

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TEMUCO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES
ESCUELA DE AGRONOMÍA



EFECTO DEL ÁCIDO-2-CLOROETIL FOSFÓNICO (ETHEPHON),
COMO UNA ALTERNATIVA COMPLEMENTARIA DE PROMOCIÓN
FLORAL SOBRE EL IRIS HOLANDÉS (*Iris x hollandica* Tub.), cv.
“PARÍS”, EN LA COMUNA DE CUNCO, IX REGIÓN.

Tesis de grado presentada a la
Facultad de Ciencias Agropecuarias
y Forestales como parte de los
requisitos para optar al título de:

INGENIERO AGRÓNOMO.

JOSÉ ALFREDO SOTO GONZÁLEZ

TEMUCO – CHILE

2004

AGRADECIMIENTOS.

Al culminar esta etapa de estudios superiores, deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a cada una de las personas que hicieron posible la materialización de este proyecto de investigación.

*A mi profesor guía, **Gustavo Baeza R.** Dr. Bioquímico, por su calidad humana y profesional, por los valiosos aportes y consejos entregados durante esta investigación, los que contribuyeron en forma importante a mi crecimiento personal y profesional.*

*A mis profesores consejeros, **Hilda Cuevas R.** Ing. Agr. y **Marcelo Rodríguez B.** Ing. Agr. Mg. Sc., por sus valiosos aportes y celo en el desarrollo de esta investigación.*

*Al equipo humano que conforma la **Corporación Residencia Universitaria Femenina** y **Cooperativa Cadeprom**, por su disposición y apoyo constante durante la ejecución de la investigación. En especial a la Srta. **Fresia Zúñiga P.** Asistente Social, por su calidez y constante apoyo.*

*De la misma manera, agradezco al proyecto de la Fundación para la Innovación Agraria "**Producción Forzada de Iris a través de una Articulación Social, Tecnológica y Científica**", (FIA-PI-C-2002-1), sin cuyo apoyo económico no habría sido posible la realización de esta tesis.*

DEDICATORIA.

A mis padres José y Nelly, por darme la posibilidad de continuar una segunda carrera universitaria, por su constante esfuerzo, dedicación y apoyo incondicional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDOS	PÁGINA
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Antecedentes históricos del etileno.....	4
2.2 Naturaleza química del etileno.....	5
2.2.1 Características generales.....	5
2.2.2 Hibridación y grado de saturación.....	6
2.2.3 Disposición y estructura molecular.....	7
2.2.4 Reactividad molecular.....	8
2.3 Biosíntesis de etileno.....	9
2.3.1 Estructuras de biosíntesis.....	11
2.4 Efectos del etileno sobre los vegetales.....	12
2.4.1 Estimulación de la germinación y brotación.....	13
2.4.2 Efectos sobre la abscisión de estructuras vegetales.....	13
2.4.3 Epinastía.....	14
2.4.4 Regulación de crecimiento.....	14
2.4.5 Efecto sobre plantas en suelos saturados de agua.....	15
2.4.6 Efecto sobre la maduración de frutos.....	16
2.4.7 Respuesta a esfuerzo mecánico.....	19
2.4.8 Efectos sobre la floración.....	19
2.5 Mecanismos de acción.....	20
2.5.1 Interacción con auxinas.....	22
2.5.2 Antagonistas del etileno.....	22

2.6 Aplicaciones comerciales de etileno.....	23
2.7 El Iris.....	24
2.7.1 Antecedentes generales.....	24
2.7.2 Clasificación y descripción botánica.....	25
2.7.3 Crecimiento y desarrollo del Iris holandés.....	26
2.8 El proceso de floración.....	28
2.8.1 Factores que influyen en el desarrollo de la flor.....	30
2.8.1.1 Calibre de bulbos.....	30
2.8.1.2 Requerimientos térmicos.....	31
2.9 El forzado de las flores de bulbo.....	33
2.9.1 Etapas del forzado de bulbos.....	34
2.9.1.1 Fase de producción comercial de bulbos.....	34
2.9.1.2 Fase de programación e invernadero.....	34
2.9.1.3 Fase de comercialización.....	38
2.9.2 Control de la floración durante el forzado del Iris holandés.....	38
2.9.2.1 Promoción de la floración.....	39

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	45
3.1 Área de estudio.....	45
3.2 Características edáficas.....	45
3.3 Cultivar empleado.....	45
3.4 Establecimiento del ensayo.....	46
3.4.1 Tamaño del ensayo.....	46
3.5 Manejo agronómico del ensayo.....	46
3.5.1 Preparación de suelos.....	46
3.5.2 Tratamientos térmicos.....	46
3.5.3 Aplicación de etileno.....	47
3.5.4 Preparación de bulbos.....	47
3.5.5 Establecimiento de bulbos.....	47

3.5.6 Fertilización.....	48
3.5.7 Riegos.....	48
3.5.8 Control de malezas.....	49
3.5.9 Cosecha de flores.....	49
3.6 Variables de respuesta.....	49
3.6.1. Análisis de cultivares.....	49
3.6.1.1 Parámetros vegetativos.....	49
3.6.1.2 Parámetros fenológicos.....	50
3.7 Diseño experimental.....	50
3.8 Análisis estadístico.....	50
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
4.1 Análisis descriptivo de datos.....	51
4.1.1 Parámetros vegetativos.....	51
4.1.2 Parámetros fenológicos.....	52
4.2 Efecto sobre parámetros vegetativos.....	53
4.2.1 Efecto sobre la altura de plantas y longitud de vara floral.....	53
4.2.2 Efecto sobre el número de hojas por planta.....	57
4.3 Efecto sobre parámetros fenológicos.....	62
4.3.1 Efecto sobre la floración.....	62
4.3.2 Efecto sobre el período transcurrido entre establecimiento y floración.....	65

V. CONCLUSIONES.....70

VI. RESUMEN.....72

SUMMARY.....73

VII. LITERATURA CITADA.....74

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Estructura molecular del etileno.....	6
2. Hibridación sp^2	7
3. Disposición geométrica de la molécula de etileno.....	8
4. Ruta metabólica de formación de etileno.....	10
5. Relación entre la producción de etileno y la respiración durante el aumento climatérico en el plátano.....	17
6. Estructura de la molécula de Ethephon.....	23
7. Secciones horizontales de “bulbos redondos” sin floración (izquierda), y bulbos con proceso de floración (derecha).....	27
8. Relación del calibre de bulbos de Iris Holandés (cv. “Ideal”), con el porcentaje de plantas que florecen.....	31
9. Relación del calibre de bulbos de Iris Holandés (cv. “Ideal”), con el porcentaje de plantas que forman sólo tres hojas.....	32
10. Tratamientos térmicos aplicados en cámara según el período de floración programada.....	36
11. Efecto de tres concentraciones de Ethephon sobre las variables de respuesta altura de plantas y longitud de vara floral en el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).	53
12. Efecto de tres concentraciones de Ethephon sobre la distribución plantas por longitud de vara floral en el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).....	55

13.	Efecto de tres concentraciones de Ethephon sobre la variable de respuesta número de hojas sobre el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).....	58
14.	Efecto de tres concentraciones de Ethephon sobre la distribución plantas por número de hojas en el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).....	59
15.	Efectos de tres concentraciones de Ethephon sobre la distribución de plantas con flores normales y flores abortadas en el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).....	62
16.	Efecto de tres concentraciones de Ethephon sobre la variable de respuesta período establecimiento-floración en el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).....	66

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Estructura y configuración de los principales hidrocarburos en relación con el etileno.....	9
2. Período de ocurrencia del proceso de iniciación floral sobre algunas especies bulbosas.....	28
3. Ilustraciones, simbología y descripción de las distintas etapas de la formación floral del Iris holandés.....	29
4. Calibres adecuados para el forzado empleados para algunas especies bulbosas.....	30
5. Procedimiento de programación estándar para cultivos de floración primaveral.....	35
6. Procedimiento de preenfriamiento para cultivos de floración primaveral.....	35
7. Efecto de distintos períodos de exposición a etileno sobre la floración y abortos florales sobre bulbos de Iris holandés cv. "Ideal" calibre 9 cm.....	43
8. Efecto de distintas concentraciones de etileno sobre la floración, abortos florales por planta de Iris holandés cv. "Ideal" calibre 9 cm.....	44
9. Tratamientos térmicos empleados sobre los bulbos.....	47
10. Productos y dosificación para el control de hongos e insectos sobre los bulbos.....	48
11. Programa de fertilización cultivo de Iris Holandés Serie Cunco.....	48
12. Análisis descriptivo de los distintos parámetros bajo evaluación.....	52

13.	Efecto de tres concentraciones de Ethephon sobre la altura de plantas y longitud de vara floral en el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).....	54
14.	Efecto de tres concentraciones de Ethephon sobre la distribución porcentual de la longitud de varas según calidad en el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).....	56
15.	Efecto de tres concentraciones de Ethephon sobre la variable de respuesta número de hojas sobre el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).....	59
16.	Efecto de tres concentraciones de Ethephon sobre la distribución porcentual del número de hojas por planta en sobre el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).....	60
17.	Efecto de tres concentraciones de Ethephon sobre la distribución porcentual de plantas con flores normales y abortadas en el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).....	63
18.	Efecto de tres concentraciones de Ethephon sobre la variable período entre establecimiento-floración en el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).....	67

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Características edafoclimáticas del Andisol utilizado.....	82
2. Características del cultivar utilizado.....	83
3. Descripción del fitorregulador empleado.....	84
4. Temperatura ambiental y de suelo durante el período de ensayo.....	85
5. Pruebas de contraste de hipótesis según variables de respuesta.....	86
6. Correlación de Pearson entre variables de respuesta.....	87
7. Ilustraciones según etapa del ensayo e instalaciones de la Corporación R.U.F.....	88

I. INTRODUCCIÓN.

En organismos gubernamentales y privados existe especial preocupación por buscar y desarrollar alternativas agropecuarias que permitan diversificar y revitalizar el sector frente a una situación generalizada de fuerte competencia externa en sus principales rubros tradicionales, especialmente en la zona sur del país, estimulando el proceso de transformación de las operaciones agrícolas tradicionales. De esta forma han surgido nuevos rubros agrícolas que, de ninguna manera sustituyen en forma masiva a los tradicionales, pero sin duda permiten una mayor estabilidad a los agricultores al diversificar su producción.

Una de estas alternativas es la producción de flores. La zona sur posee múltiples ventajas para el cultivo de flores; particularmente para el cultivo de especies bulbosas. La zona sur del país posee un ciclo climático anual basado en la oscilación de temperaturas denominado "ciclo termoperiódico anual". Esta variación térmica es fundamental para el óptimo crecimiento y desarrollo de las especies bulbosas. Entre otras ventajas de la producción de flores de bulbos, destaca el factor fitosanitario. El país no está afectado por el nemátodo *Dytilenchus destructor* T., que en países del hemisferio norte es un serio problema para la producción de bulbos. Además del desfase estacional con los mercados del hemisferio norte.

Con técnicas de manejo adecuadas, y debido al uso intensivo del recurso suelo, las flores representan una excelente posibilidad de incorporarse a las explotaciones agrícolas, sobre todo de pequeños productores. Además, su incorporación en los sistemas productivos permite una adecuada rotación de

cultivos, una mayor incorporación de la mujer al trabajo productivo y el aporte de ingresos adicionales al grupo familiar.

El Iris Holandés (*Iris x hollandica* Tub.), entre otras geófitas, podría convertirse en una excelente alternativa para incorporarla en los sistemas de producción locales. Debido a las proyecciones comerciales de su cultivo y la limitada oferta actual, debido a que las superficies destinadas a su cultivo en nuestro país son aún incipientes; según estimaciones preliminares esta no sería superior a las 10 hectáreas.

Sin embargo, su incorporación plantea diversas condicionantes relativas principalmente al manejo de sus bulbos durante el almacenaje y establecimiento, las que están directamente involucradas en el proceso de floración subsecuente. Lo que se traduce en un manejo inadecuado de la especie, limitando su potencial productivo. Además, es pertinente señalar que en la región es habitual que se utilice como referencia la información generada en otras zonas del país y del mundo. Por ello, es necesario generar información local con respecto a las prácticas de manejo requeridas por este tipo de cultivos.

El fomento de la inducción floral en el Iris Holandés requiere de la exposición de sus bulbos durante varias semanas a altas temperaturas, las que deben oscilar entre los 30-35° C y la prolongación de dichos tratamientos está asociada directamente al calibre de sus bulbos. Cuando la inducción floral no se concreta los bulbos producen plantas que sólo alcanzan un desarrollo vegetativo, lo cual es más evidente en forzados tempranos. Con las variaciones meteorológicas, propias de cada temporada, los tratamientos estándar para inducir la floración no son siempre efectivos, observándose un considerable número de plantas que sólo alcanzan un desarrollo vegetativo y/o plantas con flores abortadas.

Ha sido demostrado a través de experiencias internacionales que la exposición de bulbos a etileno promueve la inducción floral, y que dicha exposición puede reemplazar parcialmente los tratamientos de altas temperaturas y provocar un adelantamiento de la floración cuando los bulbos son sometidos a forzado.

Mediante tratamientos con dosis controladas de etileno se puede inducir la floración del Iris holandés, pudiendo incluso llegar a constituir una práctica de manejo que permita reemplazar o complementar los tratamientos de calor descritos para tal función.

Por lo anteriormente expuesto, el objetivo general de la presente investigación es evaluar el efecto del regulador de crecimiento Ethephon, como una alternativa complementaria de inducción floral y su relación con el desarrollo vegetativo del Iris Holandés en condiciones locales bajo un sistema de forzado temprano, y los objetivos específicos son:

- Evaluar el efecto de tres concentraciones (0 mg/L, 240 mg/L y 480 mg/L), de ácido-2-cloroetil fosfónico (Ethephon), sobre parámetros vegetativos del Iris Holandés, cultivar París, de calibre floral (9/10 cm).
- Evaluar el efecto de tres concentraciones (0 mg/L, 240 mg/L y 480 mg/L), de ácido-2-cloroetil fosfónico (Ethephon), sobre parámetros fenológicos del Iris Holandés, cultivar París, de calibre floral (9/10 cm).

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1 Antecedentes históricos del etileno.

Múltiples observaciones indicaban que ciertas emanaciones gaseosas debían influir fuertemente en el desarrollo de las plantas, principalmente estimulando la maduración de los frutos. Las antiguas civilizaciones egipcias aprovechaban la mayor producción de etileno que resulta al hacer pequeñas incisiones en higos de sicomoro (*Ficus sycomorus* L.), para estimular la maduración (ROSS y SALISBURY, 1994). En la China antigua se sabía que las frutas cosechadas maduran con mayor rapidez en un recinto donde se quema incienso (JENSEN y SALISBURY, 1988; ROSS y SALISBURY, 1994). En 1864, se observó que en el gas del alumbrado y otras fuentes productoras de humo, generaban senescencia y caída de hojas en árboles en algunas ciudades alemanas (ABELES, 1973; WEAVER, 1976; ROSS y SALISBURY, 1994). Dimitry Neljubow demostró que el etileno altera el crecimiento de las plantas. En 1901, el fisiólogo ruso identificó al etileno en el gas del alumbrado y demostró que provoca una respuesta triple en plántulas de arveja (*Pisum sativum* L.), inhibe el alargamiento del tallo, aumenta su engrosamiento y estimula un hábito de crecimiento horizontal (ABELES, 1973; WEAVER, 1976; DEVLIN, 1982; ROSS y SALISBURY, 1994).

En 1910, en un informe anual del Departamento de Agricultura Jamaicano, era mencionado que no se debían almacenar naranjas junto con plátanos en los barcos, porque cierta emanación de las primeras hacía que los plátanos maduraran en forma prematura. Las naranjas en buen estado no forman etileno, por lo que probablemente fueron hongos de las naranjas infectadas los que

produjeron la emanación. Al parecer este informe fue la primera sugerencia de que las frutas liberan un gas que estimula la maduración, pero no fue sino hasta 1934 cuando Gane demostró que las plantas sintetizan etileno y que este es el responsable de una maduración más acelerada (ABELES, 1973; JENSEN y SALISBURY, 1988; ROSS y SALISBURY, 1994).

No se aceptó al etileno como hormona hasta 1960, a pesar de la enorme cantidad de datos revelados que demostraban que en pequeñas cantidades el gas tenía efectos fisiológicos marcados en las plantas y a pesar de las dudas respecto de su capacidad de traslocación, que es uno de los atributos de las hormonas vegetales (ABELES, 1973; WEAVER, 1976).

2.2 Naturaleza química del etileno.

2.2.1 Características generales.

El etileno es una hormona de bajo peso molecular que se encuentra en estado gaseoso. En su estructura química, el etileno, producto natural del metabolismo vegetal, es la hormona de crecimiento vegetal más simple (IVELIC, 1990). Existen otros compuestos volátiles, como el acetileno y el propileno, que tienen efectos similares al etileno; sin embargo el etileno es entre 60 a 100 más activo que el propileno; el siguiente compuesto más activo del grupo (PRATT y GOESCHL, 1969; citado por WEAVER, 1976). El etileno es también el único producto de compuestos volátiles que es producido en cantidades apreciables en tejidos vegetales (IVELIC, 1990).

El etileno o eteno, es la molécula más simple de los hidrocarburos pertenecientes al grupo de los alquenos u olefinas. Este grupo esta conformado por hidrocarburos de cadena abierta en los que existe un doble enlace entre dos átomos de carbono. Al igual que en el grupo de los alcanos, los miembros más

simples son gases. Los compuestos del grupo de los alquenos son químicamente más reactivos que los compuestos saturados, reaccionando fácilmente con sustancias como los halógenos adicionando átomos a los dobles enlaces (BAILEY y BAILEY, 1998).

El etileno es un gas incoloro, con un olor ligeramente dulce, es ligeramente soluble en agua, y se produce comercialmente mediante pirólisis o “cracking térmico” y destilación fraccionada de petróleo. Debido a su doble enlace, el eteno es muy reactivo y forma fácilmente numerosos productos. El eteno tiene un punto de fusión de $-169,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ y un punto de ebullición de $-103,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (THORNTON y NIELSON, 1992). En el Cuadro 1, son indicadas las principales características de la estructura y configuración del etileno y su relación con otros hidrocarburos.

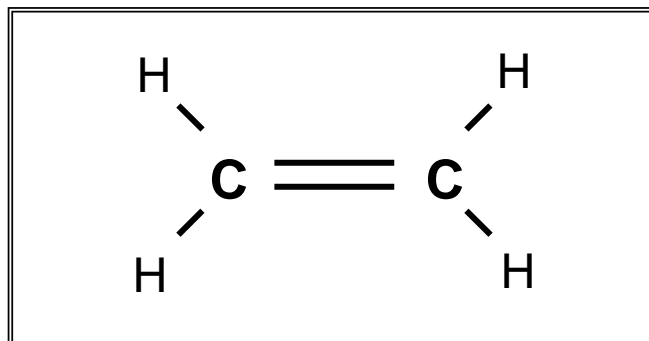


FIGURA 1. Estructura molecular del etileno (Fuente: BAILEY y BAILEY, 1998).

2.2.2 Hibridación y grado de saturación.

La hibridación o mezcla se refiere a la combinación de los orbitales atómicos presentes en una molécula determinada para la formación de nuevos orbitales con diferentes formas y orientaciones. La molécula de etileno presenta una hibridación sp^2 , en donde se combinan un orbital “s” y dos “p” para formar tres orbitales híbridos sp^2 que están orientados en forma trigonal (Figura 2). Un orbital

“p” permanece sin hibridar y es perpendicular al plano definidos por orbitales sp^2 (BAILEY y BAILEY, 1998; FOX Y WHITESELL, 2000).

FOX Y WHITESELL (2000), señalan que debido a su doble enlace, un alqueno tiene menos hidrógenos que un alcano con la misma cantidad de carbonos $-C_nH_{2n}$ para el alqueno y C_nH_{2n+2} para el alcano, por ello el alqueno se llama no saturado.

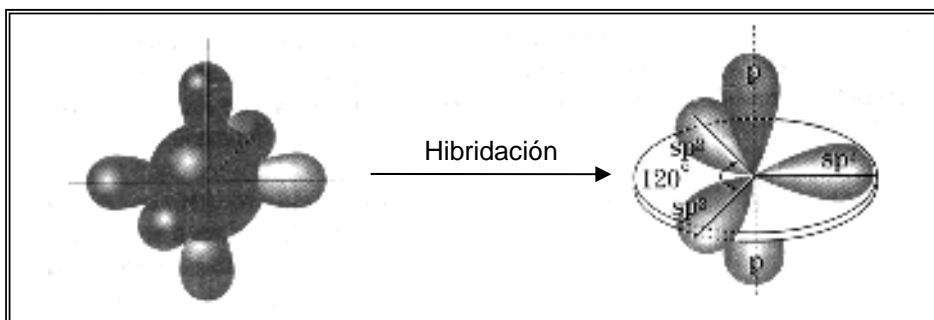


FIGURA 2. Hibridación sp^2 . (Fuente: Adaptado de BAILEY y BAILEY, 1998).

2.2.3 Disposición y estructura molecular.

FOX Y WHITESELL (2000), señalan que el etileno tiene tres átomos unidos a cada carbono; dos hidrógenos y el otro carbono. La disposición geométrica que permite que tres átomos unidos a un átomo de carbono central estén tan separados en el espacio como es posible es triangular o trigonal.

En el etileno, cada carbono está en el centro de un triángulo con ambos hidrógenos y el otro carbono en los tres vértices, con ángulos de enlace de aproximadamente 120° (Figura 3).

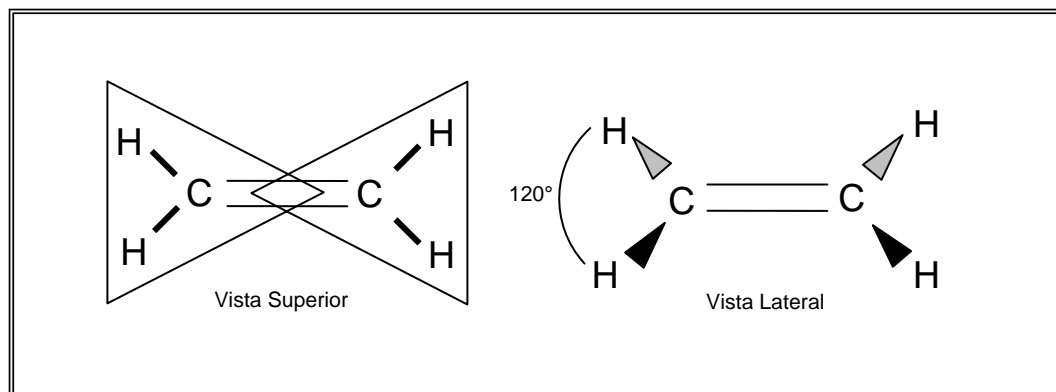


FIGURA 3. Disposición geométrica de la molécula de etileno. (Fuente: FOX Y WHITESELL, 2000).

2.2.4 Reactividad molecular.

BAILEY y BAILEY (1998), señalan que la reactividad de un compuesto orgánico está determinada por su estructura. Los sitios específicos de reacción tienden a ser átomos o grupos en los cuales hay una disponibilidad o deficiencia especial de electrones. El sitio rico en electrones de un reactivo puede reaccionar entonces con el área deficiente en electrones de otro.

El etileno posee un enlace doble (Figura 1), los cuales son por lo común sitios de reacción más activos que los enlaces sencillos porque sus electrones están más fácilmente disponibles ante una especie que ataca. Este es, por tanto, el grupo funcional de los alquenos, y como tal determina las reacciones características de estos hidrocarburos. En un enlace sencillo, los electrones están concentrados entre los dos átomos y no es fácil el acceso a ellos. Los dobles enlaces poseen una densidad electrónica que está por sobre y bajo de los átomos que intervienen, muy accesible para las especies que buscan electrones. (THORNTON y NIELSON, 1992; BAILEY y BAILEY, 1998).

CUADRO 1. Estructura y configuración de los principales hidrocarburos en relación con el etileno. (Fuente: Adaptado de BAILEY y BAILEY, 1998).

Características de hidrocarburos	Alcanos	Alquenos	Alquinos
▪ Número de átomos unidos al carbono central	4	3	2
▪ Hibridación	sp ³	sp ²	sp
▪ Geometría	Tetraédrica	Trigonal	Lineal
▪ Ángulos de enlace	109,5°	120°	180°
▪ Tipos de enlaces en torno al carbono	4 sencillos	2 sencillos, 1 doble	1 sencillo, 1 triple
▪ Energía del enlace	83 Kcal/mol	146 Kcal/mol	200 Kcal/mol
▪ Ejemplo	Etano	Etileno	Acetileno

2.3 Biosíntesis de etileno.

El precursor natural del etileno es la metionina, un aminoácido que contiene azufre. El origen del etileno desde la metionina fue demostrado a través de un modelo *in vitro* por YANG y PRATT (1966), citado por DEVLIN (1982). Al poco tiempo demostró que al tratar tanto el fruto y los tejidos vegetativos con metionina se aceleraba considerablemente la producción de etileno. Además, YANG (1969) citado por DEVLIN (1982), empleando metionina marcada, demostró que los carbonos que originaban al etileno son precisamente el tercer y el cuarto de la metionina. Otro argumento convincente de que la metionina es la sustancia precursora natural del etileno está en que la etionina, un potente antimetabolito de la metionina, bloquea la formación de etileno en el tejido del fruto (THIMANN, 1972; citado por DEVLIN, 1982; ROJAS y RAMÍREZ, 1987).

Un segundo avance importante en la investigación de la ruta metabólica para la formación de etileno, ocurrió al encontrar que el ácido 1-amino-ciclopropano-1-carboxílico (ACC), como precursor cercano al etileno.

Una reacción importante de la ruta metabólica de formación de etileno es el proceso cíclico de ahorro, en donde el átomo de azufre es conservado, sin esta reacción la cantidad de azufre reducido podría limitar la cantidad de metionina y la velocidad de síntesis de etileno (Figura 4). Otras particularidades notables de esta ruta es la importancia del ATP para la conversión de metionina en S-adenosilmetionina (SAM), y que se necesita de oxígeno para la conversión final del ACC en etileno (STRASBURGER *et al.*, 1994; ROSS y SALISBURY, 1994). Los requerimientos de ATP y oxígeno explican casi con seguridad por qué la producción de etileno casi se detiene en condiciones hipóxicas severas (ROSS y SALISBURY, 1994).

Otros estudios señalan que cuatro de los de los átomos de carbono de la unidad de ribosa de la SAM se conservan y vuelven a aparecer en la metionina. Es importante un intermediario, el ácido α -ceto- γ -metiltiobutirico (KTMB), en la recuperación de estos carbonos. La reacción final de la ruta, la conversión de ACC en etileno, es catalizada por la enzima oxidativa llamada enzima formadora de etileno (EFE). Estudios con vacuolas aisladas de haba (*Vicia faba* L.) demuestran que esos organelos contienen la mayor parte del ACC en las células y que forman la mayor parte del etileno (MAYNE y KENDE, 1986; KENDE, 1989; citados por ROSS y SALISBURY, 1994). Por lo tanto, es posible que la EFE esté sobre el tonoplasto o dentro de él. Sin embargo, otros estudios señalan que es probable que tanto la membrana plasmática como el tonoplasto sintetizen etileno (BOUZAYEN *et al.*, 1990; citado por ROSS y SALISBURY, 1994)

2.3.1 Estructuras de biosíntesis.

En esencia todas las estructuras vegetales de todas las plantas de semilla producen etileno. En las plántulas, el ápice de tallo es un sitio muy importante para su producción. Los nudos de los tallos de plantas dicotiledóneas producen mucho más etileno que los internudos cuando se comparan pesos iguales de tejidos. Los

tallos producen más etileno cuando se dejan en posición horizontal. Las raíces liberan cantidades relativamente pequeñas, y la producción en hojas por lo general aumenta con lentitud hasta que las hojas senescen y se desprenden. También las flores sintetizan etileno, en especial antes de marchitarse, y en la mayoría de las especies este gas causa senescencia y abscisión (DEVLIN, 1982; ROJAS y RAMIREZ, 1987; ROSS y SALISBURY, 1994).

En muchos frutos, se produce poco etileno hasta justo antes del climaterio respiratorio que marca el inicio de la maduración. Estas emisiones estimulan el proceso de maduración de los frutos carnosos y no carnosos que presenten un aumento climatérico, si están suficientemente desarrollados para ser susceptibles al gas (ROJAS y RAMÍREZ, 1987; ROSS y SALISBURY, 1994).

2.4 Efectos del etileno sobre los vegetales.

ROJAS y RAMÍREZ (1987), señalan que el efecto más característico es la promoción de madurez de los frutos, lo que principalmente involucra transición de almidones a azúcares en los frutos climatéricos y en algunos no climatéricos.

Uno de los primeros efectos observados del etileno fue el de estimular la germinación, y el crecimiento de brotes. Los tubérculos de papa en reposo, se ven estimulados a germinar cuando se les ha aplicado etileno, a intervalos breves; sin embargo los tratamientos más largos suprimen la germinación. También se estimula el crecimiento de varios granos, bulbos, estacas de madera y raíces, al igual que la germinación de algunas especies, al aplicar simplemente como pretratamiento leve. Otros tratamientos hechos después de la brotación o germinación, inhiben el crecimiento de los brotes y las hojas (ABELES, 1973; WEAVER, 1976; ROJAS y RAMÍREZ, 1987).

2.4.1 Estimulación de la germinación y brotación.

Hay varios mecanismos posibles mediante los cuales el etileno puede estimular la germinación y brotación. El mecanismo más característico es el de estimular el desplazamiento de las enzimas hidrolíticas en los tejidos de almacenamiento (ABELES, 1973; WEAVER, 1976).

Se ha demostrado que la aplicación de etileno a capas aisladas de aleuronas de cebada, estimula la liberación de α -amilasa inducida por giberelinas en las células de aleuronas del endosperma, que son tejidos de almacenamiento (JONES, 1968; citado por WEAVER, 1976; ROJAS y RAMÍREZ, 1987). También es posible que el etileno producido durante el crecimiento de una yema, pueda servir para controlar la movilización de reservas alimenticias en los tejidos circundantes.

2.4.2 Efectos sobre la abscisión de estructuras vegetales.

Otro de los efectos del etileno es provocar la abscisión prematura de las hojas, frutos jóvenes y otros órganos. Es probable que los efectos de defoliación producidos por el 2,4-D, el NAA, las morfactinas y otros compuestos, se generen por resultado de inducir la producción de etileno por parte de estos compuestos. Aún no se conoce la función precisa que desempeña el etileno en procesos de abscisión, debido en parte a que la fisiología de abscisión resulta generalmente muy compleja. Se necesita mayor información acerca del etileno; si es producido en la zona de abscisión o cerca de ella, durante o después de la abscisión (WEAVER, 1976; ROJAS y RAMÍREZ, 1987; ROSS y SALISBURY, 1994).

2.4.3 Epinastía.

Las plantas intactas que son sometidas a tratamientos de etileno frecuentemente se tuercen y/o rizan. Esto se debe a que las velocidades de crecimiento de las superficies externas de tallos y hojas exceden las velocidades de crecimiento de las superficies interiores, lo cual provoca un marcado doblamiento de los pecíolos hacia abajo o epinastía. Al ser aplicadas auxinas en altas concentraciones también se produce epinastía, debido que las auxinas estimulan la liberación de etileno a través de las células de las plantas. Sin embargo muchas de las respuestas de las auxinas no incluyen al etileno; esta situación es clara, considerando que muchas auxinas naturales promueven el crecimiento, mientras que el etileno generalmente inhibe la elongación de raíces, tallo y hojas, o bien causa epinastía. Frecuentemente el etileno provoca un incremento en el crecimiento radial de las células, lo que genera el engrosamiento de raíces y tallos (JENSEN y SALISBURY, 1988; ROSS y SALISBURY, 1994).

2.4.4 Regulación de crecimiento.

La producción continua de pequeñas cantidades de etileno parece ser necesaria para el crecimiento normal de las plantas superiores (STRASBURGER *et al.*, 1994). Quizá el etileno desempeña una función importante en la transcripción y traducción del código genético del DNA al RNA a las proteínas y puede incorporarse en el RNA, al igual que algunas de las otras hormonas. Sí es así, contribuiría también a la regulación de otros fenómenos de desarrollo, como son la floración, abscisión y maduración de frutos. Hay bastantes pruebas de que cuando se tratan los tejidos con etileno, se produce el incremento en varias enzimas, sobre todo las peroxidasas y otras enzimas hidrolíticas que son importantes en los procesos de crecimiento (PRATT y GOESCHL, 1969; citado por WEAVER, 1976; ROJAS y RAMÍREZ, 1987; REID y WU, 1992; DE MUNK y SCHIPPER, 1993).

Una de las hipótesis es que el etileno regula el crecimiento, modificando el transporte o el metabolismo de las auxinas (ABELES, 1973). Otra hipótesis postula que el etileno regula sistemas enzimáticos importantes, asociados con las membranas de las células, contribuyendo así a la excreción desde las células de muchas enzimas importantes en el crecimiento (ABELES, 1973; ROJAS y RAMÍREZ, 1987; SMITH y HALL, 1984; REID y WU, 1992).

2.4.5 Efecto sobre plantas en suelos saturados de agua.

Debido a la necesidad de oxígeno para convertir el ACC en etileno, podríamos esperar que las raíces saturadas de agua limitaran su producción de etileno. Esto es efectivo, pero existen ciertas especies que tienden a producir más etileno bajo estas condiciones (ROSS y SALISBURY, 1994). HUANG *et al.*, (1997), señalan que la hipoxia, sobre dos cultivares de trigo, limita la elongación de raíces pero estimula la producción de etileno en bajas concentraciones, el cual genera procesos de hidrólisis, que destruyen la pared celular de los tejidos de la raíz, estimulando la formación del aerénquima, el cual incrementa el movimiento de oxígeno a las raíces desde las partes aéreas. Las plantas de tomate inundadas presentan signos de toxicidad por etileno. Como clorosis en las hojas, menor elongación de tallos y al mismo tiempo un mayor grosor, marchitamiento, epinastía y abscisión final de las hojas, menor elongación de la raíz acompañada con frecuencia por formación de raíces adventicias, y mayor susceptibilidad a los patógenos (KAWASE, 1981; JACKSON, 1985; citados por ROSS y SALISBURY, 1994).

Los suelos inundados por agua se vuelven hipóxicos con rapidez, debido a que el agua llena los espacios de aire y se reduce la renovación de oxígeno alrededor de las raíces por el limitado movimiento del gas en el agua. El etileno que es sintetizado queda aprisionado en las raíces porque el agua reduce su velocidad de escape en comparación con el aire (JACKSON, 1985; citado por

ROSS y SALISBURY, 1994). Este etileno hace que algunas de las células corticales sintetizen celulasa, enzima que hidroliza la celulosa y en parte es responsable de la degradación de las paredes celulares. Estas células corticales también pierden sus protoplastos y desaparecen, formando el tejido lleno de aire del aerénquima (ROSS y SALISBURY, 1994; HUANG *et al.*, 1997).

2.4.6 Efecto sobre la maduración de frutos.

El etileno se ha empleado para acelerar la maduración de frutos cosechados, como plátanos, mangos y melones, así como para quitar la coloración verde de los frutos cítricos, antes de venta en el mercado. Los frutos maduros responden a las aplicaciones de etileno, antes de producir el suyo (WEAVER, 1976; ROJAS y RAMÍREZ, 1987, ROSS y SALISBURY, 1994; FERRARI y SERGENT, 1996).

Aún no se conocen los mecanismos mediante los cuales el etileno induce la maduración. Una de las teorías es que el etileno cambia el estado físico celular, permitiendo que se produzcan reacciones, principalmente de degradación celular. El etileno puede ser un agente ocasional de los cambios de permeabilidad de las células, que se producen durante la maduración de los frutos. El etileno estimula respiración y síntesis de proteínas de algunos frutos inmaduros, lo que puede activar una cadena de eventos bioquímicos que requiere la maduración, ya que la producción de proteínas y enzimas se presenta al inicio del proceso de maduración (ROJAS y RAMÍREZ, 1987; JENSEN y SALISBURY, 1988; ROSS y SALISBURY, 1994).

En la mayoría de los frutos, la intensidad de la respiración sufrirá un brusco aumento seguido de una inmediata caída, cerca del final del desarrollo. Este fenómeno recibió el nombre de aumento climatérico (KIDD y WEST, 1930; citado por DEVLIN, 1982). El climaterio actúa como un mecanismo disparador, que pone

en marcha los cambios que transforman con rapidez el fruto inmaduro en maduro, y comestible (Figura 5).

Antes de que se identificara al etileno como un producto natural existente en las plantas se observó con cierta sorpresa que los frutos en proceso de maduración desprendían alguna sustancia volátil que aceleraba la maduración de otros frutos almacenados en inmediata proximidad (ABELES, 1973; WEAVER 1976). Esta sustancia fue pronto identificada con el etileno, y su presencia fue detectada en bajas cantidades en los frutos examinados. Si se realizan mediciones en forma continua del etileno existente en el tejido del fruto mientras éste madura, se observa que, aunque la cantidad de etileno presente es siempre muy reducida, existe un aumento de casi cien veces inmediatamente antes del climaterio o durante el mismo (WEAVER, 1976). Es conveniente destacar también que las condiciones que retrasan o impiden la maduración, como el almacenaje a bajas temperaturas, también retardan la producción de etileno (WEAVER, 1976; ROJAS y RAMÍREZ, 1987; ROSS y SALISBURY, 1994).

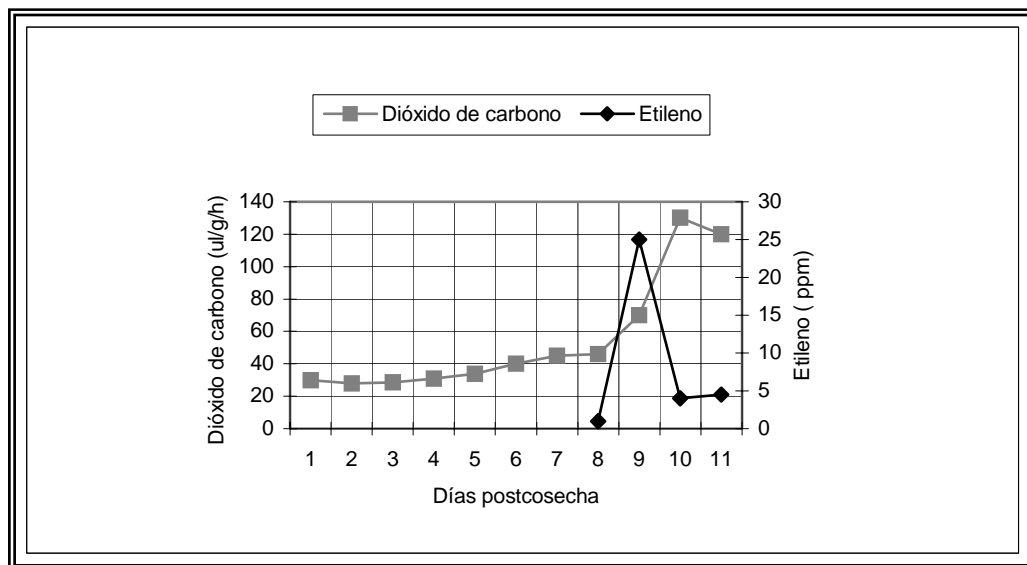


FIGURA 5. Relación entre la producción de etileno y la respiración durante el aumento climatérico en el plátano (Fuente: BURG y BURG, 1965; citados por DEVLIN, 1982).

Durante el climaterio tiene lugar un cambio en las propiedades de permeabilidad de las membranas que separan ciertas enzimas y sustratos, y éste, a su vez influirá sobre la respiración y otros cambios metabólicos. SACHER (1966), citado por DEVLIN (1982), encontró que en el tejido de plátanos se produce un aumento en la lixiviación de solutos que precede en 44 horas al inicio del climaterio y que se observa una máxima permeabilidad de la membrana durante el punto más alto alcanzado por la respiración.

Son variadas las experiencias que señalan que el etileno provoca un aumento en la permeabilidad de los tejidos, sin embargo existe una posibilidad de que la influencia del etileno sobre la permeabilidad de las membranas pueda ser indirecta. Aplicaciones exógenas de etileno sobre pétalos de rosa provocan un aumento en la actividad del ácido abscísico (MAYAK y HALEVY, 1972; citado por DEVLIN, 1982). A su vez GLINKA (1973), citado por DEVLIN (1982), ha demostrado que el ácido abscísico altera las características de permeabilidad de las membranas celulares de las raíces de girasol.

Otra teoría pone de manifiesto que el climaterio se encuentra acompañado por un aumento en el contenido de proteínas (FENKE *et al.*, 1968 y HULME *et al.*, 1968; citados por DEVLIN, 1982). Parece realmente posible que durante el climaterio se formen enzimas de maduración y que la actividad de estas enzimas sea a su vez la causa de los diversos cambios metabólicos que tienen lugar durante el climaterio y después de él. FENKE *et al.*, (1968), demostraron que la maduración del fruto puede evitarse si se bloquea la síntesis de proteínas con ciclohexemida en la primeras fases del climaterio. La inducción de la síntesis de proteínas por el etileno ha sido puesta de manifiesto en diferentes especies de plantas (CHALUTZ, 1973; REID y PRATT, 1972; WANG y MELLENTHIN, 1972; citados por WEAVER, 1976). Por ello parece totalmente posible que los incrementos en la producción de etileno en el fruto en maduración desencadenen la formación de nuevas proteínas, lo cual a su vez aceleraría la maduración.

2.4.7 Respuesta a esfuerzo mecánico.

Algunos tejidos vegetales liberan etileno en determinadas situaciones como respuesta al esfuerzo mecánico. La plántula, al emerger del suelo, se fricciona contra las partículas de suelo. Esta fricción provoca la liberación de etileno; si la resistencia en contra de la plántula es muy grande, como sucede en suelos de texturas pesadas, la liberación de etileno es considerable. El resultado es un tallo engrosado más fuerte, el cual permite a la plántula emerger (JENSEN y SALISBURY, 1988; ROSS y SALISBURY, 1994).

JENSEN y SALISBURY (1988), señalan que muchas plantas responden al esfuerzo mecánico produciendo tallos más cortos y gruesos. Si una planta de tomate es agitada todos los días durante 10 segundos, su velocidad de elongación se reduce hasta un 40%. Todas estas respuestas son mecanismos adaptativos; el esfuerzo mecánico promueve el desarrollo de plantas más preparadas, que aparentemente pueden resistir mejor la tensión mecánica futura.

2.4.8 Efectos sobre la floración.

El etileno también puede inducir la floración; por ejemplo realza la formación de flores pistiladas en las plantas cucurbitáceas. Una de las técnicas comunes que ha llegado a ser el principal método utilizado para inducir la floración en piña y mangos, es rociar la planta con etileno absorbido en una suspensión de bentonita de agua (ABELES, 1973; WEAVER, 1976).

La inducción floral en mangos y piñas por el etileno es inusual, ya que en la mayoría de las especies este gas inhibe la floración. Sin embargo, el empleo indirecto de etileno para promover la floración está muy difundido en la industria de la piña en Hawai (ROSS y SALISBURY, 1994; FERRARI y SERGENT, 1996). Al finalizar la primera mitad del Siglo XX, los campos eran rociados con la auxina NAA, que hoy se sabe estimula la síntesis de etileno. Como resultado, los campos

de piña florecen con mayor rapidez, y se homogeniza la aparición y maduración de frutos, lo que permite una sola operación de cosecha mecánica.

El empleo de etileno sobre los bulbos durante el almacenamiento induce una floración más temprana e incrementa los porcentajes de floración en el Iris Holandés (STUART *et al.*, 1966; HAYASHI, 1972; IMANISHI y FONTAINER, 1982; DE MUNK, 1984; citados por IMANISHI y YUE, 1986; DE HERTOIGH, 1989; SALINGER, 1991; DE MUNK y SHIPPER, 1993).

2.5 Mecanismos de acción.

ROJAS y RAMÍREZ (1987), señalan que antiguamente se pensaba que el etileno desempeñaba sólo una acción física, la que permitía aumentar la permeabilidad de las membranas celulares, facilitando el paso de iones y metabolitos. REID y WU (1992), señalan que actualmente se conoce que el etileno actúa ligándose a receptores, este complejo puede funcionar como un “promotor” al iniciar una serie de reacciones sin que la estructura del etileno sufra cambios posteriores.

STRASBURGER *et al.*, (1994), señala que la acción del etileno no sólo puede ejercerse sobre lugares alejados del punto de origen, sino incluso sobre individuos vecinos. Por ello no sólo actúa como hormona, sino que también como feromona, y además como sustancia activa entre individuos de especies diferentes. Actualmente, no existen explicaciones concretas respecto al accionar y la forma en que se moviliza el etileno dentro de los vegetales (WEAVER, 1976; DEVLIN, 1982; JENSEN y SALISBURY, 1988).

El transporte del etileno dentro de la planta se realiza intracelularmente y eventualmente a través del xilema y floema, en parte bajo la forma de su precursor

ACC. Aparentemente, el etileno actúa dentro de las células, uniéndose a una o más proteínas receptoras las cuales se ubican en las membranas celulares, y estas poseen un ión metálico en sus sitios activos. El etileno se une a un ión, probablemente al cobre, y este ión debe ser parte esencial de una enzima que permite la actividad del etileno. Al parecer, el monóxido de carbono y el dióxido de carbono se unen al mismo ión metálico que se une al etileno. De esta forma, cuando existen concentraciones muy elevadas de dióxido de carbono, compite con el etileno por el sitio activo del ión metálico en la enzima, reduciendo o eliminando casi por completo la respuesta de la planta al etileno (JENSEN y SALISBURY, 1988; ROJAS y RAMIREZ, 1987; ROSS Y SALISBURY, 1994; REID y WU, 1992; WEGRZYNOWICZ y SANIEWSKI, 1992a).

Muchos efectos del etileno están asociados a un incremento en la síntesis de enzimas involucradas en distintos procesos. Cuando el etileno estimula abscisión de hojas, aparecen en la capa de abscisión celulasa y otras enzimas que degradan la pared celular. Al dañarse el tejido celular aparece fenilalanina-amoniacoliase, una enzima importante en la formación de compuestos fenólicos que se piensa interviene en la cicatrización de las heridas (SMITH y HALL, 1984; REID y WU, 1992).

Cuando se producen infecciones por hongos, el etileno induce la formación de β -1,3-glucanasa y quitinasa, dos enzimas que degradan las paredes celulares de los hongos (BOLLER, 1988; citado por ROSS y SALISBURY, 1994). JENSEN y SALISBURY (1988), y ROSS y SALISBURY (1994), concluyen que el etileno es una señal para que las plantas activen mecanismos en contra de ataque de hongos. Casi con seguridad el etileno estimula la transcripción de diversos genes nucleares, y el tipo depende de la especie, órgano y tejido, entre otros factores (REID y WU, 1992).

2.5.1 Interacción con auxinas.

La capacidad del ácido indolacético (IAA) y todas las auxinas sintéticas de incrementar la producción de etileno hace surgir múltiples interrogantes acerca de si los efectos de las auxinas se deben en realidad al etileno. El etileno parece ser el responsable de algunos casos, incluyendo la epinastía de las hojas, la inhibición del alargamiento del tallo y hojas, la inducción de la floración en piñas y mangos, entre otros efectos. Sin embargo, la promoción del crecimiento, las etapas iniciales en la producción de raíces adventicias y muchos otros efectos de las auxinas parecen ser independientes de la producción de etileno. Sólo en determinadas partes del vegetal, y sólo cuando la concentración de auxinas se hace relativamente elevada; la producción de etileno es lo suficientemente alta para explicar ciertos efectos de las auxinas (JENSEN y SALISBURY, 1988; ROSS y SALISBURY, 1994).

2.5.2 Antagonistas del etileno.

Altas concentraciones de dióxido de carbono (5 a 10%), inhiben los efectos del etileno, quizá actuando como inhibidor competitivo. En la maduración de frutos interfiere en la capacidad del etileno de catalizar su propia formación. Esta interferencia se debe quizás al retardo en la conversión del ACC en etileno (CHEVERRY *et al.*, 1988, citado por ROSS Y SALISBURY, 1994). El dióxido de carbono puede ser empleado para prevenir la sobremaduración de los frutos almacenados en recipientes o cuartos con poca ventilación; la composición de gases se controla para que exista alrededor de 5 a 10% de dióxido de carbono, 1 a 3% de oxígeno y, de ser posible nada de etileno. Igualmente, es importante extraer parte del oxígeno, porque con ello se desacelera la síntesis de etileno (ROJAS y RAMÍREZ, 1987; ROSS y SALISBURY, 1994).

Un inhibidor mucho más eficaz de la actividad del etileno es el ión plata. BAYER (1976), citado por ROSS y SALISBURY (1994), observó que la etiolación

de plantas de poroto, la promoción de la abscisión de las hojas, flores y frutos de algodón, y la inducción de senescencia en orquídeas, efectos producidos por etileno, son nulificados o inhibidos por Ag^+ (aplicados como AgNO_3^-). En una experiencia efectuada sobre claveles, las flores fueron pretratadas durante 10 minutos con tiosulfato de plata (STS) 4 mM y después se mantuvieron en agua destilada durante 10 días, a 20°C . Con este tratamiento se logró retrasar considerablemente la senescencia de las flores de clavel (SMITH y HALL, 1984; ROJAS y RAMÍREZ, 1987; REID y WU, 1992; ROSS Y SALISBURY, 1994;).

2.6 Aplicaciones comerciales de etileno.

No resulta práctico tratar con gas etileno las plantas cultivadas a campo abierto, debido a que se disipa con demasiada rapidez. Sin embargo las aplicaciones de etileno pueden realizarse mediante Ethephon. El Ethephon ejerce sus efectos liberando gradualmente etileno, como producto de descomposición, cerca del lugar de acción en los tejidos vegetales (THOMSON, 1995; AFIPA, 2002). El Ethephon ofrece un medio para tratar con etileno las plantas cultivadas en terreno, ya que sus efectos son con frecuencia similares a los ejercidos por el etileno en la floración, maduración de los frutos y abscisión (YANG, 1969 citado por WEAVER, 1976).

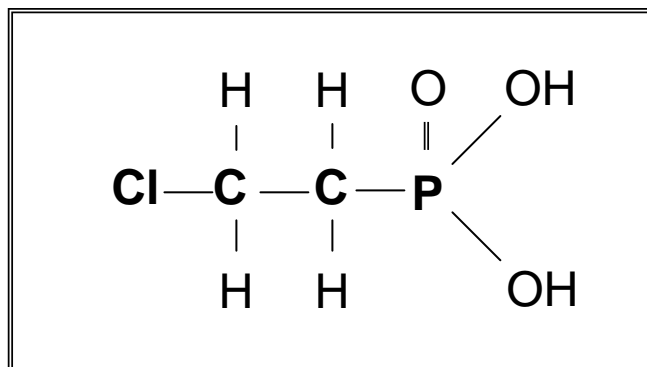


FIGURA 6. Estructura de la molécula de Ethephon (Fuente: WEAVER, 1976).

Existe en el mercado una sustancia productora de etileno, llamada comercialmente Ethrel® o Ethephon (ingrediente activo). Es el ácido-2-cloroetil fosfónico (Figura 6), que se descompone con rapidez en agua y un pH neutro o alcalino formando etileno, un ión cloruro y H_2PO_4^- . El Ethephon es utilizado en el campo hortícola, frutícola y florícola. Por ejemplo, se rocía en algunos campos de tomate para obtener frutos de maduración uniforme y permite una mayor eficiencia de la cosecha mecánica (REID, 1987; citado por ROSS Y SALISBURY, 1994, THOMSON, 1995 y AFIPA, 2002). Más antecedentes en el **Anexo 3**.

2.7 El Iris.

2.7.1 Antecedentes generales.

El Iris (Dwarf Iris, Dutch Iris, Miniature Iris, Orchid Iris, English Iris, etc.), ha sido utilizado por siglos, no sólo como planta ornamental, sino que también como modelo para adornos y en la elaboración de perfumes (KÖHLEIN, 1987; citado por DE MUNK y SHIPPER, 1993). La forma de sus flores se asemeja a las orquídeas, además posee una gran diversidad de colores lo que constituye a esta especie como una atractiva flor de corte. Sin embargo la durabilidad de su flor es limitada (SALINGER, 1991; DE MUNK y SHIPPER, 1993; BUSCHMAN, 1995).

El origen del Iris se sitúa en zonas templadas y subtropicales del hemisferio norte. CHAHÍN (2002), señala que el origen del Iris y otros exponentes de la familia de las iridáceas se encuentra en el norte de África, España, Portugal y el Líbano. Se han descrito más de 300 especies de Iris; número reducido en relación a las subespecies, cultivares e híbridos producidos comercialmente (HOOG, 1980, citado por DE MUNK Y SHIPPER, 1993).

2.7.2 Clasificación y descripción botánica.

El Iris Holandés (*Iris x hollandica* Tub.), es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia Iridaceae, que incluye a otras especies ornamentales como fresias, gladiolos y crocus (SALINGER, 1991; BUSCHMAN, 1995). La mayoría de los géneros de Iris pertenecen a plantas de tipo rizomatoso, las cuales son utilizadas principalmente en jardines. Otro grupo, con un menor número de especies, lo constituyen los de tipo bulboso, sin embargo estos últimos poseen mayor importancia económica (DAVIS, 1988; DE MUNK y SHIPPER, 1993; BUSCHMAN, 1995).

Los Iris presentan un sistema de propagación que puede ser un rizoma, cormo o bulbo (GREY 1937, citado por DE MUNK y SHIPPER, 1993). Poseen hojas herbáceas, liguladas y erguidas con una longitud que oscila entre los 45-60 cm y 2 cm de ancho. Sus flores poseen una gran variabilidad de formas y colores. La flor posee 6 pétalos fusionados en un perianto; tres inferiores (denominados caídos), y los tres interiores (denominados erguidos), con una longitud de 8 cm. Los estambres están insertos en la base de los pétalos caídos y poseen filamentos cortos. El ovario es trilocular y contiene gran cantidad de óvulos. Los estilos son crestados y petaloídeos, poseen una cápsula oblonga y crestada, la cual contiene gran cantidad de semillas globosas (DAVIS, 1988; SALINGER, 1991; DE MUNK y SHIPPER, 1993).

Los Iris de cormo y bulbo son clasificados dentro de cuatro géneros; *Xiphium*, *Iridodyctum*, *Gynandriris* y *Juno*. El género de mayor importancia comercial lo constituye *Xiphium*, el cual se caracteriza por presentar bulbos de gran tamaño, un hábito de crecimiento erecto y una floración tardía en primavera. Las especies más importantes y las más utilizadas en programas de mejoramiento, corresponden al Iris Inglés (*X. latifolium*) y al Iris Español (*X. vulgare*), (DE MUNK y SHIPPER, 1993; BUSCHMAN, 1995). El Iris holandés fue obtenido a través de cruces entre distintas especies y variedades del género

Xiphium (*X. vulgare* var. *Praecox* y *Lusitanicum*, *X. tingitanum*, *X. boisseiri*, *X. filifolium*). *Iris x hollandica* Tub. se caracteriza por presentar un hábito de crecimiento erecto y una floración más temprana que sus antecesores (DE HERTOIGH 1989; DE MUNK y SHIPPER, 1993).

El calibre de los bulbos es un elemento empleado para clasificar las variedades de Iris holandés. Las variedades de bulbos pequeños, de calibres superiores a 5/6 centímetros, son originados de diferentes cruzas entre especies de *X. vulgare*, ($2n=34$). Las variedades más conocidas, pertenecientes a este grupo son “White Excelsior”, “White Emperor” y “Purple Sensation”, entre otras. Las variedades de bulbos grandes, con calibre superior a 8/9 centímetros, son originados de diferentes cruzas entre especies de *X. tingitanum*, ($2n=28$). Las variedades más conocidas, pertenecientes a este grupo son “Ideal”, “Professor Blaauw” y “Wedgwood”, entre otras. Los programas de mejoramiento están enfocados en obtener nuevas combinaciones de colores, floración temprana y prolongar la vida de la flor de corte (DE HERTOIGH, 1989; SALINGER, 1991; DE MUNK y SHIPPER, 1993).

2.7.3 Crecimiento y desarrollo del Iris holandés.

La propagación del Iris Holandés depende completamente de su crecimiento vegetativo. Cuando se establece en otoño, las raíces y hojas, se pueden observar al finalizar el otoño o a comienzos de la primavera (DE MUNK Y SHIPPER, 1993; CHAHIN, 2002). El proceso de floración, de ocurrir, se lleva a cabo durante la primavera.

Dependiendo del calibre de los bulbos, o más preciso de su peso, y las temperaturas empleadas los bulbos pueden o no florecer. En una planta que no florece, la yema apical del bulbo madre, generalmente produce sólo tres o cuatro hojas.

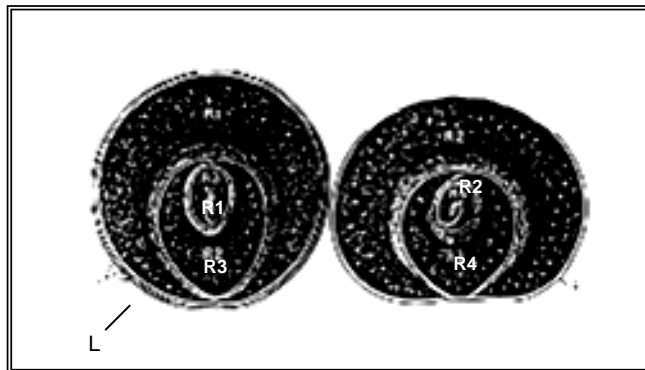


FIGURA 7. Secciones horizontales de “bulbos redondos” sin floración (izquierda), y bulbos con proceso de floración (derecha). L: Túnica, R: Escamas (Fuente: Adaptado de DE MUNK Y SCHIPPER, 1993).

Los bulbos producidos por estas plantas al seccionarlos horizontalmente es posible observar su forma redonda y se les denomina “bulbos redondos”. En una planta que florece, la yema apical del bulbo madre produce al menos cinco hojas y el tallo floral. Todos los bulbillos formados exhiben una forma caracterizada por un lado plano, debido a que estos bulbillos se forman en contra del tallo floral, y son denominados “bulbos planos”, los que además forman una delgada túnica (Figura 7).

Estas condiciones hacen a este tipo de bulbos susceptibles a daño mecánico y al ataque de hongos. Aunque estos bulbos tienen la capacidad de florecer, su calidad comercial es inaceptable. Durante el proceso de forzado sólo se utilizan bulbos redondos y de buen calibre (SALINGER, 1991; DE MUNK y SCHIPPER, 1993).

Según SALINGER (1991), para flor cortada, los bulbos son clasificados en “bulbos redondos”, “gran lateral achatado”, “pequeño lateral achatado” y “bulbos pequeños”. Todos los bulbos redondos y la mayor parte de los bulbos gran lateral achatados florecerán satisfactoriamente. Los bulbos pequeños pueden llegar a

florecer con una flor pequeña, no comercial; mientras que los bulbos más pequeños deberán pasar por un proceso de engorda para alcanzar un calibre adecuado para florecer.

2.8 El proceso de floración.

En el Iris holandés, como en el resto de las geófitas ornamentales, es importante el control de la floración. DE HERTOOGH y LE NARD (1993), y SCHIAPPACASSE (1996), señalan que el proceso de floración posee 5 etapas; las que incluyen la inducción floral, iniciación, organogénesis (diferenciación floral), crecimiento y maduración de los órganos florales y antesis. Para el control de la floración es importante determinar el momento en que ocurre la iniciación floral (Cuadro 2).

CUADRO 2. Período de ocurrencia del proceso de iniciación floral sobre algunas especies bulbosas (Fuente: Adaptado de SCHIAPPACASSE, 1996).

Género	Familia	Iniciación floral
▪ <i>Crocus</i>	Iridaceae	Después de la cosecha de bulbos
▪ <i>Tulipa</i>	Liliaceae	Después de la cosecha de bulbos
▪ <i>Iris</i> (Dutch Iris)	Iridaceae	Postplantación durante el invierno
▪ <i>Lilium</i>	Liliaceae	Durante el período de almacenamiento
▪ <i>Fresia</i>	Iridaceae	Postplantación durante primavera
▪ <i>Gladiolus</i>	Iridaceae	Postplantación durante primavera

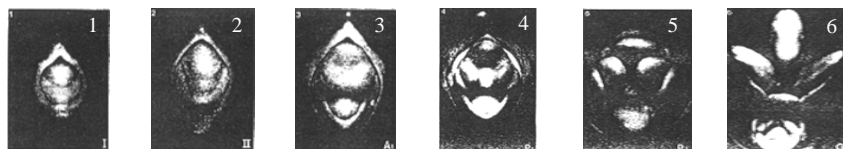
En el crecimiento y desarrollo de las bulbosas intervienen factores internos y externos. Entre los internos el tamaño crítico del órgano vegetativo subterráneo. Esta estructura debe pasar por una etapa juvenil y alcanzar un tamaño adecuado para florecer. Este tamaño esta sujeto a las condiciones ambientales, especie,

género e incluso es dependiente del cultivar (DE HERTOIGH, 1989; DE HERTOIGH, 1996; SCHIAPPACASSE, 1996).

Con un ciclo térmico adecuado (un período de altas temperaturas seguido de un periodo de bajas temperaturas), los bulbos que posean calibres adecuados producirán flores después de completar el proceso de maduración y la formación de más de tres primordios foliares (DE HERTOIGH, 1989; DE MUNK y SCHIPPER, 1993; DE HERTOIGH, 1996).

Las etapas de la formación floral en el Iris holandés son diferentes comparadas con otras especies de bulbo pertenecientes a la familia de las Liliáceas y Amarilidáceas (DE MUNK y SCHIPPER, 1993). En el Cuadro 3 se indican las distintas etapas de la formación de la flor.

CUADRO 3. Ilustraciones, simbología y descripción de las distintas etapas de la formación floral del Iris holandés (Fuente: Adaptado de DE HERTOIGH y LE NARD, 1993; CREMER *et al.*, 1973; citado por DE MUNK y SCHIPPER, 1993).



Número	Simbología	Descripción
1	I	▪ Ápice vegetativo.
2	II	▪ Engrosamiento del ápice inmediatamente antes de la iniciación floral.
3	A1	▪ Formación de la primera capa del androceo (estambres).
4	P1	▪ Formación de la primera capa del perianto (tépalos).
5	P2	▪ Formación de la segunda capa del perianto (tépalos).
6	G	▪ Formación del gineceo trilobulado (pistilo).

Observaciones microscópicas de secciones longitudinales a través del ápice reproductivo revelan la presencia de al menos cinco primordios foliares. Usualmente sólo uno o dos de estos primordios alcanzan la antesis (DE MUNK y SCHIPPER, 1993; DE HERTOOGH, 1996). El aborto del resto de los primordios foliares se produce por la carencia de metabolitos, la imposibilidad de metabolizarlos, y/o debido a la dominancia apical (DE MUNK y SCHIPPER, 1993).

2.8.1 Factores que influyen en el desarrollo de la flor.

Hay cuatro factores básicos que tienen influencia en la formación y desarrollo de la flor en las plantas bulbosas. Estas son el tamaño crítico del bulbo, formación de la hoja, factores ambientales (temperatura y luz), y la relación de la formación de la flor con los requerimientos de cosecha y baja temperatura (DE HERTOOGH, 1989, DE HERTOOGH, 1996).

2.8.1.1 Calibre de bulbos. La comercialización de los bulbos se realiza en base a su calibre. Si se utilizan bulbos con calibres adecuados el tamaño de la flor y/o el número de flores producidas aumenta (Figura 8). Los calibres normalmente utilizados para algunas especies bulbosas se indican en el Cuadro 4.

CUADRO 4. Calibres adecuados para el forzado empleados para algunas especies bulbosas. (Fuente: Adaptado DE HERTOOGH, 1996).

Género	Calibre (cm)
▪ <i>Crocus</i>	9-11
▪ <i>Hyacinthus</i>	15-19
▪ <i>Tulipa</i>	11-14
▪ <i>Iris</i> (Dutch Iris)	8-12

Íntimamente relacionado con el tamaño de los bulbos está el requerimiento de formación de hojas. DE HERTOOGH (1996), señala que el Iris holandés debe formar más de tres hojas antes de formar la flor. Si el bulbo forma sólo tres hojas, la planta no formará la flor, Figura 9.

DE MUNK y SCHIPPER (1993), señalan que el calibre mínimo para que el Iris holandés pueda florecer adecuadamente es de 8/9 cm de circunferencia para cultivares de bulbos grandes como “Professor Blaauw”, “Wedwood”, “Blue Magic” etc., y de 5/6 cm para cultivares de bulbos pequeños como “White Excelsior”, “White Superior”, etc.

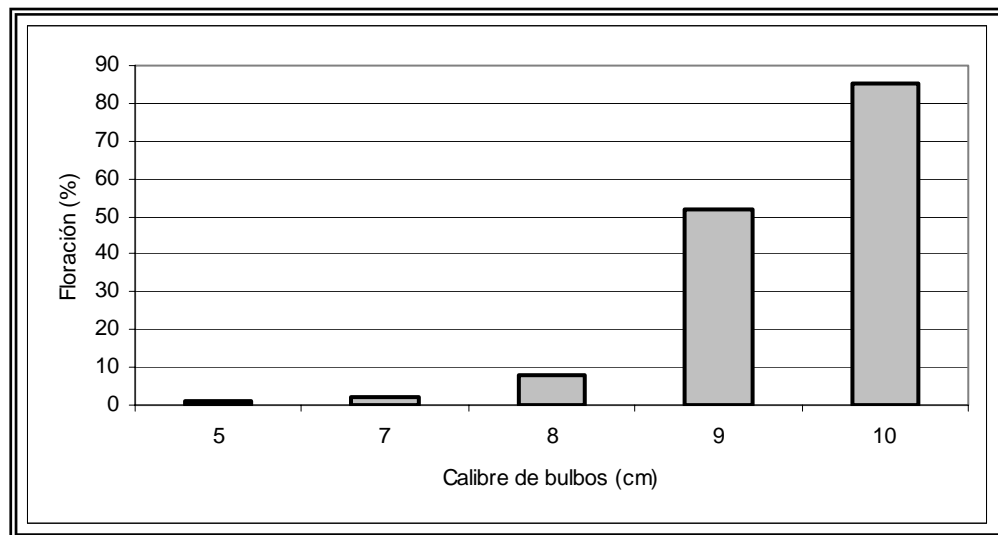


FIGURA 8. Relación del calibre de bulbos de Iris holandés (cv. “Ideal”), con el porcentaje de plantas que florecen. (Fuente: Adaptado de DUINEVELD y DE MUNK, 1986).

2.8.1.2 Requerimientos térmicos. DE HERTOOGH (1996), señala que el factor más importante que regula el inicio del desarrollo floral en las especies bulbosas es la temperatura. La temperatura constituye el factor climático más importante en el desarrollo de los bulbos. La temperatura asume un rol importantísimo sobre la

inducción floral y sobre la diferenciación de yemas, además de todos los procesos de crecimiento y desarrollo subsecuentes (DE MUNK y SCHIPPER, 1993).

La mayoría de las flores de bulbo son originarias entre los 23° y 45° de latitud norte y sur (DE HERTOOGH, 1989), la mayoría de estas especies son indígenas de la región mediterránea (Asia Menor), América del Norte y África de Sur. El clima que predomina en estas regiones consiste en inviernos fríos y húmedos seguidos por veranos cálidos y secos. DE HERTOOGH y LE NARD (1993), y DE HERTOOGH (1996), señalan que estas regiones poseen un ciclo climático anual basado en la oscilación de temperaturas denominado “ciclo termoperiódico anual”. Esta variación térmica es fundamental para el óptimo crecimiento y desarrollo de las especies bulbosas.

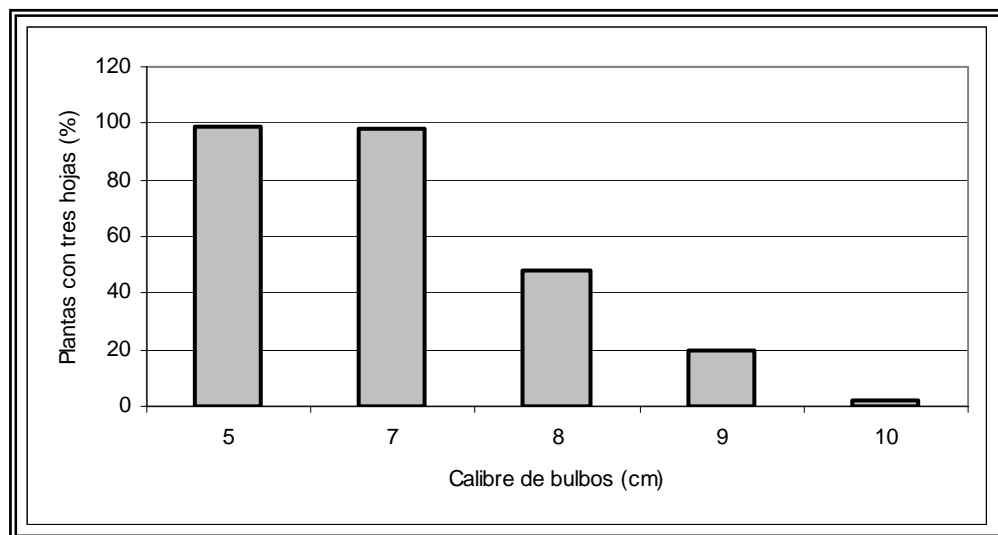


FIGURA 9. Relación del calibre de bulbos de Iris holandés (cv. “Ideal”), con el porcentaje de plantas que forman sólo tres hojas (Fuente: Adaptado de DUINEVELD y DE MUNK, 1986).

SALINGER (1991), señala que los bulbos del Iris son más sensibles que los narcisos o tulipanes a cortos períodos de altas o bajas temperaturas. Como

plantas de origen mediterráneo, experimentarían altas temperaturas de verano y condiciones de suelo seco, seguidas por un otoño e invierno frío y húmedo; por lo tanto la formación de flores tiene lugar naturalmente durante el otoño e invierno.

La luz también es factor de gran importancia para algunas especies bulbosas; el Iris holandés requiere de gran intensidad lumínica, si no se proporciona la cantidad suficiente de luz (10.000 lux), puede presentarse abortos florales. Otros factores que cobran igual importancia son la humedad y fotoperíodo (DE HERTOIGH, 1989; SALINGER, 1991; DE HERTOIGH, 1996).

La floración del Iris holandés ocurre normalmente durante la primavera. Sin embargo la floración puede obtenerse en distintas épocas mediante forzado (DE HERTOIGH, 1989). Idealmente, la producción de flores mediante el sistema de forzado, debe ser llevada a cabo bajo invernaderos climatizados. Este es un sistema de producción intensivo en donde los bulbos pueden ser fácilmente manejados, suministrando condiciones adecuadas para su almacenaje y establecimiento (DE MUNK Y SCHIPPER, 1993).

2.9 El forzado de las flores de bulbo.

Las especies bulbosas se clasifican como bulbos, tubérculos, raíces tuberosas y rizomas colectivamente se les denomina bulbos (HARTMANN y KESTER, 1992). Las flores de bulbo normalmente son cultivadas para su utilización como flor de corte y plantas para flor en maceta; ambos productos pueden ser concebidos bajo dos sistemas de cultivo; al aire libre y bajo un sistema de forzado.

DE HERTOIGH y LE NARD (1993), señala el sistema de cultivo forzado se entiende como un cultivo obtenido mediante la modificación de las variables

ambientales, cuyo objetivo es alterar la época normal de floración. DE HERTOUGH (1989), señala que durante el proceso de forzado, las condiciones ambientales deben ser controladas para regular el crecimiento, desarrollo y floración de los bulbos. El éxito del proceso no sólo se logra al establecer los cultivos bajo invernadero en condiciones controladas, sino que también depende del conocimiento de factores tales como; el origen y morfología de las especies de bulbo, el crecimiento, desarrollo, ciclo de floración de las especies y la influencia de los factores ambientales sobre el crecimiento, desarrollo y floración de las especies bulbosas.

2.9.1 Etapas del forzado de bulbos.

El manejo de los bulbos para cultivo debe considerar una secuencia productiva adecuada. DE HERTOUGH (1989), sugiere un sistema de producción integrado por cuatro etapas. Estas etapas son: la producción de bulbos, la programación, la fase bajo invernadero, y finalmente la comercialización. Para la producción flores de corte o plantas en maceta se utilizan estas cuatro etapas.

2.9.1.1 Fase de producción comercial de bulbos. La fase de producción considera todos los aspectos relacionados con la cosecha, plantación (desarrollo del bulbo), crecimiento del pecíolo floral, floración y finalmente aumentos de tamaño y/o número de bulbos. En síntesis todos los factores relativos a la obtención de bulbos de calidad (DE HERTOUGH y LE NARD, 1989; DE HERTOUGH, 1996).

2.9.1.2 Fase de programación e invernadero. Considerando las técnicas utilizadas, Cuadros 5 y 6, la fase bajo invernadero debe prolongarse 25 días para cultivo estándar y 50 para preenfriamiento. Las flores deberán tener tallos fuertes y

flores de buen tamaño, además el porcentaje de flores abortadas deberá ser inferior a 5% (DE HERTOIGH, 1996).

CUADRO 5. Procedimiento de programación estándar para cultivos de floración primaveral (Fuente: Adaptado DE HERTOIGH, 1996).

Fase de Cultivo	Temporada Natural	Manejo de Bulbos
Programación	Verano	▪ Cosecha, postcosecha aplicación de temperaturas cálidas
Programación	Otoño	▪ Plantación, enraizamiento bajo aireación y humedad
Programación	Invierno	▪ Movilización a cámaras de baja temperatura
Invernadero	Primavera	▪ Crec. de la hoja, alargamiento del tallo floral y floración

Esta técnica estándar, Cuadro 5, permite el forzado de bulbos de floración primaveral. Para emplear estos sistemas los productores deben poseer cuartos de enraizamiento con control de temperatura. El preenfriamiento especial (Cuadro 6), es utilizado solamente en períodos específicos de cultivo del Tulipán e Iris holandés. Las diferencias principales entre esta técnica y el cultivo normal, son que el tratamiento de bajas temperaturas se aplica a los bulbos sin plantar y que el enraizamiento se lleva a cabo durante la fase de invernadero y no durante la etapa de programación (DE HERTOIGH, 1996).

CUADRO 6. Procedimiento de preenfriamiento para cultivos de floración primaveral (Fuente: ADAPTADO DE HERTOIGH, 1996).

Fase de cultivo	Temporada natural	Manejo de bulbos
Programación	Verano	▪ Cosecha, postcosecha, aplicación de temperaturas cálidas
Programación	Invierno	▪ Movilización a baja temperatura
Invernadero	Otoño	▪ Plantac. y enraizam.; crec. foliar, alarg. del tallo floral y florac.

Un elemento de primera importancia de la fase de programación es el control de la temperatura. DE HERTOIGH (1996), señala que los productores modernos utilizan temperaturas controladas (1°C), en los cuartos de enraizamiento. Las instalaciones deben ser capaces de satisfacer los períodos de frío requeridas por los bulbos. Después que los requerimientos de enraizamiento y frío han sido satisfechos, los bulbos son transferidos a la fase de invernadero. DE HERTOIGH (1989), señala que el objetivo de la fase bajo invernadero es producir bulbos de gran calidad durante el menor número de días posible, y en donde el manejo agronómico es fundamental.

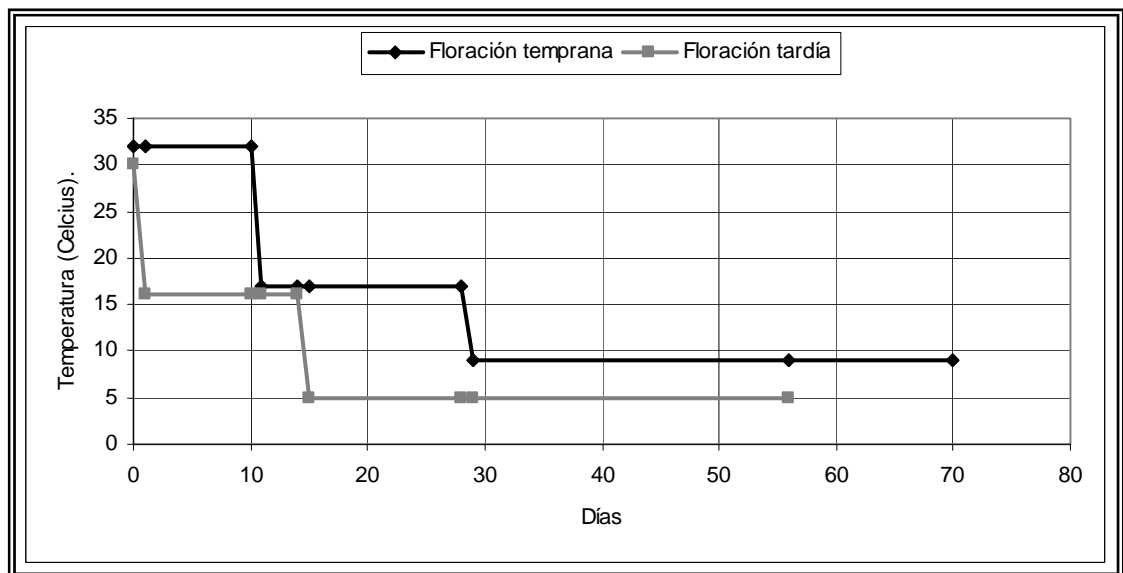


FIGURA 10. Tratamientos térmicos aplicados en cámara según el período de floración programada (Fuente: Adaptado de DE HERTOIGH, 1996).

- **La programación del Iris Holandés.** Cuando los bulbos son cosechados, el meristemo apical es vegetativo. Para florecer esta especie requiere temperaturas en secuencia altas-frescas-cálidas (STUART *et al.*, 1955; citados por DE HERTOIGH, 1996). En la Figura 10 se indican los tratamientos que se emplean en

los cultivares “Wedgwood” e “Ideal” que son los cultivos que normalmente se utilizan para una floración temprana.

▪ **Programación y fase de invernadero del Iris holandés.** DE HERTOOGH (1989), señala que los bulbos del Iris Holandés requieren tratamientos térmicos específicos inmediatamente después que son cosechados. Estos tratamientos son esenciales para reducir la “Ceguera” y “Abortos florales”; el primero constituye un desorden fisiológico caracterizado por la producción de sólo tres hojas, en donde no son visibles signos de la formación floral. El segundo desorden se puede producir en cualquier estado de desarrollo de la flor. La “Ceguera” se produce por el reducido calibre de los bulbos en el proceso de forzado. Muchos factores pueden influir en el “Aborto floral”, entre ellos se destacan: baja luminosidad, falta de nutrientes y estrés hídrico (DE HERTOOGH, 1989; DE MUNK y SCHIPPER, 1993; DE HERTOOGH, 1996).

Después de los tratamientos térmicos, los bulbos reciben un tratamiento de bajas temperaturas (9° C), durante 10 a 13 semanas dependiendo del cultivar. El cultivar “Ideal” requiere de un periodo de frío de 10 semanas, “Professor Blaauw” y “Blue Magic” requieren un período de 13 semanas (DE MUNK Y SCHIPPER, 1993).

DE HERTOOGH (1989), señala que antes de establecer los bulbos deben ser almacenados a una humedad relativa que se encuentre entre 50 y 60% para reducir el crecimiento de raíces y una posible infección por *Penicillium*. Después de este período los bulbos pueden ser establecidos en invernadero a una temperatura que oscile entre los 13-18° C, con una densidad de entre 200-250 bulbos por metro cuadrado a una profundidad de entre 7 a 10 centímetros (DE MUNK Y SCHIPPER, 1993).

La antesis del cultivar “Blue Magic” ocurre 7 semanas después del establecimiento, mientras que el cultivar “Professor Blaauw” se produce a las 9 semanas. La floración puede ser fácilmente programada mediante un almacenamiento inicial a 30° C (LE NARD, 1985). Posteriormente se emplea un tratamiento de frío (9° C), el cual puede ser mantenido durante 10 a 13 semanas (DE MUNK Y SCHIPPER, 1993). Especial cuidado debe tenerse con la luminosidad dentro del invernadero. En latitudes mayores en el hemisferio norte durante enero y febrero existe una baja luminosidad lo que produce que un alto porcentaje de las plantas sufra de abortos florales (KAMERBEEK *et al.*, 1980). El empleo de luz artificial y/o disminuir la densidad de plantación pueden prevenir el aborto floral (DE HERTOIGH, 1989; DE HERTOIGH, 1996).

2.9.1.3 Fase de comercialización. DE HERTOIGH (1989), señala que la fase de comercialización es una de las etapas más importantes de cualquier sistema de forzado. Los consumidores deben ser satisfechos con el comportamiento de los productos. Para ello, además de la calidad, precio adecuado, corte y comercialización en un estado óptimo de floración, en los integrantes de la cadena de producción debe existir comunicación constante, coordinación y cooperación.

2.9.2 Control de la floración durante el forzado del Iris holandés.

La formación de la flor en el Iris Holandés comienza después de la formación de al menos cinco a seis hojas. Después que la flor esta formada, el desarrollo de las yemas florales procede hasta la antesis. El número de flores por tallo que alcanza la etapa de antesis depende de la disponibilidad de azúcares en la yemas terminales (MAE Y VONK, 1974). Normalmente, es posible observar una flor, pero bajo invernadero durante primavera es posible observar plantas con una segunda e incluso una tercera flor (DE MUNK Y SCHIPPER, 1993).

2.9.2.1 Promoción de la floración. La promoción de la floración requiere de una optimización de las condiciones ambientales. El control de estas variables permite el desarrollo de múltiples procesos; por ejemplo la maduración de los bulbos, formación de hojas e inducción floral (LE NARD, 1980), crecimiento de hojas, tallo y floración (LE NARD, 1985).

▪ **Condiciones de almacenamiento.** BLAAUW (1935), citado por DE MUNK Y SCHIPPER (1993), señala que la iniciación de raíces y yemas se inicia previo a la cosecha de bulbos. El proceso de diferenciación y desarrollo de estos órganos están estrechamente ligados a las condiciones de almacenamiento.

Una alta temperatura de almacenamiento (>20° C), favorece la inducción floral, sin embargo la diferenciación floral sólo procede si los bulbos son transferidos a condiciones de baja temperatura; la más favorable se encuentra entre los 9 y 15° C (HARTSEMA, 1961; citado por DE MUNK Y SCHIPPER, 1993). El calibre de los bulbos también es un factor a considerar. Cuando estos no alcanzan, pero están cerca de los calibres adecuados, los tratamientos térmicos deben prolongarse (KAMERBEEK *et al.*, 1980; LE NARD, 1980; LE NARD, 1985).

El almacenamiento a temperaturas moderadas a altas promueve la formación de hojas (KAMERBEEK, 1965; ELPHINSTONE y REES, 1988, citados por DE MUNK Y SCHIPPER, 1993). Sin embargo, las altas temperaturas también promueven la subsecuente diferenciación floral cuando los bulbos son transferidos a bajas temperaturas. El mayor efecto de la aplicación de 30° C cuando se compara con un tratamiento de 20° C es la reducción del número de hojas (LE NARD, 1980; DE HERTOIGH, 1989). El almacenamiento de bulbos a altas temperaturas no sólo favorece la inducción floral y la diferenciación de yemas, sino que también la cantidad de reservas que deben ser movilizadas para el crecimiento de bulbillos y el tallo floral (LE NARD, 1980).

Cuando la inducción floral esta completa, los bulbos deben ser transferidos a condiciones de baja temperatura para que se lleve a cabo el proceso de diferenciación floral u organogénesis. El almacenamiento de los bulbos a bajas temperaturas no sólo permite la diferenciación de las yemas florales, sino que permite el crecimiento de la planta. Ya que este período estimula la elongación de la parte aérea y de los bulbos (AOBA, 1974; LE NARD, 1980). Sin embargo la expresión de estos efectos está sujeta a la duración de los tratamientos de frío y la temperatura utilizada.

Durante el almacenamiento, la humedad relativa requiere de control. Una humedad muy alta con temperaturas también elevadas puede promover el desarrollo de hongos; *Fusarium*, y con bajas temperaturas *Penicilium* (DE HERTOUGH, 1989; DE MUNK y SCHIPPER, 1993).

SALINGER (1991), señala que durante el almacenamiento de bulbos las condiciones ambientales deben ser controladas. Las temperaturas óptimas para florecer en tiempo normal, finales de primavera a inicio de verano, son de entre 17 a 20° C en una atmósfera seca y aireada. Estas condiciones mantienen a los bulbos sin desecarse y sin provocar una emergencia prematura de raíces. Las temperaturas continuamente por sobre 25° C inducen a un estado de reposo e inhiben la inducción floral, mientras que aquellas bajo los 15° C estimulan la formación de flores. Sin embargo, para inducir una rápida floración, los bulbos son almacenados por 10 a 15 días a 30° C, seguidos por 9-13° C durante 6 a 8 semanas. Las temperaturas cálidas inducen la formación de flores y reducen el número de hojas, mientras que temperaturas frías inician la formación de flores (SALINGER, 1991).

El tratamiento de 30° C por 10 días, es recomendado para cubrir los requerimientos de calor; logrando sobre los bulbos una adecuada madurez

fisiológica (LE NARD, 1980). Este tratamiento permite la transición desde una fase vegetativa a una reproductiva (KAMERBEEK *et al.*, 1980).

Los tratamientos estándar para lograr esta transición consideran 35° C por 14 días, más 40° C por 3 días. Es posible reemplazar estos tratamientos térmicos mediante la exposición de bulbos a etileno. Está demostrado que la exposición de los bulbos a etileno produce efectos favorables sobre la inducción floral y la subsecuente floración (IMANISHI y FONTANIER, 1982; DUINEVELD y DE MUNK, 1986; YUE e IMANISHI, 1990).

▪ **Efectos del etileno sobre el Iris holandés.** Investigaciones realizadas en Holanda y Francia han mostrado que el regulador de crecimiento etileno puede estimular el inicio de la floración, reemplazar parte del tratamiento de altas temperaturas y provocar un adelantamiento de la floración cuando los bulbos son sometidos a forzado (SALINGER, 1991). IVELIC (1990), señala que el etileno puede ser biótico (producto del metabolismo de flores, frutos y hortalizas o de algún microorganismo fitopatógeno) o abiótico (en gran medida proveniente de gases de combustión). El etileno de origen biótico, presenta una producción variable en el almacenamiento de frutos, dependiendo de la especie y variedad, de la madurez del fruto y de diversos parámetros ambientales tales como la temperatura y concentraciones de CO₂ y O₂.

Al quemar sustancias orgánicas por encima de los bulbos, se produce un aumento de los niveles de floración, además de provocar una floración más temprana. Se considera que el estímulo es producido debido a la producción de etileno y monóxido de carbono más el efecto del calor (SALINGER, 1991). El etileno es uno de los factores más importantes durante el almacenamiento de los bulbos. El etileno produce efectos muy similares a los producidos por la aplicación de altas temperaturas a los bulbos. Por lo tanto, es posible utilizar etileno (Ethephon), al menos parcialmente, para cubrir las necesidades de calor de los

bulbos (DE HERTOOGH, 1989; DE MUNK y SCHIPPER, 1993). La inmersión de bulbos en una solución de Ethepon, produce similares efectos que el etileno (SWART y SCHIPPER, 1982; LE NARD, 1980; LE NARD, 1985).

SALINGER (1991), señala que existen tres métodos utilizados en Holanda para suministrar etileno, todos aplicados al momento de la cosecha de los bulbos previo al proceso de inducción floral o desarrollo floral:

a) Gas puro. Almacenar los bulbos a 30° C durante 10 días, posteriormente se aplica el gas etileno en forma pura para conseguir una concentración de 500 ppm durante 24 horas. Posteriormente los bulbos son almacenados a 17° C durante dos semanas seguidas por otras dos a 9° C.

b) Tratamiento de ahumado. Tras la limpieza de los bulbos, se hace arder sin llama paja húmeda de manera que el aire alrededor de los bulbos se ahume por completo. Se requieren 30 gramos de paja húmeda para llenar un recipiente de 50 litros, éste se cierra por 24 horas. Posteriormente los bulbos son almacenados a 30° C durante 10 días y a 9° C durante 6 semanas.

c) Bulbo empapado. El compuesto Ethepon produce etileno cuando es aplicado al tejido de una planta. Los bulbos son cosechados y limpiados, luego se sumergen durante 24 horas en una concentración de Ethepon de 2 gramos por 10 litros de agua. A continuación se almacenan durante 10 días a 30° C y 6 semanas a 9° C.

DUINEVELD y DE MUNK (1986), señalan que un tratamiento con una concentración de 5 µl/litro de etileno, que se extienda por 8 horas es suficiente para lograr una óptima respuesta sobre bulbos del cultivar "Ideal" con calibres de 9 cm (Cuadro 7).

CUADRO 7. Efecto de distintos períodos de exposición a etileno sobre la floración y abortos florales sobre bulbos de Iris holandés cv. “Ideal” calibre 9 cm (Adaptado de DUINEVELD y DE MUNK, 1986).

Duración (horas)	Floración (%)	Abortos (%)
0	2	98
1	41	57
2	88	12
4	93	5
8	92	7
16	95	1
32	91	7
32 (aire puro)	1	96

YUE e IMANISHI (1988), señalan que una concentración de 10 µl/L y una exposición que se extienda por 3 horas es más efectiva para cultivares como “Professor Blaauw” y “Blue Magic”. Cultivares de calibres pequeños requieren de períodos de exposición que se extiendan más allá de 12 horas.

DUINEVELD y DE MUNK (1986), señalan que el efecto combinado de etileno y temperatura poseen mayor efectividad que el efecto individual de temperatura o etileno sobre bulbos del cultivar “Ideal” con calibres de 9 cm. Además es posible reducir la concentración del etileno y disminuir la duración del tratamiento térmico (Cuadro 8).

CUADRO 8. Efecto de distintas concentraciones de etileno sobre la floración y abortos florales por planta de Iris holandés cv. "Ideal" calibre 9 cm. (Adaptado de DUINEVELD y DE MUNK, 1986).

Concentración (ppm)	Floración (%)	Abortos (%)
0 (aire puro)	0	97
0,1*	22	77
0,5*	98	7
1,0*	92	5
5,0*	92	6
50,0*	90	10

Los bulbos fueron expuestos por 24 horas a etileno con 30° C

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Área de estudio.

El ensayo fue realizado durante la temporada agrícola 2003-2004, en el predio propiedad de la Corporación Residencia Universitaria Femenina. Ubicado en la comuna de Cunco, provincia de Cautín, IX Región de la Araucanía, geográficamente situado en los 38°54' de latitud Sur y 72°02' de longitud Oeste; ubicado aproximadamente una altura de 300 m.s.n.m.

3.2 Características edáficas.

El suelo es de tipo Andisol (Trumao), perteneciente a la Serie Cunco de la IX Región, Familia Los Prados, desarrollado a partir de cenizas volcánicas modernas. Son suelos con drenaje moderado y topografía con pendientes de 1 a 2%, aptos para el establecimiento de cereales y praderas permanentes (MELLA Y KÜNHE, 1985). Mayor información acerca de sus características edafoclimáticas en el **Anexo 1**.

3.3 Cultivar empleado.

En el ensayo se utilizó el cultivar de Iris Holandés (*Iris x hollandica* Tub.), París, de calibre floral 9/10 cm; clasificado como un cultivar de bulbos grandes (calibre de bulbos superior a 8 cm). Las características del cultivar empleado son detalladas en el **Anexo 2**, según BUSCHMAN (1995) y CHAHÍN (2002).

3.4 Establecimiento del ensayo.

El ensayo se estableció bajo invernadero de estructura metálica y cubierta de polietileno de 0.2 mm con doble techo, con una superficie de 1000 metros cuadrados, con sistema de riego por goteo. Especialmente acondicionado para la producción de flores con altos requerimientos de agua, temperatura y luminosidad.

3.4.1 Tamaño del ensayo.

El ensayo estuvo conformado por 3 parcelas de 1.25 metros de largo por 0.8 metros de ancho.

3.5 Manejo agronómico del ensayo.

3.5.1 Preparación de suelo.

La preparación de suelos se llevo a cabo mediante un sistema de labranza convencional, arando una vez y aplicando dos rastrajes mediante motocultivador. Lográndose un óptimo control de malezas y adecuada preparación de la cama para el establecimiento de bulbos.

3.5.2 Tratamientos térmicos.

Con fecha 27 de marzo de 2003, los bulbos fueron sometidos a un tratamiento térmico en cámara de calor durante 35 días. Posteriormente fueron aplicados los tratamientos con Ethephon, y finalmente fueron almacenados durante 7 días en cámara de calor. En el Cuadro 9 se indican las características de los tratamientos térmicos empleados.

3.5.3 Aplicación de etileno.

Con fecha 1 de Mayo de 2003, se prepararon 300 bulbos de calibre 9/10 cm, fueron separados en 3 grupos homogéneos a los cuales se les aplicó concentraciones de Ethephon de 0 mg/L (grupo control), 240 mg/L y 480 mg/L, respectivamente en mezcla con agua potable. El tratamiento se efectuó mediante inmersión, la cual se extendió por 15 minutos según lo señalado por LE NARD (1985).

CUADRO 9. Tratamientos térmicos empleados sobre los bulbos.

Tratamientos	Cultivar París
	Bulbos (Unidades)
▪ 30° C, 70% H.R. por 35 Días (Cámara de calor)	300
▪ 30° C, 70% H.R. por 7 Días (Cámara de calor)	300

3.5.4 Preparación de bulbos.

Finalizados los tratamientos térmicos, a los bulbos se les eliminó la túnica y fueron sumergidos por 10 minutos en una solución fungicida e insecticida (Cuadro 10).

3.5.5 Plantación de bulbos.

Con fecha 8 de Mayo de 2003, los bulbos fueron plantados con una densidad de plantación de 100 bulbos por metro cuadrado y una profundidad de plantación de 10 centímetros desde la base del bulbo.

CUADRO 10. Productos y dosificación para el control de hongos e insectos sobre los bulbos (Fuente: AFIPA, 2002).

Características	Productos (I.A.)		
	Pirimifos Metil	Iprodione	Benomil
▪ Nombre comercial	Actellic ® 50 EC	Rovral ® 50 WP	Polyben ®
▪ Dosificación	2cc/1 litro agua	2 gr/1 litro agua	2 gr/1 litro agua
▪ Efecto	Insecticida	Fungicida	Fungicida

3.5.6 Fertilización.

La dosificación de fertilizantes fue suministrada según análisis de suelo. El calendario de aplicaciones y la dosificación de los fertilizantes se indican en el Cuadro 11.

CUADRO 11. Programa de fertilización cultivo de Iris Holandés Serie Cunco.

Nutrientes	Momento de aplicación	Dosificación (un/há.)	Fuente
Fósforo	Plantación	130	Super fosfato triple
Cal	30 días pre-plantación	2500*	Carbonato de calcio
Nitrógeno	45 días pre-plantación	60	Salitre Potásico
Potasio	45 días post-plantación	65	Salitre Potásico
Nitrógeno	60 días post-plantación	60	Salitre Sódico

(*)Kilogramos

3.5.7 Riegos.

El riego fue suministrado a través de cintas (4 litro/hora), durante 1 hora por día desde el establecimiento.

3.5.8 Control de malezas.

Durante la preparación de suelo se efectuó una aplicación de herbicida no selectivo; Paraquat en dosis de 1.5 litros por hectárea. Posteriormente los controles fueron realizados en forma manual.

3.5.9. Cosecha de flores.

El índice de cosecha empleado fue el de SACALIS, 1993, citado por CHAHÍN *et al.*, 2002, en donde señala que cuando la floración se programa para primavera/verano, las flores deben ser cosechadas cuando exhiban el estado de "lápiz", el cual se identifica cuando la flor sobresale 0,5 centímetros desde la vaina de las hojas.

3.6 Variables de respuesta.

3.6.1 Análisis de cultivares.

Durante el muestreo se consideró sólo 80 plantas o unidades experimentales, de un total de 100 unidades por parcela. Evaluando sólo las unidades centrales de cada parcela; eliminado con ello el factor "bordes". El análisis y evaluación de los cultivares consideró parámetros vegetativos y fenológicos.

3.6.1.1 Parámetros vegetativos.

- **Altura de plantas:** Se determinó la altura de plantas en centímetros. La medición fue realizada desde la superficie del suelo hasta la hoja bandera de cada planta. Dicha medición fue practicada al momento de corte de las varas florales.

- **Número de hojas por planta:** Se determinó el número de hojas presentes por planta en unidades. Esta medición se realizó al finalizar la fase vegetativa y comenzar la reproductiva.
- **Longitud de vara floral:** Se determinó la longitud de vara floral en centímetros desde la superficie del suelo menos 10 cm. Dicha medición fue realizada después del corte de las varas florales.

3.6.1.2 Parámetros fenológicos.

- **Porcentajes de Floración:** Se determinaron los niveles de floración sobre la totalidad de plantas por tratamiento en porcentaje. Para ello las parcelas de estudio fueron divididas en cuadrantes; considerando 20 repeticiones por cuadrante. También se determinó el porcentaje de flores abortadas sobre cada cuadrante. Dichas evaluaciones fueron realizadas una vez que la totalidad de los tratamientos finalizara el proceso de floración.
- **Período plantación-floración:** Se determinó el período, en días, transcurridos entre la plantación de los bulbos y floración. Dicha evaluación considero como floración cuando cada una de las varas florales alcanzó el estado de lápiz.

3.7 Diseño experimental.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (1x3).

3.8 Análisis estadístico.

Se realizó un análisis descriptivo de datos (mínimo, máximo, media, desviación estándar y coeficientes de variación). Posteriormente se efectuó un análisis de varianza (Anova), y finalmente se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tuckey.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Análisis descriptivo de datos.

En el Cuadro 12, se presentan medidas de tendencia central y de dispersión de los parámetros vegetativos y fenológicos bajo evaluación.

CUADRO 12. Análisis descriptivo de los distintos parámetros bajo evaluación.

Parámetros Vegetativos	Mínimo	Máximo	Media	S*	C.V. (%)**
▪ Altura de Planta (cm)	58,10	109,40	85,28	12,46	14,61
▪ Longitud de Vara floral (cm)	44,20	76,30	59,96	6,51	9,31
▪ Número de Hojas (un.)	3,00	8,00	5,60	0,91	16,25
Parámetros Fenológicos	Mínimo	Máximo	Media	S	C.V. (%)
▪ Floración (%)	44,88	90,41	72,38	20,83	28,60
▪ P. Plantación-Floración (Días)	140,00	159,00	148,65	5,36	3,60

*S = Desviación Estándar

**C.V.= Coeficiente de Variación.

4.1.1 Parámetros vegetativos.

Las variables de respuesta morfológicas presentaron coeficientes de variación que fluctuaron entre un 9 y 16%. La variable de respuesta con mayor variabilidad fue el número de hojas, alcanzando un coeficiente de variación de 16%. El número de hojas, fluctuó entre 3 y 8 hojas, con una media general de 5,6 hojas; lo que se relaciona con lo señalado por KAMERBEEK (1965), citado por DE MUNK y SCHIPPER (1993), quien menciona que el Iris Holandés forma normalmente entre 4 a 6 hojas, pudiendo formar hasta 10 hojas.

La media de la variable altura de plantas fue de 85 cm, con un mínimo de 58 y un máximo en altura de 109 cm, alcanzando un coeficiente de variación superior al 14%. Estos valores se ajustan a lo señalado por BUSCHMAN (1995), quien menciona que el cultivar de Iris Holandés París, es una planta alta, al igual que todos los representantes del grupo "Tingitana", alcanzando alturas superiores a los 80 cm.

La variable longitud de vara floral, obtuvo el coeficiente de variación más reducido dentro de este grupo de variables, alcanzando un 9%. La media fue de 60 cm aproximadamente, con valores que oscilaron entre los 44 y 76 cm lo que se relaciona con lo señalado por CHAHÍN (2002), quien señala que la longitud de vara del cultivar Iris Holandés, París (calibre 9/10), establecido bajo invernadero frío en la Precordillera Andina de la IX Región, alcanza los 56 cm.

4.1.2 Parámetros fenológicos.

Las variables de respuesta fenológicas, presentaron coeficientes de variación que fluctuaron entre un 3 y 28%. La variable de respuesta con mayor variabilidad fueron los porcentajes de floración, alcanzando un coeficiente de variación de 28%. Los porcentajes de floración fluctuaron entre un 44 y 90%, con una media general de 72%, lo que se ajusta con lo señalado por KAMERBEEK *et al.*, (1980), e IMANISHI y YUE (1986), quienes señalan que los porcentajes de floración en Iris Holandés, calibre 9/10, sin aplicaciones de etileno, oscilan entre un 18 y 40%, respectivamente. Mientras que al emplear etileno, se logran porcentajes de floración superiores al 80%.

La variable duración del período de establecimiento hasta floración, obtuvo el coeficiente de variación más reducido dentro de este grupo de variables, alcanzando un 3%. La media fue de 148 días, aproximadamente, con valores que oscilaron entre los 140 y 159 días. Lo que contrasta con lo señalado por

BUSCHMAN (1995) y CHAHÍN (2002), quienes señalan que la prolongación de este período para cultivares del grupo “Tingitana” oscila entre los 70 y 90 días.

4.2 Efecto sobre parámetros vegetativos.

4.2.1 Efecto sobre la altura de plantas y longitud de vara floral.

Las variables de respuesta altura de planta y longitud de vara floral se observan claramente influenciados por los tratamientos de Ethephon empleados. Ambos parámetros se reducen al aumentar las concentraciones del regulador de crecimiento (Figura 11).

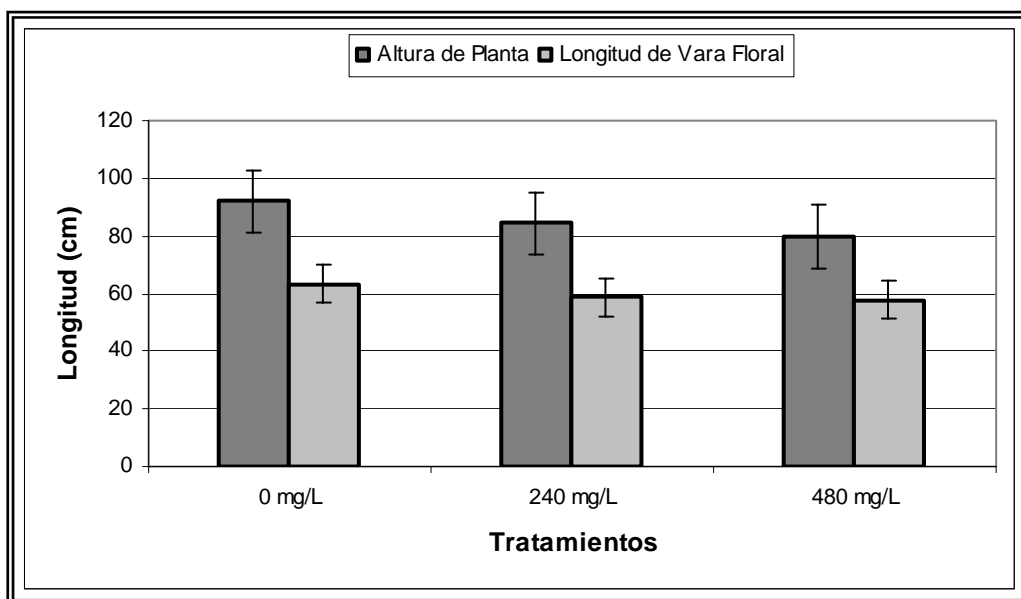


FIGURA 11. Efecto de tres concentraciones de Ethephon sobre las variables de respuesta altura de plantas y longitud de vara floral en el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).

El testigo presentó una media en altura de plantas de aproximadamente 92 cm, mientras que los tratamientos de 240 y 480 mg/L presentaron medias de 84 y 79 cm, respectivamente. Observándose diferencias estadísticamente significativas

sólo entre el testigo y las concentraciones empleadas. La variable longitud de vara floral presentó un comportamiento similar a la variable anterior; el testigo presentó una longitud de vara floral superior a los 63 centímetros, mientras que con los tratamientos de 240 mg/L y 480 mg/L, se obtuvieron longitudes de vara de aproximadamente 59 y 58 centímetros, respectivamente. Sólo observándose diferencias estadísticamente significativas entre el testigo y los tratamientos de Ethephon ($p < 0,05$). (Cuadro 13).

CUADRO 13. Efecto de tres concentraciones de Ethephon sobre la altura de plantas y longitud de vara floral en el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).

Tratamientos	Variables de respuesta (cm)			
	Altura de Planta	S*	Vara Floral	S
▪ 0 mg/L (Testigo)	91,91 a	12,62	63,421 a	6,25
▪ 240 mg/L	84,31 ab	10,78	58,788 ab	6,23
▪ 480 mg/L	79,63 b	13,98	57,700 b	7,04

*Desviación Estándar.

Valores con letras distintas presentan diferencias estadísticamente significativas, según Prueba de Comparación Múltiple de Tuckey ($p < 0,05$).

Con respecto a la variable longitud de vara floral, al aumentar la concentración del regulador de crecimiento se reduce considerablemente la distribución de plantas que forma varas largas (65-75 cm), y se favorece la distribución de plantas que forman varas cortas (45-55 cm), al aumentar la concentración del regulador de crecimiento (Figura 12).

El testigo presentó una distribución de varas largas superior al 27% e inferior a 17% de varas cortas, en los tratamientos de 240 y 480 mg/L, la distribución de varas largas se redujo a 14 y 5%, respectivamente. Mientras que la distribución varas cortas se incrementó aproximadamente en un 24 y 39%, en los

tratamientos de 240 y 480 mg/L, respectivamente. Observándose diferencias altamente significativas entre grupos ($p < 0,01$) (Cuadro 14).

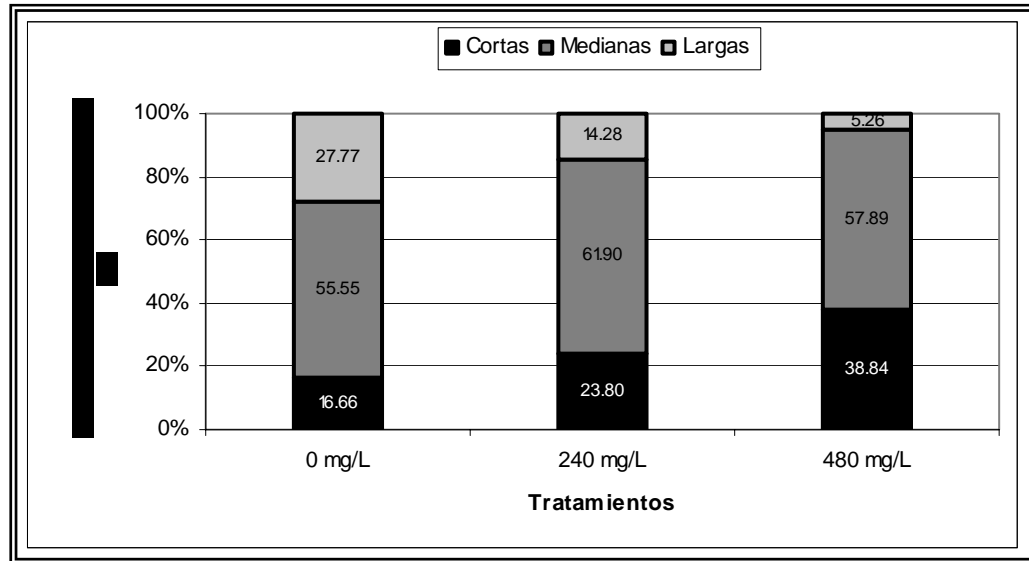


FIGURA 12. Efecto de tres concentraciones de Ethepon sobre la distribución plantas por longitud de vara floral en el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).

Similares resultados obtuvieron IMANISHI y YUE (1986), al evaluar el efecto de la duración de tratamientos con distintas fuentes etileno sobre la floración del Iris Holandés, cv. "Ideal", en donde señalan que la altura de plantas decrece en forma proporcional al número y duración de los tratamientos efectuados con etileno. Al efectuar 2 exposiciones, con una duración de 6 horas por exposición con una concentración de 10 $\mu\text{L/L}$, la altura alcanzada por las plantas fue de 55 cm. Manteniendo el número de exposiciones, pero incrementando su duración en 18 horas (24 horas), la altura alcanzada fue de sólo 49 cm. En la misma investigación, se evaluó el efecto de distintas fuentes de etileno sobre igual parámetro. Mediante la inmersión de bulbos a una solución de 0,2 gr/L de Ethepon durante una hora, y con aplicaciones de etileno en forma de gas con una concentración de 10 $\mu\text{L/L}$ durante 3 días, las plantas alcanzaron

alturas de 63 y 58 cm, respectivamente. Las plantas control en dichas evaluaciones alcanzaron alturas superiores a los 68 cm.

CUADRO 14. Efecto de tres concentraciones de Ethephon sobre la distribución porcentual de la longitud de varas según calidad en el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).

Tratamientos	Longitud de Vara Floral (%)		
	Cortas (45-55 cm)	Medianas (55-65 cm)	Largas (65-75 cm)
▪ 0 mg/L (Testigo)	16,66 c	55,55 b	27,77 a
▪ 240 mg/L	23,80 b	61,90 a	14,28 b
▪ 480 mg/L	38,84 a	57,89 ab	5,26 c

Valores con letras distintas presentan diferencias altamente significativas, según Prueba de Comparación Múltiple de Tuckey ($p < 0,01$).

En relación a la longitud de varas florales en otras geófitas, efectos similares obtuvo MOE (1980), citado por LE NARD y DE HERTOIGH (1993), evaluando el efecto del Ethephon como controlador de la longitud de los tallos en tulipán para maceta, señala que mediante los tratamientos de dicho regulador de crecimiento, se reduce efectivamente la longitud de los tallos florales. BERGHOEF y ZEVENBERGEN (1990), evaluando el efecto de la temperatura y del etileno sobre la dormancia en cormos de fresia, señalan que mediante los tratamientos de etileno, se observa un aumento en el número de tallos florales, pero se produce una significativa reducción en el peso y altura de dichos tallos. Lo que contrasta con los resultados obtenidos por IMANISHI y YUE (1986), en donde señalan que los efectos del etileno sobre la longitud de los tallos florales en el Iris Holandés no son significativos. Al evaluar el efecto de distintas fuentes de etileno sobre el cultivar "Ideal", calibre 6/7, mediante la inmersión de bulbos en una solución de 0,2 gr/L de Ethephon durante una hora, y con aplicaciones de etileno en forma gas

con una concentración de 10 µl/L durante 3 días, las plantas alcanzaron longitudes de 49 y 46 cm, respectivamente. Las plantas control en dichas evaluaciones alcanzaron una longitud de tallos florales de 45 cm.

WEGRZYNOWICZ y SANIESWIKI (1992b), evaluando las zonas de producción y la actividad del etileno en distintos estados de crecimiento del tulipán, señalan que las zonas de mayor producción de etileno, son las hojas, tallo y pistilo, dichas zonas alcanzan los mayores niveles de producción inmediatamente después de establecer los bulbos. Cuando se alcanzan los mayores niveles de producción de etileno por parte de los tallos, el crecimiento de los internudos se ve fuertemente inhibido. Dicha inhibición está asociada a los niveles de producción de etileno, los cuales al momento de iniciado el proceso de floración descienden considerablemente, permitiendo la elongación de los tallos.

La altura de plantas y longitud de la vara floral son factores importantes en la determinación de la calidad comercial de la flor cortada (DE MUNK y SCHIPPER, 1993). ARRAÑO (1990) y SILVA (1990), señalan que el etileno es el responsable del acortamiento de estas estructuras al impedir la elongación y división celular. Sosteniendo que estas respuestas se deben a la inhibición del transporte polar de las auxinas, impidiendo con ello la división y elongación celular. DE MUNK y SCHIPPER (1993), señalan además que ambos presentan una estrecha asociación presentando un comportamiento similar al variar las condiciones ambientales. Dichas observaciones se confirman al establecer una correlación entre variables; el coeficiente de Pearson es de 0,88, la cual constituye una correlación altamente significativa (**Anexo 6**).

4.2.2 Efecto sobre el número de hojas por planta.

En la Figura 13 se visualiza el efecto de los tratamientos de Ethephon sobre la variable de respuesta número de hojas por planta. Es posible observar que

dicha variable aumenta de manera proporcional a las concentraciones del regulador de crecimiento empleadas.

El testigo presenta una media de 4,83 hojas, los tratamientos de 240 mg/L y 480 mg/L, presentan medias de 5,60 y 6,37 hojas, respectivamente, observándose diferencias en los tratamientos de 240 mg/L y 480 mg/L de aproximadamente 1 y 2 hojas, en relación al testigo, respectivamente. Constituyendo diferencias altamente significativas entre grupos ($p < 0,01$) (Cuadro 15).

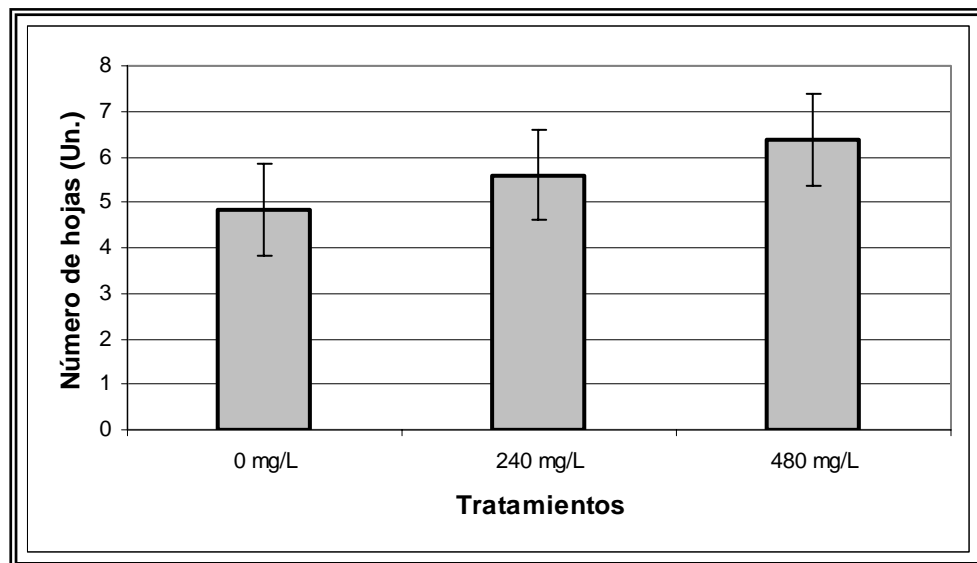


FIGURA 13. Efecto de tres concentraciones de Ethepon sobre la variable de respuesta número de hojas sobre el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).

Mediante los tratamientos de Ethepon se reduce considerablemente la distribución de plantas que sólo forma 3-4 hojas, y se favorece el desarrollo de un mayor número de hojas por planta (Figura 14).

CUADRO 15. Efecto de tres concentraciones de Ethepon sobre la variable de respuesta número de hojas sobre el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).

Tratamientos	Número de Hojas (un.)	Desviación Estándar
▪ 0 mg/L (Testigo)	4,83 c	1,11
▪ 240 mg/L	5,60 b	0,89
▪ 480 mg/L	6,37 a	0,72

Valores con letras distintas presentan diferencias altamente significativas, según Prueba de Comparación Múltiple de Tuckey ($p < 0,01$).

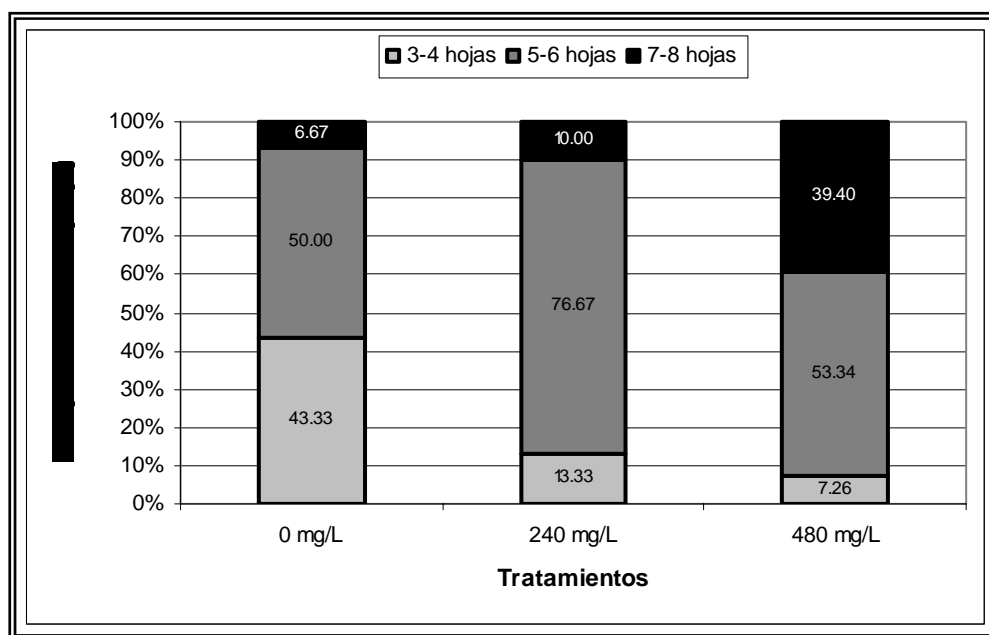


FIGURA 14. Efecto de tres concentraciones de Ethepon sobre la distribución plantas por número de hojas en el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).

En las plantas testigo se obtuvo una distribución superior al 40% de plantas que sólo forman 3-4 hojas y un 56,76% de plantas con más de 5 hojas, mientras que con la concentración de 240 mg/L y 480 mg/L, se reducen los porcentajes de

plantas con sólo 3-4 hojas a 13 y 7%, y aumenta a 86 y 93%, respectivamente el número de plantas que forma más de 5 hojas. Observándose diferencias altamente significativas entre grupos ($p < 0,01$) (Cuadro 16).

CUADRO 16. Efecto de tres concentraciones de Ethephon sobre la distribución porcentual del número de hojas por planta en el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).

Tratamientos	Número de hojas		
	3 – 4	5 – 6	7 – 8
▪ 0 mg/L (Testigo)	43,33 a	50,00 b	6,67 b
▪ 240 mg/L	13,33 b	76,67 a	10,00 b
▪ 480 mg/L	7,26 c	54,33 b	39,40 a

Valores con letras distintas presentan diferencias altamente significativas, según Prueba de Comparación Múltiple de Tuckey ($p < 0,01$).

Efectos similares obtuvieron KAMERBEEK *et al.*, (1980), al analizar el efecto de las aplicaciones de Ethephon sobre las modificaciones morfológicas y fisiológicas del Iris Holandés, cv. "Ideal", los autores señalan que mediante tratamientos de Ethephon se reduce considerablemente el número de plantas que sólo desarrollan 3 a 4 hojas. Plantas con bulbos de calibre 9/10, sin tratamiento de Ethephon, alcanzan un 27% de plantas que sólo forma 3-4 hojas. Mientras que al efectuar aspersiones de Ethephon sobre plantas de 10-12 cm en una concentración de 4ml/L, sólo un 2% de las plantas desarrolló 3 a 4 hojas.

IMANISHI y YUE (1986), señalan que el número de plantas que sólo alcanzan a desarrollar 3 a 4 hojas, decrece de manera proporcional a la duración de los tratamientos de etileno. Al establecer bulbos de calibre 9/10 cm, sin la aplicación de etileno, el porcentaje de plantas con 3 a 4 hojas es superior al 60%.

Con exposiciones a una concentración de 10 μL de etileno con duraciones de 1 y 9 horas estos porcentajes disminuyen a 22 y 3%, respectivamente.

DE HERTOIGH (1989) y LE NARD (1980), señalan que existen cuatro factores que tienen influencia directa en la formación y desarrollo de la flor en las geófitas. Estas son el calibre del bulbo, tratamientos térmicos, factores ambientales (temperatura y luz), y la formación de hojas. DE HERTOIGH (1996), señala que el Iris Holandés debe formar más de cuatro hojas antes de formar la flor. Si el bulbo forma sólo 3 a 4 hojas, la planta no formará la flor.

Los bulbos deben superar una determinada etapa fisiológica antes de madurar y adquirir la capacidad de florecer. Esta etapa es conocida como el estado juvenil del bulbo. DE HERTOIGH y LE NARD (1993), señalan que esta etapa constituye un estado vegetativo temprano y se caracteriza porque los bulbos sólo incrementan su tamaño y no responden a los tratamientos de inducción floral. Durante esta etapa las plantas exhiben además diversas características de crecimiento. En tulipanes, un bulbo en estado juvenil, se caracteriza por presentar sólo una hoja, en contraste con un bulbo floral que produce más de tres hojas (LE NARD y DE HERTOIGH, 1993). En el Iris Holandés, un bulbo en etapa juvenil sólo produce tres a cuatro hojas, y requiere de la formación de más de cinco hojas para formar la flor (DE MUNK y SCHIPPER, 1993). Estas aseveraciones se confirman en la presente investigación al establecer asociaciones entre ambas variables. Entre las variables número de hojas y niveles floración existe una alta asociación, según el coeficiente de Pearson esta alcanza 0,65, la cual constituye una correlación altamente significativa, de esta manera la iniciación y organogénesis de la flor estaría estrechamente asociada con el desarrollo de más de 4 hojas (**Anexo 6**).

4.3 Efecto sobre parámetros fenológicos.

4.3.1 Efectos sobre la floración.

La variable de respuesta floración, se observa claramente influenciada por los tratamientos de Ethephon empleados. Los porcentajes de floración se incrementan considerablemente al aumentar las concentraciones del regulador de crecimiento (Figura 15). En la misma figura, se representa la distribución de plantas con flores abortadas. Este tipo de planta se observa claramente influenciada por los tratamientos, reduciendo su distribución al aumentar las concentraciones de Ethephon.

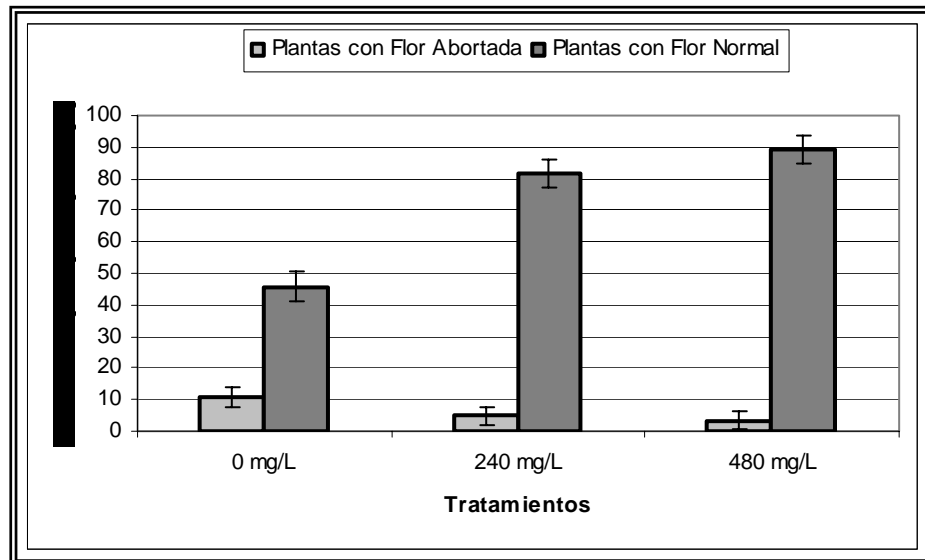


FIGURA 15. Efecto de tres concentraciones de Ethephon sobre la distribución de plantas con flores normales y flores abortadas en el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).

En las plantas testigo, se obtuvo un porcentaje de floración de sólo 51%, mientras que con la concentración de 240 mg/L y 480 mg/L, estos porcentajes se incrementaron a 87 y 89%, respectivamente. Observándose diferencias altamente significativas entre los grupos ($p < 0,01$) (Cuadro 17).

Mediante el empleo de Ethephon se obtuvieron distribuciones de plantas con flores abortadas de aproximadamente 5 y 3%, en los tratamientos de 240 mg/L y 480 mg/L, respectivamente. En contraste con las plantas control, en las cuales se obtuvo aproximadamente un 11% de plantas con flores abortadas. Observándose diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) (Cuadro 17).

CUADRO 17. Efecto de tres concentraciones de Ethephon sobre la distribución porcentual de plantas con flores normales y abortadas en el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).

Tratamientos	Características de Planta (%)			
	Flor abortada	S*	Flor Normal	S
▪ 0 mg/L (Testigo)	10,79 a	4,28	51,76 c	5,67
▪ 240 mg/L	4,81 b	3,57	87,05 b	2,88
▪ 480 mg/L	3,33 b	2,69	89,41 a	3,11

*Desviación Estándar.

Valores con letras distintas presentan diferencias altamente significativas, según Prueba de Comparación Múltiple de Tuckey ($p < 0,01$).

Similares resultados obtuvieron KAMERBEEK *et al.*, (1980), quienes señalan que mediante tratamientos de Ethephon se incrementan los porcentajes de floración en el Iris Holandés y se reducen los porcentajes de plantas con flores abortadas. Plantas del cultivar “Ideal” con bulbos de calibre 9/10, sin tratamiento de Ethephon, obtuvieron porcentajes de floración de sólo un 18%, con un 53% de plantas con flores abortadas. Mientras que al efectuar aspersiones de Ethephon sobre plantas de 10-12 cm en una concentración de 4ml/L, el porcentaje de floración obtenido fue superior al 87%, con sólo un 11% de plantas con flores abortadas.

DUINEVELD y DE MUNK (1986), evaluando la estimulación y supresión de la formación y desarrollo de flores en el Iris Holandés, a través de compuestos

gaseosos, señalan que el etileno induce la formación de flores y estimula el desarrollo de yemas florales en el cultivar "Ideal", calibre 8/9 cm. A través de la exposición de sus bulbos durante 8 horas a 5 ppm de etileno, con una temperatura de 30° C, se obtienen porcentajes de floración superiores al 92%, con un 6 % de plantas con flores abortadas. En las plantas control de dichas evaluaciones se obtuvieron porcentajes de floración de sólo 2%, con un 98% de plantas con flores abortadas.

IMANISHI y YUE (1986), señalan que los porcentajes de floración del Iris Holandés, se incrementan de manera proporcional a la duración los tratamientos con etileno. Al efectuar 2 exposiciones, con una duración de 6 horas por exposición con una concentración de 10 µl/L, el porcentaje de floración alcanzado fue de 33%. Manteniendo el número de exposiciones, pero incrementando su duración en 18 horas (24 horas), se obtuvieron porcentajes de floración superiores al 90%. En la misma investigación, se evaluó el efecto de distintas fuentes de etileno sobre igual parámetro. Mediante la inmersión de bulbos a una solución de 0,2 g/L de Ethephon durante una hora, y con aplicaciones de etileno en forma gas con una concentración de 10 µl/L durante 3 días, las plantas alcanzaron porcentajes de floración de 83% y 100%, respectivamente. En las plantas control de dichas evaluaciones se obtuvieron porcentajes de floración de sólo 33%.

El etileno ejerce su función principalmente sobre el desarrollo de las yemas principales en los bulbos de Iris Holandés, induciendo a que estas cambien de un estado vegetativo a un estado reproductivo, por lo tanto ejercería una función de maduración sobre bulbos, fomentando el proceso inducción floral en esta especie (KAMERBEEK *et al.*, 1980; IMANISHI y YUE, 1986; DE MUNK y SCHIPPER, 1993).

LE NARD (1980, 1985), señala que mediante tratamientos de etileno no sólo se promueve la inducción floral, sino que también se reduce

considerablemente el aborto de flores debido a que el proceso de floración ocurre de manera más temprana, por lo tanto la exposición a las variaciones meteorológicas se reduce. La inducción floral prematura cobra mayor relevancia cuando las condiciones de luminosidad son pobres, como ocurre generalmente en forzados tempranos.

4.2.2 Efecto sobre el período plantación-floración.

En la Figura 16 es posible observar el efecto de los tratamientos de Ethephon sobre el la duración del período entre plantación y floración. Dicho periodo se observa levemente reducido al incrementar las concentraciones del regulador de crecimiento empleadas.

Se observa un leve descenso en la prolongación del período entre establecimiento y floración en relación a los tratamientos con el regulador de crecimiento. En el testigo la prolongación del período fue de aproximadamente 150 días, mientras que con los tratamientos de 240 mg/L y 480 mg/L, se obtuvieron periodos de aproximadamente 149 y 147 días, respectivamente. Sin embargo no constituyen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) (Cuadro 18).

Resultados más evidentes obtuvieron IMANISHI y YUE (1986), al evaluar el efecto de distintas fuentes de etileno sobre la floración del Iris Holandés, cv. "Ideal", en donde señalan que el período comprendido entre establecimiento y floración se reduce considerablemente mediante la aplicación de etileno. Mediante la inmersión de bulbos a una solución de 0,2 g/L de Ethephon durante una hora, y con aplicaciones de etileno en forma gas con una concentración de 10 μ l/L durante 3 días, las plantas florecieron al cabo de 84 y 77 días, respectivamente. Mientras que las plantas control de dicha evaluación florecieron a los 101 días.

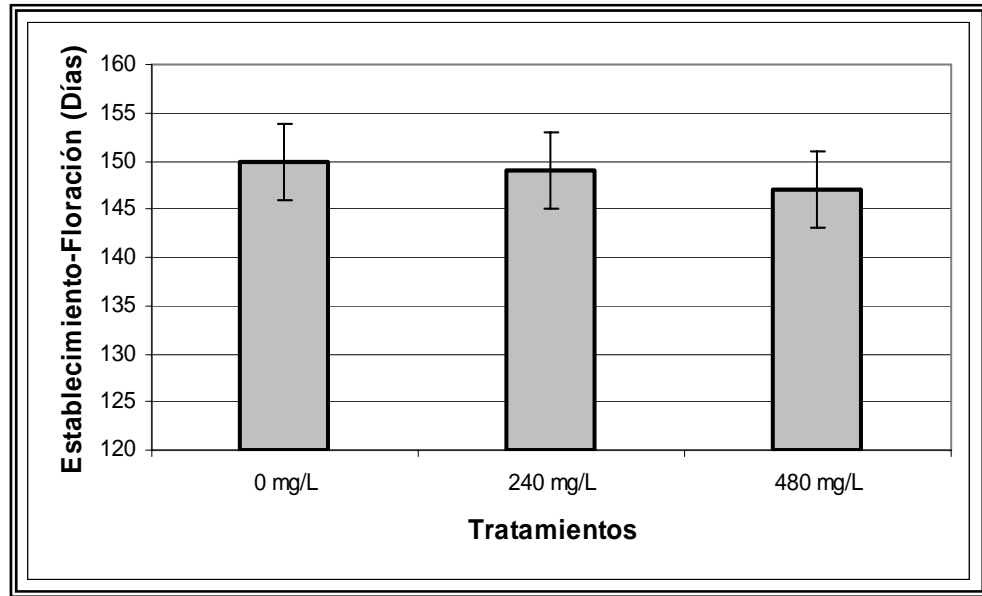


FIGURA 16. Efecto de tres concentraciones de Ethephon sobre la variable de respuesta período establecimiento-floración en el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).

BUSCHMAN (1995), señala que la prolongación del cultivo de Iris Holandés depende del cultivar, la preparación de los bulbos, la zona de cultivo y de la temperatura ambiental. Normalmente la duración del cultivo oscila entre 50 y 90 días, y para grupos como “Ideal” y “Tingitana”, este período oscila entre los 50-60 y 70-90 días, respectivamente. CHAHÍN (2002), señala que la duración de dicho período, bajo invernadero frío en la Precordillera Andina de la IX Región, se extiende por 77 días en el cultivar París, perteneciente al grupo “Tingitana”.

Con el empleo de etileno es factible la reducción del período entre establecimiento y floración, debido a que el etileno ejerce un efecto de maduración sobre los bulbos, permitiendo, principalmente, que el proceso de floración se desarrolle prematuramente, reduciendo la prolongación de dicho período (IMANISHI y YUE, 1986). Sin embargo dichos efectos están estrechamente

relacionados a las condiciones medioambientales en las cuales se establezca la especie (LE NARD, 1985; DE HERTOOGH, 1996).

CUADRO 18. Efecto de tres concentraciones de Ethephon sobre la variable período entre establecimiento y floración en el Iris Holandés, cv. París (calibre 9/10).

Tratamientos	P. Establec.-Florac. (Días)	Desviación Estándar
▪ 0 mg/L (Testigo)	149,83 a	3,14
▪ 240 mg/L	149,07 a	2,07
▪ 480 mg/L	147,03 a	2,15

Valores con letras distintas presentan diferencias estadísticamente significativas, según Prueba de Comparación Múltiple de Tuckey ($p < 0,05$).

El ensayo fue establecido durante la segunda semana del mes de mayo, bajo una condición de forzado temprano. Al respecto CHAHÍN (2002), señala que el cultivo bajo forzado puede ser establecido durante junio, sin embargo bajo las condiciones de la zona sur de Chile, los establecimientos invernales no deben ser realizados debido a la falta de luz natural durante dicho período. Debido a que el Iris Holandés es una especie que requiere de gran intensidad lumínica, si no se proporciona la cantidad suficiente de luz (10,000 -12,000 lux), pueden presentarse plantas que sólo forman 3-4 hojas y/o abortos florales (DE HERTOOGH, 1989; DE HERTOOGH y LE NARD, 1993; DE HERTOOGH, 1996).

El régimen térmico durante los meses invernales no es el más adecuado para el Iris Holandés. DE MUNK y SCHIPPER (1993), BUSCHMAN (1995) y CHAHÍN (2002), señalan que para un óptimo crecimiento y desarrollo del Iris, la temperatura ambiental debe ser de 15-17° C, con una mínima de 5° y una máxima de 25° C, la temperatura óptima en el suelo debe ser de 16-18° C, con

una mínima de 8° C y una máxima de 20° C. Condición que no siempre mantuvo durante la ejecución del ensayo, sobre todo durante los meses iniciales del cultivo, en donde las temperaturas ambientales mínimas fueron de 2, 4 y 4,5° C durante los meses de mayo, junio y julio, respectivamente. Las temperaturas de suelo fueron de 9, 7 y 6° C, durante los mismos meses (**Anexo 4**).

El etileno se produce en forma natural en períodos delimitados del crecimiento y desarrollo de un sinnúmero de especies vegetales. Esta producción esta asociada a estados de desarrollo específicos o en respuesta a determinados estímulos externos sobre el vegetal (YIP y HEW 1988; KAREN-PAZ *et al.*, 1989 COHAT, 1993; IMANISHI; 1993; MOE, 1993).

Los mecanismos de acción del etileno sobre la célula vegetal no están del todo dilucidados (ROJAS y RAMÍREZ, 1987; SMITH y HALL, 1984; REID y WU, 1992). Sin embargo, existen modelos consistentes con respecto a la actividad del etileno en el metabolismo vegetal. SMITH y HALL (1984), REID y WU (1992), señalan que el etileno ejerce su acción principal efecto sobre la movilización del contenido celular y su degradación, al promover el desarrollo de complejos enzimáticos, principalmente compuestos por enzimas hidrolíticas, peroxidasas y ribonucleasas.

ROJAS y RAMÍREZ (1987), señalan que el etileno se liga a un receptor específico, proteínas con el ión cobre en sus sitios activos, el cual activa un factor de sensibilidad, de naturaleza desconocida; probablemente un ácido graso de cadena corta, en la membrana plasmática celular (REID y WU 1992; IMANISHI, 1997). Este ácido regula zonas transcripción genética en el núcleo celular. Al ser estimulado por el etileno induce sobre dichas zonas la síntesis de proteínas. El etileno estimula además la síntesis de ARNm, el cual se traslada desde el núcleo celular hasta el citoplasma donde es empleado como plantilla para la síntesis de

proteínas por los ribosomas, proceso que se desencadena conjuntamente con la biosíntesis de etileno (SMITH y HALL, 1984; REID y WU, 1992).

El etileno permite movilizar el contenido celular de los bulbos, principalmente compuestos por agua y hexosas (DE MUNK y SCHIPPER, 1993), con ello se favorece la nutrición de las yemas, y por lo tanto la estimulación de su desarrollo, respuesta estrechamente ligada al calibre de los bulbos empleados en el forzado (DE MUNK y SCHIPPER, 1993; DE HERTOOGH, 1996; BAEZA y SOTO, no publicado). El efecto del regulador de crecimiento se observó mejorado por el empleo de tratamientos térmicos, ya que permite una mayor liberación de etileno, además de estimular la actividad de las enzimas liberadas (ARRAÑO, 1990; JENSEN y SALISBURY, 1988; ROSS y SALISBURY, 1994). Mediante la señalada interacción, se estimula el desarrollo de hojas y se aceleran e incrementan los niveles de floración. Acortando el período de desarrollo normal de la especie, reduciendo la altura de plantas y longitud de las varas florales. Atribuyendo la excesiva prolongación del periodo comprendido entre establecimiento y floración a las condiciones del forzado, particularmente al régimen térmico.

V. CONCLUSIONES.

Bajo las condiciones en las que se realizó la presente investigación y sobre la base de los resultados obtenidos, es posible extraer las siguientes conclusiones:

- La utilización del regulador de crecimiento Ethephon se constituye como una eficaz herramienta de promoción floral complementaria sobre el Iris Holandés; expresando particularmente dicho efecto sobre la disminución de plantas que no florecen y el aumento en los niveles de floración obtenidos.
- Se observa una clara influencia del regulador de crecimiento sobre los parámetros vegetativos, limitando el desarrollo en altura de las plantas, disminuyendo la longitud de las varas florales y fomentando el desarrollo de hojas por planta de manera proporcional a las concentraciones del regulador empleadas. Estableciendo que la concentración de Ethephon que permite lograr buenos niveles de floración y una adecuada longitud de vara floral es de 240 mg/L.
- Sobre los parámetros fenológicos bajo estudio, se observó también un claro efecto del regulador de crecimiento reduciendo la distribución de plantas con flores abortadas e incrementando los porcentajes de floración; superiores en un 40% respecto del testigo. Sin embargo, no se observaron diferencias en la prolongación del período plantación y floración.

- Las respuestas fenológicas del cultivo, específicamente la variable de respuesta periodo plantación floración, se observó claramente modificada por las condiciones meteorológicas bajo las cuales se desarrollo el forzado del cultivo. Alcanzando en promedio los 150 días; prolongándose en más de 60 días a diferencia de una condición de forzado normal en donde el cultivo se establece en primavera. Atribuyendo dicha respuesta al régimen térmico durante los meses invernales.

VI. RESUMEN.

Durante la temporada agrícola 2003/2004, se estableció un ensayo de campo para evaluar el efecto del regulador de crecimiento Ethephon en tres concentraciones (0 mg/L, 240 mg/L y 480 mg/L), sobre la inducción floral y su relación con el desarrollo vegetativo del Iris Holandés (*Iris x hollandica* Tub.), cultivar París de calibre floral, en condiciones locales bajo un sistema de forzado temprano.

El ensayo fue establecido bajo invernadero climatizado sobre un Andisol Serie Cunco, ubicado en la comuna de Cunco, Provincia de Cautín, IX Región de Chile (38°54' de Latitud Sur y 72°02' de Longitud Oeste). Se empleó un diseño experimental completamente al azar, de un factor con 3 tratamientos y 100 repeticiones.

Mediante el empleo de etileno los porcentajes de floración se incrementaron en un 40% respecto del testigo; obteniendo niveles de floración superiores al 89%. Las plantas que no florecen disminuyeron de manera proporcional a las concentraciones del regulador empleadas, obteniendo una reducción de un 36% y 7%, en plantas que forman sólo 3-4 hojas y plantas con flores abortadas, respectivamente. Mediante los tratamientos se redujo la altura de plantas en un 13%, al igual que longitud de las varas florales en un 9%. No se observó efectos del regulador de crecimiento sobre el período plantación-floración. Se observó un claro efecto de las condiciones de forzado sobre el cultivo; particularmente el régimen térmico, expresado en una excesiva prolongación del período plantación-floración, el cual se extendió por más de 150 días.

SUMMARY

During the crop season 2003/2004, was carried out a field essay to evaluate the effect of the growth regulator, Ethephon in three concentrations (0 mg/L, 240 mg/L y 480 mg/L), over the Dutch Iris's (*Iris x hollandica* Tub.), floral induction and his relationship with the vegetative development, cv. París, in local conditions under early forcing system.

The experiment was carried out under acclimatized greenhouse, in a Andisol soil Serie Cunco at Cunco, IXth of Chile (38°54' South Latitude and 72°02' West Longitude). A completely randomized experimental design was used, of one factor with 3 treatment and 100 replications.

Through the use of ethylene the flowering's percentajes grew upon a 40% respect of the control plants; obtaining flowering levels over 89%. The plant that do not bloom was diminished proportional manner to the used growing regulator concentrations, obtaining reductions of the 36% and 7%, in plants that just form 3-4 leaves and plants with aborted flowers, respectively. With the treatments was dismished the heith of the plants in 13% and the length of floral stem in 9%. The growing regulator wasn't present effects on the period between plantation-blooming. Was observe a important effect of the forcing conditions; particulary the thermic regimen, expressed in a excessive duration of the period plantation-blooming, which extended for over 150 days.

VII. LITERATURA CITADA.

ABELES, F. 1973. Ethylene in plant biology. New York and London. Academic Press. 302 p.

AOBA. 1974. The effect of temperature on bulb and tuber formation in bulbous and tuberous crops. IV Bulb formation in bulbous iris. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 43:273-280.

ARRAÑO, O. 1990. Crecimiento, producción y partición de asimilados de un trigo alternativo, en relación con el uso de tres reguladores de crecimiento. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. 61 p.

ASOCIACIÓN NACIONAL DE FABRICANTES E IMPORTADORES DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS AGRÍCOLAS. 2002. Manual Fitosanitario. Editorial AFIPA. Santiago, Chile. 1214 p.

BAILEY, P. y BAILEY, C. 1998. Química orgánica; conceptos y aplicaciones. 5^{ta} Edición. Prentice Hispanoamericana. México, D.F. 115 p.

BERGHOEF, J. and ZEVENVERGEN, A. 1990. The effect of air and soil temperature on assimilate partitioning and flower bud initiation of *Freesia*. Acta Horticulturae, 266: 169-176.

BUSCHMAN, J.C. 1995. The Iris as a cut flower. International Flower Bulb Center. Hillegom, Holland. 32 p.

- CHAHÍN, M.G. 1996.** La floricultura en el Sur de Chile. Capítulo 4: 37-42. En G. CHAHÍN (Ed.). Flores para la Araucanía. Centro Regional de Investigación Carillanca. Serie Carillanca N° 50. 183 p.
- CHAHÍN, M.G. 1997.** Cultivos Alternativos: La floricultura en el sur del país. Revista Tattersal. 135: 6-7.
- CHAHÍN, M.G. 2002.** Cultivo del Iris. Centro Regional de Investigación Carillanca, Ministerio de Agricultura. Informativo Instituto de Investigaciones Agropecuarias Carillanca N° 11 (5) 1-2.
- CHAHÍN, M.G., MONTESINOS, A. y VERDUGO, G. 2002.** Manejo Postcosecha de Flores. Centro Regional de Investigación Carillanca. Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín N° 82.
- COHAT, J. 1993.** Gladiolus. Chapter 22:297-320. In DE HERTOOGH, A. y LE NARD, M. (Ed.) Physiology of flowers bulbs. Elsevier Science Publisher B.V. Amsterdam, Holland. 811 p.
- DAVIS, B. 1988.** Guide to Garden Plants. Editorial Grisewood & Dempsey Ltd. England. 328 p.
- DE HERTOOGH, A.1989.** Holland bulbs forcer's guide. 4th edition. International Flowerbulb centre. Hillegom, Holland. 461 p.
- DE HERTOOGH, A. and LE NARD, M. 1993.** Bulb growth and development and flowering. Chapter 4:29-43. In DE HERTOOGH, A. y LE NARD, M. (Ed.) Physiology of flowers bulbs. Elsevier Science Publisher B.V. Amsterdam, Holland. 811 p.

- DE HERTOIGH, A. 1996.** Plantas de bulbo. Capítulo 8: 191-209. En R. Larson (Ed.) Introducción a la Floricultura. A. G. T. Editorial S.A. México, D. F. 551 p.
- DE MUNK, W. and SCHIPPER, J. 1993.** Iris bulbous and rhizomatous. Chapter 25: 349-379. In DE HERTOIGH, A. y LE NARD, M (Ed.). Physiology of flowers bulbs. Elsevier Science Publisher B.V. Amsterdam, Holland. 811 p.
- DEVLIN, R. 1982.** Fisiología Vegetal. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 517 p.
- DUINEVELD, T. and DE MUNK, W. 1986.** Stimulation and suppression of flower formation and development in Iris by gaseous compounds. Acta Horticulturae. 177: 624.
- FERRARI, D. y SERGENT, E. 1996.** Promoción de la floración y fructificación del mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden con nitrato de potasio. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Volumen 22. N° 1-2.
- FOX, M. y WHITESELL, J. 2000.** Química orgánica. Editorial Addison Wesley Longman. Inglaterra, Londres. 832 p.
- FUNDACIÓN CHILE. 2001.** Flores y Bulbos de Flor. Cadenas Agroalimentarias. Ministerio de Agricultura. 83 p.
- HARTMANN, H. y KESTER, D. 1992.** Propagación de Plantas. Principios y prácticas. 6^{ta} Edición. México, C.E.C.S.A 760 p.

- HUANG, B.; JONSON, J.; BOX, J and SMITH, D. 1997.** Root characteristics and hormone activity on wheat in response to hypoxia and ethylene. *Crop science*. 37: 812-818.
- IMANISHI, H. and FONTANIER, E. 1982.** Effects of exposure of bulbs to ethylene and smoke on flowering of Dutch Iris. *Bulletin of the University of Osaka Prefecture Service*. Bulletin 34: 1-5.
- IMANISHI, H. and YUE, D. 1986.** Effects of duration to exposure to ethylene on flowering of Dutch Iris. *Acta Horticulturae*. 177: 141-145.
- IMANISHI, H. 1993.** Freesia. Chapter 21:285-296. In DE HERTOOGH, A. y LE NARD, M. (Ed.) *Physiology of flowers bulbs*. Elsevier Science Publisher B.V. Amsterdam, Holland. 811 p.
- IMANISHI, H. 1997.** Ethylene as a promoter for flower induction and dormancy breaking in some flower bulbs. *Acta Horticulturae*. 430:79-88
- IVELIC, M. 1990.** Manejo del etileno en Kiwi. *Aconex 27 (1-3)* :29-32.
- JENSEN, B. y SALISBURY, F. 1988.** *Botánica*. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill. México, D.F. 650 p.
- KAMERBEEK, G.; DURIEUX, A. and SCHIPPER, J. 1980.** An analysis of the influence of Ethrel on flowering of Iris "Ideal": an associated morphogenetic physiological approach. *Acta Horticulturae*. 109: 235-240.
- KAREN-PAZ, V.; BOROCHOV, A. and MAYAK, S. 1989.** The involment of ethylene in liatris corm dormancy. *Plant Growth Regulation* 8:11-20.

- LAVAL, E. 2002a.** Mercado de flores de corte desde la perspectiva chilena. *Tierra Adentro*. 42 (1-2): 10-11.
- LE NARD, M. 1980.** Bulbing and flowering of Iris bulbs stored at different temperatures before a cold treatment. *Acta Horticulturae*. 109:141-148.
- LE NARD, M. 1985.** La floraison á contre-saison de l'iris bulbeux (*Iris x hollandica*). Station d' Amélioration de la Pomme de Terre et des Plantes á Bulbes. P.H.M. *Revue Horticole*. 255: 31-42.
- LE NARD, M. and DE HERTOOGH, A. 1993.** Tulipa. Chapter 35:617-682. In DE HERTOOGH, A. y LE NARD, M. (Ed.) *Physiology of flowers bulbs*. Elsevier Science Publisher B.V. Amsterdam, Holland. 811 p.
- MAE, T. and VONK, C. 1974.** Effect of light and growth substances on flowering in *Iris x hollandica* cv. Wedwood. *Acta Botanica Neerlandica*, 23: 321-331.
- MELLA, A. y KÜNHE, A. 1985.** Suelos derivados de material piroclástico en la zona central-sur de Chile. Descriptiva de los perfiles. Cap. 7: 24-105. En J. Tosso (Ed.) *Suelos Volcánicos de Chile*. INIA. Ministerio de Agricultura, Chile. 1350 p.
- MOE, R. 1993.** Liatris. Chapter 26:381-390. In DE HERTOOGH, A. y LE NARD, M. (Ed.) *Physiology of flowers bulbs*. Elsevier Science Publisher B.V. Amsterdam, Holland. 811 p.
- REID, M. and WU, M. 1992.** Ethylene and flowers senescence. *Plant Growth Regulation*. 11: 37-43.

- ROJAS, M. y RAMÍREZ, H. 1987.** Control hormonal del desarrollo de las plantas. Segunda edición. Editorial Limusa. 350 p.
- ROSS, C. y SALISBURY, F. 1994.** Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica S.A. México, D.F. 758 p.
- SALINGER, J. 1991.** Producción comercial de flores. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. 371 p.
- SCHIAPPACASSE, F. 1996.** Tulipán. Cap. II: 11-29. En SCHIAPPACASSE, F. (Ed.) Cultivo de Tulipán. Red Cettek de Fundación Chile y Escuela de Agronomía de la Universidad de Talca. 92 p.
- SILVA, L. 1990.** Efecto de tres reguladores de crecimiento aplicados en tres estados de desarrollo sobre el crecimiento, producción y rendimiento de cebaba de primavera. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. 78 p.
- SMITH, A. and HALL, M. 1984.** Mechanism of ethylene actions. Plant Growth Regulation. 2: 151-165.
- STRASBURGER, E.; NOLL, F.; SCHENCK, H. y SCHIMPER, A. 1994.** Tratado de Botánica. 8^{va} Edición. Editorial Omega. Barcelona, España. 978 p.
- SWART, A. and SCHIPPER, J. 1982.** Accelerated flower initiation and flowering of Dutch Iris after postharvest treatment with Ethephon. HortScience. 17: 905-906.
- THOMSON, W. 1995.** Agricultural chemicals. Miscellaneous Agricultural Chemicals Book III. Thomson Publications. 209 p.

THORNTON, R. y NIELSON, R. 1992. Química orgánica. 2^{da} Edición. Fondo Educativo Interamericano. México, D. F. 1375 p.

WEAVER, R. 1976. Reguladores de crecimiento de la plantas en la agricultura. Editorial Trillas. México, D.F. 622 p.

WGRZYNOWICZ, E. and SANIEWSKI, M. 1992a. Distribution of ethylene production and E.F.E. activity in different stages of growth and development in tulips. *Acta Horticulturae*. 325: 285-290.

.....**1992b.** Stimulatory effect of cupric ion on ethylene production in tulips. *Acta Horticulturae*. 325: 291-293.

YIP, K. and HEW, C. 1988. Ethylene production by young *Aranda* orchid flowers and buds. *Plant Growth Regulation*. 7: 217-222.

YUE, D. and IMANISHI, H. 1988. Effects of ethylene exposure on flowering of Dutch Iris "Blue Magic" grown in the open. *Journal of the Japanese Society of Horticultural Science*. 57: 481-486.

YUE, D. and IMANISHI, H. 1990. Influence of storage temperature and its duration before or after ethylene exposure on the formation of flower buds in Dutch Iris cv. "Blue Magic". *Scientia Horticulturae*. 57: 481-486

ANEXOS

Anexo 1. Características edafoclimáticas del Andisol utilizado.

Familia	: Los Prados.
Serie	: Cunco.
Clasificación	: Medial, mesic, Entic Dystrandept.
Ubicación	: Comunas de Cunco y Freire.
Fisiografía	: Inicio precordillera de los Andes. Altura 230 a 330 m.s.n.m.
Topografía	: Pendientes complejas 1 a 2%.
Drenaje	: Moderado.
Vegetación	: Formación de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Laurelia sempervirens</i> . <i>Nothofagus dombeyi</i> ; <i>Eucryphia cordifolia</i> ; etc.
Temperatura del suelo	: Media anual 12-13°C; media julio 8-9°C; media máxima enero 22-24°C.
Régimen de temperatura	: Mésico.
Pluviometría anual	: Anual 2,500-3,000 mm; otoño 600-800 mm; invierno 1,000-1,200 mm, primavera 500-700 mm; verano 250-300 mm.
Régimen de humedad	: Údico.
Material parental	: Cenizas volcánicas modernas.

(Fuente: MELLA Y KÜNHE, 1985).

Anexo 2. Características del cultivar utilizado.

Características	Cultivar
	Paris
▪ Grupo	Tingitana
▪ Color	Violeta
▪ Perímetro máximo de bulbo (cm)	10
▪ Altura de planta (cm)	80
▪ Diámetro de tallo	Normal
▪ Longitud de vara floral (cm)	56
▪ Follaje	Normal
▪ Épocas de establecimiento	Julio/Septiembre
▪ Densidad de plantación (bulbos/m ²)	110-130
▪ Rapidez de crecimiento	Normal

(Fuente: Adaptado de BUSCHMAN, 1995; CHAHÍN, 2002).

Anexo 3.Descripción del fitorregulador empleado.

ETHREL® 48 SL

Ingrediente activo	: Ethephon.
Nombre químico	: Ácido-2-cloroetil-fosfónico.
Grupo químico	: Derivado del ácido fosfónico.
Concentración y formulación	: 48% LS (Líquido soluble).
Modo de acción	: Sistémico.
Toxicidad	: Grupo IV. Ligeramente tóxico. LD50 producto comercial: dermal >2000 mg/kg. oral 3.740 mg/kg.

Principales características.

Ethrel libera etileno dentro de los tejidos vegetales poco después de la aplicación. El etileno es una hormona natural que induce y regula diferentes procesos en las plantas.

Objetivos de uso.

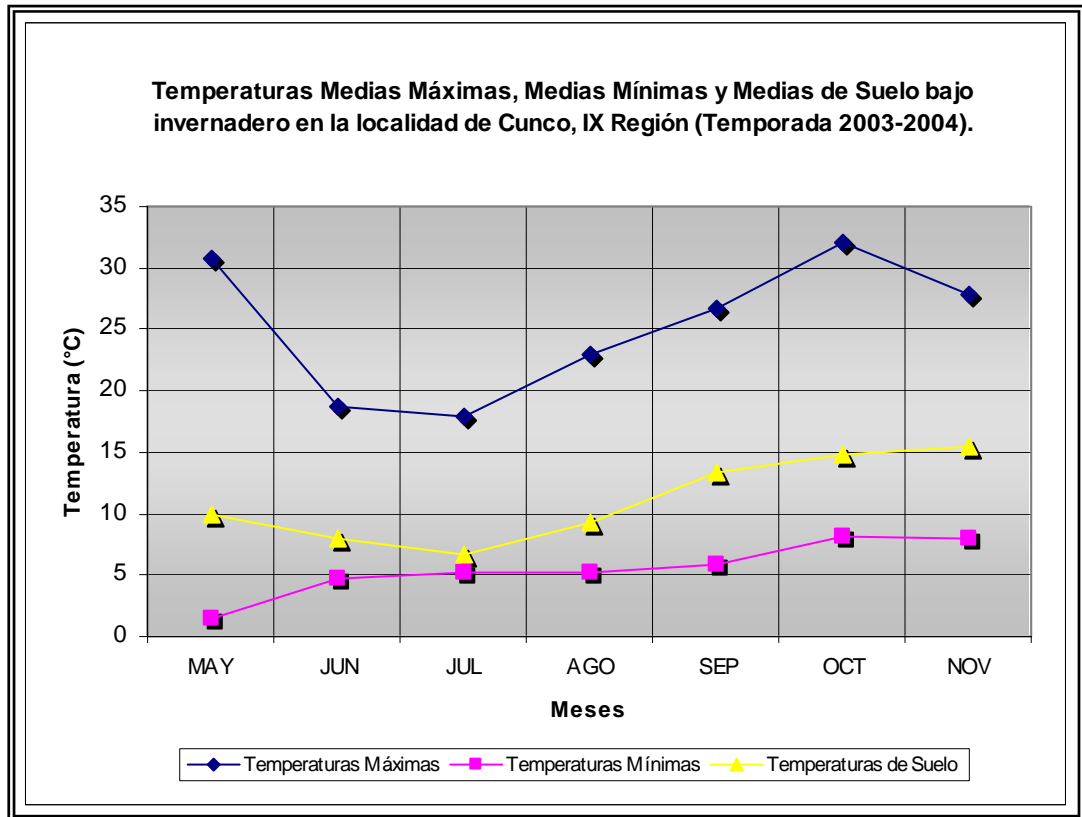
Producto recomendado los cultivos de uva de mesa, tomates, manzanos, entre otros para mejorar coloración y estimular procesos de maduración.

Compatibilidad.

Producto compatible con NAA-800, Rovral, Ronilan, Benomilo.

(Fuente: Adaptado de THOMSON, 1995; AFIPA, 2002).

Anexo 4. Temperatura ambiental y de suelo durante el periodo de ensayo.



(Fuente: Adaptado de determinación diaria efectuada a través de Censor Térmico Termocron®, Cunco 2003-2004).

Anexo 5. Pruebas de contraste de hipótesis según variables de respuesta.

Anova Variable de Respuesta Altura de Plantas (Cm)					
	Suma de Cuadrados	GL	Media Cuadrática	F	Sig.
▪ Inter-grupos	2305.739	2	1162.859	7.338	.015
▪ Intra-grupos	13667.712	87	157.100		
▪ Total	15973.471	89			
Coefficiente de Variación (%): 14.61					

Anova Variable de Respuesta Longitud de Vara floral (Cm)					
	Suma de Cuadrados	GL	Media Cuadrática	F	Sig.
▪ Inter-grupos	365.532	2	182.766	4.212	.019
▪ Intra-grupos	2733.498	87	43.389		
▪ Total	3099.030	89			
Coefficiente de Variación (%): 9.31					

Anova Variable de Respuesta Número de Hojas por Planta (Un.)					
	Suma de Cuadrados	GL	Media Cuadrática	F	Sig.
▪ Inter-grupos	35.267	2	17.633	20.638	.000
▪ Intra-grupos	74.333	87	.854		
▪ Total	109.600	89			
Coefficiente de Variación (%): 16.25					

Anova Variable de Respuesta Floración (%)					
	Suma de Cuadrados	GL	Media Cuadrática	F	Sig.
▪ Inter-grupos	2041.167	2	1020.583	1597.435	.000
▪ Intra-grupos	5.750	9	0.639		
▪ Total	2046.917	11			
Coefficiente de Variación (%): 28.60					

Anova Variable de Respuesta Flores Abortadas (%)					
	Suma de Cuadrados	GL	Media Cuadrática	F	Sig.
▪ Inter-grupos	511.666	2	127.916	18.063	.000
▪ Intra-grupos	106.225	9	7.082		
▪ Total	617.891	11			
Coefficiente de Variación (%): 11.58					

Anova Variable de Respuesta Periodo de Establecimiento-Floración (Días)					
	Suma de Cuadrados	GL	Media Cuadrática	F	Sig.
▪ Inter-grupos	131.407	2	65.703	2.347	.101
▪ Intra-grupos	2771.887	99	27.999		
▪ Total	2903.294	101			
Coefficiente de Variación (%): 3.60					

Anexo 6. Correlación de Pearson entre variables de respuesta

▪ A. D. P. ¹	1				
▪ L. V. F. ²	0,881**	1			
▪ N. D. H. ³	-0,533*	-0,588*	1		
▪ P. F. ⁴	-0,143	-0,105	0,655**	1	
▪ P. E. F. ⁵	0,095	0,120	-0,143	-0,010	1
	▪ A. D. P.	▪ L. V. F.	▪ N. D. H.	▪ P. F.	▪ P. E. F.

* Correlación significativa 0,05 (Bilateral).

** Correlación significativa 0,01 (Bilateral).

1. A. D. P. Altura de Planta.

2. L. V. F. Longitud de Vara Floral.

3. N. D. H. Número de Hojas.

4. P. F. Porcentajes de Floración.

5. P. E. F. Período entre establecimiento y Floración.

Anexo 7. Ilustraciones según etapa del ensayo e instalaciones de la Corporación R.U.F.

