calderón, 2016).

2.7.2.2 Biorreguladores de crecimiento

La bioestimulación induce o retrasa un proceso fisiológico, los biorreguladores son sustancias orgánicas que incrementan el crecimiento y desarrollo de las plantas, resistencia al estrés biótico y abiótico como temperaturas extremas, estrés hídrico, salinidad, toxicidad, incidencia de plagas y enfermedades. Entre las más conocidas tenemos a las auxinas, giberelinas, citoquininas, brassinoesteroides, poliaminas y el uso de moléculas orgánicas como aminoácidos las cuales su acción está relacionada con la absorción y transporte de agua y nutrientes, optimizar los procesos bioquímicos que regulan la división y diferenciación celular (INIA, 2017; Bidwell, 1993).

2.7.2.2.1 Giberelinas

La aplicación de giberelinas puede sustituir los efectos mediados por el fotoperíodo y las bajas temperaturas en la inducción floral de algunas plantas, sugiriendo ser esa hormona uno de los componentes para el estímulo de esa inducción, además la aplicación de giberelinas puede regular la juvenilidad promoviendo la inducción floral temprana (Kerbaudy, 2004; Taiz & Zeiger, 2003).

Influyen en el alargamiento del tallo, la expansión de la hoja, la expansión de la fruta y la germinación de las semillas, una función importante en el sistema hormonal es la regulación del crecimiento de los entrenudos (Pallardy & Kozlowski, 2008).

2.7.2.2.2 Citoquininas

Las citoquininas naturales más comunes son isopentenil adenina y trans-zeatina, son sintetizadas en las raíces y desplazado al brote por el xilema, están involucradas en numerosas respuestas de desarrollo como la regulación de la división celular, la iniciación de brotes y raíces, la liberación de brotes axilares, retraso de la senescencia y mantenimiento de un brote apical en división activa (Hopkins & Hüner, 2009). La actividad de las citoquininas en las raíces se reduce por sequía, inundación del suelo, el pH bajo, la salinidad y la temperatura alta, se observó que la irrigación de los árboles secos fue seguida por un aumento de los niveles de citoquinina en la savia, las cantidades son menores en las hojas jóvenes que en las hojas maduras y envejecidas, entonces tienen un efecto en la senescencia (Pallardy & Kozlowski, 2008).

2.7.2.2.3 Auxinas

Las auxinas se caracterizan por su capacidad para estimular el alargamiento celular pero participan en prácticamente todos los aspectos del desarrollo de la planta, incluida la

diferenciación vascular, el desarrollo de yemas laterales, la respuesta de las raíces y los brotes a la gravedad, se sintetiza a partir del aminoácido triptófano, y se pueden transportar en el floema o de célula a célula mediante transporte polar (Hopkins & Hüner, 2009). Además de sus funciones en el crecimiento y los tropismos, la auxina desempeña funciones reguladoras centrales en la iniciación de las raíces laterales, la abscisión de la hoja, reparto de hidratos de carbono, la formación de brotes florales y el desarrollo de la fruta (Taiz & Zeiger, 2003).

2.7.2.2.4 Brassinoesteroides

Son hormonas esteroideas que provocan una amplia gama de efectos cuando se aplican a las plantas en dosis muy bajas, incluida una mayor tasa de alargamiento del tallo, mayores tasas de división celular en presencia de auxina y citoquinina, morfogénesis de la hoja, dominancia apical, diferenciación vascular, senescencia acelerada y muerte celular (Hopkins & Hüner, 2009; Kerbauy, 2004). La propiedad más importante es su capacidad para aumentar la resistencia de las plantas a diversos tipos de estrés, como el frío, la infección por hongos, las lesiones por herbicidas (Pallardy & Kozlowski, 2008).

2.7.2.2.5 Poliaminas

Las poliaminas participan en la ruptura de la latencia, la regulación de la división celular, la embriogénesis, la formación de polen, el desarrollo de la fruta, el alargamiento de los entrenudos y la protección contra el estrés ambiental, además cuando se aplican exógenamente, tienen efectos sobre la morfogénesis y el crecimiento de las plantas (Azcón & Talón, 2013). Las poliaminas parecen estar involucradas en la división y elongación celular en el enraizamiento, pueden afectar la iniciación floral, siendo importantes para el desarrollo de flores normales, su aplicación en bajas concentraciones en las hojas puede retardar o prevenir los procesos

relacionados con la senescencia, como la disminución de la clorofila, las proteínas y el ARN (Kerbaudy, 2004).

2.7.2.2.6 Aminoácidos

Los aminoácidos son sustancias orgánicas formadas por un grupo ácido y un grupo amino, por su bajo peso molecular pueden penetrar fácilmente por las hojas o raíces, activado el metabolismo celular y siendo utilizados en la síntesis de proteínas, el mayor beneficio del uso de aminoácidos es el ahorro energía utilizada para la fabricación de los mismos, además facilitan la absorción de otros nutrientes e incrementan el desarrollo radicular, contribuyen a la recuperación de plantas en estado de estrés y contribuyen a un mayor crecimiento y floración aumentando los rendimientos (Pallardy & Kozlowski, 2008).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Ubicación del experimento

La investigación se realizó en el sector de Pailones de la carrera de Agropecuaria IASA I que se encuentra en la localidad de San Fernando de la parroquia Sangolquí en el cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha, Ecuador. El experimento fue llevado a cabo en las coordenadas $0^{\circ} 25' 13''$ latitud sur y $78^{\circ} 24' 50''$ longitud oeste (Figura 3), a una altitud de 2900 msnm (Google Earth, 2018), en un piso altitudinal con zona de vida de bosque primario andino y bosque húmedo montano bajo (Holdridge, 1982). El sitio presenta una temperatura media anual de 14°C , la precipitación anual es de aproximadamente de 1285 mm y la humedad relativa promedio 69,03 % (MA-56, 1998-2019).



Figura 3 Ubicación del experimento

Fuente: (Google Earth, 2018).

El lugar de la investigación fue seleccionado a partir de un pequeño experimento, el cual consistió en probar la supervivencia de 10 plantas de mortiño, determinando una buena adaptación a las nuevas condiciones de clima y suelo propias del sitio.

Considerando que el sector de Pailones presenta condiciones edafoclimáticas similares respecto al hábitat propio del mortiño, fue elegido como el sitio de evaluación de las plantas, debido a la presencia de un buen contenido de humedad en el ambiente, con presencia de lluvias frecuentes, velocidades bajas de viento evitando así mayores valores de evapotranspiración para el cultivo, además, una buena disponibilidad de luz para una buena fotosíntesis y principalmente un suelo con valores bajos de pH (menor a 6) que es preferido por las especies del género *Vaccinium* (INIA, 2017), un suelo ácido también favorece la absorción de la mayoría de macro y micronutrientes, también, el suelo presenta un alto contenido de materia orgánica la cual aumenta la porosidad del suelo, permitiendo así el crecimiento radicular sin resistencia mecánica del suelo, buen drenaje, proliferación de microorganismos simbióticos para un buen desarrollo y disponibilidad de nutrientes.

3.2 Materiales

En el muestreo de plantas de mortiño, fueron requeridos los siguientes materiales: machetes, azadones, picos, barreras de acero, gavetas plásticas de 0,50 m por 1 m, costales, sogas, libreta de registro, una cámara fotográfica y un vehículo de transporte. Posteriormente, para el trasplante de los arbustos y el cercado del área de experimentación se utilizó como materiales: cuerdas, estacas, martillos, flexómetros, azadones, una pala cavadora, palas, postes de madera, un rollo de alambre de púas, un rollo de alambre y una cámara fotográfica.

Por otra parte, para la aplicación de los tratamientos en campo se necesitaron: fertilizantes edáficos de Úrea de liberación lenta, Nitrofoska azul, Dormex (Cianamida hidrogenada 49%), etiquetas, letreros, fundas ziploc, balanza electrónica. Después, para la evaluación de las variables en campo se usó: un calibre pie de rey digital, cintas métricas, Termohigrómetro con Datalogger, Software Datalogger graph, y una libreta de campo y el Software estadístico INFOSTAT versión 2015. Mientras que en el análisis de muestras en laboratorio fueron utilizados los siguientes materiales y equipos: estufa, balanza analítica, matraz, probetas y pipetas, triturador, agitador, manto calefactor, unidad de destilación y tubos Kjeldahl. Además, se empleó reactivos como: ácido sulfúrico, solución de hidróxido de sodio al 15 y 32 %, tableta de catalizador Kjendahl, solución de ácido clorhídrico 0,1 N y agua destilada.

Finalmente, para el manejo y labores culturales del experimento se utilizó los siguientes materiales e insumos: recipientes para regar, tijeras de podar, azadones, fertilizantes complementarios de nitrato de amonio, nitrato de potasio, Marchfol (WP) (macro y micronutrientes), como bioestimulantes, Max Folial Fe (SL) (aminoácidos y micronutrientes), y NewGibb (Giberelinas GA₃).

3.3 Métodos

3.3.1 Localización de plantas

El experimento comenzó con la localización de plantas de mortiño, considerando zonas ecológicas no vulnerables, se escogieron dos sitios de recolección de plantas ubicados en la provincia del Carchi, el primero ubicado en el sector el Azufral en el cantón Espejo en las coordenadas 0° 37' 07" latitud norte y 77° 55' 42" longitud oeste, a una altitud de 3220 msnm. El segundo lugar seleccionado fue en el sector el Colorado, de la parroquia La Paz, del cantón

Montufar, en las coordenadas 0° 33' 18" latitud norte y 77° 52' 35" longitud oeste, a una altitud de 2920 msnm (Google Earth, 2018).

De cada sitio elegido se extrajo aleatoriamente 40 y 32 plantas respectivamente, los lugares seleccionados se caracterizan por ser áreas pequeñas, pero con la presencia de un gran número de plantas nativas de mortiño, debido a las condiciones edafoclimáticas favorables para su crecimiento y desarrollo. El sector el Azufral tiene un clima templado frío, con una temperatura media anual de 11,5 °C y una precipitación anual de 928 mm, mientras que el sector el colorado, tiene un clima templado frío, con una temperatura media anual de 13,2 °C y una precipitación anual de 856 mm (Climate-Data.Org, 2018).

3.3.2 Muestreo y extracción de plantas

La colecta de plantas se realizó en el mes de mayo del 2018. Para la selección de plantas de mortiño, se procedió a identificar una zona de alta densidad poblacional de plantas, en donde, se escogieron aleatoriamente plantas muy vigorosas, con buen estado nutricional que no presenten síntomas de deficiencias en sus hojas, libres de daños por plagas y enfermedades, además, como factor principal para su selección, las plantas elegidas presentaron letargo como indicador que la planta presentó un estado fisiológico próximo al estado de brotación, caso contrario, si las plantas se encontraban en crecimiento, la extracción de su medio hubiese inducido a un estrés que detiene el crecimiento y un cambio hormonal que induce al inicio del letargo, lo cual puede prolongar el tiempo de inicio de brotación de una planta (Azcón & Talón, 2013).

Por otra parte, para extracción de las plantas se consideró también como otro factor principal el estrés que se podía generar, por lo cual se consideró el momento y procedimiento que permitan generar el menor estrés posible. Entonces, la extracción se realizó en un período con lluvias

favoreciendo que las plantas no presenten estrés por déficit hídrico, caso contrario no hubiesen resistido el estrés del trasplante y podían morir, además la actividad se realizó en las primeras horas de la mañana para evitar el estrés fisiológico por transpiración excesiva del medio día que podía generar marchitamientos severos, también se tomó en cuenta la dispersión del sistema radicular para evitar cortes o daños en las raíces, para esto se midió la altura máxima de la planta y con la ayuda azadones y barretas, se realizó la extracción cavando un hoyo en radio y profundidad equivalente a la altura máxima de la planta (Figura 4).

Posteriormente, las plantas fueron trasladadas en gavetas de plástico hasta el área experimental, en donde, las plantas procedieron a ser trasplantadas a una distancia entre plantas e hileras de 1 m y 2 m respectivamente, en camas de 1 m de ancho por 10 m de largo. Además, la parcela experimental fue cercada con postes de madera y alambre de púas para evitar el ingreso de animales que puedan ocasionar daños en el experimento.

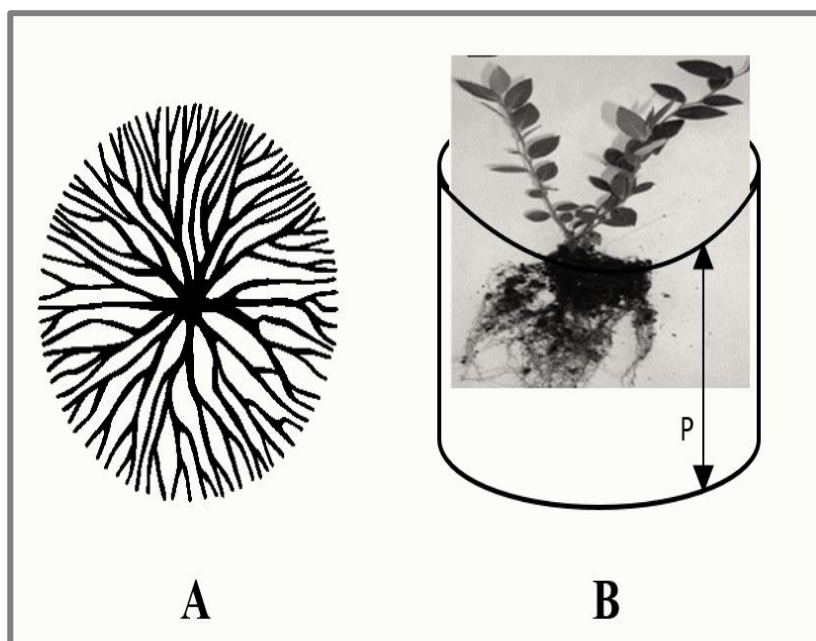


Figura 4 Esquema de la extracción de plantas según dispersión radicular (A) y profundidad radicular (B)

3.3.3 Aclimatación y manejo del letargo

El cambio del hábitat de crecimiento, sumándose la manipulación y trasplante de los mortiños, generó estrés en las plantas, en donde las hojas tomaron una pigmentación rojiza púrpura (Figura 5), entonces, estos síntomas de estrés a nivel fisiológico se deben por una alta producción de la fitohormona ácido abscísico, la cual inhibe la producción de hormonas del crecimiento como giberelinas, citoquininas, auxinas (Pallardy, 2008). Por lo tanto, las plantas fueron sometidas a un período de aclimatación de 50 días posteriores a la actividad de trasplante. En el período de aclimatación se controló principalmente la disponibilidad de agua, sin embargo, debido a la presencia de lluvia no fue necesario el riego en este período, pero sí se mantuvo un constante monitoreo de las plantas.



Figura 5 Plantas de mortiño presentando síntomas de estrés fisiológico, se puede observar una pigmentación en las hojas por la presencia de compuestos fenólicos

Después del período de aclimatación propuesto, se observó que las plantas disminuyeron paulatinamente los rasgos de estrés, dada esta situación se procedió a la aplicación de bioestimulantes para favorecer la salida del estrés, primeramente se aplicó a cada planta vía foliar por medio de un atomizador una dosis de 50 ppm de giberelinas GA₃ del producto comercial Newgibb el cual tiene una concentración del 10 % p.p⁻¹ de giberelinas, con la finalidad de comenzar a contrarrestar el proceso inhibitor del ABA y por lo tanto del letargo (Bidwell, 1993).

3.3.4 Manejo del cultivo previo a la producción forzada

Posteriormente, trascurridas las 9 semanas después del trasplante, se observó la presencia de hinchamiento de yemas en un determinado número de plantas, lo cual indicó un comienzo de la salida del letargo, para favorecer esta situación se procedió a la aplicación de nitrato de potasio al suelo (Figura 6), esta sal tiene la cualidad de aumentar la producción de citoquininas en la raíz, estas hormonas en alta cantidad suprimen el efecto inhibitor de hormonas como el ácido abscísico y promueven la división celular (Agustí, 2010), por lo tanto se aplicó una dosis de 15 gramos de fertilizante por planta.

Además, una vez transcurridas las 9 semanas se propuso y se realizó la aplicación del producto comercial Max Folial Fe en una dosis de 1 g.L⁻¹ (Figura 6), el cual contiene un alto contenido de aminoácidos como triptófano, aminoácido precursor de la producción de auxinas y por tanto raíces, y la arginina aminoácido que induce la producción de Poliaminas hormonas que favorecen la división celular (Kerbaui, 2004).

A partir de la semana 11 posterior al trasplante se inició un temporal de sequía, en consecuencia, se aplicó una lámina de riego de 21 mm por semana, y se realizó la incorporación

de paja de avena a manera de mulch para conservar la mayor humedad posible en el suelo y disminuir la evapotranspiración para el cultivo (Figura 7).



Figura 6 Nitrato de potasio y producto comercial Max Foliar FE



Figura 7 Aplicación de macro y micronutrientes vía drench y uso de mulch orgánico de paja

Además, se estableció un plan de fertilización para favorecer al crecimiento de la planta y acumulación de la mayor cantidad de reservas previo al manejo de la producción forzada, esto consistió en aplicar una dosis de 1 g.L^{-1} de agua vía drench del producto Marchfol el cual contiene todos los macro y micronutrientes, la aplicación se realizó cada semana hasta el inicio de invierno en el mes de octubre, donde se aplicó el método de producción forzada (Figura 7), además se aplicó mensualmente nitrato de amonio en una dosis de 10 gramos por planta.

3.3.5 Caracterización morfológica de los genotipos introducidos

La caracterización morfológica se realizó en 72 introducciones al finalizar el período de aclimatación de las plantas, esta evaluación fue previa a la implementación de la producción forzada, las introducciones se encuentran codificadas en la Tabla 3.

Se establecieron una lista de descriptores cuantitativos para la caracterización morfológica de las plantas de mortiño, los cuales fueron adaptados en base a los parámetros establecidos por los organismos internacionales como son el Biodiversity International (IPGRI) y La Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) (Tabla 4). Para la medición de las variables cuantitativas se escogió un brote al azar de la parte media de cada planta, y utilizando un calibrador digital de error de $\pm 0,01$ se procedió a la medición de las variables morfológicas las cuales se muestran en la Tabla 4.

3.3.6 Caracterización fenológica mediante la escala BBCH

La caracterización de la fenología se realizó en el desarrollo del ciclo vegetativo anual del mortiño. Para la evaluación se procedió a etiquetar una rama en cada planta, en la cual las etapas y subetapas fenológicas fueron caracterizadas utilizando la escala BBCH ampliada propuesta por Hack, y otros, (1996). En la caracterización fenológica del crecimiento vegetativo, las etapas

fenológicas se clasificaron según la escala BBCH mediante un código numérico de dos dígitos, en donde el primer dígito corresponde a una etapa principal de crecimiento y el segundo a las etapas secundarias de crecimiento, por lo tanto, se empleó 3 de las 10 etapas principales de la escala BBCH para el corto ciclo de evaluación, la etapa 0 principal describe el desarrollo de la yema desde la salida de fase de latencia, etapa principal 1 describe el desarrollo foliar del brote y finalmente la etapa 3 explica el alargamiento del nuevo brote.

Tabla 3

*Introducciones de *Vaccinium floribundum* Kunth caracterizados en la Hacienda el Prado*

Genotipo	Origen	Genotipo	Origen	Genotipo	Origen
GP1	La Paz, Carchi	GP25	La Paz, Carchi	GA17	El Ángel, Carchi
GP2	La Paz, Carchi	GP26	La Paz, Carchi	GA18	El Ángel, Carchi
GP3	La Paz, Carchi	GP27	La Paz, Carchi	GA19	El Ángel, Carchi
GP4	La Paz, Carchi	GP28	La Paz, Carchi	GA20	El Ángel, Carchi
GP5	La Paz, Carchi	GP29	La Paz, Carchi	GA21	El Ángel, Carchi
GP6	La Paz, Carchi	GP30	La Paz, Carchi	GA22	El Ángel, Carchi
GP7	La Paz, Carchi	GP31	La Paz, Carchi	GA23	El Ángel, Carchi
GP8	La Paz, Carchi	GP32	La Paz, Carchi	GA24	El Ángel, Carchi
GP9	La Paz, Carchi	GA1	El Ángel, Carchi	GA25	El Ángel, Carchi
GP10	La Paz, Carchi	GA2	El Ángel, Carchi	GA26	El Ángel, Carchi
GP12	La Paz, Carchi	GA4	El Ángel, Carchi	GA28	El Ángel, Carchi
GP13	La Paz, Carchi	GA5	El Ángel, Carchi	GA29	El Ángel, Carchi
GP14	La Paz, Carchi	GA6	El Ángel, Carchi	GA30	El Ángel, Carchi
GP15	La Paz, Carchi	GA7	El Ángel, Carchi	GA31	El Ángel, Carchi
GP16	La Paz, Carchi	GA8	El Ángel, Carchi	GA32	El Ángel, Carchi
GP17	La Paz, Carchi	GA9	El Ángel, Carchi	GA33	El Ángel, Carchi
GP18	La Paz, Carchi	GA10	El Ángel, Carchi	GA34	El Ángel, Carchi
GP19	La Paz, Carchi	GA11	El Ángel, Carchi	GA35	El Ángel, Carchi
GP20	La Paz, Carchi	GA12	El Ángel, Carchi	GA36	El Ángel, Carchi
GP21	La Paz, Carchi	GA13	El Ángel, Carchi	GA37	El Ángel, Carchi
GP22	La Paz, Carchi	GA14	El Ángel, Carchi	GA38	El Ángel, Carchi
GP23	La Paz, Carchi	GA15	El Ángel, Carchi	GA39	El Ángel, Carchi
GP24	La Paz, Carchi	GA16	El Ángel, Carchi	GA40	El Ángel, Carchi

Tabla 4*Listado de descriptores morfológicos de hojas y tallos*

Código del descriptor	Descripción
1LE	Longitud del entrenudo
2LP	Longitud del peciolo
3LH	Longitud de la hoja
4AH	Anchura de la hoja
5DN	Distancia entre el 2do y 3er nervio de la hoja
6GE	Grosor del eje
7NT	Número de tallos basales
8GT	Grosor del tallo principal

La evaluación del comportamiento fenológico se realizó de dos a tres veces por semana en la etapa 0 y una vez por semana en las etapas 1 y 3, mediante observaciones visuales y fotografías.

3.3.7 Determinación de los grados día desarrollo (GDD)

La cuantificación de los requerimientos de temperatura durante el crecimiento de la planta, se realizó durante todo el ciclo vegetativo en los siguientes subestadios fenológicos: 03 a 09 que comprende el hinchamiento máximo de la yema hasta puntas de hojas visibles 5 mm, 09 a 11 desde las puntas de hojas visibles 5mm hasta las primeras hojas desplegadas, 11 a 13 desde las primeras hojas desplegadas hasta el 30 % de hojas desplegadas, 13-35 que representa el 30% de hojas desplegadas hasta 50 % de la longitud final y finalmente 35-39 el período desde 50 % de la longitud final hasta alcanzar la longitud final.

Para el cálculo de los Grados Día Desarrollo se determinó la temperatura con ayuda de un termo-higrómetro con Datalogger, el cual fue instalado en la parcela experimental, el dispositivo registró los datos de temperatura durante las 24 horas del día expresada en ° C, además se las temperaturas finales del ciclo fueron otorgadas de la estación meteorológica de la carrera (MA-56, 1998-2019).

Después se determinó la temperatura media de cada día como resultado de la suma de la temperatura más alta y más baja del día dividida entre dos y a este valor se restó un valor de temperatura base de crecimiento. Si la temperatura media es igual o inferior a la temperatura base, el valor de GDD es cero, caso contrario el tiempo térmico es igual a la temperatura media menos la temperatura base (Parcker, 2000).

La temperatura base será 1 ° C adaptada del estudio realizado por Racines, Hidalgo & Vásquez, (2016) donde describen las temperaturas en las cuales se desarrolla una planta de mortiño en condiciones naturales. La ecuación para el cálculo de los Grados Día Desarrollo se describe a continuación:

$$GDD = \left(\frac{TS + TI}{2} \right) - TB$$

Donde:

GDD = representa el total de grados día desarrollo

TS = hace referencia a la temperatura máxima registrada en un día

TI = se refiere la temperatura mínima registrada en un día

TB = temperatura base de crecimiento tomada de Racines, Hidalgo & Vásquez, (2016)

3.3.8 Desarrollo y aplicación de un modelo de producción forzada

3.3.8.1 Poda

El inicio de la producción forzada comenzó con la poda, esta actividad se realizó al inicio del ciclo de invierno en el mes de octubre posterior a al manejo previo del cultivo, para este procedimiento se utilizó una tijera de podar marca Falco número dos previamente desinfectada en una solución con cloro, la labor de poda consistió en realizar un corte de despunte en las ramas

principales a una altura de 15 cm desde la base de cada rama de cada una de las plantas, también se eliminó las ramas secas, las ramas poco vigorosas o que presenten algún síntoma de deficiencia nutricional y finalmente se realizó un raleo de las ramas que estén sobrepuestas unas con otras para permitir la mayor captación de luz por las hojas, y los futuros brotes (Figura 8).



Figura 8 Actividad de poda, la imagen de la izquierda muestra una planta no podada, mientras que la imagen derecha muestra una planta podada

3.3.8.2 Fertilización

La fertilización se realizó luego de la poda, previo a esto se realizó un análisis de suelo en los laboratorios de Agrocalidad, en el cual se determinó un alto contenido de nitrógeno y otros nutrientes (Anexo 9).

Sin embargo, se propuso agregar fertilizantes para evaluar el efecto de la fertilización en la domesticación del mortiño, considerando principalmente fuentes con un buen contenido de nitrógeno, bajo índice salino, y buena disponibilidad en el tiempo del fertilizante en el suelo, como fertilizantes se utilizó urea de liberación lenta con 46 % de nitrógeno (Úrea verde) y Nitrofoska azul con 12 % de nitrógeno (Figura 9).



Figura 9 Fertilización de plantas

Las dosis del requerimiento de nitrógeno total evaluadas fueron seleccionadas a partir del promedio de varios valores propuestos por varias fuentes para plantas de arándano, las dosis evaluadas fueron 45, 90 y 135 kg/ha, el suministro total fue fraccionado en tres fertilizaciones, el fertilizante se colocó en la zona de la corona y posterior mente fue cubierto con otra capa de suelo.

3.3.8.3 Aplicación de un promotor de brotación

Finalmente, para inducir la brotación de las yemas vegetativas se utilizó como promotor de brotación el ingrediente activo cianamida hidrogenada, por medio del producto comercial Dormex el cual contiene 49 % (V/V) de activo. La aplicación del producto se la realizó cuatro días después de realizar la poda en cada planta, para lo cual se dividió el total de plantas en dos grupos uno para cada dosis de Dormex, las cuales fueron 0,05 % y 0,1 % es decir una dosis neta de ingrediente activo de 0,25 y 0,5 ml. L⁻¹ a cada grupo respectivamente, la aplicación se la

realizó en las primeras horas de la mañana mediante un atomizador humectando todo el tejido de la planta, cabe recalcar que las dosis elegidas se las obtuvo mediante ensayos previos con la especie (Figura 10).



Figura 10 Aplicación foliar de Cianamida Hidrogenada

3.3.9 Evaluación de variables agronómicas

En cada unidad experimental se procedió a etiquetar una rama de cada planta y en esta se evaluaron como variables el número de brotes, longitud del brote, índice plastocrónico, peso seco y contenido total de nitrógeno en el tercio medio de cada individuo. El número de brotes nuevos que aparecieron se determinó contando todos los brotes en una rama principal previamente etiquetada desde su base hasta su ápice después de la aplicación del promotor de brotación. Por otra parte, la longitud de brote se midió en un brote de cada unidad muestral quincenalmente con ayuda de un calibre pie de rey digital de error $\pm 0,01$ desde la base del brote hasta el ápice. El índice plastocrónico se determinó en las unidades experimentales con una frecuencia de 30 días entre mediciones, utilizando la fórmula de Erickson & Michelini (1957):

$$IP = n + \frac{\text{Log } Ln - \log c}{\text{Log } Ln - \log (Ln + 1)}$$

En donde,

c = Hoja crítica, es la hoja inmediata superior a la hoja más pequeña.

Log c = Logaritmo de la longitud de la hoja crítica.

n = Número de serie de la hoja que excede en longitud a la hoja crítica.

Ln = Longitud de la hoja n

Ln+1 = Longitud de la hoja superior más pequeña próxima a la hoja crítica.

El peso seco expresado en porcentaje de materia seca por peso de materia verde, se midió al final del ciclo de crecimiento tomando una cantidad de tejido verde de cada unidad experimental y colocándolo en una estufa a 80 ° C en donde se deshidrató durante 24 horas y posteriormente se midió su peso resultante en una balanza. Finalmente, el contenido de nitrógeno se determinó mediante el método de Kjendahl, el método se basó en la destrucción de materia orgánica con ácido sulfúrico, de esto se obtiene como producto sulfato de amonio que al colocarse en una solución de hidróxido de sodio se libera el amoniaco, el cual posteriormente se destiló recibiendo en una solución de ácido bórico con solución indicadora de rojo de metilo formándose borato de amonio el que se valoró con titulación de ácido clorhídrico 0,1 N hasta observar un cambio de color de verde a rosado. Después el contenido de nitrógeno expresado en porcentaje se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\% N = \frac{1,4 N (V1 - V0)}{m}$$

En donde,

N = Normalidad de la solución

V1= Gasto de titulación de HCl al 0,1 N de la muestra

V0= Gasto de titulación de HCl al 0,1 N del blanco de prueba

m = masa de la muestra en gramos

3.3.10 Cálculo de las unidades frío acumuladas

En los primeros subestadios del desarrollo vegetativo, se calcularon el número de unidades frío para cada planta. Para el cálculo de las unidades frío se utilizó el método propuesto por Shaltout & Unrath, (1983), en donde varios intervalos de temperatura contribuyen un determinado número de unidades frío para salida de reposo (Tabla 5).

Tabla 5

Unidades de frío acumuladas en diferentes temperaturas

Temperatura (° C)	UF
1,4	0,0
1,5-2,4	0,5
2,5-9,1	1,0
9,2-12,4	0,5
12,5-15,9	0,0
16-19	-0,5
Mayor a 18,1	-1,0

Fuente: (Shaltout & Unrath, 1983)

Una hora a una temperatura igual o inferior a 1,4 °C no produce avance en la salida del reposo, mientras que una hora a temperaturas en el rango de 2,5 a 9,1 °C equivale a la acumulación de una unidad frío, en las horas con rango de temperaturas entre 1,5 a 2,4 °C y 9,2 a 12,4 °C equivalen a la mitad de una unidad de frío acumulada, por otra parte, a partir de los 16 °C se anula la cantidad de frío acumulado, además el método da el mayor efecto negativo que se da a las temperaturas superiores a 21 °C. Los datos de temperatura se obtuvieron de un Termohigrómetro instalado en el área experimental el cual registró los datos de temperatura cada

30 segundos de cada día considerado durante el período de letargo desde la poda hasta el hinchamiento máximo de las yemas.

3.4 Diseño experimental

3.4.1 Factores analizados

En el experimento se evaluaron dos factores, el primero fue el efecto de dos dosis de Cianamida Hidrogenada (Tabla 6) y el segundo factor consistió en el efecto de la aplicación de tres dosis de nitrógeno en el suelo (Tabla 7).

Tabla 6

Descripción del factor Dosis de Cianamida Hidrogenada (Dormex) y su simbología

Símbolo	Dosis de Dormex	Dosis Dormex	Dosis neta de Cianamida
D1	0,05% (v/v)	0,5 ml. L ⁻¹	0,25 ml. L ⁻¹
D2	0,1% (v/v)	1 ml. L ⁻¹	0,5 ml. L ⁻¹

Tabla 7

Descripción del factor Dosis de Nitrógeno y su simbología

Símbolo	Dosis de Nitrógeno
N1	45 kg.ha ⁻¹
N2	90 kg.ha ⁻¹
N3	135 g.ha ⁻¹

3.4.2 Diseño experimental

El tipo de diseño experimental que se empleó en la investigación será un diseño de completamente al azar (DCA) con arreglo en parcela dividida (2 x 3) + 1 con 4 repeticiones. La parcela grande estuvo representada por la dosis de Dormex: 0,25 ml.L⁻¹ % (D1) y 0,5 ml.L⁻¹ % (D2). Las parcelas pequeñas están representadas por la dosis de nitrógeno: 45 kg.ha⁻¹ (N1), 90 kg.ha⁻¹ (N2) y 135 kg.ha⁻¹ (N3).

Cada una de las unidades experimentales estuvo conformada de 2 plantas de mortiño, plantadas en camas de 1 m de ancho por 10 m de largo, a una distancia de 1 m entre plantas y 2 m entre hileras. El experimento consta de siete tratamientos con cuatro réplicas, sumando un total de 28 unidades experimentales (Tabla 8). El croquis del experimento se muestra en la Figura 11.

Tabla 8

Descripción de los tratamientos

No.	TRAT.	DESCRIPCIÓN
T0	D0N0	Testigo
T1	D1N1	Dosis de Dormex 0,05 % con 45 kg.ha ⁻¹ de Nitrógeno
T2	D1N2	Dosis de Dormex 0,05 % con 90 kg.ha ⁻¹ de Nitrógeno
T3	D1N3	Dosis de Dormex 0,05 % con 135 kg.ha ⁻¹ de Nitrógeno
T4	D2N1	Dosis de Dormex 0,1 % con 45 kg.ha ⁻¹ de Nitrógeno
T5	D2N2	Dosis de Dormex 0,1 % con 90 kg.ha ⁻¹ de Nitrógeno
T6	D2N3	Dosis de Dormex 0,1 % con 135 kg.ha ⁻¹ de Nitrógeno

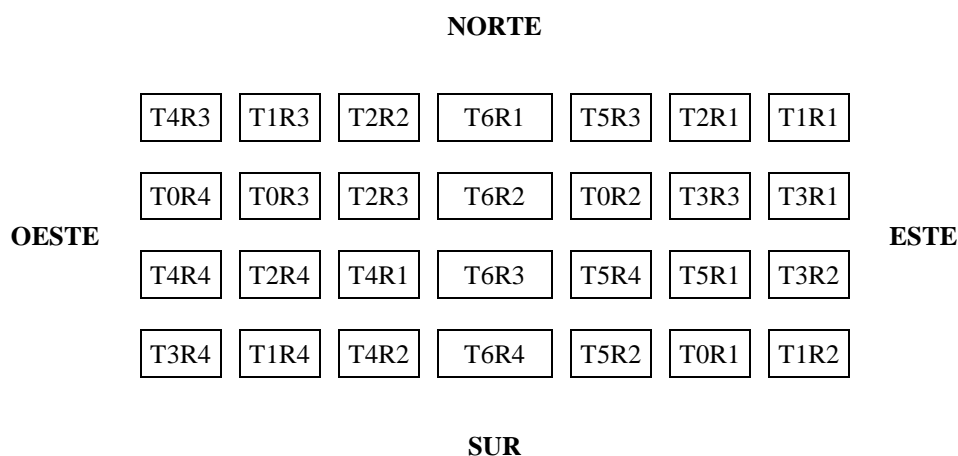


Figura 11 Croquis experimental de la investigación en campo

3.5 Análisis estadístico

Para determinar las relaciones entre las variables morfológicas entre los genotipos se realizó análisis de correlaciones. Además, se realizó estadística descriptiva (media, desviación estándar, valores mínimos, valores máximos) para determinar los coeficientes de variación de cada variable

morfológica a nivel de todas las introducciones. Posteriormente se establecieron grupos o conglomerados de los genotipos de mortiño, mediante un análisis multivariado de las variables morfológicas utilizando el método de Ward. Finalmente, se realizó un Análisis de Varianza Multivariado (MANOVA) con una prueba de comparación de vectores medios de Hotelling ($\alpha=0,05$) para validar los conglomerados obtenidos.

La información de las variables días de cambio, grados día desarrollo, número de brotes, longitud del brote, índice plastocrónico se analizó con estadística descriptiva (media, error estándar, coeficiente de variación). Para comparar las variables, se realizaron análisis de varianza para un diseño completamente al azar en parcela dividida mediante modelos mixtos. Para lo cual se realizaron transformaciones de la variable con logaritmo base 10.

Las observaciones correlacionadas con el tiempo se modelaron utilizando la correlación auto regresiva de orden uno. La homogeneidad de varianzas se modeló asignando varianzas independientes para los tratamientos y la normalidad fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilks. La selección del modelo que mejor se ajustó a cada una de las variables se basó en los criterios de AIC (criterio de información Akaike) y BIC (criterio de información Bayesiana). Además, se realizaron pruebas de comparación de medias LSD al 5 % para las dosis de Dormex, Nitrógeno, tiempo e interacciones.

Para evaluar las variables, unidades frío, peso seco y contenido de nitrógeno, y comparar el crecimiento final de las plantas evaluadas en las diferentes dosis de nitrógeno y cianamida hidrogenada, se realizaron análisis de varianza para un modelo bifactorial mediante una prueba estadística de F-Fisher con un 95 % de confiabilidad, y para comparar las variables de respuesta entre tratamientos se realizaron pruebas de comparación de medias LSD ($\alpha=0,05$). Todos los

análisis se realizarán en el software estadístico INFOSTAT (Di Rienzo, González, Casanoves, Tablada, & Robledo, 2018).

3.6 Métodos específicos del manejo del experimento

En el experimento se realizó mensualmente un control de malezas, evitando así que cualquier tipo de maleza compita por nutrientes o generen algún tipo de alelopatía que pueda afectar a las plantas de mortiño. Las plantas evaluadas en el experimento recibieron riego cada semana durante el período de verano, a cada planta se suministrará una lámina semanal de 21 mm, el riego se aplicó en las horas iniciales de la mañana, considerando que en este momento del día existe menor evapotranspiración en las plantas.

Además, se agregó mensualmente restos vegetales como paja de avena a manera de mulch para conservar mayor contenido de humedad en el suelo. También se aplicó semanalmente una dosis de 1g. L⁻¹ de agua del fertilizante Marchfol vía drench en cada una de las unidades experimentales. En cada planta se visualizó que no haya daños ocasionados por insectos y que no presenten ningún tipo de enfermedades. Además, la parcela experimental fue protegida con una cerca de alambre de púas para evitar el paso de animales que podían ocasionar daños en las unidades experimentales.

3.7 Difusión de la información

Una vez concluida la investigación, los resultados e información recopilada serán publicados en el repositorio digital de la universidad para que sirva como referencia para futuras investigaciones respecto al tema.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización morfológica

De acuerdo con el primer objetivo planteado, los resultados de la caracterización morfológica de los genotipos introducidos en La Hacienda El Prado se detallan a continuación.

4.1.1 Descriptores morfológicos

El número de tallos basales fue la variable que presentó mayor coeficiente de variación en comparación con los demás rasgos evaluados con un coeficiente de variación superior al 50 %, su valor promedio fue de 5 tallos basales con una desviación estándar de 1,7 (Tabla 9).

Por otra parte, las variables longitud del peciolo, longitud de hoja y anchura de hoja presentaron los valores inferiores al 25 % en su coeficiente de variación, indicando que son rasgos relativamente homogéneos con baja plasticidad fenotípica en todas las introducciones evaluadas, en la hoja se presentó una longitud promedio 2,4 cm y un ancho de 1,4 cm con desviaciones estándar de 0,5 y 0,3 cm respectivamente, además el peciolo presentó una longitud promedio de 4,2 mm con 1 mm de desviación estándar (Tabla 9). Finalmente, las variables longitud del entrenudo, distancia entre 2da y 3er nervadura, diámetro del brote y tallo principal fueron caracterizados como rasgos más heterogéneos presentando coeficientes de variación de 34,5 %, 28,3 %, 28,4 % y 35,8 % respectivamente (Tabla 9).

Además entre los rasgos observados se encontró un grado de asociación, es decir existió correlaciones ($p < 0,05$), entre longitud del entrenudo con la anchura de la hoja ($r = 0,3$) y longitud del peciolo ($r = 0,39$), a su vez la longitud del peciolo se correlacionó con la longitud de la hoja ($r = 0,39$) y con el ancho de hoja ($r = 0,44$), también la longitud de hoja se correlacionó con el

ancho de hoja ($r= 0,58$), distancia entre 2da y 3er nervadura ($r= 0,32$) y con el diámetro del tallo principal ($r= 0,28$), por otra parte la anchura de la hoja se correlacionó con el diámetro del brote ($r= 0,33$), distancia entre segunda y tercer nervadura ($r= 0,26$) y con el número de tallos basales ($r= 0,37$). Finalmente, el diámetro del tallo principal se correlacionó con la distancia entre segunda y tercer nervadura ($r= 0,25$), con el diámetro del brote ($r=0,38$) y con el número de tallos basales ($r= 0,26$).

Tabla 9

Estadística descriptiva para 8 variables cuantitativas evaluadas en 72 introducciones de Vaccinium floribundum Kunth

Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)	Valor mínimo	Valor máximo
Número de tallos basales	4,6	3,0	64,9	1	13
Longitud del peciolo (mm)	4,2	1,0	23,9	1,72	6,56
Longitud de la hoja (cm)	2,4	0,5	18,4	1,52	3,51
Anchura de la hoja (cm)	1,4	0,3	20,0	0,94	2,03
Distancia entre 2da y 3er nervadura de la hoja (mm)	5,3	1,5	28,3	2,28	8,88
Diámetro del brote (mm)	2,7	0,8	28,4	1,48	4,68
Diámetro del tallo principal (mm)	4,7	1,7	35,8	2,12	9,7
Longitud del entrenudo (mm)	5,0	1,7	34,5	2,16	10,08

4.1.2 Análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados para descriptores cuantitativos basado en el método de Ward (Ward, 1963), permitió agrupar jerárquicamente las 72 introducciones de *Vaccinium floribundum* Kunth caracterizadas, en tres conglomerados o grupos bien diferenciados con un coeficiente de correlación cofenética de 0,594 (Figura 12), este coeficiente interesa que sea siempre lo más elevado posible siendo siempre menor o igual que 1, indicando que en la clusterización se formó grupos correctamente (Sokal & Rohlf, 1962).

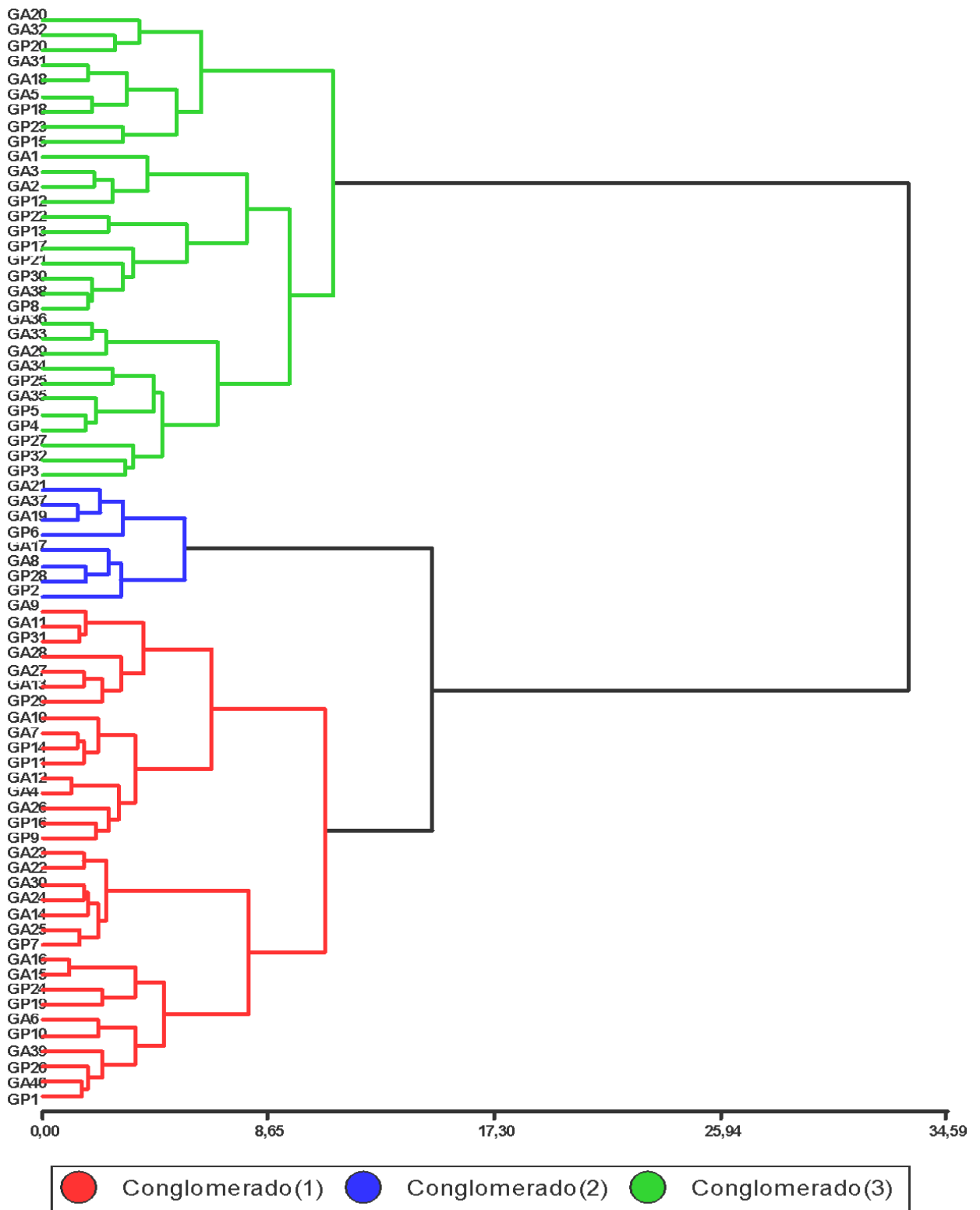


Figura 12 Dendrograma de clasificación jerárquica de las 72 introducciones de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth)

El MANOVA de las variables morfológicas de los genotipos evaluados tuvo diferencias significativas ($p < 0,0001$) entre los conglomerados y fueron validadas con el método de comparación de vectores medios de Hotelling ($p < 0,0001$). El MANOVA permitió determinar que los conglomerados de los genotipos comparten características específicas entre plantas del mismo grupo y presentan divergencias entre grupos (Tabla 10).

Tabla 10

*MANOVA y prueba de vectores medios de Hotelling para las variables morfológicas de las accesiones de *Vaccinium floribundum* Kunth caracterizadas*

Conglomerado	LE (mm)	LP (mm)	LH (cm)	AH (cm)	DEN (mm)	DB (mm)	DTP (mm)	NTB	n	
C3	5,46	4,80	2,69	1,55	5,57	3,33	5,25	5,55	31	A
C2	3,71	3,18	2,29	1,24	6,24	2,60	6,68	6,88	8	B
C1	4,80	3,96	2,23	1,18	4,62	2,15	3,75	3,24	33	C

LE= Longitud del entrenudo; LP= Longitud de peciolo; LH= Longitud de la hoja; AH= Anchura de la hoja; DEN= Distancia entre la segunda y tercera nervadura; DB= Diámetro del brote; DTP= Diámetro del tallo principal; NTB= Número de tallos basales.

El conglomerado 1 está conformado por 33 genotipos, el cual representa el mayor número de introducciones 45,84 % (Tabla 11). Este grupo de genotipos presentaron valores menores para las variables longitud de la hoja, anchura de la hoja, distancia entre la segunda y tercera nervadura, diámetro del brote, diámetro del tallo principal y número de tallos basales, en comparación al resto de conglomerados. Sin embargo, presentaron valores mayores en las variables longitud de entrenudo y longitud de peciolo que el conglomerado 2 (Tabla 10).

Por otra parte, en el conglomerado 2 se encuentra constituido por 8 genotipos que representan el 11,11 % del total de introducciones siendo este el conglomerado con menor número de genotipos (Tabla 11). Este grupo de plantas presentaron valores mayores que el resto de conglomerados en las variables distancia entre la segunda y tercera nervadura, diámetro del tallo principal y número de tallos basales. Además, los valores promedio en las variables longitud de la

hoja, anchura de la hoja y diámetro del brote, fueron más altos que el conglomerado 1 (Tabla 10). Finalmente, el conglomerado 3 engloba 31 genotipos, que representan el 43,05 % de todas las accesiones (Tabla 11). Este grupo presentó el mayor número de variables con valores superiores al resto de grupos, las variables destacadas fueron la longitud de entrenudo, longitud de pecíolo, longitud de la hoja, anchura de la hoja, diámetro del brote. Además, para las variables distancia entre la segunda y tercera nervadura, diámetro del tallo principal y número de tallos basales, presentaron valores mayores que los valores en el conglomerado 1 (Tabla 10).

Tabla 11

*Especies pertenecientes a los tres conglomerados de las introducciones de *Vaccinium Floribundum* Kunth caracterizados*

Conglomerado	N	Introducciones
C3	31	GA20, GA32, GP20, GA31, GA18, GA5, GP18, GP23, GP15, GA1, GA3, GA2, GP12, GP22, GP13, GP17, GP21, GP30, GA38, GP8, GA36, GA33, GA29, GA34, GP25, GA35, GP5, GP4, GP27, GP32, GP3.
C2	8	GA21, GA37, GA19, GP6, GA17, GA8, GP28, GP2.
C1	33	GA9, GA11, GP31, GA28, GA27, GA13, GP29, GA10, GA7, GP14, GP11, GA12, GA4, GA26, GP16, GP9, GA23, GA22, GA30, GA24, GA14, GA25, GP7, GA16, GA15, GP24, GP19, GA6, GP10, GA39, GP26, GA40, GP1.

Los individuos que conforman una especie vegetal y que se desarrollan en condiciones naturales están sometidos a la continua adaptación con factores bióticos y abióticos para su supervivencia, debido a que comparten características comunes entre los individuos de la especie y también presentan variantes individuales para adaptarse a su entorno (Franco & Hidalgo, 2003). Los clusters o comúnmente llamados dendogramas son esquemas en forma de árbol que indican la afinidad de individuos con otros de su misma o diferente especie (Camargo, Quirós, & Gordón, 2011). El método de Ward permiten agrupar variables y logra obtener la mayor similitud en cada grupo y la mayor diferencia entre grupos (Jonhson, 2000).

Las técnicas de análisis multivariados aplicadas en esta investigación mostraron ser efectivas para identificar conglomerados de genotipos de dos diferentes sitios con condiciones edafoclimáticas distintas, sin embargo, los grupos o conglomerados obtenidos fueron independientes del lugar del que provenían las plantas originalmente. Entonces, las características morfológicas propias de cada genotipo fueron más determinantes para la conformación de grupos que el ambiente del que provenían originariamente.

Esto pudo deberse a la cercanía que se encontraban los dos sitios de muestreo de plantas geográficamente, en general se considera que a mayor rango de dispersión geográfica de una especie vegetal, exista mayor variabilidad tanto en sus características fenotípicas como genéticas, estas variaciones son ocasionadas porque la variabilidad genética de un individuo se expresa dependiendo del ambiente en el cual este se desarrolla (Piñero, Barahona, Eguiarte, Rocha, & Salas, 2008).

El estudio realizado permitió establecer únicamente tres conglomerados de las 72 plantas analizadas, lo que representa que la mayoría de plantas comparten características en común. Pacheco y otros (2009), propone que los grupos clave para la selección de genotipos por su mejor desempeño en sus estadíos iniciales de desarrollo, son las que conforman a un mayor número de genotipos. En los resultados obtenidos se determinó que el conglomerado 3 considera el mayor número de individuos y presenta mayores valores promedio en el mayor número de variables morfológicas evaluadas, por lo tanto, este grupo es relativamente importante para un futuro programa de fitomejoramiento en *Vaccinium floribundum* Kunth.

Sin embargo, los fenotipos por sus estadíos iniciales de desarrollo no presentaron variables importantes como la presencia de frutos para cuantificar sus propiedades fisicoquímicas de frutos las cuales son muy importantes para las actividades de fitomejoramiento, por lo cual los

genotipos de los conglomerados 1 y 2 no deberían descartarse tan rápidamente sin antes realizar un minucioso análisis de sus características reproductivas.

Además, para la selección de plantas para un determinado propósito es necesario analizar las características generales de las distintas plantas implicadas en la selección, como un análisis minucioso de las variaciones genéticas que se pueden presentar, para establecer un mayor parentesco y afinidad entre genotipos, considerando también los distintos factores bióticos que pudieron influir en las mismas (Parra, 2004).

Por otra parte, en la presente investigación fueron seleccionados y evaluados únicamente una serie de variables fenotípicas cuantitativas entre los distintos órganos vegetativos en cada una de las introducciones. Cabe mencionar que las variables cualitativas forma del ápice margen, base de la hoja y nervadura mostró el mismo patrón morfológico, por lo cual no se realizó un análisis, presentándose una base obtusa, ápice acuminado, borde aserrado, nerviación pinnada. El conglomerado 2 presentó el mayor valor para el número de tallos basales entre los grupos, además este rasgo para todas las introducciones presentó un mayor coeficiente de variación (65 %), este rasgo es de gran importancia debido a que la presencia de tallos basales frecuentemente posibilita el reemplazo de tallos principales que se muestren senescentes o con presencia de daños principalmente en plantas adultas en las cuales esto provoca una disminución del rendimiento (Bañados, 2005).

La longitud de peciolo, longitud y anchura de la hoja presentaron los mayores valores en las introducciones del conglomerado 3, también, estos rasgos fueron los más homogéneos para todos los genotipos mostrando coeficientes de variación inferiores al 25 %. La comparación morfológica de *Vaccinium meridionale* en zonas andinas altas de Colombia encontraron en las variables de longitud y ancho de la hoja coeficientes de variación alrededor del 28 %, indicando

una tendencia similar a la encontrada en el estudio. Lo anterior puede deberse a que las plantas tienen diversas formas de adaptación a distintos ecosistemas para sobrevivir (Medina, y otros, 2009).

Por otra parte las plantas del conglomerado 1 presentaron valores menores para la longitud y anchura de hoja, estas son características típicas de plantas nativas de zonas montañosas de mayor altitud las cuales generalmente presentan hojas y frutos más pequeñas (Ligarreto, Patiño, & Magnitskiy, 2011), además el tamaño depende en parte de las temperaturas en el que se ha desarrollado la hoja, pues existe una aclimatación de la hoja manifestando modificaciones morfológicas y fisiológicas, inclusive pueden existir variaciones entre una estación y otra (Palliotti, Cartechini, & Ferranti, 2000).

Este rasgo es importante medir porque el tamaño de la hoja es determinante para su contribución a la productividad global de la planta (Intrieri, Poni, Silvestroni, & Filippetti, 1992). En el estudio se encontró una correlación entre el ancho de la hoja y el número de tallos basales, mostrando un grado de asociación entre estas dos variables. En la arquitectura de la cubierta vegetal es importante conocer la superficie foliar de una hoja ya que la densidad foliare se relaciona con la calidad e intensidad de luz interceptada para la fotosíntesis y el buen desempeño fisiológico (Jacobs, 1979).

Por otra parte en los individuos del conglomerado 3 se presentó un mayor valor promedio de la longitud del entrenudo y a nivel de todas las plantas este rasgo mostró un alto coeficiente de variación, esto puede deberse a la edad que tiene la planta, sin embargo en este estudio al considerar plantas silvestres este dato fue desconocido, además como es de suponerse las variaciones en este rasgo se debe a características propias de cada genotipo (Franco & Hidalgo, 2003).

Las variables diámetro del brote y diámetro del tallo principal comparadas entre todas las plantas mostraron un grado de asociación, los coeficientes de variación pudieron ser respuesta a las diferentes condiciones climáticas como luz y temperatura así como también por la edad de la planta de las condiciones naturales donde crecieron (Solana, 2001).

Además estas variaciones pueden deberse por distintos grados de acumulación de reservas en el ciclo total de vida de cada genotipo, por ejemplo los niveles de carbohidratos como almidones almacenados fluctúa entre los ciclos de crecimiento disminuyendo al inicio del ciclo e incrementándose hasta el máximo al final del ciclo favoreciendo el crecimiento vegetativo a medida que este avanza (Téliz, 2000).

En general las variabilidades de los distintos rasgos morfológicos medidos en los 72 genotipos introducidos en La Hacienda el Prado se deben a las características propias de cada genotipo, como también a la diferencia en las condiciones agroambientales en las que crecieron naturalmente, sin embargo, es necesario realizar un estudio genético para determinar un mayor parentesco o diferencia entre esta colección de plantas.

4.2 Caracterización fenológica

Por primera vez se describe el ciclo vegetativo anual del mortiño, la etapa fenológica determinada para *Vaccinium floribundum* Kunth se caracterizó mediante la escala BBCH (Hack, y otros, 1996), la descripción de los eventos fenológicos se encuentra descrita a continuación. La descripción de las etapas principales Desarrollo de yemas (0), Desarrollo de las hojas (1) y Desarrollo del brote (3) se presenta resumida en las Tablas 12, 13 y 14 respectivamente, además en la figura 13 se puede observar los cambios en el desarrollo que ocurrieron en la yema vegetativa hasta llegar al brote totalmente diferenciado.

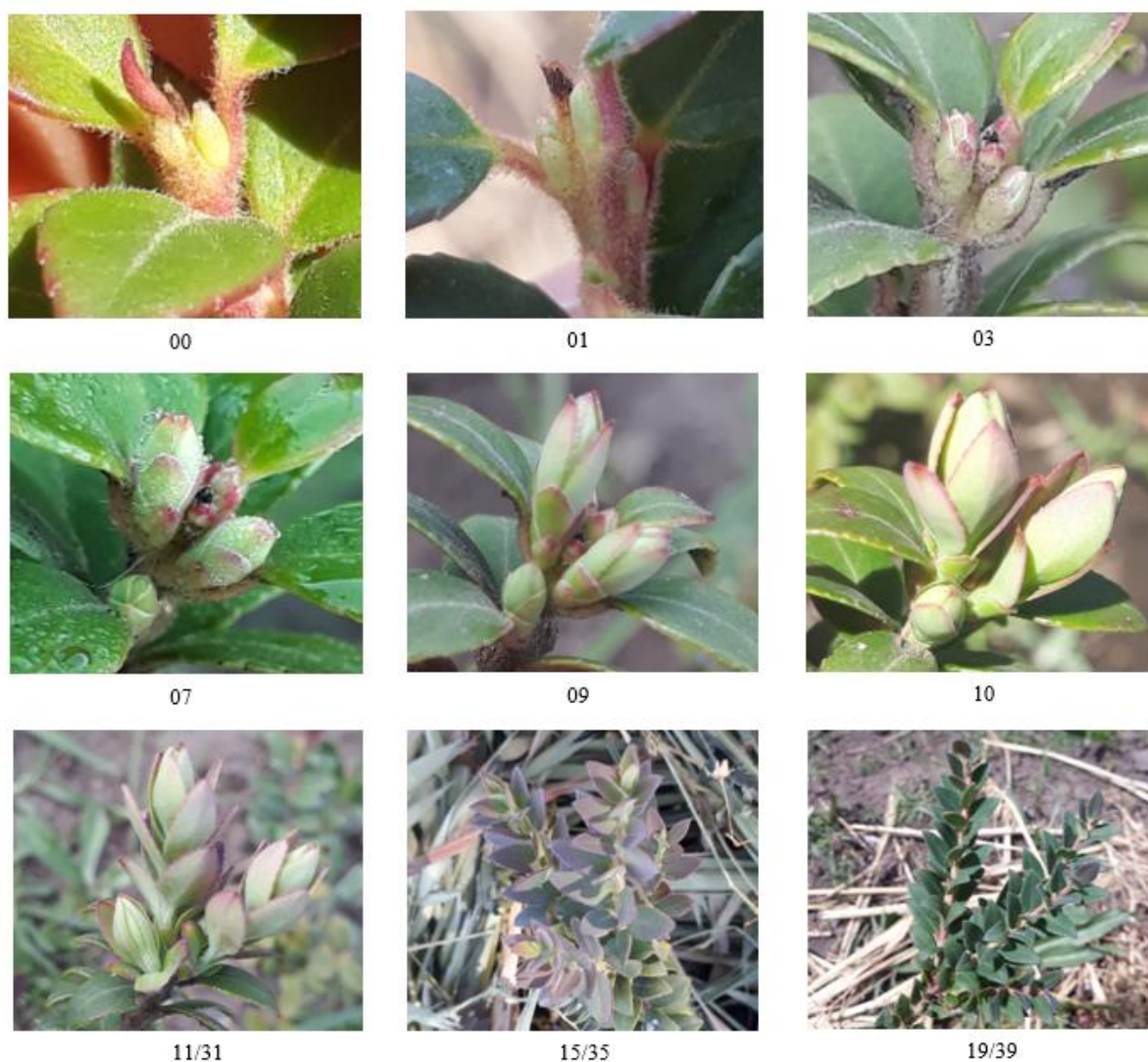


Figura 13 Principales etapas de crecimiento de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) según lo descrito por la escala BBCH. 00: yemas en letargo, 01: inicio del hinchamiento de las yemas, 03: final del hinchamiento de las yemas, 07: inicio de brotación de yemas, 09: brotación, 10: hojas visibles, 11/31: inicio del desarrollo foliar y crecimiento del brote, 15/35: despliegue de hojas y crecimiento del brote, 19/39: crecimiento y desarrollo final del brote

4.2.1 Descripción del desarrollo de yemas

La planta de mortiño comienza su ciclo vegetativo anual a partir de yemas en estado de letargo las cuales tienen una longitud de alrededor de 2 mm, dichas yemas pueden ser vegetativas solamente si las condiciones óptimas de crecimiento vegetativo se mantienen, lo que ocasiona

que sea suprimida la determinación de la yema a la floración por falta de condiciones óptimas para que ocurra este proceso (Téliz, 2000).

Las yemas se encuentran cubiertas por dos pares de escamas que pueden ser de color verde o ligeramente pigmentadas de color rojo, las escamas se encuentran cerradas y protegen a los meristemas hasta el inicio de la hinchazón de la yema el cual puede evidenciarse con la separación del primer par de escamas (Figura 13) (Tabla 12).

Tabla 12

*Etapas fenológicas principales 0: desarrollo de yemas para la fenología de *Vaccinium floribundum* Kunth*

Código BBCH	Descripción
00	Letargo: las yemas de las hojas están cerradas y cubiertas de escamas verdes.
01	Inicio de la Hinchazón de la yema foliar: las escamas de la yema comienzan a separarse.
03	Fin de la hinchazón de la yema foliar: escamas completamente separadas.
07	Inicio de brotación en yemas: parte de las hojas ligeramente visible.
09	Brotación: despliegue de 5 mm de las hojas color verde pálido que emergen de escamas de yemas.

Posteriormente, se puede observar la separación del segundo par de escamas en donde finaliza el hinchamiento máximo de las yemas y después se puede observar ligeramente las puntas de las hojas de próximo nuevo brote.

Finalmente, la brotación avanza hasta que se puede observar el despliegue de aproximadamente 5 mm de las hojas por encima de las escamas concluyendo así la etapa principal de desarrollo de las yemas vegetativas (Tabla 12).

4.2.2 Descripción del desarrollo de hojas y brotes

El desarrollo foliar del brote anual de mortño comienza cuando las puntas de las hojas alcanzan más de 10 mm por encima de las escamas abiertas de la yema, simultáneamente se produce inicio del crecimiento del brote, en donde se pueden observar el despliegue del 10 % del

total de todas las hojas del brote (Figura 13), también en esta etapa son visibles los peciolos de las mismas y ocurre el crecimiento del brote alcanzando el 10 % de la longitud final.

El despliegue de hojas continúa conjuntamente con el aumento en la longitud del brote (Tablas 13 y 14), cabe mencionar que las hojas y ejes del brote previo a su desarrollo final pueden presentar una coloración verde claro, como también hojas y ejes de color rojizo durante el desarrollo foliar del brote, esta coloración se va ausentando desde las hojas de la base del brote y continua hasta las hojas del ápice a medida que el brote continúa creciendo y desplegando mayor número de hojas.

Se ha observado en condiciones naturales que el color rojizo del brote indica plantas de mayor edad, las cuales pueden florecer al finalizar el crecimiento del brote, el color rojo se debe a la presencia de pigmentos antocianos como también de otros compuestos fenólicos, los cuales ayudan a una mejor captación de luz.

Tabla 13

*Etapa fenológica principal 1: desarrollo de las hojas de *Vaccinium floribundum* Kunth*

Código BBCH	Descripción
10	Puntas de las hojas visibles: se observa más de 10 mm de las hojas por encima de las escamas de yemas.
11	Inicio del desarrollo foliar: pecíolos visibles 10% del total de hojas desplegadas
12	Desarrollo foliar avanzado: 20% del total de hojas desplegadas
15	Despliegue de hojas: el 50% de las hojas se encuentran expandidas, hojas de color rojizo
1.	Los estadios continúan hasta ...
19	Desarrollo final: todas las hojas completamente expandidas, coloración verde ninguna de las hojas presentan color rojizo.

Finalmente, el brote alcanza su longitud final, en los brotes, todas las hojas se encuentran totalmente expandidas y desplegadas, presentan una coloración verde oscuro y además la presencia de antocianinas únicamente en los márgenes, aspecto típico de la planta de mortiño (Figura 13).

La fenología estudia fenómenos biológicos periódicos como la brotación, floración, que estén relacionados con el clima y los cambios que se producen en el mismo, lo cual permite conocer la respuesta de una planta a un determinado microclima, permitiendo realizar una planificación agrícola pertinente, logrando así, un resultado económicamente o científicamente favorable (Yzarra & López, 2009).

Tabla 14

*Etapa fenológica principal 3: desarrollo del brote de *Vaccinium floribundum* Kunth*

Código BBCH	Descripción
31	Inicio del crecimiento del brote: empieza a crecer el brote, el brote ha alcanzado el 10% de su longitud
35	Crecimiento del brote: el brote continua creciendo y ha alcanzado el 50% de la longitud o el grosor final
3.	Los estadios continúan hasta ...
39	Crecimiento total: el brote ha alcanzado el máximo de la longitud final.

La determinación de una escala fenológica para el mortiño es muy importante para establecer técnicas de manejo eficientes de acuerdo a los requerimientos de la planta en sus distintos momentos de crecimiento y desarrollo, además contribuye a realizar investigaciones posteriores respecto al manejo de plagas y enfermedades, trastornos fisiológicos, manejo de podas, como también estudios referentes al estado nutricional de la planta, debido a que en el país no existe información referente sobre estos temas en el cultivo de mortiño.

Por otra parte, existen ciertos estudios relacionados a la fenología del mortiño, como por ejemplo el realizado por García & Ligarreto (2014), en Colombia, donde caracterizaron el desarrollo germinativo de semillas de *Vaccinium meridionale* mediante el uso de la escala BBCH describiendo estadios iniciales de la planta como la imbibición de la semilla, crecimiento de radícula y el hipocótilo.

También, más recientemente Mendoza (2018), realizó en el país una investigación in situ referente a las etapas fenológicas del estadio reproductivo del mortiño *Vaccinium floribundum*

Kunth, caracterizando mediante la escala BBCH las etapas principales y secundarias de aparición del órgano floral, floración, formación del fruto y maduración del fruto, siendo una referencia de la fenología reproductiva del mortiño ecuatoriano.

También existen estudios fenológicos realizados en el arándano (*Vaccinium corymbosum*) como el llevado a cabo por Schilder y otros (2004), donde describe el ciclo fenológico anual del arándano mediante una escala propuesta por su autoría principalmente para yemas reproductivas desde el inicio de floración hasta la maduración total del fruto, sin embargo describe brevemente los estadios de desarrollo de una yema vegetativa siendo estos brotación, crecimiento del brote y determinación de yemas al nuevo crecimiento.

Para otras especies, considerando principalmente especies andinas de importancia económica como el tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) y uvilla (*Physalis peruviana* L.) se ha desarrollado un estudio más amplio respecto a las etapas fenológicas principales aplicando la escala BBCH, describiendo las etapas de germinación de la semilla, desarrollo de hojas, desarrollo de brotes, emergencia de inflorescencia, floración, fructificación y proceso de maduración, lo cual ha permitido una mayor comprensión de su crecimiento para su mejor manejo (Acosta, y otros, 2016).

Por lo tanto, la escala de caracterización fenológica BBCH que se ha establecido en el presente estudio para mortiño tiene ventajas, principalmente porque es la más completa que se ha desarrollado y porque se puede aplicar en diversas condiciones edafoclimáticas, no solo para esta especie, también es aplicable a cualquier especie que se requiera determinar sus etapas fenológicas (Hack, y otros, 1996).

Además, las especies difieren en su comportamiento debido a sus características genéticas, lo que determina que ciertas etapas fenológicas ocurran de manera simultánea (Dickison, 2000),

como sucedió en este estudio los cambios en las etapas principales del desarrollo de hojas y desarrollo del brote ocurrieron de manera conjunta.

También, cabe recalcar que es la primera vez que es documentado el ciclo vegetativo anual del mortiño, sin embargo, por motivos del tiempo considerable de crecimiento y desarrollo que requiere el mortiño, únicamente se describió el desarrollo de la yema y posteriormente el desarrollo de hojas y de brotes para la especie.

4.3 Grados día desarrollo

4.3.1 Variables meteorológicas

Las condiciones meteorológicas de temperatura, humedad relativa, precipitación y evapotranspiración en la Hacienda el Prado como era de esperarse, fueron cambiantes durante el tiempo transcurrido en el experimento, presentándose valores de temperaturas entre 4,7 y 27,8 °C, con una temperatura media alrededor de los 14 °C, la humedad relativa promedio fue del 70 %, la precipitación total fue de 665,3 mm, siendo el mes de noviembre el que presentó mayores precipitaciones, por otra parte la evaporación total durante el experimento fue de 301 mm, los mayores valores de evaporación se presentaron al inicio del experimento en el mes de octubre, que a su vez presentó menor precipitación (Figura 14).

La temperatura óptima de crecimiento para muchas especies *Vaccinium* está en el rango de 14 a 22 °C, y a partir de los 30 °C se tienen daños fisiológicos (Lobos & Hancock, 2015). Además, no existen investigaciones sobre los requerimientos térmicos de crecimiento para mortiño, debido a que es una especie que no se encuentra domesticada para su cultivo.

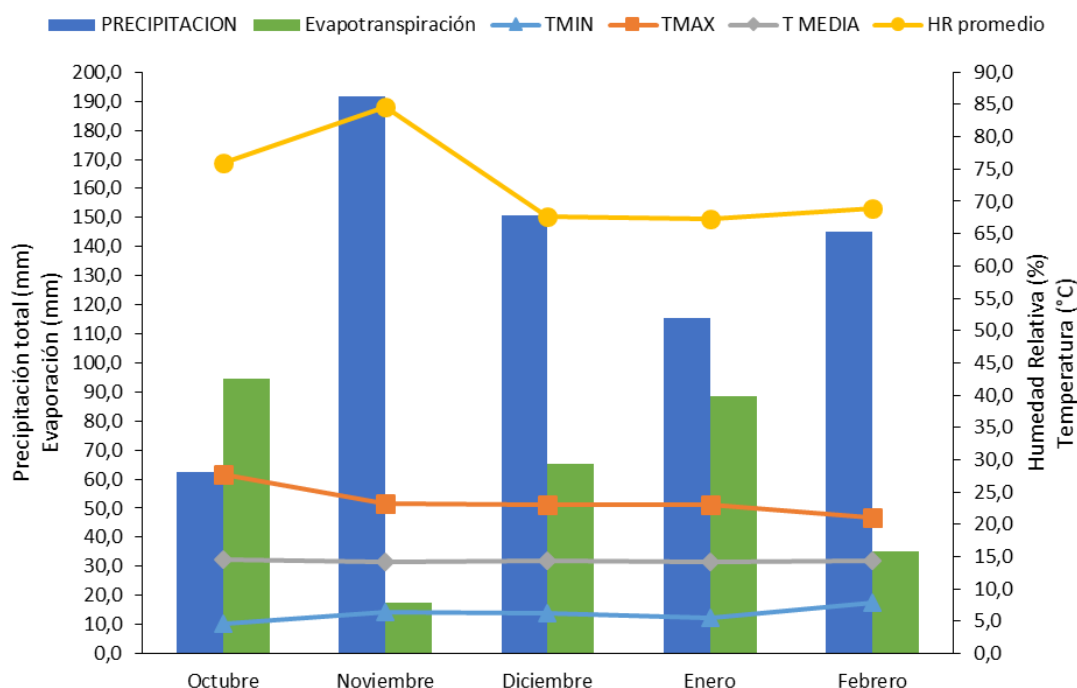


Figura 14 Datos meteorológicos para la Hacienda el Prado durante el período de evaluación del crecimiento de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth)

4.3.2 Grados día desarrollo acumulados

La acumulación de temperatura permite determinar la duración de los eventos fenológicos y la adaptabilidad de especies en distintas ubicaciones geográficas, lo cual no puede ser determinado con precisión con las fechas de un calendario por las variaciones climáticas de cada año (Warrington & Kanemasu, 1983).

Los resultados del requerimiento térmico promedio y duración en días para el ciclo vegetativo anual del mortiño desde el momento que se realizó la poda fueron de 26 días y 360,15 grados día para las etapas que comprenden desde la poda hasta el hinchamiento máximo de las yemas; 13 días y 167,24 grados día en las etapas desde el inicio de brotación de las yemas hasta que las hojas se muestran 5 mm por encima de las escamas que recubren las yemas; 9 días y 109,32 grados día para las etapas desde que las puntas de las hojas son visibles 10 mm por encima de las

escamas hasta la presencia del 10 % del total de hojas completamente expandidas; 15 días y 192,15 grados día para los estadíos desde la presencia del 20 % del total de las hojas completamente expandidas hasta que el brote presenta la mitad de su longitud total; 44 días y 581,75 grados día en las etapas comprendidas desde que el brote tiene el 60% de su longitud final hasta que el brote presenta su longitud final con todas sus hojas totalmente expandidas (Tablas 15 y 16).

Tabla 15

Duración (Días) de las sub-etapas fenológicas en el ciclo vegetativo anual del mortño (Vaccinium floribundum Kunth.)

Sub-etapas		Número de días	
Inicio	Final	Total días	Días Acumulados
PD	HMY	26	26
IBY	BH	13	39
PHV	H10D	9	48
H20D	BLM	15	63
BLC	BLF	44	107

PD: Poda; HMY: hinchamiento máximo de las yemas; IBY: inicio de brotación de yemas; BH: brotación; PHV: puntas de las hojas visibles 10 mm; H10D: 10% del total de las hojas expandidas; H20D: 20% del total de hojas expandidas; BLM: brote con 50% de la longitud final; BLC: continua el crecimiento del brote 60% de su longitud final; BLF: longitud final del brote.

El periodo de crecimiento desde que se aplicó la actividad de poda hasta que el brote alcanzó su longitud final con sus hojas totalmente desarrolladas tuvo una duración promedio de 107 días en los cuales hubo una acumulación total promedio de 1410,61 grados día desarrollo considerándose como temperatura base de crecimiento para el cálculo del requerimiento térmico el valor de 1 °C (Tablas 15 y 16).

Los grados día desarrollo representan la temperatura acumulada por encima de una temperatura base que es un valor de temperatura a partir del cual se produce el crecimiento en las plantas, esta definición es considerada porque el crecimiento durante los estadíos fenológicos es

dependiente de la cantidad de calor a la cual estuvo expuesta la planta, ya que la relación entre crecimiento y temperatura es lineal (Avaria, Carrasco, Rutllant, & Yañez, 2004).

Tabla 16

Acumulación de GDD en las sub-etapas fenológicas en el ciclo vegetativo anual del mortiño (Vaccinium floribundum Kunth.)

Sub-etapas		Grados Día Desarrollo (Base 1 °C)	
Inicio	Final	Total GDD	GDD Acumulados
PD	HMY	360,15	360,15
IBY	BH	167,24	527,39
HV	H10D	109,32	636,71
H20D	BLM	192,15	828,86
BLC	BLF	581,75	1410,61

PD: Poda; HMY: Hinchamiento máximo de las yemas; IBY: Inicio de brotación de yemas; BH: Brotación; HV: Hojas visibles; H10D: 10% de las hojas totalmente expandidas; H20D: 20% de las hojas totalmente expandidas; BLM: Brote con 50% de la longitud final; BLC: Continua el crecimiento del brote; BLF: Longitud final del brote.

En el estudio de Racines, Hidalgo & Vasquez (2016) se describe el desarrollo de plantas de mortiño en condiciones ambientales extremas presentándose temperaturas mínimas desde los 0 °C, para la estimación de los GDD por lo tanto se consideró una temperatura base de 1 °C. Sin embargo, en otras especies de *Vaccinium* como es el caso del arándano se considera como temperatura base de crecimiento los 7 °C (Nesmith & Bridges, 1992). El crecimiento de *Vaccinium floribundum* Kunth evaluado desde la poda hasta la formación total del brote, tuvo en promedio una acumulación total de 1410,61 Grados día en un tiempo total de crecimiento de 107 días, estos resultados difieren con el estudio realizado por Godoy, Garaita & Tognetti (2005) quienes determinaron un acumulación alrededor de 1200 unidades térmicas durante los meses de crecimiento en *Vaccinium corymbosum*. Sin embargo, existe variación a la tolerancia de calor entre las especies de un mismo género (Rowland, Ogden, & Ehlenfeldt, 2010).

Por otra parte, Mendoza (2018), en un estudio sobre la fenología reproductiva de *Vaccinium floribundum* Kunth determinó un requerimiento total de calor de 798,61 grados día tomando como base una temperatura de 7 °C, en un periodo de 151 días, lo cual determina que los

requerimientos de temperatura difieren no solamente entre especies sino también entre estados fenológicos.

La acumulación de temperatura al igual que las variaciones en otros parámetros climáticos como humedad relativa y precipitación son determinantes en el desarrollo fenológico de las especies en distintos ecotipos. Conocer la fenología de una especie conjuntamente con sus requerimientos de temperatura es determinante para el desarrollo de un manejo integrado como un cultivo comercial, el uso de esta información permitirá una planificación temporal de las prácticas de manejo del mortiño, como también el desarrollo de nuevas investigaciones referentes al manejo agronómico y ecológico de esta especie.

Por otra parte, el tiempo de crecimiento de las plantas de mortiño desde su propagación ha sido descrita por Medina y otros (2009), quienes indican que el crecimiento de plantas de *Vaccinium meridionale*, obtenidas de semilla y esquejes tienen una duración total de crecimiento de 1663 y 1367 días, desde la siembra de la semilla y el enraizamiento de estacas hasta la maduración del fruto, respectivamente, recalcando el considerable tiempo de crecimiento de esta especie.

4.4 Evaluación agronómica del mortiño

4.4.1 Acumulación de unidades frío

La acumulación de unidades frío en las plantas de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) desde el momento de la poda hasta el hinchamiento máximo de las yemas no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($F=1,39$; $P=0,2643$) (Tabla 17). Por lo mencionado no se realizaron pruebas de comparación de medias. La razón por la cual no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, puede deberse a que el requerimiento de frío es genéticamente

específico de cada genotipo que solamente al completar su acumulación de frío requerido presentarán brotación. Los genotipos con su respectiva acumulación de frío se muestran en la Tabla 18.

Tabla 17

Media \pm error estándar del número de unidades frío acumuladas por las plantas de mortiño en cada tratamiento

Tratamiento	Unidades frío acumuladas		
D2N1	201,50	\pm	22,97
D2N2	185,50	\pm	10,68
D1N3	180,13	\pm	11,10
TESTIGO	177,50	\pm	7,31
D1N1	168,38	\pm	11,86
D2N3	165,63	\pm	5,63
D1N2	147,13	\pm	20,40

Los valores promedio de unidades frío acumuladas hasta la brotación por las distintas plantas de mortiño evaluadas fueron de 201,5 y 147,13 unidades frío para los tratamientos con valores máximos y mínimos respectivamente, especies comerciales como el arándano tienen rangos de acumulación desde los 150 hasta 700 unidades frío (Mississippi State University, 2017; Swart, 2015).

Tabla 18

*Acumulación de unidades frío por las introducciones de *Vaccinium floribundum* Kunth*

Genotipo	Unidades frío	Genotipo	Unidades frío	Genotipo	Unidades frío	Genotipo	Unidades frío
GP1	162	GA20	171	GA33	348	GP27	162
GP2	162	GA35	236	GA36	162	GP28	139
GP8	220	GP3	240	GA37	188	GP30	188
GP24	103	GP4	162	GP13	162	GP31	162
GA17	188	GP5	162	GP15	162	GP32	162
GA18	162	GP9	162	GP16	162	GA1	162
GA26	188	GP11	162	GP23	240	GP7	220
GA27	162	GA39	220	GP17	188	GP14	162
GP10	103	GA40	171	GP18	188	GP19	162
GP12	51	GA6	188	GP6	162	GP29	188
GP22	103	GA7	240	GP20	220	GA5	162
GA2	171	GA8	162	GP21	162	GA19	162
GA3	171	GA21	162	GP25	188	GA25	188
GA4	171	GA15	162	GP26	162	GA34	176

En el mortuño no se han realizado estimaciones de su requerimiento de frío, sin embargo, los valores obtenidos muestran una referencia para realizar su cultivo en otros sitios que presenten condiciones similares.

La acumulación de unidades frío en el plantas del género *Vaccinium* también varía entre cultivares y sitios, por ejemplo en condiciones que pueden brindar entre 250 y 600 unidades frío, la variedad Biloxi muestra un mejor crecimiento ya que únicamente requiere 500 unidades de frío (Lobos & Hancock, 2015), en cambio en estas mismas condiciones la variedad Ozarkblue no se desarrolla adecuadamente debido a su requerimiento de 800 unidades de frío (Stewart, 2011).

Finalmente, la acumulación de frío depende de la interacción con varios factores como la sensibilidad a las variaciones de temperatura, requisitos de fotoperiodo, como también los umbrales de temperatura en los que el cultivo inicia la acumulación de frío (Swart, 2015).

Las condiciones de temperaturas son variables entre estaciones y también entre años, por lo tanto, las estimaciones del requerimiento de frío para el mortuño se deben realizar en varias condiciones, ya que una falta de acumulación de frío por no presentarse las condiciones ambientales idóneas resulta en una brotación deficiente (Erez & Couvillon, 1987).

4.4.2 Número de brotes

Después del letargo la planta reinicia su brotación que también depende de las reservas acumuladas en sus estructuras permanentes que son tallos y raíces, estas reservas son hidratos de carbono como almidón, nitrógeno para la síntesis de arginina y fósforo para producir compuestos que contribuyen energía en el inicio del ciclo (Parcker, 2000). En el mortuño la aparición de brotes se dio en forma continua a través del tiempo durante las primeras semanas, durante las subetapas fenológicas iniciales desde la poda hasta llegar a su valor máximo al inicio de la

brotación, además, en el análisis se obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos para el número de brotes ($F=5,2$; $P<0,0001$).

La aplicación de cianamida hidrogenada tiene efectos favorables con la dosis y en la etapa fenológica adecuada (BASF, 2015), en las plantas de mortiño que fueron tratadas con Cianamida Hidrogenada y Nitrógeno, se presentaron mayor número de brotes que las plantas utilizadas como testigo (Figura 15), lo cual coincide con estudios realizados en otras especies, en donde la aplicación de inductores de brotación como cianamida hidrogenada ha tenido un efecto positivo el aumento de brotación de yemas, logrando una brotación más temprana y obteniendo un mejor desarrollo vegetativo (Soto, 2006). Además, las plantas de mortiño que recibieron una dosis de Dormex al 0,1 % y 135 kg.ha⁻¹ de Nitrógeno presentaron mayor número de brotes que las plantas tratadas con el resto de tratamientos (Figura 15). Sin embargo, el número de brotes puede depender de la edad de la planta (Salisbury & Ross, 1994).

Por otra parte, se obtuvo una buena brotación con dosis que fueron muy inferiores a las que se emplea comúnmente en otros cultivos como el arándano, en donde la aplicación de Dormex en los rangos de concentración de 0,75 % a 1 % han mostrado un efecto positivo en el aumento de la brotación vegetativa (Williamson, Maust, & Smith, 2001). La aplicación de dosis incorrectas puede provocar efectos de fitotoxicidad en un cultivo frutal (Calderón, 1996). También, en otras especies como la manzana no solamente el nitrógeno es considerado como el nutriente más influyente en la aparición del número de brotes, sino también el fósforo, al aumentar la cantidad de estos nutrientes aumenta la brotación (Mardoqueo, 2003).

Además, aplicar dosis bajas de cianamida hidrogenada (menos del 0,30 %) se puede emplear como método retardante en el inicio de brotación en ciertas especies como el durazno (Zegbe & Rumayor, 1993). En Arándanos existen evidencias de que la aplicación de cianamida

hidrogenada adelanta la emisión de brotes vegetativos y disminuye el tiempo hacia la cosecha (Williamson, Krewer, Maust, & Miller, 2002).

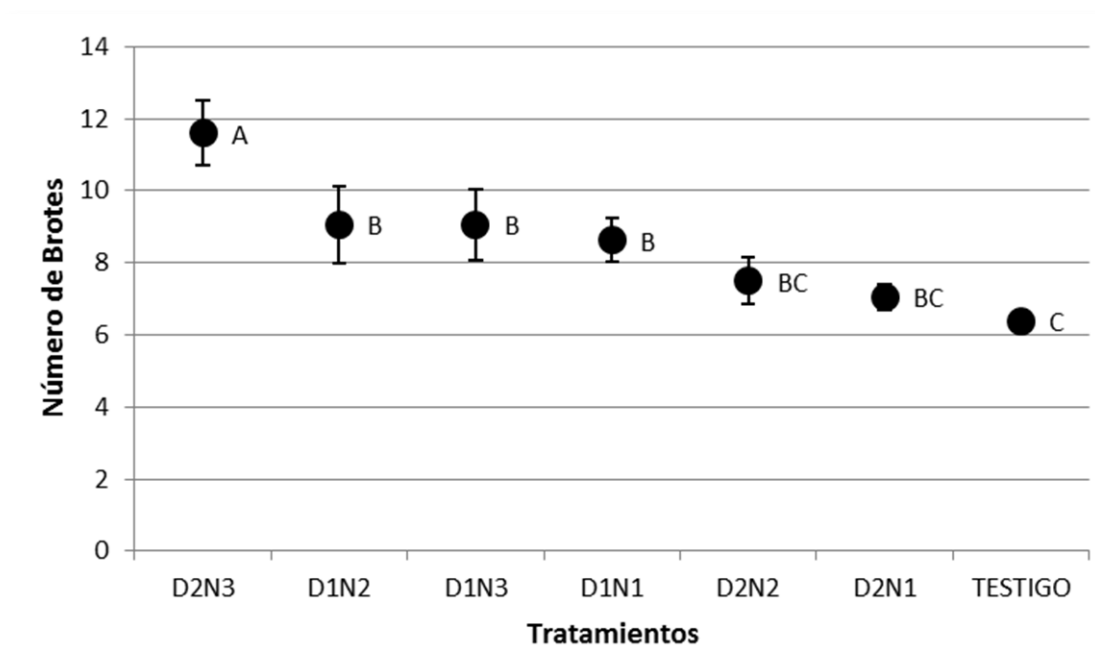


Figura 15 Número de brotes de mortiño bajo el efecto de dos dosis de Dormex (Cianamida hidrogenada al 50%) y tres dosis de nitrógeno

Además, la deficiencia de nitrógeno puede provocar la acumulación de bajas reservas de nitrógeno prolongando el tiempo de letargo en la planta y también puede inducir a una baja brotación (Yuri & Lepe, 2007). Sin embargo, en la evaluación realizada en mortiño la brotación inicio similarmente tanto en las plantas testigo como en las plantas tratadas con ambas dosis alrededor de las tres semanas de la aplicación de Cianamida Hidrogenada ($F=0,98$; $P=0,4860$).

La brotación de mortiño se ha evaluado por Noboa (2008), en la propagación de mortiño por estacas en varios sustratos y dosis de auxinas determinó que a los 90 días de aplicar los tratamientos algunas estacas no brotaron sino hasta alrededor de los 120 días, mientras que otras brotaron antes, por lo que es necesario obtener más información sobre el comportamiento fisiológico del mortiño.

Por otra parte la alta concentración de biorreguladores que inhiban la brotación también es considerado como un factor que afecta la brotación (Dickison, 2000). Además, el tiempo de aplicación del compensador de frío se debe considerar también. Arias y otros (2010) indica que la aplicación de la cianamida hidrogenada cuando la planta ha acumulado una cierta cantidad de frío es más efectiva que en aplicaciones tempranas. Sin embargo, en la presente investigación se tuvo efectos positivos en la brotación con las dosis aplicadas de Dormex a los 4 días después de realizar la poda.

El mayor requerimiento de nitrógeno en frutales caducifolios, como el arándano, se presenta durante los dos primeros meses durante la brotación y crecimiento activo de brotes (Razeto, 2003). En el mortiño al aplicar fuentes amoniacales en dosis alrededor de 135 kg.ha^{-1} de Nitrógeno contribuyó a la aparición de brotes, lo cual es similar a lo encontrado en especies como *Vaccinium corymbosum*, al aplicar una dosis de 130 kg.ha^{-1} ha resultado en una mayor aparición de brotes vegetativos (Undurraga & Vargas, 2013). El crecimiento de plantas de la familia de las Ericaceas es favorecido por la asimilación del nitrógeno en forma de nitrato y amonio, así como de aminoácidos libres suministrados simbióticamente por microorganismos (Suárez, Calderón, & Mancipe, 2018).

4.4.3 Longitud de brotes

El crecimiento es un proceso de desarrollo programado genéticamente, el cual involucra la división celular, elongación y maduración en los meristemas (Dickison, 2000). Birkhold y Darnell (1993) determinaron en *Vaccinium ashei* que en el periodo de crecimiento la planta acumula una alta concentración de nitrógeno en raíces y brotes, debido al rápido crecimiento se

requiere de este elemento. En el estudio realizado en mortiño la longitud de brotes presentó diferencias significativas para los tratamientos evaluados ($F=14,27$; $P<0,0001$).

Las plantas de mortiño que recibieron una dosis de Dormex al 0,05 % con 90 kg.ha^{-1} de Nitrógeno presentaron mayor longitud de brotes que el resto de plantas, coincidiendo con estudios referentes en especies relacionadas al mortiño como *Vaccinium meridionale* argumentan que la fertilización nitrogenada influye en el crecimiento y desarrollo de los brotes (González, Rugeles, & Magnitskiy, 2018).

Sin embargo las plantas testigo presentaron longitud similar a las plantas que recibieron una dosis de Dormex al 0,05 % con 135 kg.ha^{-1} de Nitrógeno, Dormex al 0,1 % con 45 y 135 kg.ha^{-1} de Nitrógeno (Figura 16). Lo mencionado no coincide con lo argumentado por INIA (2013), quienes aseguran que aplicación de nitrógeno tiene un efecto vigorizante sobre los brotes de especies *Vaccinium* como el arándano. Por otra parte, cabe recalcar que en el análisis de suelo realizado en la parcela experimental se presentaron valores relativamente altos de nitrógeno lo cual pudo influir en la longitud de los brotes de las plantas testigo, además estas plantas presentaron menor número de brotes lo cual pudo influir en el considerable crecimiento de los mismos.

Por otra parte, las plantas que recibieron una dosis de Dormex al 0,05 % con 90 kg.ha^{-1} de Nitrógeno, al igual que las plantas tratadas con Dormex al 0,1 % con 45 kg.ha^{-1} de Nitrógeno presentaron menor longitud de brotes que el resto de plantas (Figura 16). En el estudio en mortiño se evaluaron principalmente fuentes amoniacales teniendo resultados favorables en el crecimiento para las plantas que recibieron dosis de 90 kg.ha^{-1} de Nitrógeno, lo cual es coherente con la recomendación de González, Rugeles & Magnitskiy (2018) que indican que los planes de fertilización deben considerar principalmente el uso de fuentes amoniacales.

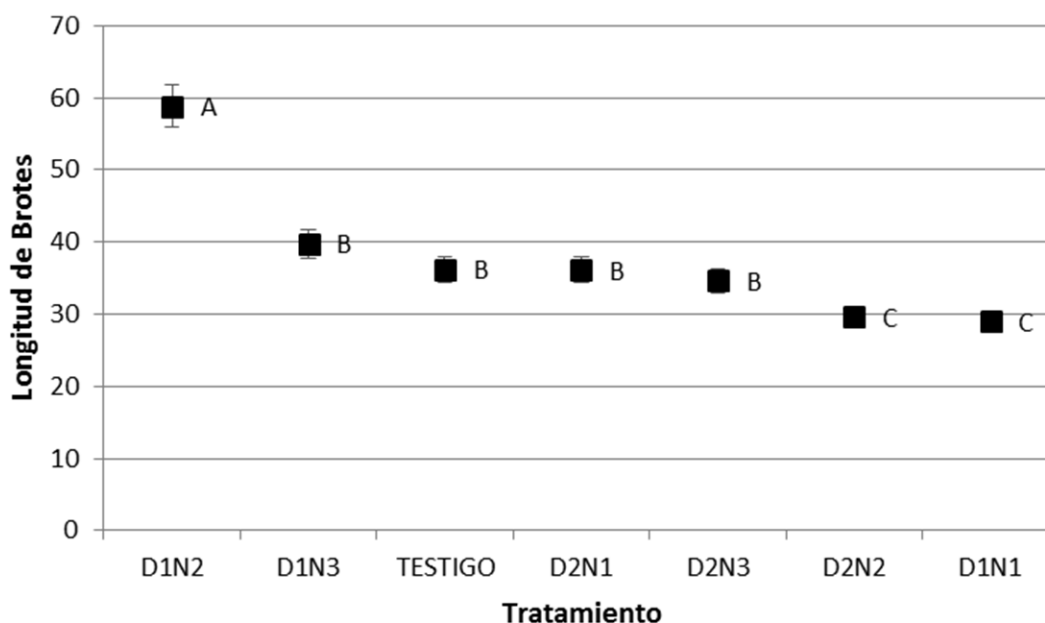


Figura 16 Longitud de brotes (mm) de mortiño bajo el efecto de dos dosis de Dormex (Cianamida hidrogenada al 50%) y tres dosis de nitrógeno

Wood (2002) señala que la fertilización nitrogenada tiene aspectos positivos en longitud del brote. Esta variable con 90 Kg.ha^{-1} de nitrógeno empleada en este experimento, que fue la dosis media utilizada se encuentra acorde al estudio previo. Por otro lado, Smith y otros (2004), mencionan que en cultivos caducifolios la absorción de nitrógeno es influenciada por el momento de aplicación siendo mayor entre la brotación de yemas. En la presente investigación se fraccionó en tres partes la fertilización, sin embargo, la interacción mes por tratamiento ($p=0,1845$) no tuvo un efecto significativo; esto puede deberse a que se reportó altas cantidades de nitrógeno según el análisis de suelo efectuado, que pudo influir en la longitud de los brotes de todos los tratamientos.

El tratamiento D1N2 con un nivel medio de nitrógeno y bajo en Dormex presentó el mayor crecimiento de brote, según Masri, Rizkalla & Sassine (2018) existen evidencias en otros cultivos que el Dormex puede disminuir la longitud del brote (Masri, Rizkallah, & Sassine, 2018); por lo que se asume que la baja concentración de Dormex del tratamiento con una cantidad moderada de

fertilización nitrogenada permitió mayor elongación del brote. Además, Arias y otros (2011), señalan que el Dormex favorece al crecimiento de las yemas vegetativas, más no el crecimiento del brote; motivo por el cual las dosis de Dormex se encuentran en el mismo nivel de significancia.

4.4.4 Índice Plastocrónico

Las características morfológicas como el crecimiento de tallos y hojas, en las plantas son estimuladas por los cambios ambientales (Fordyce, 2006), El momento, número y patrón de filotaxis en el que los primordios se forman está determinado genéticamente y es característico de cada especie (Taiz & Zeiger, 2006). El índice de plastocrono representa una escala de tiempo morfológica en estudios que relacionan desarrollo morfológico y fisiológico de órganos o de una planta completa (Solana, 2001).

La aparición de diferente número de nudos en el tiempo de crecimiento puede deberse al efecto del genotipo propio de cada planta más que al efecto de los tratamientos (Lee, Yu, & Jackson, 2009). El índice plastocrónico presentó diferencias significativas para los tratamientos evaluados en las plantas de mortiño ($F=4,9$; $P=0,0007$).

Las plantas de mortiño que recibieron una dosis de Dormex al 0,05 % con 90 kg.ha⁻¹ de Nitrógeno, una dosis de Dormex al 0,1 % con 135 kg.ha⁻¹ de Nitrógeno y las plantas testigo presentaron mayor índice plastocrónico que las plantas que recibieron una dosis de Dormex al 0,05 % con 45 y 135 kg.ha⁻¹ de Nitrógeno y plantas que recibieron Dormex al 0,1 % con 90 kg.ha⁻¹ de Nitrógeno, siendo estas últimas las plantas que presentaron menor índice plastocrónico (Figura 17).

En el grupo de plantas evaluado se desconoció la edad cronológica debido a que fueron extraídas de condiciones naturales para iniciar su proceso de domesticación. En un grupo de plantas de la misma edad cronológica puede existir gran variabilidad en cuanto a su desarrollo fisiológico, como también plantas de similar morfología pueden tener diferente edad (Gallegos, 1995).

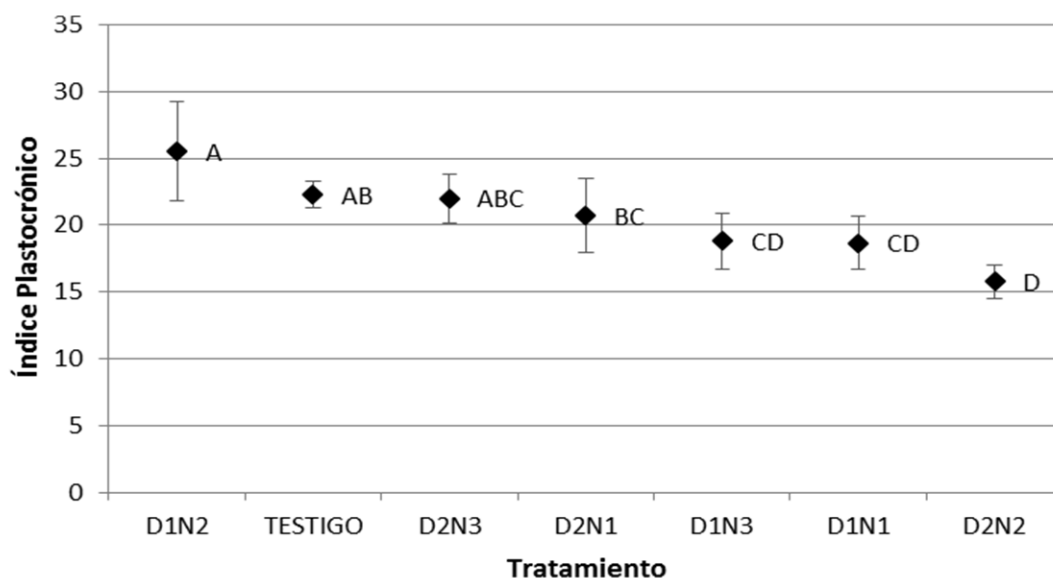


Figura 17 Índice plastocrónico final en brotes de mortiño para cada tratamiento

El valor del índice de plastocrono es propio de cada especie, por lo cual se requiere estudiar la variabilidad estacional de este indicador ya que a esa variabilidad puede deberse a diferentes factores ambientales como genéticos. Los valores de índice plastocrónico para el mortiño estuvieron entre 25,5 y 15,76 en promedio para los tratamientos con mayor y menor valor promedio respectivamente. Por otra parte, en otras especies como *Tallasia testudinum* los valores promedio de índice plastocrónico se encuentran en el intervalo de 14 a 24,3 (Durako, 1994), mientras que para *Zostera marina* están en el intervalo de 13,1 a 19,3 (Duarte, 1991), además se reportan valores de 7 a 10,3 en la misma área de estudio, lo cual indica marcadas variaciones

entre estaciones y genotipos (Ibarra, Boudouresque, & Maurice, 1997). Utilizando plantas genéticamente iguales en condiciones experimentales controladas puede reducir la variabilidad en el desarrollo fisiológico de las plantas, pero en experimentación en campo es muy difícil lograr lo antes mencionado (Solana, 2001).

4.4.5 Materia seca

La variación de peso fresco de tejidos vivos también representa los cambios en el crecimiento en periodos de tiempo determinados, sin embargo, este valor es variable y depende de la cantidad de agua absorbida por la planta, por lo cual es un mal indicador, debido a esto la medición de peso seco muestra valores más representativos del crecimiento (Taiz & Zeiger, 2006). Determinar el peso seco muestra la calidad de los brotes al final del ciclo, Salisbury & Ross (1994) manifiestan que la materia seca está constituida por polisacáridos, proteínas, lípidos, aminoácidos, ácidos orgánicos y elementos justificando el mayor peso de la masa seca.

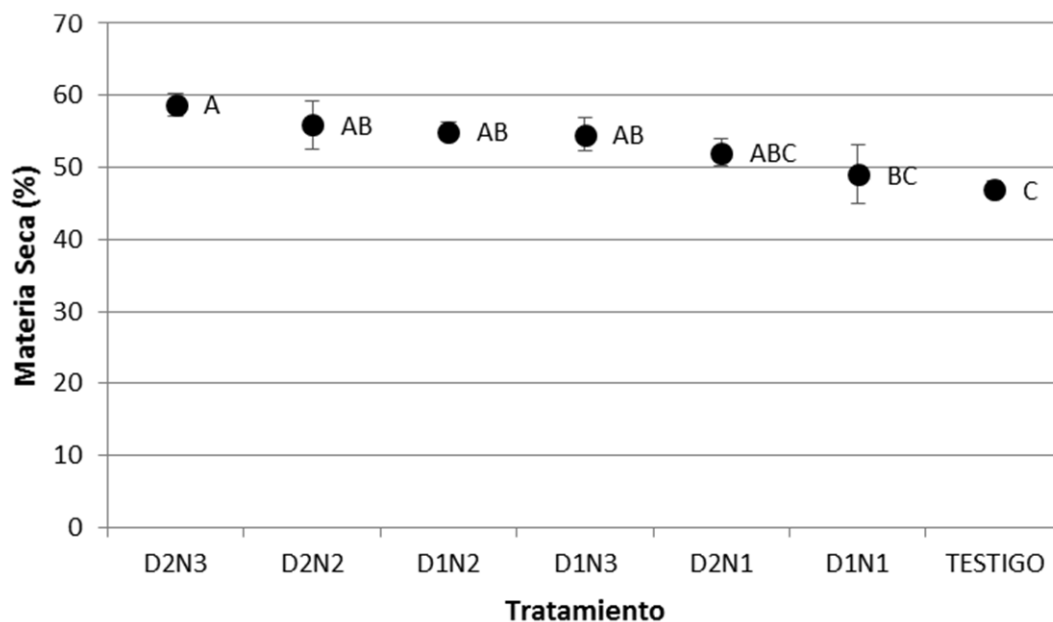


Figura 18 Contenido de materia seca (%) en las plantas para cada tratamiento

En el estudio el porcentaje de materia seca en las plantas de mortiño presento diferencias significativas para los tratamientos aplicados ($F=2,90$; $P=0,0321$). Las plantas mortiño que recibieron una dosis de Dormex al 0,1 % con $135 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y también las plantas tratadas con Dormex al 0,05 % con $135 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Nitrógeno presentaron mayor porcentaje de materia seca que el resto de plantas tratadas (Figura 18).

Por otra parte las plantas que fueron utilizadas como testigo presentaron igual contenido de materia seca que las plantas que recibieron $45 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrógeno con una dosis de Dormex al 0,1 % y 0,05 % (Figura 18). Estos valores indican que la fertilización nitrogenada con mayores dosis tuvo efectos en el contenido de peso seco.

Estudios referentes en especies relacionadas al mortiño como *Vaccinium meridionale* argumentan que la fertilización nitrogenada influyen en la acumulación de materia seca (González, Rugeles, & Magnitskiy, 2018). Sus resultados indican que la aplicación de fuentes amoniacales resultaron en mejores valores de peso seco, esto puede deberse a que algunas especies *Vaccinium* disponen una baja actividad metabólica de la enzima nitrato reductasa en las hojas, la cual permite reducir el nitrato a nitrito y posteriormente en amonio requerido en la biosíntesis de proteínas (Sierra, 2018).

El contenido de materia seca está relacionado con el número de brotes y la capacidad fotosintética de la planta para producir fotoasimilados para un mejor desempeño fisiológico (Bidwell, 1993), lo mencionado coincide con los resultados obtenidos en la investigación, logrando un mayor número de brotes y materia seca con altas dosis de nitrógeno aplicadas para todos los tratamientos, con la excepción de los tratamientos D1N1 y las plantas testigo.

También, Fang y otros (2017) indican que en *Vaccinium corymbosum* la mayor acumulación de materia seca se produce cuando la planta ha absorbido la mayor cantidad de nitrógeno, es decir

al final del ciclo vegetativo. Méndez (2002), manifiesta la acumulación de materia seca en una planta depende principalmente de la cantidad de hojas su incremento conlleva a un aumento de la materia seca. Además, la edad, la distribución de fotoasimilados, la variedad, agua y nutrientes son factores inherentes a la producción de materia seca (González, Álvarez, & Lima, 2018).

Por otra parte además de que no existen conocimientos del funcionamiento fisiológico del mortiño y su respuesta al Dormex, en otros cultivos como el arándano la Dormex al 2% puede influir en la acumulación de materia seca debido a que puede acortar el ciclo del crecimiento del brote y por lo tanto reducir el tiempo de acumulación de materia seca, los mismos resultados se puede observar en vid (Masri, Rizkallah, & Sassine, 2018).

4.4.6 Nitrógeno total

A pesar de que el suelo en el cual crecieron las plantas presentaba altos contenidos de nitrógeno, el contenido de nitrógeno foliar mostró diferencias significativas para los tratamientos evaluados ($F=9,14$; $P=0,0001$). Sin embargo, con la aplicación de nitrógeno no se presentaron síntomas de exceso de este nutriente en las hojas de las plantas. El nitrógeno mineral del suelo debe considerarse con cuidado, debido a que puede perderse del suelo con facilidad, a través de la desnitrificación o lixiviación, que corresponden a pérdidas permanentes del sistema (Urbano, 2001). Las plantas de mortiño que recibieron una dosis de Dormex al 0,05 % con $135 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Nitrógeno, al igual que las plantas tratadas con Dormex al 0,1 % con $135 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Nitrógeno presentaron mayor valor que el resto de plantas evaluadas (Figura 19).

Además, las plantas de mortiño que no recibieron ninguna dosis cianamida hidrogenada y nitrógeno presentaron menor contenido de nitrógeno que la mayoría plantas tratadas, sin embargo

las plantas testigo presentaron igual contenido de nitrógeno que las plantas tratadas con Dormex al 0,1 % y 90 kg.ha⁻¹ de nitrógeno (Figura 19).

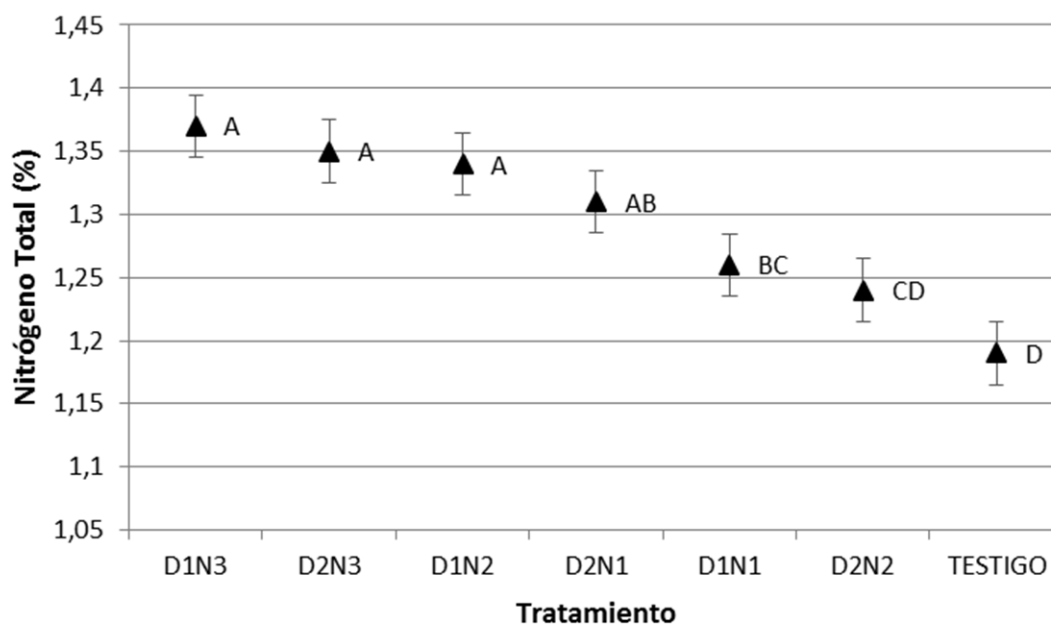


Figura 19 Contenido total de nitrógeno (%) al final del ciclo vegetativo en plantas de mortiño para cada tratamiento

En especies del género *Vaccinium* el nitrógeno es preferido en la forma amoniacal para posteriormente ser metabolizado como aminoácidos empleados en la biosíntesis de proteínas (Bryla, Machado, & Shireman, 2008). En cultivos como el arándano las dosis de nitrógeno serán variables dependiendo de cada condición particular y pueden ir desde 0 a 225 Kg.ha⁻¹ para obtener rendimientos altos, las dosis de nitrógeno evaluadas en mortiño se encuentran en estos rangos, estas cantidades a aplicar dependen de la productividad deseada y de la cantidad de materia orgánica al suelo, si el rendimiento deseado es alto y el ingreso de materia orgánica ha sido bajo, las dosis de nitrógeno serán superiores (Pinochet, Artacho, & Maraboli, 2014).

Las condiciones del suelo donde se realizó el experimento se caracteriza por un elevado contenido de materia orgánica y nitrógeno, sin embargo las dosis evaluadas mostraron mayor

respuesta en el contenido foliar de nitrógeno en el mortiño, el cual estuvo en el rango de 1,19 a 1,37 % lo cual debe considerarse como una referencia debido a que no existen estudios referentes para el mortiño, la determinación de valores extremos del contenido de nitrógeno foliar en mortiño puede servir como base para diagnósticos nutricionales del cultivo, sin embargo en el cultivo de arándano un contenido en el rango de 1,6 a 2 % de nitrógeno foliar se consideran como valores adecuados, mientras que valores inferiores son deficientes (INIA, 2017).

Por otra parte, en el periodo de evaluación se presentaron altas precipitaciones por lo cual el nitrógeno se pudo lixiviar, además en el suelo bajo altas cantidades de agua se pudieron presentar condiciones de anaeróbicas que resultan en la desnitrificación (Villalobos, Mateos, Orgaz, & Fereres, 2009), lo anterior puede justificar los valores inferiores en comparación con el arándano, sin embargo se presentaron resultados favorables para las plantas tratadas en comparación con las plantas testigo para la mayoría de las variables y también son dos especies diferentes a pesar de pertenecer al género *Vaccinium*. Por otra parte Bañados (2005), indica que el nitrógeno que absorbe la planta desde el suelo depende de la demanda requerida antes que la oferta del suelo, por lo cual es necesario aplicar las dosis adecuadas.

La fuente de fertilizante nitrogenado también debe considerarse. La urea en contacto con el suelo, se transforma muy rápidamente en amonio y CO_2 por medio de la enzima ureasa, como también las pérdidas por volatilización son considerables, las fuentes nítricas tienden a lixiviarse, mientras que las fuentes amoniacales son susceptibles de perderse con elevados valores de pH en suelo (Kafkafi & Tarchitzky, 2012). Sin embargo, en el estudio se empleó fuentes amoniacales como la urea y nitrofoska, los cuales se suministraron considerando todos los factores mencionados para tener una mayor eficiencia en la fertilización. Además, Rodríguez (2014) manifiesta que las especies *Vaccinium* se desarrollan sin importar la fuente de nitrógeno siempre

que se mantenga un pH bajo en la solución del suelo, sin embargo al absorber fuentes amoniacales la planta acidifica la rizosfera y facilita la absorción de la mayoría de nutrientes. El pH de la solución del suelo donde se desarrolló el estudio presentó acides lo cual pudo favorecer la absorción de otros nutrientes.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La caracterización morfológica permitió establecer 3 conglomerados de plantas, en donde el conglomerado 1 fue el grupo que aglutinó mayor número de introducciones con un total de 33 genotipos, mientras que el conglomerado 2 estuvo formado únicamente por 8 genotipos, por otra parte, el conglomerado 3 fue el grupo que se destacó presentando los mayores valores para la mayoría de variables morfológicas.
- La escala fenológica BBCH permitió describir 3 etapas fenológicas principales: desarrollo de la yema (0), desarrollo de hojas (1) y desarrollo del brote (3), en donde, la etapa principal 0 a su vez, presentó las subetapas letargo, inicio del hinchazón de la yema, fin del hinchazón de la yema, inicio de brotación en yemas y brotación, mientras que la etapa principal 1 presentó las subetapas hojas visibles, inicio de desarrollo foliar, despliegue de hojas y desarrollo final, simultáneamente, la etapa principal 3 presentó las subetapas inicio del crecimiento, crecimiento y crecimiento total.
- El ciclo vegetativo anual del mortiño desde la poda hasta el completo desarrollo del brote tuvo una duración promedio de 107 días, tiempo en el cual las plantas acumularon un total de 1410,61 Grados Día Desarrollo.
- En la evaluación agronómica del mortiño, el número de unidades frío no presentó diferencias significativas entre tratamientos, por otra parte, el número de brotes y contenido de materia seca presentó diferencias significativas destacándose el tratamiento con Dormex al 0,1 % con 135 kg.ha⁻¹, además, en la longitud de brote el mayor valor lo presentó el tratamiento con

Dormex al 0,0,5 % con 90 kg.ha^{-1} , mientras que las plantas tratadas con una dosis de D1N3, D1N2, D2N3, presentaron mayor contenido de nitrógeno foliar que las plantas testigo, finalmente, el Índice Plastocrónico presentó valores promedio entre 15,76 y 25,5.

5.2 Recomendaciones

Para etapas posteriores se recomienda establecer descriptores morfológicos para la flor y fruto del mortiño y realizar una caracterización morfológica de las introducciones considerando estas variables morfológicas.

Realizar una caracterización molecular de las introducciones de mortiño para estimar su variabilidad genética.

Realizar una descripción del desarrollo fenológico de las flores y frutos de las introducciones de mortiño utilizando la escala BBCH.

Evaluar métodos eficientes de propagación de plantas de mortiño como por ejemplo el método de propagación asexual por acodos.

Realizar introducciones de genotipos de otras localidades y evaluar su comportamiento agronómico en diferentes condiciones altitudinales y edafoclimáticas.

5.3 Bibliografía

- Acosta, P., Riofrío, T., Rojas, J., Vilanova, S., Plazas, M., & Prohens, J. (2016). Phenological growth stages of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.), an emerging fruit crop, according to the basic and extended BBCH scales. *Scientia Horticulturae*, 199, 216-223.
- Agustí, M. (2010). *Fruticultura*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Arias, M. (2006). Recursos genéticos y mejoramiento de frutales andinos: una visión conceptual. *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7(2), 40-54.
- Arias, M., Darino, E., Astessiano, R., Severino, M., & Borges, A. (2010). Hydrogen Cyanamide on budbreak and yield of 'O'Neal' Highbush Blueberry in South Uruguay. *Acta horticulturae*, 872(872), 245-252.
- Arias, M., Darino, E., Astessiano, R., Severino, V., & Borges, A. (2011). La dormición de los arándanos en las condiciones climáticas del Uruguay. *Cangue*, 31, 27-31.
- Arias, M., Darino, E., Astessiano, R., Severino, V., & Borges, A. (2011). La dormición de los arándanos en las condiciones climáticas del Uruguay. *Cangue*, 31, 27-31.
- Arjona, B. (2001). El Mortiño o Agraz (*Vaccinium meridionale*, Ericaceae) como Planta Promisoria en la Región del Parque Arvíl (Antioquia, Colombia). *Seminario de Plantas promisorias*. Medellín: Universidad Nacional.
- Aron, R. (1983). . Avaluability of chilling temperatures in California. *Agricultural Meteorology*, 28, 351-363.
- Avaria, S., Carrasco, J., Rutllant, J., & Yañez, E. (2004). El Niño-La Niña 1997-2000. Sus Efectos en Chile. *CONA*, 231-252.
- Azcón, J., & Talón, M. (2013). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. España: McGraw-Hill.
- Bañados, P. (2005). *Fisiología del crecimiento, nutrición y poda de arándano. Ciclo de Seminarios Frutícolas de actualización técnico comercial. Berries: ArándanosFrambuesas*. Chile: ASOEX.
- Bañados, P. (2005). Claves para la poda de arándanos. *Revista agronomía y forestal UC*, 25, 28-30.
- Bañados, P., Donnay, D., & Uribe, P. (2005). Poda en verde de arándanos. *Revista agronomía y forestal*, 31, 16-19.
- Basf. (2015). *Dormex regulador de crecimiento folleto técnico*. Santiago.
- Bassett, C., Wisniewski, M., Artlip, T., & Norelli, J. (2006). Global Analysis of Genes Regulated by low Temperature and Photoperiod in Peach Bark. *J. Journal American Society Horticultural Science*, 131(4), 551-563.

- Bidwell, R. (1993). *Plant Physiology* (1 ed.). Editorial Mexico.
- Bioversity International. (2007). *Guidelines for the development of crop descriptor lists*. Roma, Italia: Bioversity Technical Bulletin Series.
- Birkhold, K., & Darnell, R. (1993). Contribution of storage and currently assimilated nitrogen to vegetative and reproductive growth of rabbiteye blueberry. *Journal American Society Horticulture Science*, 118(1), 101-108.
- Bryla, D., Machado, R., & Shireman, A. (2008). Effects of method and level of N fertilizer application on soil, pH, EC, and availability of NH₄⁺ and NO₃⁻ in blueberry.
- Calderón, Z. (1996). *Desfasamiento de la época de cosecha de durazno*. Michoacán, México.
- Calderón, Z. (2016). *Manejo y Producción Forzada de Berries*.
- Camargo, I., Quirós, E., & Gordón, I. (2011). Identificación de mega ambientes para potenciar el uso de genotipos superiores de arroz en Panamá. *Pesquisa agropecuaria*, 46(9), 1061-1069.
- Casas, A., & Caballero, J. (1995). Domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica. *Ciencias*, 40, 36-45.
- Chacón, M. (2009). Darwin y la domesticación en las américas: El caso del maíz y el frijol. *Acta biología Colombia*, 14(4), 351-364.
- Chaux, C. (1972). *Productions légumières* (2 ed.). París.
- Chmielewski, F., & Rötzer, T. (2001). Response of tree phenology to climate change across Europe. *Agriculture For Meteorology*, 108, 101–112.
- Climate-Data.Org*. (2018). Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-del-carchi/la-paz-179421/#climate-graph>
- Coba, P., Coronel, D., Verdugo, K., Paredes, M., Yugs, E., & Huachi, R. (2012). Estudio etnobotánico del mortiño (*vaccinium floribundum*) como alimento ancestral y potencial alimento. *La granja*, 1-9.
- Covas, G. (2012). *Manual de fertilidad y evaluación de suelos*. La Pampa, Argentina: Ediciones INTA.
- Crozier, A., Kamiya, Y., Bishop, G., & Yakota, T. (2000). Biosynthesis of hormones and elicitor molecules. *American Society Plant Physiology*, 850–929.
- Davies, P. (2004). Domesticación. En P. Davies, *Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria 137* (págs. 16-19). Uruguay.
- Di Rienzo, J. B., González, L., Casanoves, F., Tablada, M., & Robledo, C. (2018). Infostat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba.

- Díaz, F. (2010). *El proceso de domesticación en las plantas*. México.
- Dickison, W. (2000). *Integrative plant anatomy*. San Diego, USA: El Sevier.
- Duarte, C. (1991). Allometric scaling of seagrass form and productivity. *Marine Ecology*, 77, 289-300.
- Durako, M. (1994). Seagrass die-off in Florida Bay (USA): changes in shoot demography characteristics and population dynamics in *Tallasia testudinum*. *Ecology Progress Series Marine*, 110, 59-66.
- Engels, J., & Visser, L. (2003). *A guide to effective management of germplasm collections*. (Vol. 6). Roma, Italia: IPGRI.
- Erez, A., & Couvillon, G. (1987). Characterization of the influence of moderate temperatures on rest completion in peach. *Journal American Society for Horticultural Science*, 112(4), 677-680.
- Erickson, R., & Michelini, F. (1957). The plastochron index. *American Journal of Botany*, 44, 572-579.
- Estrella, E. (1986). *El Pan de América: Etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador* (1 ed.). Madrid: Pérez-Díaz.
- Fang, Y., Williamson, R., Darnell, Y., & Liu, G. (2017). Nitrogen uptake and allocation at different growth stages of young southern highbush blueberry plants. *Horticulture Science*, 52(6), 905-909.
- Fordyce, J. (2006). The evolutionary consequences of ecological interactions mediated through phenotypic plasticity. *Journal Experimental Biology*, 209, 2377-2383.
- Franco, T., & Hidalgo, R. (2003). Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. . 89. Cali, Colombia: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI).
- Franco, T., & Hidalgo, R. (2003). *Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos*. Cali: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI).
- Fuentes, C. (2011). Estudio aerobiológico y fenológico de Ericaceae en León. León, México. Obtenido de https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/2277/tesis_806c0d.PDF?sequence=1
- Gallegos, M. (1995). Dinámica de poblaciones y crecimiento de los pastos marinos caribeños *Thalassia testudinum*, *Banks ex König*, *Syringodium filiforme* Kutz. Y *Halodule wrightii* Ascherson. Tesis de Doctorado. UNAM.

- Garcés, M. (1995). *Efecto de la cianamida hidrogenada sobre la brotación y producción de la caña y el retoño de frambuesas variedad Heritage*. Santiago, Chile: Universidad de Chile.
- García, C., & Ligarreto, G. (2014). Efecto del tamaño del fruto sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de agraz (*Vaccinium meridionale Swartz*) en cuatro localidades de los Andes de Colombia. *Agronomía Colombiana*, 32(1), 14-21.
- Garcidueñas, R. (1993). *Fisiología vegetal aplicada*. México: Editorial Interamericana.
- Gaviria, C., Hernández, J., Lobo, M., Medina, C., & Rojano, B. (2012). Cambios en la Actividad Antioxidante en Frutos de Mortiño (*Vaccinium meridionale Sw.*) durante su Desarrollo y Maduración. *Revista Facultad Nacional Agronomía*, 65(1), 6487-6495.
- Gaviria, C., Ochoa, I., Sánchez, N., Medina, C., Galeano, P., Mosquera, A., . . . Rojano, A. (2011). Propiedades antioxidantes de los frutos de agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale Swartz*). *Universidad Nacional de Colombia*, 1, 98-111.
- Gil, F. (1994). *Elementos de fisiología vegetal*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Gil, G. (2000). *El Potencial Productivo*. Santiago, Chile: Universidad Católica de Chile.
- Godoy, C., Garaita, U., & Tognetti, J. (2005). Comportamiento fenológico de dos cultivares de arandano alto en el sudeste bonaerense. *Revista Facultad de agronomía UBA*, 25(3), 217 – 225.
- González, D., Álvarez, U., & Lima, R. (2018). Acumulación de biomasa fresca y materia seca por planta en el cultivo intercalado caupí – sorgo. *Centro Agronomía*, 45(2), 1-13.
- Gonzalez, L. (2002). Propagación y productos del mortiño (*Vaccinium floribundum Kunth*). *Proyecto Páramo Andino ECOPAR*, 100.
- González, L., Rugeles, L., & Magnitskiy, S. (2018). Efecto de diferentes fuentes de nitrógeno sobre el crecimiento vegetativo de agraz (*Vaccinium meridionale Swartz*). *Agronomía Colombiana*, 36(1), 58-67.
- Google Earth. (2018). *Google mapas*. Quito.
- Goyal, M., & Ramirez, V. (2008). *Elementos de agrometeorología*. Risalda, Colombia.
- Grés, R. (1989). Efecto de la época de aplicación u concentración de cianamida hidrogenada sobre la floración, brotación, producción y madurez de duraznos (*Prunus persicae L.*) cultivar Flordaking. 99. Quillota, Chile: Universidad Católica de Valparaíso.
- Grijalva, J., Checa, X., Ramos, R., Barrera, P., & Limongi, R. (2012). *Situación de los Recursos Genéticos Forestales*. Primer Informe sobre el Estado de los Recursos Genéticos Forestales en el Mundo, INIAP, Programa Nacional de Forestería, Ecuador.

- Guardiola, J., & Garcia, L. (1999). *Fisiología vegetal I: Nutrición y transporte*. Madrid, España: Editorial Sintesis.
- Hack, H., Bleiholder, H., Buhr, L., Feller, C., Hess, M., Klose, R., . . . Weber, E. (1996). *Compendio para la identificación de los estadíos fenológicos de especies mono y dicotiledóneas cultivadas escala BBCH extendida*. Alemania.
- Harper, J. (1977). *Population Biology of Plants*. Academic Press.
- Hofman, G., & Van Cleemput, O. (2004). *Soil and plant nitrogen*. París, Francia: International Fertilizer Industry Association (IFA).
- Holdridge, L. (1982). *Ecología basada en zona de vida*. (H. Jiménez, Trad.) San José, Costa Rica.
- Hopkins, W., & Hüner, N. (2009). *Introduction to Plant Physiology*. . United States of America: Copyright.
- Ibarra, S., Boudouresque, C., & Maurice, R. (1997). Leaf dynamics and production of a *Zostera marina* bed near its southern distributional limit. *Aquatic Botany*, 58, 99-112.
- IDAE. (2007). *Ahorro, Eficiencia Energética y Fertilización Nitrogenada*. Madrid, España.
- INIA. (2017). *Manual de manejo agronómico del arándano*. Santiago, Chile: Instituto de investigaciones agropecuarias.
- INIAP. (2006). *Informe del análisis bromatológico realizado en el departamento de nutrición y calidad del instituto nacional de investigaciones agropecuarias*. Quito.
- International Bioversity. (2007). *Guidelines for the development of crop descriptor lists. Bioversity Technical Bulletin Series*. Roma, Italia: Bioversity International.
- Intrieri, C., Poni, S., Silvestroni, O., & Filippetti, I. (1992). Leaf age, leaf position and photosynthesis in potted grapevines. *Horticultural Science*, 1, 23-27.
- Jacobs, R. (1979). Distribution and aspects of the production and biomass of eelgrass, *Zostera marina*. L. at Roscoff, France. *Aquatic Botany*, 7, 151-172.
- Jaramillo, R., & Guzman, M. (1984). Relación entre la temperatura y el crecimiento en *Coffea arabica* variedad Caturra. *Cenicafé*, 35(3), 57-65.
- Jonhson, D. (2000). *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. México: Thompson.
- Jorgensen, P., Ulloa, R., & Madsen, J. (1995). A floristic analysis of the high andes of Ecuador. *The New York Botanical Garden*, 1, 221-237.
- Kafkafi, U., & Tarchitzky, J. (2012). *Fertirrigación: Una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua*. Paris, Francia.

- Kerbaudy, G. (2004). *Fisiología Vegetal*. Rio de Janeiro, Brasil: Editora Guanabara Koogan S.A.
- Kron, K., Powell, E., & Luteyn, J. (2002). Phylogenetic relationships within the blueberry tribe (Vaccinieae, Ericaceae) based on sequence data from matK and nuclear ribosomal ITS regions, with comments on the placement of Satyria. *American Journal of Botany*, 89, 327-333.
- Lagos, T., Ordóñez, H., Criollo, H., Burbano, S., & Martínez, Y. (2010). Description of native fruit trees of Ericaceae family in the highlands of south of Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(1), 9-18.
- Lee, B., Yu, S., & Jackson, D. (2009). Control of plant architecture: The role of phyllotaxy and plastochron. *Journal of Plant Biology*, 52(4), 277-282.
- Lema, V. (2010). Procesos de domesticación vegetal en el pasado prehispánico del noroeste argentino: estudio de las prácticas más allá de los orígenes. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología XXXV*, 121-142.
- León, P., & Ravelo, R. (2005). *Fitotecnia General. Aplicada a las Condiciones Tropicales*. La Habana: Universidad de la Habana.
- Ligarreto, G. (2009). Perspectivas del cultivo de agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz) en la zona altoandina de Colombia. *Universidad Nacional de Colombia*.
- Ligarreto, G., Patiño, M., & Magnitskiy, S. (2011). Phenotypic plasticity of *Vaccinium meridionale* (Ericaceae) in wild populations of mountain forests in Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 59(2), 569-583.
- Ligarreto, G., Torres, W., & Ariza, C. (2013). Propagación del frutal neotropical *Vaccinium meridionale* Swartz por acodos aéreos. *Agronomía Colombia*, 31(2), 169-175.
- Lira, R. (1994). *Fisiología vegetal*. México: Editorial Trillas.
- Llambí, L., Soto, A., Celleri, R., De Bievre, B., Ochoa, B., & Borja, P. (2012). *Ecología Hidrología y Suelos del Páramo, proyecto páramo andino*. Quito: FLACSO.
- Lobos, G., & Hancock, J. (2015). Breeding blueberries for a changing global environment: a review. *Plant Science*, 6, 1-14.
- Luteyn, J. (1996). *Flora of Ecuador* (Vol. 54). Berlín, Alemania: Borrad.
- Luteyn, J. (1999). Páramos: A checklist of plant diversity, geographical distribution and botanical literature. The New York Botanical Garden Press, Nueva York.
- Luteyn, J. (2002). The New York Botanical Garden. Recuperado el Septiembre de 2018, de <http://sweetgum.nybg.org/science/projects/ericaceae/>
- Luteyn, J., & Pedraza, P. (2002). *Flora of Ecuador* (Vol. 54). Alemania: Borrad.

- MA-56, (. a. (1998-2019). Registros diarios de parámetros climáticos. Base de datos. Sangolquí.
- Magnitskiy, S., Ligarreto, G., & Lancheros, H. (2011). Enraizamiento de dos tipos de estacas de los frutales *Vaccinium floribundum* Kunth y *Disterigma alaternoides* (Kunth) Niedenzu (Ericaceae). *Agronomía Colombiana*, 29(2), 361-371.
- Mardoqueo, J. (2003). Guía técnica: el cultivo del jiquilete (*Indigofera* spp.) en el Salvador. *MAG/BCIE/IICA*.
- Maroto, J. (2008). *Elementos de horticultura general*. Barcelona, España: Mundi-Prensa.
- Márquez, S. (1990). Métodos, teoría y resultados. En *Genotecnia vegetal*. México. D.F: AGT.
- Masri, I., Rizkallah, J., & Sassine, Y. (2018). Effects of Dormex (Hydrogen Cyanamide) on the performance of three seedless table grape cultivars grown under greenhouse or open-field conditions. *Agronomy Research*, 16(5), 2026-2036.
- McArtney, S., & Ferree, D. (1999). Shading Effects on Dry Matter Partitioning, Remobilization of Stored Reserves and Early Season Vegetative Development of Grapevines in the Year after Treatment. *American Society for Horticultural Science*, 124(6), 591-597.
- Medina, C., Lobo, M., Castaño, A., & Cardona, L. (2015). Análisis del desarrollo de plantas de mortiño (*Vaccinium meridionale* Swart.) bajo dos sistemas de propagación: clonal y sexual. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 16(1), 65-77.
- Medina, C., Lobo, M., Ligarreto, G., Delgado, O., Lopera, S., & Toro, J. (2009). Variabilidad morfológica en agraz mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz) en la zona altoandina de Colombia. *Universidad Nacional de Colombia*, 1, 57-74.
- Medina, C., Lobo, M., Patiño, M., Ligarreto, G., Delgado, O., Lopera, S., & Toro, J. (2009). In G. A. Ligarreto (Ed.), *Perspectivas del cultivo de agraz o mortiño (Vaccinium meridionale Swartz) en la zona altoandina de Colombia*.
- Medina, G., & Mena, P. (2001). *Los Páramos en el Ecuador. Los páramos del Ecuador. Particularidades, Problemas y Perspectivas*. Quito: FLACSO.
- Meier, U. (2018). *Etapas de desarrollo de las plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas BBCH Monografía*. Quedlinburg, Alemania.
- Méndez, J. (2002). Relación entre el peso seco total y los caracteres vegetativos y la nodulación de plantas de maní (*Arachis hypogaea* L.). *Revista Científica UDO Agrícola*, 2(1), 46-53.
- Mendoza, F. (2018). *Fenología florar del mortiño (Vaccinium Floribundum Kunth) acorde a la escala BBCH en el páramo andino El Atacazo, Ecuador*, 63. Ecuador: UDLA.
- Mississippi State University. (2017). *Chilling-Hour Requirements of Fruit Crops*. Mississippi: Copyright.

- Mohd, R. (1992). Effect of chilling, Hydrogen Cyanamide, Hot Water and Bud Scale Removal on bud break of "tifblue" Rabbiteye Blue Berry. *Virginia*.
- Morales, D. (1993). *Compendio histórico del Perú*. Editorial Milla Batres.
- Moya, J. (2009). *Riego localizado y fertirrigación* (3 ed.). Barcelona: MUNDI-PRENSA.
- Muchow, R., Robertson, M., & Pengelly, B. (1993). Radiation use efficiency of soybean, mungbean and cowpea under different environmental conditions. *Field Crops Research*, 32, 1-15.
- Navarro, G. (2003). *Química agrícola: El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida*. Murcia, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Nesmith, D., & Bridges, D. (1992). Modeling chilling influence on cumulative flowering: a case study using 'Tifblue' rabbiteye blueberry. *Journal American Society Horticulture Science*, 117(5), 698-702.
- NeSmith, D., Krewer, G., & Williamson, J. (1998). A Leaf Bud Development Scale for Rabbiteye Blueberry (*Vaccinium ashei* Reade). *Horticultural Science*, 33(4), 757-758.
- Noboa, V. (2010). Efecto de seis tipos de sustratos y tres dosis de ácido naftalen-acético en la propagación vegetativa del mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth). 105.
- Orduz, J., & Fischer, G. (2007). Balance hídrico e influencia del estrés hídrico en la inducción y desarrollo floral de la mandarina 'Arrayana' en el piedemonte llanero de Colombia. *Agronomía Colombiana*, 25(2), 255-263.
- Pacheco, R., Duarte, J., Da Souza, P., Silva, D., & Nunes, J. (2009). Key locations for soybean genotype assessment in Central Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44, 478-486.
- Pallardy, S. (2008). *Physiology of Woody Plants*. England: Copyright.
- Pallardy, S., & Kozlowski, T. (2008). *Physiology of woody plants*. USA: Copyright.
- Palliotti, A., Cartechini, A., & Ferranti, F. (2000). Morpho-anatomical and physiological characteristics of primary and lateral shoot leaves of Cabernet Franc and Trebbiano Toscano grapevines under two irradiance regimes. *American Journal enology vitic*, 51(2), 122-130.
- Parcker, R. (2000). *La ciencia de las plantas*. Madrid, España: Tompson editores.
- Parra, R. (2004). *Caracterización varietal y desarrollo agronómico de cultivo de arándano*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.
- Pessaraki, M. (2002). *Handbook of Plant and Crop Physiology*. New York.
- Pinochet, D., Artacho, P., & Maraboli, A. (2014). *Manual de fertilización de arándanos cultivados en el sur de Chile*. Valdivia, Chile.

- Piñero, D., Barahona, A., Eguiarte, L., Rocha, A., & Salas, R. (2008). La variabilidad genética de las especies: aspectos conceptuales y sus aplicaciones y perspectivas en México, Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. *Conabio, 1*, 415-435.
- Pritts, M., & Hancock, J. (1992). *Highbush Blueberry. Production Guide. Northeast Regional Agricultural*. New York.
- Racines, M., Hidalgo, M., & Vasquez, W. (2016). Domesticación de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth.): frutal andino con gran potencial para la industria alimenticia. *Agronomía Colombiana, 34*(1), 51-53.
- Ramírez, F., Fischer, G., Lee Davenport, T., Augusto, J., & Ulrichs, C. (2013). Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) phenology according to the BBCH phenological scale. *Scientia Horticulturae, 162*, 39–42.
- Razeto, B. (2003). La época de fertilización nitrogenada en frutales de hoja caduca. *Aconex, 78*, 11-14.
- Reque, P., Steffens, R., Da Silva, A., A, J., Flores, S., Rios, A., & Vogt de Jong, E. (2014). Characterization of blueberry fruits (*Vaccinium* spp.) and derived products. *Food Science and Technology, 34*(4), 773-779.
- Reyna, T. (1983). *Importancia de las horas-frío en la fruticultura*. México: UNAM.
- Rivedeneira, M., & Carlazara, G. (2011). Comportamiento fenológico de variedades tradicionales y nuevas de arándanos. *Instituto Nacional de Tecnología agropecuaria*.
- Rodriguez, A. (2014). *Manejo de la Fertilización en el Cultivo del Arándano, Experiencias del Seguimiento Nutricional en Perú*. Perú.
- Rojas, M. (1993). *Fisiología Vegetal Aplicada* (Cuarta ed.). México, México: Interamericana-McGraw-Hill.
- Romero, A. (2016). *El arándano en el Perú y el mundo*. Lima: MINAGRI.
- Rowland, L., Ogden, E., & Ehlenfeldt, M. (2010). EST-PCR markers developed for highbush blueberry are also useful for genetic fingerprinting and relationship studies in rabbiteye blueberry. *Science Horticulture, 125*, 779–784.
- Salisbury, F., & Ross. (1994). *Fisiología vegetal*. Mexico D.F.: Iberoamerica.
- Salisbury, F., & Ross, C. (1992). *Fisiología de plantas*. Madrid, España: Tompson editores.
- Salisbury, F., & Ross, C. (1994). *Fisiología vegetal*. México: Grupo Editorial Iberoamérica S.A.
- Schilder, A., Isaacs, R., Hanson, E., & Cline, B. (2004). *Apocket guide to IPM scouting in highbush blueberries*. . USA: Michigan State University.

- Shaltout, A., & Unrath, C. (1983). Rest competition prediction model for Starkinson Delicious apples. *Journal of American Society Horticultural Science*, 108, 957-961.
- Sierra, C. (2018). Aplicación de distintas dosis de nitrógeno en arándanos: Cómo le afecta a la planta. Obtenido de <https://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Analisis/2018/08/01/Aplicacion-de-distintas-dosis-de-nitrogeno-en-arandanos-Como-le-afecta-a-la-planta.aspx>
- Smith, M., Cheary, B., & Carroll, B. (2004). Response of pecan to nitrogen rate and nitrogen application time. *Horticulture Science*, 39, 1412-1415.
- Sokal, R., & Rohlf, J. (1962). The Comparison of Dendrograms by Objective Methods. *Taxonomy*, 11(2), 33-40.
- Solana, E. (2001). Utilización de métodos cuantitativos para el estudio de la dinámica de los pastos marinos: Una revisión crítica. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 36(2), 165-180.
- Soto, L. (2006). *Estimuladores de la brotación en durazno cv San Gabriel en aguas calientes*. Buenavista: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Stewart, H. (2011). Blueberry Plants - Chilling Requirements for Blueberry Production. Obtenido de <https://ezinearticles.com/?Blueberry-Plants---Chilling-Requirements-for-Blueberry-Production&id=6027066>
- Suárez, C., Calderón, M., & Mancipe, C. (2018). Propagación sexual y tolerancia a la desecación del agraz (*Vaccinium meridionale* Sw) de tres fuentes semilleras localizadas en Ráquira, San Miguel de Sema (Boyacá) y Gachetá (Cundinamarca). *Revista Académica Colombia Ciencia*, 42(163), 207-215.
- Swart, P. (2015). Harvest scheduling of southern highbush blueberries. Stellenbosch University.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2003). *Plant physiology* (2 ed.). Massachusetts, USA: Sinauer Associates.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología Vegetal*. Castelló Plana: Publicacions de la Universitat Jaume.
- Téliz, D. (2000). *El aguacate y su manejo integrado*. Mexico: MUNDI-PRENSA.
- Torres, M., Trujillo, D., & Arahana, V. (2009). Cultivo in vitro del mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth). *Agronomía Colombia*, 2, 1-15.
- Torres, W., Ariza, C., & Ligarreto, G. (2013). Propagación del frutal neotropical *Vaccinium meridionale* Swartz por acodos aéreos. *Agronomía Colombiana*, 31(2), 169-175.
- Trehane, J. (2004). *Blueberries, Cranberries and other Vacciniums*. Timber Press.

- Undurraga, P., & Vargas, S. (2013). Manual de Arándano. *Centro Regional de Investigación Quilamapu*, 1-120.
- UPOV. (1991). Guidelines for the conduct of test for distinctness, homogeneity and stability for *Vaccinium vitis-idaea* L. *International Union for the Protection of new varieties of plants*.
- UPOV. (1991). *Guidelines for the conduct of test for distinctness, homogeneity and stability for Vaccinium vitis-idaea* L. International Union for the Protection of new varieties of plants.
- Urbano, P. (2001). *Tratado de fitotecnia general*. México, México: Mundi-Prensa.
- Urbina, V. (2001). *Morfología y desarrollo vegetativo de los frutales*. Lleida, España: Paperkite® Editorial.
- Urrego, L., & Valle, J. I. (2001). Relación fenología-clima de algunas especies de los humedales forestales (guandales) del pacífico sur colombiano. *Interciencia*, 26(4), 150-156.
- Villalobos, F., Mateos, L., Orgaz, F., & Fereres, E. (2009). *Fitotécnia: Bases y tecnologías de la producción agrícola*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Ward, J. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58, 236-244.
- Warrington, I., & Kanemasu, E. (1983). Corn growth response to temperature and photoperiod I. Seedling emergence, tassel initiation, and anthesis. *Agronomy Journal*, 75, 749-754.
- Williamson, J., & Lyrene, P. (2004). *Blueberry varieties for Florida*. USA: Florida Cooperative Extension Service. University of Florida.
- Williamson, J., Krewer, G., Maust, B., & Miller, P. (2002). Hydrogen cyanamide accelerates vegetative budbreak and shortens fruit development period of blueberry. *Horticulture Science*, 37(3), 539-542.
- Williamson, J., Maust, B., & Smith, D. (2001). Timing and concentration of hydrogen cyanamide affect blueberry bud development and flower mortality. *Horticulture Science*, 36(5), 922-924.
- Wood, B. (2002). *Late nitrogen fertilization in pecan orchards*. Las cruces.
- Yuri, J., & Lepe, V. (2007). *Receso y dormancia*. Chile: Universidad de Talca.
- Yzarra, W., & López, F. (2009). *Manual de observaciones fenológicas*. Lima, Perú.
- Yzarra, W., & López, F. (2009). *Manual de observaciones fenológicas*. Lima, Perú.
- Zegbe, D., & Rumayor, R. (1993). Evaluacion de cianamida hidrogenada como retardante de la brotación de yemas florales de durazno criollo. *Agricultural Technology Mexican*, 19(2), 111.

Zúñiga, M. (2017). Caracterización del hábitat de crecimiento del mortiño (*Vaccinium Floribundum* Kunth) en el páramo de Cotacachi, Ecuador. 94. UDLA.