

**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL FACTOR TÉRMICO DE
DIFERENTES ZONAS DE PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE TOMATE
(*Lycopersicon esculentum* Mill.) Y PIMENTÓN (*Capsicum annuum* L.) SOBRE
LA CALIDAD Y RENDIMIENTO.**

1. INTRODUCCIÓN

El concepto de calidad en semillas se define desde distintos aspectos en los que se incluye sanidad, genética, factores físicos, tales como tamaño, peso y color, entre otros. A su vez, la obtención de una buena calidad de las semillas es un concepto que involucra muchas variables que dependen en gran medida de los tratamientos dados en los procesos de producción, cosecha y almacenaje (PEÑALOZA, 2001).

Por otra parte, la elección de las zonas de cultivo para la producción de semillas no siempre se realiza en base a los requerimientos del mismo, como clima, suelo, agua, sino que también por la capacidad de gestión del empresario, así como los volúmenes proyectados de producción.

Esto lleva a pensar que existen factores no solamente técnicos que influyen en la calidad y el vigor de las semillas, entre los cuales se encontrarían factores climáticos como la temperatura (PARROTT y LACROIX, 1992), determinada por la localidad en donde se desarrolla el cultivo, como han observado XU y KAFKAFI (2003), SIDDIQUE y GOODWIN (1980) y HASANAH y ANDREWS (1989) en semillas de pimiento dulce (*Capsicum annuum* L.), frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) y maravilla (*Helianthus annuus* L.) respectivamente.

Aún cuando en el país el área de producción de semillas de pimentón y tomate se encuentra concentrada en la zona central, donde los climas se

caracterizan por ser mayoritariamente templados y recomendables para el desarrollo de ambas especies, se producen situaciones no esperadas en donde el rendimiento y calidad de las semillas obtenidas no es igual para todas las zonas de cultivo. Las temperaturas observadas en las localidades de producción son posiblemente un factor relevante ya que determinan procesos metabólicos (PEARCE, GRANGE y HARDWICK, 1993), afectan las tasas de crecimiento (ADAMS, COCKSHULL y CAVE, 2001) y composición mineral de los vegetales (XU y KAFKAFI, 2003).

Por lo tanto, la temperatura observada en las localidades de producción durante el proceso de desarrollo de los vegetales y de formación de las semillas podría afectar su calidad y rendimiento.

Objetivo general

Evaluar la influencia de la temperatura de las distintas zonas de producción de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y pimentón (*Capsicum annuum* L.) sobre la calidad y rendimiento de la producción de éstas.

Objetivos específicos

1. Evaluar la calidad de las semillas y plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) provenientes de tres zonas de producción.

2. Evaluar la calidad de semillas y plántulas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) provenientes de cinco zonas de producción.

3. Caracterizar las zonas en estudio en base a temperaturas observadas en el período de producción, con la ayuda de modelos numéricos, como días grados, temperaturas diarias promedio, entre otros.

4. Asociar la calidad y rendimiento de semillas obtenidas por cada localidad con la variable climática temperatura.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Temperatura y desarrollo vegetal:

El ambiente donde se establecen los cultivos afecta el desarrollo de los vegetales. PEARCE, GRANGE y HARDWICK (1993) señalan que dentro de la compleja ruta que siguen los asimilados existen numerosas etapas en las que se puede influenciar la calidad y cantidad de las cosechas, debido a que la mayoría de los procesos biológicos son sensibles a las temperaturas. HASANAH y ANDREWS (1989) establecen correlaciones en donde los factores climáticos tienen efectos dominantes sobre aspectos de las semillas como contenido de aceites y humedad. Por lo que se puede esperar que la temperatura tenga un predominante rol en el desarrollo vegetal, producción de semillas y posterior calidad de las cosechas.

2.1.1. Temperatura en el desarrollo del tomate

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es un miembro de la familia de las Solanáceas, originario de la costa occidental de Sud América (KINET y PEET, 1997; PICKEN, STEWART y KLAPWIJK, 1986). En su región de origen las temperaturas durante la etapa de crecimiento son de alrededor de 15 °C por la noche y 19° C en el día, sin embargo, puede desarrollarse en temperaturas entre los 10 y 30 °C, no soportando temperaturas cercanas a cero grados (PICKEN, STEWART y KLAPWIJK, 1986).

La temperatura puede afectar el desarrollo de la planta de tomate (ADAMS, COCKSHULL y CAVE, 2001), es así como puede influir en el número de hojas antes de la primera inflorescencia, las que usualmente suelen ser entre 6 a 11 (KINET y PEET, 1997), en el proceso de cuaja (GRUNE, 1997), en el crecimiento del fruto (ADAMS, COCKSHULL y CAVE, 2001; PEARCE, GRANGE y HARDWICK, 1993) entre otros. De esta manera, la temperatura juega un papel importante tanto en las fases vegetativas como reproductivas del vegetal.

Respecto a los efectos que puede tener la temperatura en la fase vegetativa del tomate ADAMS, COCKSHULL y CAVE (2001) observaron diferencias en las apariencias y desarrollo de plantas bajo distintos regimenes de temperatura durante su crecimiento; determinando que la materia seca mantiene una relación equilibrada entre la parte vegetativa como reproductiva cuando las plantas se desarrollan a 18°C y 22°C, no así canopias desarrolladas a 14°C ó 26°C en las que bajas o altas producciones de materia seca vegetativa, respectivamente, conllevan a una disminución en la materia seca en frutos. KINET y PEET, (1997) señalan que la temperatura afecta la elongación del tallo, con lo que finalmente se afecta la materia seca, en consecuencia, temperaturas de entre 18°C a 22°C pueden incrementar la materia seca de las plantas y la producción frutal.

En etapas reproductivas del tomate el efecto de las temperaturas se puede observar en sus racimos. Dentro de sus estudios ADAMS, COCKSHULL y CAVE (2001) obtuvieron racimos normales en plantas de tomate que crecieron bajo un régimen de 26°C, pero posteriormente se observaron en ellos abortos y los frutos tendían a ser partenocárpicos. Plantas que

crecieron en regímenes constantes de 18°C y 22°C producían frutos con semillas. Respecto a la apertura de flores, en el mismo estudio, se determinó que el número de flores que abre por día y la producción de racimos aumenta a medida que la temperatura se incrementa desde 14°C a 16°C ó desde 14°C a 22°C, pudiendo lograrse un aumento de un 68,6% y 121,6% respectivamente. En oposición, el número de flores por racimo disminuye al aumentar la temperatura observándose bajas de hasta 55,8% entre el número de flores alcanzado a 14°C respecto a 26°C.

Los frutos de tomate presentan una curva de crecimiento del tipo sigmoideal. La primera fase es de alto crecimiento relativo, en el cual el crecimiento en tamaño es menor durante aproximadamente dos semanas, a continuación le sigue un período de crecimiento rápido, en el cual el fruto alcanza el estado de verde maduro en aproximadamente tres a cinco semanas y finalmente un tercer período en el que se consigue la madurez (MONSELISE, VARGA y BRUINSMA, 1978). KINET y PEET, (1997) señalan que la división celular ocurre durante la primera etapa del desarrollo del fruto, alcanzando su máximo en la primera semana de división celular, es decir, durante el crecimiento lento, luego se inicia la fase de elongación celular. Los cambios anatómicos que llevan a la formación del pericarpio se suceden durante la primera semana de formación de fruto. El tejido placentario, por su parte, comienza a extenderse hacia los lóculos para envolver a las semillas durante los primeros 10 días, llenando en pocos días la cavidad locular (HO y HEWITT, 1986).

Los frutos de tomate también responden a la temperatura del ambiente donde se desarrollan. ADAMS, COCKSHULL y CAVE (2001) observaron que

frutos desarrollados a 14°C tenían un mayor tiempo desde polinización a cosecha, respecto a los que se desarrollaron a 26°C alcanzándose diferencias de hasta 53 días entre ambos tratamientos, experiencia similar tuvieron HURD y GRAVES (1984) cuando observaron que frutos de tomate demoraban 66 días en madurar a 15°C (noche), comparado con frutos que estaban a 11°C durante la noche, los que demoraron 74 días en madurar. Respecto a las temperaturas óptimas del proceso HO y HEWITT (1986) proponen el rango entre 15 a 20°C, agregando también, que la temperatura afecta los rangos de respiración, síntesis de almidón en el fruto y la cantidad de asimilados importados.

Las tasas de crecimiento de frutos responden a rangos de temperaturas. PEARCE, GRANGE y HARDWICK (1993) midieron el crecimiento del fruto cada 20 minutos encontrando una estrecha relación entre la expansión del fruto y la temperatura. ADAMS, COCKSHULL y CAVE (2001), por su parte correlacionaron la tasa de crecimiento del fruto, obteniendo un crecimiento de $5 \mu\text{m h}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ cuando se encontraba entre los 10 y 30°C. Al incrementarse la temperatura aumenta la actividad metabólica en el fruto, lo que acrecienta el ingreso de agua y por consecuencia se obtiene una mayor expansión del fruto (PEARCE, GRANGE y HARDWICK, 1993).

La germinación de las semillas del tomate también se ve afectada por la temperatura, rangos de 15°C – 25°C son los óptimos para lograr un alto porcentaje de germinación (PICKEN, STEWART y KLAPWIJK, 1986), sin embargo, con sólo 8,7°C se puede lograr germinación.

Las estructuras florales ven afectada su longevidad por las temperaturas. Es así, como la viabilidad del polen se altera por las temperaturas a las que se somete. A temperaturas entre 18°C y 25°C el polen mantiene su viabilidad por un período entre dos a cinco días, temperaturas extremas sobre 37,5°C y bajo 5°C limitan la germinación del polen; el estigma, por su parte cuando es sometido a un período de cuatro horas a 40°C, pasadas 24 a 96 horas después de la polinización puede sufrir la degradación del futuro endospermo y daños en el pro embrión (KINET y PEET, 1997).

2.1.2. Temperatura en el desarrollo de pimentón

La temperatura del aire y del suelo tiene un marcado efecto en el desarrollo del pimentón (RYLSKI, 1972). XU y KAFKAFI (2003); SI y HEINS (1996) observaron mayores tasas de crecimiento a medida que el promedio diario de temperaturas aumentaba. SI y HEINS (1996) obtuvieron valores de área foliar cinco veces mayores en plantas producidas a 26°C respecto a las producidas a 14°C, internudos seis veces más largos a 26°C respecto de 14°C, obteniendo un alto grado de correlación entre las temperaturas medias diarias y el largo de entrenudos así como también con el área foliar. WIEN (1997) indica que temperaturas nocturnas superiores a las temperaturas diarias e inferiores a 12°C son perjudiciales para el desarrollo del pimentón. MERCADO, VIÑEGLA y QUESADA (1997) en sus ensayos lograron un buen desarrollo con temperaturas de hasta 30°C. También observaron que la relación tallo/ raíz, decrece cuando la temperatura diaria desciende. Los datos indican que la longitud y diámetro del tallo, largo de internudos, número de hojas y volumen de la planta son funciones de la temperatura media.

La floración y fructificación también se ven afectadas debido a las temperaturas (RYLSKI, 1973). KHAH y PASSAM (1992) observan al respecto que la producción de pimentón bajo invernaderos, en donde las altas temperaturas alcanzan 41° C y mínimas de 19,1°C se caracterizan por abortos de flores, reducción de tamaño del fruto y disminución en la producción de semillas. BAKKER y VAN UFFELEN (1988) observaron máximos rendimientos de producción comercial a 21-21,5°C. WIEN (1997) señala que la temperatura en el proceso de formación y desarrollo del fruto de pimentón es un factor importante en la disminución de calidad de su semilla.

El peso del fruto de pimentón está fuertemente correlacionado con el número de semillas que este posee. RYLSKI (1973) encontró que la variación en el número de semillas en frutos desarrollados a 18-20°C y 8-10°C se explica en un 96 o 99% por la variación de temperaturas, respectivamente. MERCADO, VIÑEGLA y QUESADA (1997) obtuvieron para distintos genotipos de *Capsicum annuum* un mayor número de semillas por fruto en aquellos desarrollados en regimenes de 30/20°C día/noche, respecto a aquellos desarrollados a 25/14°C, las variaciones en el número de semillas entre ambos regimenes para una misma variedad van desde 33 a 99%.

2.2. Efectos de la temperatura sobre la producción de semillas:

2.2.1. Antecedentes generales

Se ha observado en varias especies que la calidad y rendimiento de la producción de semillas está condicionada a efectos climáticos, entre ellos la temperatura. Experiencias en frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) han demostrado que la calidad de la testa de la semilla y su resistencia mecánica es mejor cuando es producido en condiciones de temperatura baja, 18/13°C y 21/16°C día/noche respectivamente, durante el proceso de maduración de la semilla (SIDDIQUE y GOODWIN, 1980). En zanahoria temperaturas 20/10°C produjeron semillas con baja emergencia, a medida que aumentaban las temperaturas se incrementaba el porcentaje de emergencia (GRAY *et al.*, 1988). Lo que podría deberse a los efectos de la temperatura en el desarrollo del embrión o llenado de la semilla.

2.2.2. Efectos de la temperatura en el desarrollo de la semilla

La cantidad y calidad de las semillas se ve influenciada por el ambiente de producción. XU y KAFKAFI (2003) observaron que la cantidad de semillas de pimiento dulce (*Capsicum annuum* L.) por fruto fue mayor en los producidos durante la estación con promedio de temperaturas 24.2°C/19.5°C día/noche respectivamente. Por otra parte, las semillas producidas a temperaturas de 22.6°C/18.1°C día/noche respectivamente mostraron un mayor porcentaje de emergencia y menor porcentaje de plántulas anormales que las formadas a

mayor temperatura. En conclusión, la época de producción con altas temperaturas y largo fotoperíodo, comúnmente observada en regiones tropicales, para producir pimiento dulce realzan el crecimiento de la planta y las cosechas, pero reduce la calidad de su semilla (XU y KAFKAFI, 2003).

La temperatura durante la cual se forma la semilla puede afectar la composición de éstas. XU y KAFKAFI (2003) observaron en semillas de pimiento dulce que el contenido de potasio en semillas producidas bajo el régimen de 24.2/19.5°C día/noche respectivamente, fue casi dos a tres veces mayor que las semillas producidas a 22.6/18.1°C día/noche respectivamente. Sin embargo, el contenido de fósforo, magnesio y calcio fue menor en las semillas producidas durante el primer régimen de temperaturas. El contenido de nitrógeno y azufre no varió según la condición climática en la que se produjo la semilla.

La composición mineral de las semillas, podría afectar la calidad futura de las mismas debido al rol de cada uno de ellos. El potasio por ser un activador de 50 sistemas enzimáticos, juega un rol importante en el metabolismo, ya que participa en sistemas de oxidoreductasas, sintetasas (BONILLA, 2000), por su parte la mayor concentración de calcio se localiza extra celularmente en la pared celular, en los pectatos de la lámina media, requiriéndose en la integridad y funcionalidad de las membranas (BONILLA, 2000; SALISBURY y ROSS, 1994).

Experiencia similar en frejol fue conducida por THOMAS *et al.* (2003) obteniendo diferencias en los contenidos de nitrógeno total y fósforo. El nitrógeno tuvo un incremento constante desde los tratamientos con temperaturas de 28°C durante el día y 18°C durante la noche hasta los 40/30°C durante el día y noche respectivamente, alcanzando un alza de un 8% entre los tratamientos extremos ya mencionados, a contar de los 40/30°C, día y noche respectivamente, el contenido de nitrógeno decae fuertemente. Respecto al contenido de fósforo, se observa un comportamiento lineal de aumento a contar de los 32/22°C hasta los 40/30°C día y noche respectivamente.

El clima durante el desarrollo de la semilla puede cambiar la distribución de distintos elementos en la cubierta, cotiledón y endosperma. XU y KAFKAFI (2003) analizaron las cubiertas de semillas producidas a 22.6°C durante el día y 18.1°C durante la noche y 24.2/19.5°C día/noche respectivamente, observando que en las semillas desarrolladas a mayor temperatura predominaba el contenido de potasio, no así en semillas desarrolladas en estación fría donde lo hacía el calcio.

La calidad de la semilla estaría relacionada con su contenido interno. Al respecto XU *et al.* (2002) determinaron que la concentración de potasio en el fruto fresco afectó significativamente el porcentaje total de emergencia en semillas en la estación veraniega (24.2/19.5°C día/noche respectivamente), cuando la concentración de potasio fue menor de 25 g/kg en peso seco, el porcentaje de emergencia en las semillas fue menor al 80%. Además determinaron que en semillas producidas a 24.2/19.5°C día/noche respectivamente, el porcentaje de germinación estaba positivamente

correlacionado con la concentración de prolina libre, pero negativamente con la concentración de potasio (XU *et al.*, 2002).

2.2.3. Efectos de la temperatura en los aspectos físicos de las semillas

Los aspectos físicos de las semillas se ven alterados por las temperaturas. En maravilla (*Helianthus annuus* L.) se observa que el peso de sus semillas está correlacionado con las temperaturas máximas y precipitaciones durante el período de plantación a cosecha, pero lo es principalmente de las temperaturas máximas (UNGER, 1986).

En frejol es posible observar cambios en el color de la testa, afectando la apariencia de las semillas. MORRISON, PIETRZAK y VOLDENG (1998) determinaron que la presencia de temperaturas menores a 15°C durante la etapa de formación de la semilla, eran causantes de la aparición de este defecto. Se detectó que los defectos se incrementan si las temperaturas es inferior a 15°C se producían durante los 35 primeros días después de la floración, coincidiendo estos días con el paso desde la fase de división celular a diferenciación celular.

2.2.4. Variación de la germinación y parámetros de calidad respecto a la temperatura de la localidad de producción

El ambiente en el cual crecen los parentales puede afectar la viabilidad y el vigor durante el desarrollo de la semilla y maduración (STYER y CANTLIFFE, 1983). XU y KAFKAFI (2003) observaron en semillas de pimiento dulce durante las primeras cuatro horas de imbibición, que el total de electrolitos que escaparon en semillas producidas a temperaturas promedio de 22.6/18,1°C día y noche respectivamente en la temporada fue de un 40% respecto al valor obtenido por semillas producidas a 24,2°C/19,5°C durante día y noche respectivamente. Determinando que la calidad de semilla de pimentón, respecto a pruebas de electro conductividad, es sensible a variaciones en condiciones climáticas durante el desarrollo de la semilla.

Los elementos liberados por las semillas en la prueba de electro conductividad, son dependientes de la época de producción de la semilla. XU y KAFKAFI, (2003) determinaron en semillas de pimiento dulce que las semillas de verano (24.2/19.5°C) liberan mayor cantidad de potasio, mientras que las semillas de invierno (22.6/18.1°C día/noche respectivamente) se destacan por la liberación de calcio. Esto sugiere que la membrana celular y/o la integridad de la pared celular es mejor en aquellas semillas producidas en la época invernal.

Altas temperaturas de maduración reducen la calidad de semillas en frejol (*Phaseolus vulgaris*). SIDDIQUE y GOODWIN (1980) en su estudio observaron que temperaturas de maduración de 21°C día /16°C noche dan a

la semilla bajo porcentaje de germinación y alta susceptibilidad a daño mecánico, sin embargo, bajas temperaturas (18°/13°C y 21°/16°C temperaturas día/noche respectivamente) durante la maduración de la semilla son ideales para la producción de alta calidad y resistencia mecánica en variados genotipos de frejol.

En semillas de soya (*Glycine max* L.) se puede encontrar una relación similar entre temperatura y calidad de la semilla. GIBSON y MULLEN (1996) observaron que el porcentaje de germinación disminuía conforme aumentaba el número de días con altas temperaturas (32°/28°C temperaturas día/noche respectivamente) durante el desarrollo de la semilla. Por otra parte, los efectos de la temperatura reducían la germinación y vigor, pero no tenía relación con el tamaño y peso final de la semilla (KEIGLEY Y MULLEN, 1986).

Las temperaturas pueden afectar la calidad y productividad de semillas. Así lo observaron STEINER y OPOKU-BOATENG (1991) en semillas de lechuga, donde temperaturas mayores a 35°C durante el período de producción disminuyen el número de semillas por inflorescencia, la masa de las semillas y la longitud de raíces en plántulas, resultados similares obtuvieron ELBALLA y CANTLIFFE (1996) en semillas de zanahoria.

El porcentaje de germinación también se ve influenciado por la variación de temperatura en la producción de la semilla. Siendo positivamente correlacionado con la cantidad de ácidos grasos insaturados, pero negativamente relacionado con el total de electrolitos lixiviados y con el

contenido de potasio del extracto (XU y KAFKAFI, 2003) disminuyendo el porcentaje de germinación en semillas de pimiento dulce producidas en la época estival (24.2/19.5°C) (XU *et al.*, 2002).

El porcentaje de germinación puede estar asociado con la acumulación, distribución, escape de elementos minerales y reservas de las semillas. Los ácidos grasos insaturados encontrados en semillas con buena germinación por XU y KAFKAFI (2003), son fuente de energía para el organismo ya que, sus cadenas hidrocarbonadas liberan gran cantidad de energía cuando son oxidadas (DE ROBERTIS, HIB y PONZIO, 1997). Los ácidos grasos son capturados en los glioxisomas, primero se oxidan a unidades de Acetil CoA y NADH mediante una ruta metabólica conocida como oxidación B (SALISBURY Y ROSS, 1994).

2.3. Caracterización de la semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y pimentón (*Capsicum annuum* L.):

2.3.1. Aspectos generales de la semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Físicamente la semilla de tomate se puede describir como una semilla de forma aplanada, ovoide, de unos 4 -5 mm, consiste principalmente en un embrión, endospermo y testa. El embrión es fundamentalmente, una joven planta comprimida con una radícula, hipocotilo y dos cotiledones. La testa está cubierta por largos y suaves pelos que tienden a pegarse con las otras

semillas, éstos son remanente de las paredes celulares laterales de fuera del tegumento que se desintegran durante el desarrollo (PICKEN, STEWART y KLAPWIJK, 1986).

El desarrollo de la semilla se divide en tres fases, la histodiferenciación, maduración y maduración con pérdida de humedad. Según lo descrito por BERRY y BEWLEY (1991), la división celular y la diferenciación ocurren durante la primera fase, produciendo un embrión con ápice radicular y caulinar. La maduración está caracterizada por la expansión celular y la deposición de las reservas, resultando en un rápido beneficio del peso seco con una subsiguiente declinación en el contenido de agua causado en parte por el desplazamiento del agua celular a los lugares en que las reservas están bajas. Durante la tercera etapa el desarrollo termina, la semilla experimenta un rápido descenso en su contenido de agua y entra en estado de receso.

La evolución del embrión dentro de una semilla, se puede describir y categorizar en etapas según su morfología. HOCHER *et al.* (1992) señala que el desarrollo del embrión consta de tres fases generales, la primera de ellas llamada embriogénesis *sensu stricto*, luego la fase de crecimiento y finalmente la fase de madurez. Dentro de estas fases existen subdivisiones describiéndose el desarrollo completo del embrión en ocho etapas. HOCHER *et al.* (1992) y BERRY y BEWLEY (1991) indican que las tres primeras etapas correspondientes a estado globular, forma de corazón, torpedo joven pertenecen a la fase de embriogénesis *sensu stricto*. Los estados cuatro, cinco y seis pertenecen a la fase de crecimiento mientras que la fase siete y ocho corresponden a la etapa de maduración.

La formación del embrión dentro de la semilla se realiza en forma paralela a la formación del fruto. BERRY y BEWLEY (1991) definieron los tiempos en los que estas distintas etapas se suceden, durante los 10 primeros días se forma el estado globular, mientras que el fruto no presenta la placenta bien desarrollada. A los 15 días después de polinización es posible reconocer el estado de forma de corazón, cinco días más tarde la forma de torpedo ya es clara, puede medir unos 0.7mm, se aprecia formación de endosperma y testa adyacente y el fruto presenta el tejido mucilágeno en su parte distal, a los 25 día después de polinización hasta los 30 aproximadamente, el estado cuatro y cinco se suceden, los cotiledones son aún un tejido lechoso, el tejido mucilaginoso está en todo el espacio locular, en la siguiente etapa, cinco días más tarde ya es posible observar un giro en la tonalidad de la testa a café, el fruto sigue sin cambios aparentes, desde los 40 días en adelante la testa es café, el endospermo está formado y en crecimiento del embrión ya ha cesado.

La morfogénesis de la semilla está completa a los 20 días después de polinización. Como semilla, la capacidad de producir plantines viables es alcanzada a los 35- 40 días después de polinización, antes se encuentra limitada por una carencia en las reservas del endospermo, lo que se demostró cuando se dispuso en medios de cultivo embriones extraídos 25 días después de polinización produciendo plantines viables. Sin embargo, la maduración del embrión está completa a los 40 días después de la polinización, caracterizada por una alta capacidad de germinar y tolerar desecación (BERRY y BEWLEY, 1991).

El contenido de agua de la semilla de tomate es alto durante las primeras etapas de desarrollo, unos 10 a 30 días después de la polinización, disminuyendo hacia los 35 días después de la polinización para luego aumentar ligeramente durante la maduración del fruto, esta situación se alcanza unos 50 días después de la polinización (BERRY y BEWLEY, 1991).

2.3.2. Aspectos generales de la semilla de pimentón (*Capsicum annuum* L.)

Las semillas de pimentón, físicamente se describen como redondas o ligeramente reniformes, suelen tener entre 3 y 5 mm de longitud, se insertan sobre la placenta y son de color amarillo pálido (JONES, 1996).

En el proceso de formación de la semilla de pimentón ocurre primero una diferenciación histológica, la cual llega con la fecundación y luego se suceden rápidas divisiones celulares a partir de dos células, una que formará el embrión y la otra suspensor, todo guiado por el eje embrionario, una segunda fase es la de expansión o maduración de la semilla que se caracteriza por el aumento de la masa, esto ocurre gracias a un aumento del material de reserva, la tercera y última etapa se basa en la deshidratación de la semilla y una marcada disminución en las actividades dentro de ella (KERMODE y BEWLEY, 1986).

JONES (1996) determinó que el pericarpio de la semilla también logra un acelerado crecimiento en los primeros estados de semilla, y con posterioridad se observa una disminución de su espesor a partir de los 50 días

aproximadamente. El período de mayor crecimiento de la semilla coincide con el del fruto, siendo éste durante los 30 primeros días de desarrollo, después de los 40 días la semilla alcanza el período de mayor absorción de nutrientes, al mismo tiempo se produce la acumulación de reservas por parte de los cotiledones y la placenta disminuye su tamaño.

2.4. Caracterización climática de zonas productivas:

2.4.1. Antecedentes generales

Las etapas dentro del desarrollo fenológico de los vegetales se suceden de igual forma, pero no siempre con la misma rapidez. Tradicionalmente se han usado descriptores poco exactos para definir la interacción entre el clima y el desarrollo vegetal. En maíz, por ejemplo, se alcanza en distinto número de días calendario el estado de seda dependiendo de la fecha y las temperaturas que presentaba la temporada (GILMORE y ROGERS, 1958).

El número de días que necesita una planta para desarrollarse y avanzar en sus estados fenológicos decrece a mayor temperatura (SNYDER *et al.*, 2001). Así lo observaron THOMISON y NIELSON, (2002) y GILMORE y ROGERS (1958) cuando compararon los tiempos de desarrollo de variedades de maíz en distintas fechas de plantación, requiriendo las plantaciones tempranas dos veces el número de días para alcanzar el estado de seda en relación a una plantada en época más tardía (THOMISON y NIELSON, 2002). DAYNARD (1972) concluye que la fecha de plantación

afecta la duración del período en que un híbrido de maíz alcanza la capa negra y el porcentaje de humedad del grano maduro.

Los días calendario cuentan con la limitación de carecer de efecto comparativo. GILMORE y ROGERS (1958) señalan que materiales que crecen en diferentes zonas productivas y bajo condiciones ambientales diferentes no pueden ser comparados a través del tradicional día a cosecha. SNYDER *et al.* (2001) explican que la tasa de crecimiento (longitud/tiempo de desarrollo) se incrementa aproximadamente de forma lineal desde el umbral bajo al máximo. Temperaturas sobre o bajo el umbral no son consideradas como aporte al crecimiento. Debido a esto es necesario un método más preciso de determinar la madurez y para comparar entre híbridos en distintas regiones donde están siendo cultivados (GILMORE y ROGERS, 1958).

Cualquier método de clasificación de madurez más exacto que los días calendario, debe estar basado en algún modo en el ambiente, que es ampliamente responsable de la variación en número de días a cosecha (GILMORE y ROGERS, 1958). Las tasas de desarrollo biológico son linealmente relacionadas con la temperatura, pero la temperatura tiene tendencias diarias (SNYDER *et al.*, 2001).

2.4.2. Unidades de calor en la agricultura

El término de Unidades de Calor surge como una herramienta que proporciona información más exacta que el tradicional días a cosecha a los agricultores en cuanto a la elección entre variedades o decisión de fechas de siembra (THOMISON y NIELSON, 2002).

Las unidades de calor son usadas para predecir el tiempo del desarrollo fenológico de las plantas. Las tasas de crecimiento se incrementan aproximadamente como una función lineal de la temperatura del aire (SNYDER *et al.*, 1999). THOMISON y NIELSON (2002) determinaron que el tiempo calendario de floración y maduración del grano de tres híbridos de maíz, fue alterado cuando las plantaciones se realizaron más tardíamente, del mismo modo GILMORE y ROGER (1958) observaron en 10 variedades distintas de maíz, que los días grados calculados variaban en baja proporción respecto a distintas fechas de plantación, no así los días calendario. Por esta razón las unidades de calor o días grado de crecimiento son potencialmente más útiles (THOMISON y NIELSON, 2002).

El tiempo de siembra a emergencia también está ligado a la temperatura ambiental. Es así como WAGENVOORT y BIERHUIZEN (1977) desarrollaron la idea de unidades de calor como un sistema de predicción en el proceso de siembra en hortalizas, en este estudio se define que la semilla de tomate requiere 88 días grado para completar su germinación mientras que la semilla de pimentón 295 días grado.

2.4.3. Caracterización de las zonas de estudio

Dentro de las zonas donde se producen semillas de pimentón y tomate destacan localidades como Quillota, Limache, esporádicamente zonas como Petorca, Melipilla. Cada zona de producción presenta características propias pese a encontrarse insertas dentro de una misma clasificación agroclimática, esto ocurre cuando se refiere a las zonas de Quillota y Limache.

En aspectos generales Quillota y Limache se podrían describir como zonas con estación marcada, cuyo mes más frío corresponde al mes de julio con 11 °C como media y su mes más cálido enero. Poseen una precipitación anual de 436.4 mm, con una humedad relativa del 75 % (NOVOA, 1989).

Sin embargo, en observaciones de campo durante la temporada 2003-2004, se puede distinguir a la zona productiva de Limache como una zona de mayor oscilación térmica como se observa en los Anexos 1 y 2 y con temperaturas máximas más altas que la zona de Quillota.

Respecto a Petorca, se puede señalar que posee una temperatura media anual de 14°C, con medias de 26.5 °C en el mes más cálido correspondiente a febrero y mínimas promedio de 4.5 °C en el mes de julio. Posee una precipitación anual de 340 mm (NOVOA, 1989).

Según el sistema de clasificación de ecorregiones (GASTO, COSIO y PANARIO, 1993), las localidades se pueden integrar en nueve categorías o niveles, ordenados en una jerarquía de mayor o menor permanencia, de acuerdo a las variables ecosistémicas que las definen, corresponden a Reino, Dominio, Provincia, Distrito, Sitio, Uso, Estilo, Condición y Tendencia.

Las localidades de Quillota, Limache, Melipilla y San Pedro pertenecen a una misma clasificación ecorregional correspondiente a Reino: Templado, Dominio Templado seco estival, Provincia: Templado seco estival nuboso. Teniendo como características un clima templado de verano seco. Su temperatura es moderada, sin nieve y casi sin heladas. Las precipitaciones se concentran en invierno y aumentan de 400 a 900 mm. Tanto la temperatura como la humedad dependen del el dominio marítimo. La neblina y nubosidad penetran desde la costa, y durante el estío ayudan al desarrollo de la vegetación de matorral costero (GASTO, COSIO y PANARIO, 1993).

Mientras que la localidad de Petorca se clasifica como Reino Seco, Dominio Seco Estepario, Provincia Seco Esteparia Templado Invernal. Presenta precipitaciones de invierno abundantes, que fluctúan entre 250 mm y 350 mm al año. En el extremo norte, las precipitaciones son de alrededor de 250 mm, aumentando hacia el extremo sur de la provincia hasta alcanzar los 350 mm (GASTO, COSIO y PANARIO, 1993).

2.4.4. Cálculo de Unidades de Calor

GILMORE y ROGERS (1958) definen unidades de calor como una suma directa de unidades diarias de calor, calculadas por resta de una temperatura base debajo de la cual el crecimiento prácticamente cesa, desde la temperatura diaria significativa, ha sido usada frecuentemente como medida de requerimiento de calor, la que comúnmente son llamadas días grado.

Dentro de la literatura se puede encontrar más de una vía de cálculo de unidades de calor para los cultivos. La forma más básica de analizar la temperatura es mediante las temperaturas medias de un determinado período. La forma tradicional de cálculo de días grado señalada por BARGER (1969) solo involucra la diferencia entre la temperatura media del día y una base, siendo comúnmente utilizado 10°C como base. La temperatura promedio diaria, se obtiene sumando la temperatura máxima y mínima de un día 24 horas para luego dividirla por dos.

Sin embargo los días grado, calculado por la fórmula $(\text{Temperatura mínima} + \text{Temperatura máxima})/2 - 10^{\circ}\text{C}$, no representan las efectivas unidades de calor cuando las temperaturas caen bajo el mínimo para el crecimiento o suben sobre el óptimo, lo que frecuentemente ocurre en situaciones reales (GILMORE y ROGERS, 1958).

SNYDER *et al.* (1999) proponen que la tasa de desarrollo se debe asumir como insignificante cuando la temperatura está bajo el límite. Por esto es que

existen modificaciones al modelo original de procesamiento de datos, como la presentada por BARGER (1969) y GILMORE y ROGERS (1958) donde todas aquellas temperaturas mínimas inferiores a la base, es decir, inferiores a 10°C, se llevan a valor 10°C para efectos de cálculo. Si la temperatura es más de un grado mayor al umbral inferior por más de una hora, entonces el número de horas grado será igual a la temperatura observada menos la temperatura umbral inferior.

Una segunda modificación propuesta por GILMORE y ROGERS (1958) se refiere a las temperaturas máximas, en este caso se sustrae del valor obtenido por la fórmula de días grados tradicional el número de grados excedidos al óptimo máximo soportado por el vegetal.

La tercera modificación propuesta por GILMORE y ROGERS (1958) corresponde a la incorporación tanto de la corrección para temperaturas máximas como mínimas en una sola fórmula.

YANG, LOGAN y COFFEY (1995) presentaron un método alternativo al tradicional días grado, ellos definieron que un período de crecimiento y desarrollo fenológico debía ser función de un umbral de temperatura, reemplazando a la base 10°C, tradicionalmente utilizada por el umbral óptimo de crecimiento del vegetal. En este método, se obtiene la temperatura media del día como el promedio de temperaturas medias y máximas de 24 horas.

Un segundo método en función a umbrales fue presentado por RING *et al.* (1983) en este método calculan unidades de calor en una base diaria y agrega correcciones para disminuir el error.

Un tercer método en base a umbrales fue propuesto por ZALOM *et al.* (1983), siendo éste un triángulo. Esta metodología asume que el desarrollo es negativo cuando las temperaturas son bajas al umbral inferior, y que no hay incremento en el crecimiento cuando las temperaturas son mayores al umbral superior.

2.5. Pruebas de calidad en semillas:

Estas pruebas como su nombre lo indica pretenden caracterizar a un lote de semillas respecto a su calidad, incluyendo pureza (física y genética), viabilidad (germinación después de dormancia) y vigor (ROOS y WIESNER, 1991).

2.5.1. Prueba de germinación

El objetivo de esta prueba es determinar el máximo potencial germinativo de un lote de semillas para contar específicamente que éstas son capaces de producir una plántula normal. Las plántulas son clasificadas como normales y anormales, dependiendo de la presencia o ausencia de estructuras

esenciales. La descripción de las anomalías corresponde a una importante parte de esta prueba (ROOS Y WIESNER, 1991).

ISTA (2004) señala que todas aquellas plántulas que muestran el potencial para continuar un desarrollo de planta satisfactorio, creciendo en suelos de buena calidad y bajo condiciones favorables de humedad, temperatura y luz son clasificadas como normales. Este potencial se expresa como plántulas con todas las estructuras esenciales bien desarrolladas, sanas, completas y en proporción. Por otro lado, son plántulas anormales aquellas con alguna de las estructuras esenciales ausente o tan mala e irreparable que desequilibra y no se puede esperar mayor desarrollo o plántulas con alguna de sus estructuras esenciales tan decaída o enferma como resultado de una infección primaria que el desarrollo normal es limitado.

La prueba es realizada en una cámara de germinación, con condiciones climáticas controladas, temperatura, luz y agua (ROOS Y WIESNER, 1991). ISTA (2004) estandariza temperaturas y tiempos con el fin de propiciar una germinación, regular, rápida y completa.

2.5.2. Determinación del peso de la semilla

Ayuda a caracterizar a la semilla y a la vez es útil para pruebas posteriores como determinación de humedad (ISTA, 2004).

2.5.3. Determinación de humedad

Es una prueba rutinaria, la humedad se define como la pérdida en el peso cuando es secado conforme a reglas preestablecidas y se expresa como un porcentaje del peso de la muestra original.

Los métodos preestablecidos son diseñados para reducir la oxidación, descomposición o la pérdida de otras sustancias volátiles asegurando el retiro de tanta humedad como sea posible (ISTA, 2004).

2.5.4. Pruebas de vigor

El objeto de estas pruebas es proveer de información sobre el potencial de respuesta de las plantas en rangos medioambientales o en almacenamiento. Esta prueba además entrega información adicional, pues luego de sus tratamientos se realizan pruebas de germinación (ISTA, 2004).

2.5.4.1. Envejecimiento acelerado

El envejecimiento acelerado es una de las pruebas más comúnmente usadas para predecir el desempeño en campo de las semillas y puede ser aplicada a una gran variedad de especies. Las semillas son expuestas a alta humedad (95%) a una temperatura de 40 a 45 °C, las temperaturas varían según la

especie, por el período de dos a cuatro días (variando nuevamente por la especie) y al final del período las semillas son llevadas a germinar bajo los parámetros de una germinación estándar (ROOS y WIESNER, 1991).

Esta prueba somete a las semillas a condiciones no óptimas para luego medir su desempeño a través de una prueba de germinación común. Se intenta someter a las semillas a una pérdida sucesiva de funciones celulares que culmina en una pérdida de la capacidad de germinación (ROOS y WIESNER, 1991).

2.5.4.2. Índice de vigor

Usualmente para determinar el vigor usando la uniformidad y el crecimiento, se realizan mediciones manuales de las diferentes estructuras de las plántulas (SAKO *et al.*, 2002). Existe un sistema automático que mide el vigor en semillas, el cual es fácil de usar, económico y objetivo. Este sistema consiste en un software que analiza imágenes de plántulas y entrega valores numéricos tales como promedios de largos de radícula e hipocotilo, desviación estándar de largo de hipocotilo, largo de radícula, largo total (largos de radícula más hipocotilo).

2.5.4.3. Conductividad eléctrica

Está basada en una modificación de la resistencia eléctrica, causada por la lixiviación de electrolitos, cuando la semilla se sumerge en agua destilada por un determinado período de tiempo (DURAN y NAVAS, 2000). El principio de la prueba asume que la deterioración de las semillas es manifestada como la pérdida de integridad de la membrana (ROOS Y WIESNER, 1991).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Antecedentes generales:

Para los ensayos se trabajó con semillas de tomate y pimentón producidas por la empresa de semillas PINTO y GAJARDO S.A. provenientes de áreas productivas distintas. Las semillas de tomate provenían de predios ubicados en Limache ($32^{\circ} 59'$ latitud Sur, $71^{\circ} 16'$ longitud Oeste), Petorca ($32^{\circ} 14'$ latitud Sur, $70^{\circ} 54'$ longitud Oeste) y Quillota ($32^{\circ} 52'$ latitud Sur, $71^{\circ} 15'$ longitud Oeste). Por su parte, las semillas de pimentón fueron producidas en las zonas de Limache ubicada en $32^{\circ} 59'$ latitud Sur, $71^{\circ} 16'$ longitud Oeste, San Pedro, San Isidro y Quillota correspondientes a $32^{\circ} 52'$ latitud Sur, $71^{\circ} 15'$ longitud Oeste y Melipilla ($33^{\circ} 39'$ latitud Sur, $71^{\circ} 14'$ longitud Oeste).

3.1.1. Antecedentes de la producción

Durante el desarrollo de los cultivos, el manejo de éstos en todas las localidades se realizó bajo los mismos criterios de producción.

Para el caso de tomate, se manejó en almaciguera una conductividad eléctrica del orden de 2 mmhos/cm, básicamente mezcla de muriato de potasio y ultrasol multipropósito, manejando temperaturas mínimas de 12 a 14°C y máximas de 32°C , con aporte de humedad al sistemas de manera de lograr una condición óptima para el funcionamiento de la planta.

Después del trasplante se comenzó regando con 2 a 3 l/m de cinta de riego y fertilizando con muriato de potasio y fosfato monopotásico, esto se modificó de acuerdo a las relaciones mutuas empleadas para tomate comercial en la metodología conocida como MAFF, a partir de primeros racimos cuajados o con niveles muy bajos de nitrógeno (de acuerdo a la metodología) se comenzó a fertilizar con nitrato de calcio y/o nitrato de potasio, y en la etapa final se terminó con muriato de potasio, en general se manejó una conductividad eléctrica de 2 mmhos/cm y 1 a 1.5 g/l de fertilizantes en la solución final.

En el caso de los pimientos el inicio en almaciguera fue similar tanto en manejo de temperaturas como fertilización. En cuanto al manejo posterior se comenzó con riegos de 2 a 3 l/m con cinta de riego y una fertilización de muriato de potasio y/o fosfato monopotásico, también guiado por la metodología antes descrita, a niveles bajos de nitrógeno se comenzó a fertilizar con nitrato de calcio o nitrato de potasio con conductividades eléctricas de 1.5 a 2 mmhos/cm y 1 a 1.5 g/l de fertilizantes en la solución final.

El manejo de plagas y enfermedades se basó en monitoreo y de acuerdo a umbrales establecidos se determinaron las aplicaciones respectivas. Los manejos de podas, deshojes, despuntes, desfrutes y disminución de riego fueron similares para todas las localidades de producción, al igual que la metodología de cosecha, trilla y procesamiento final de la semilla.

3.2. Tratamientos:

Cada localidad fue reconocida como un tratamiento, aplicándose a cada una de ellas las distintas pruebas estipuladas para el ensayo. Las localidades y variedades utilizadas en los ensayos se muestran en el Cuadro 1. Frente a cada prueba se trabajó con cuatro repeticiones.

CUADRO 1. Identificación de las semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y pimentón (*Capsicum annuum* L.) usadas en los ensayos.

Especie	Variedad	Localidad
Pimentón	4p150	Limache
Pimentón	4p150	Melipilla
Pimentón	4p150	San Pedro
Pimentón	4p150	San Isidro
Pimentón	4p150	Quillota
Tomate	Tx 712	Quillota
Tomate	Tx 712	Petorca
Tomate	Tx 712	Limache

3.3. Pruebas de calidad:

3.3.1. Determinación de peso

Se obtuvo el peso de las semillas de cada una de las localidades mediante cuatro muestras de 100 semillas cada una, utilizando una balanza analítica marca Sartorius.

3.3.2. Determinación de humedad

Se determinó el porcentaje de humedad de las semillas frente a pruebas específicas que así lo requerían. Para esto se utilizó el analizador de humedad electrónico marca Boeco, modelo BM001.

3.3.3. Porcentaje de germinación

Entre dos capas de papel de germinación previamente humedecido con KNO_3 al 2% se sembraron 50 semillas correspondientes a una réplica, cada papel con las semillas fueron llevados a bolsas de plástico herméticamente selladas, las que mantuvieron en una cámara de germinación marca Mermmet por 14 días a 25°C. Por cada tratamiento se realizaron cuatro repeticiones. Todo el procedimiento se realizó bajo la normativa ISTA (2004).

La evaluación de plántulas se realizó según las especificaciones entregadas por ISTA (2004) para el tipo de germinación específico de tomate y pimentón definido como plántulas del tipo E, grupo A-2-1-1-1.

3.3.4. Envejecimiento acelerado

Las semillas iniciaron la prueba con un 14% de humedad, éstas fueron depositadas en una estructura con soporte de malla (mesh 14 x 18) dentro de frascos de vidrio, los que en la parte baja contenían 40 ml de agua destilada. Una vez sellados herméticamente los frascos fueron llevados a la cámara de envejecimiento acelerado marca Shel lab, tipo water-jacketed, en donde permanecieron por 72 horas a oscuridad a una temperatura de 41 ° C y humedad del 99%.

Se utilizaron cuatro réplicas de 50 semillas cada una, con un adicional del 20% para determinar el porcentaje de humedad al finalizar el envejecimiento. Aquellas semillas que contenían entre un 40- 45% de humedad fueron sometidas a una prueba de germinación, analizándose según los mismos parámetros ya indicados para aquella prueba.

3.3.5. Conductividad eléctrica

Para esta prueba se trabajó con cuatro réplicas de 40 semillas cada una, las que fueron depositadas en vasos de precipitados con 40 ml de agua desionizada a 20°C, manteniéndose esta temperatura a lo largo de toda la prueba.

Con un conductivímetro se determinó la conductividad del extracto cada media hora las tres primeras horas, cada una hora las cuatro horas siguientes y a las 24 horas.

3.3.6. Índice de vigor

Para esta prueba se trabajó con cuatro réplicas de 40 semillas cada una. Las semillas fueron sembradas en dos filas de 20 semillas sobre dos papeles filtro de color azul previamente saturados con agua destilada y dispuestos en la cara interna de la tapa de cajas plásticas (15 x 23 x 4 cm).

Las cajas cerradas fueron llevadas a una cámara de germinación con una inclinación de 85° respecto a la horizontal y se mantuvieron en oscuridad a 25°C por cinco días.

Diariamente se obtuvieron imágenes digitales de cada una de las réplicas para su posterior análisis con el programa SigmaScanpro 5.0, con el cual se midieron largos totales, largos de radícula e hipocotilo.

3.3.7. Plantas útiles

Se sembraron bandejas de propagación con 200 semillas distribuidas en cuatro réplicas, se mantuvieron en condiciones de invernadero. Se midieron distintos eventos como emergencia, cotiledón expandido, aparición de hojas verdaderas a los siete y 14 días después de la siembra.

3.4. Determinación de unidades de calor para las zonas en estudio:

Los cultivos en estudio se dividieron en diferentes períodos, equivalentes a vegetativo, desde trasplante a inicio de polinización y reproductivo desde inicio de polinización a inicio de cosecha.

De este modo, se obtuvo el número de días del cultivo y etapas. Los registros de temperatura mínima y máxima diaria del invernadero en donde se desarrollaron fueron posteriormente introducidos a las fórmulas propuestas por diferentes autores, las que se muestran a continuación.

Fórmula 1: Fórmula de Días Grados propuesta por BARGER (1969)

$$DG: (T \text{ máxima} + T \text{ mínima}) / 2 - T \text{ Base } (10^{\circ}\text{C})$$

Fórmula 2: Fórmula propuesta por BARGER (1969) y GILMORE y ROGERS (1958)

$$DG: (T \text{ máxima} + T \text{ mínima})/2 - 10^{\circ}\text{C}$$

Donde toda T mínima inferior a 10°C es 10°C

Fórmula 3: Fórmula propuesta por GILMORE y ROGERS (1958)

$$DG: (T \text{ máx.} + T \text{ mín.})/2 - 10^{\circ}\text{C} - (T \text{ máx. observada} - T \text{ máx. tolerada})$$

Fórmula 4: Fórmula propuesta GILMORE y ROGERS ((1958)

$$DG: (T \text{ máx.} + T \text{ mín.})/2 - 10^{\circ}\text{C} - (T \text{ máxima observada} - T \text{ máxima tolerada})$$

Donde todo T mínima inferior a 10°C es 10°C

Fórmula 5: Fórmula propuesta por YANG, LOGAN y COFFEY. (1995)

$$F(x) = (T1 - x) d1,$$

Donde T1 es la sumatoria de temperaturas medias divididas por el número de días registrados (d1), mientras que x es el umbral óptimo de temperatura.

Fórmula 6: Fórmula propuesta por RING *et al.* (1983)

$$D^{\circ} = T_m - X1,$$

$$\text{Donde } T_m = (t \text{ máxima.} + t \text{ mínima})/2$$

Cuando el Tm es menor que el umbral X, el valor D° es igual a cero.

Fórmula 7: Fórmula propuesta por ZALOM *et al.* (1983)

$$D^{\circ} = 0 \text{ cuando } x > \text{ igual a } T \text{ máxima}$$

$$D^{\circ} = \left(\frac{T \text{ máx.} - \text{umbral}}{2} \right) \left(\frac{T \text{ máx.} - \text{umbral}}{T \text{ máx.} - T_{\text{min}}} \right)$$

cuando $T_{\text{min}} < \text{umbral} < T \text{ máx.}$

$$D^{\circ} = (T \text{ máx.} + T_{\text{min}})/2 - x \text{ cuando } x < \text{ igual a } T \text{ mínima}$$

En el caso del tomate, la temperatura máxima se definió según lo descrito por PICKEN, STEWART y KLAPWIJK (1986) quienes señalan que el tomate puede desarrollarse en temperaturas entre los 10 y 30 °C. Por otra parte ADAMS, COCKSHULL y CAVE (2001) observaron que el mejor desarrollo del tomate se aprecia en temperaturas entre 18 y 22 °C, por lo que se utilizó como umbral óptimo 20°C.

Por su parte, la temperatura máxima para el pimentón se definió según lo descrito por MERCADO, VIÑEGLA y QUESADA (1997) quienes señalan que aún en los 30°C puede existir desarrollo del pimentón. Por otra parte, la temperatura óptima se definió según la experiencia de SI y HEINS (1996) quienes observaron un mejor desarrollo del pimentón en términos de área foliar, largo de internodos con plantas sometidas a temperatura de 26°C.

3.4.1. Definiendo un método de cálculo

De los siete modelos distintos utilizados para el cálculo de unidades de calor a lo largo de este trabajo, no todos representan en sus resultados las variaciones diarias de temperaturas de las distintas zonas, así como los métodos en los que se utilizan umbrales óptimos, al comparar situaciones ideales de desarrollo con situaciones reales de temperatura se subestima el comportamiento vegetal dentro de rangos de temperaturas fuera del óptimo específico en donde los vegetales aún mantienen desarrollo.

GILMORE y ROGERS (1958) analizaron durante cuatro temporadas la variación de los datos entregados por las temperaturas medias, fórmulas de días grados y días grados corregidas, observando que el menor coeficiente de variación se produce en aquellos métodos donde se aplican correcciones tanto a temperaturas mínimas como máximas a la forma tradicional de días grados.

Respecto a los métodos en donde se utiliza un umbral óptimo, SNYDER *et al.* (1999) señalan respecto al método propuesto por YANG, LOGAN y COFFEY (1995), que si bien simplifica la metodología de trabajo, induce a error, porque el modelo lineal subestima unidades de calor cuando la temperatura umbral óptimo se encuentra entre los valores de temperatura máxima y mínima del día y es negativo cuando el umbral óptimo es mayor a la temperatura media del día.

Por lo anteriormente expuesto para efectos de análisis se trabajó con temperaturas medias y unidades de calor calculadas por la fórmula cuatro.

3.5. Diseño experimental:

Los datos obtenidos en las pruebas de germinación, envejecimiento acelerado, índice de vigor, contenido de lixiviado en conductividad eléctrica y plantas útiles fueron analizados estadísticamente por medio de un análisis de varianza bajo el modelo de análisis de varianza II (Andeva II). Con el fin de

observar diferencias entre los tratamientos, se usó la prueba de LSD con un nivel de significancia $P \leq 0.05$.

Para realizar el análisis estadístico se utilizó el programa Statgraphics plus 5,1. mediante comparación, análisis de varianza (Andeva) de una vía.

En específico para el análisis de porcentaje de germinación y envejecimiento acelerado y emergencia en plantas útiles, los datos fueron previamente transformados en $\arcsen\sqrt{x}$, siendo x el número de plántulas normales o anormales obtenidas por cada prueba, tal como lo utilizado por SIDDIQUE y GOODWIN (1980).

Se realizó análisis de regresión simple y múltiple con los datos obtenidos de las pruebas de calidad y temperaturas. Se utilizó como variable independiente los valores térmicos y como variable dependiente los parámetros de calidad.

Para realizar el análisis estadístico, se utilizó el programa Minitab 14 con la herramienta, regresión y stepwise para regresión simple y múltiple respectivamente. Las regresiones fueron obtenidas con los valores de cada una de las réplicas por tratamiento versus el factor térmico correspondiente.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Ensayo 1. Relación entre la temperatura durante la formación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y su calidad:

4.1.1. Resultados del análisis de las características físicas de semillas de tomate

4.1.1.1. Peso de las semillas de tomate

Como se puede observar en el Cuadro 2, existen diferencias significativas en el peso promedio de 100 semillas de tomate. El mayor valor fue observado en semillas producidas en la localidad de Petorca, mientras que el menor peso fue obtenido en semillas producidas en Quillota. La diferencia observada podría estar relacionada con las temperaturas en las que se produjeron las semillas, tal como lo observado por UNGER (1986), en donde el peso de semillas de maravilla (*Helianthus annuus*) esta altamente correlacionado con las temperaturas máximas durante la producción, asociado a la velocidad de acumulación de nutrientes dentro de las semillas.

En la producción de semillas de tomate Tx712 durante la temporada 2003-2004 las temperaturas máximas se relacionan con el peso obtenido por las semillas, en donde se observa que la variación del peso se explica en un 99,1% por el número de días desde inicios de polinización hasta cosecha con

temperaturas sobre los 30°C y en un 83,4% por el número de días con temperaturas sobre 30°C de todo el período de producción (ver 4.1.9).

CUADRO 2. Peso promedio de muestras de 100 semillas de tomate variedad Tx712 provenientes de distintas localidades de producción.

Localidad	Peso (g)
Limache	0,366 b
Quillota	0,281 c
Petorca	0,406 a

Los valores promedios que comparten la misma letra no presentan diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de LSD ($P \leq 0,05$).

GRAY *et al.* (1988) observaron la formación de semillas de zanahorias (*Daucus carota*) más livianas en zonas de mayor temperatura (30/20°C), sin embargo, se encontró una relación inversa con el tamaño del embrión. De lo que deduce que la diferencia en el peso de las semillas, en este caso, radica principalmente en la cantidad de reservas que la semilla posee.

BERRY y BEWLEY (1991) señalan que la formación del endosperma ocurre en paralelo con la formación del embrión, por lo que la temperatura durante ese período y la cosecha del fruto pueden afectar el peso de la semilla. Si se analiza la ganancia de unidades de calor obtenida en cada localidad (ver sección 4.1.8) se puede observar que la zona de Quillota acumuló el menor número de unidades de calor para dicho período con 698 unidades de calor, siendo la localidad que menor peso de semillas obtuvo, por el contrario, la localidad de Petorca acumuló 714 unidades de calor que es mayor que el

acumulado por las otras zonas de producción y obtuvo mayor peso de semillas.

Así mismo, la acumulación de unidades de calor durante el período de inicio de polinización a cosecha en tomate, es directamente proporcional al llenado de las semillas y al peso obtenido por las localidades de producción, observándose para estas variables un r^2 de 0,950, por lo que el 95% de la variación en el peso de semillas de tomate se debe a la acumulación de unidades de calor durante el período de inicio de polinización a cosecha.

RYLSKI (1972) realizó observaciones respecto a la estabilidad térmica en el cultivo pimentón, alterando la temperatura del aire en distintos estados de desarrollo del vegetal, la planta mostró alteraciones respecto al peso de flores y ovarios, situación similar podría ocurrir en la zona de Limache por la heterogeneidad de sus ganancias de unidades de calor diarias como se observa en la sección 4.1.8, sin embargo, el análisis de correlación no mostró significancia.

4.1.2. Características biométricas de las semillas

En el Cuadro 3 se observa que no existen diferencias significativas entre las semillas provenientes de distintas localidades respecto al largo, ancho, perímetro, área y volumen obtenido. Del mismo, no existe mayor relación entre los parámetros térmicos y las características biométricas de las semillas (ver sección 4.1.9).

CUADRO 3. Caracterización física de semillas de tomate variedad Tx712 provenientes de diferentes localidades de producción.

Localidad	Largo (mm)	Ancho (mm)	Perímetro (mm)	Área (mm ²)	Volumen (mm ³)
Limache	3,82 ^{N.S.}	2,95 ^{N.S.}	12,09 ^{N.S.}	8,39 ^{N.S.}	14,40 ^{N.S.}
Quillota	3,62	2,81	11,07	7,52	12,36
Petorca	4,05	3,17	12,44	9,47	17,49

N.S.: No Significativo, $P > 0,05$.

4.1.3. Resultados de la prueba de conductividad eléctrica

En la Figura 1 se observan los resultados obtenidos en las pruebas de electro conductividad. Las semillas provenientes de la localidad de Petorca muestran valores de conductividad menor, mientras que la localidad de Limache presenta mayor lixiviación de electrolitos.

Los resultados de la prueba de conductividad eléctrica pueden reflejar el estado de madurez de la semilla (BOROWSKI, FRITZ y WATERS, 1991) y relacionarse con las unidades de calor acumuladas en el período de formación de la testa. Las zonas que obtienen menor conductividad eléctrica son las zonas Quillota y Petorca, presentando una mayor estabilidad de la membrana celular (HOPPER y HINTON, 1987), el período clave en la formación de la testa se encuentra entre los días 35 y 45 después de polinización, en este tiempo la testa se torna más oscura y firme (BERRY BEWLEY, 1991; HOCHER *et al.*, 1992). La cantidad de unidades calor acumuladas para este período así como las ganadas diariamente muestran

un r^2 de 0,711 y 0,617 respectivamente (ver sección 4.1.9) en relación al desempeño de las semillas en esta prueba, siendo mayores en aquellas zonas donde mejor estabilidad de membranas se observó, alcanzando las 311 unidades de calor durante los 35 primeros días después de polinización la zona de Petorca, Limache por su parte, alcanza sólo 289 unidades de calor en el mismo período y la menor estabilidad de membranas.

El contenido de cada uno de los lixiviados, después de sumergidas las semillas durante 24 horas, se muestran en el Cuadro 4. Existen diferencias significativas respecto al contenido de potasio de los extractos analizados. Las semillas provenientes de Limache lixiviaron 1,36 mg/l, mientras que semillas de las localidades de Quillota y Petorca alcanzaron sólo un 25% y 36% respectivamente del valor obtenido por Limache. El contenido de calcio lixiviado no presenta diferencias significativas para las semillas provenientes de distintas localidades de producción.

CUADRO 4. Contenido del lixiviado después de finalizada la prueba de conductividad eléctrica en semillas de tomate variedad Tx712 provenientes de distintas localidades de producción.

Localidad	Potasio (mg/l)	Calcio (mg/l)
Petorca	0,47 a	0,90 ^{N.S.}
Quillota	0,34 a	1,08
Limache	1,36 b	0,90

Los valores promedio que comparten la misma letra no presentan diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de LSD ($P < 0,05$); N.S.: No Significativo, $P > 0,05$.

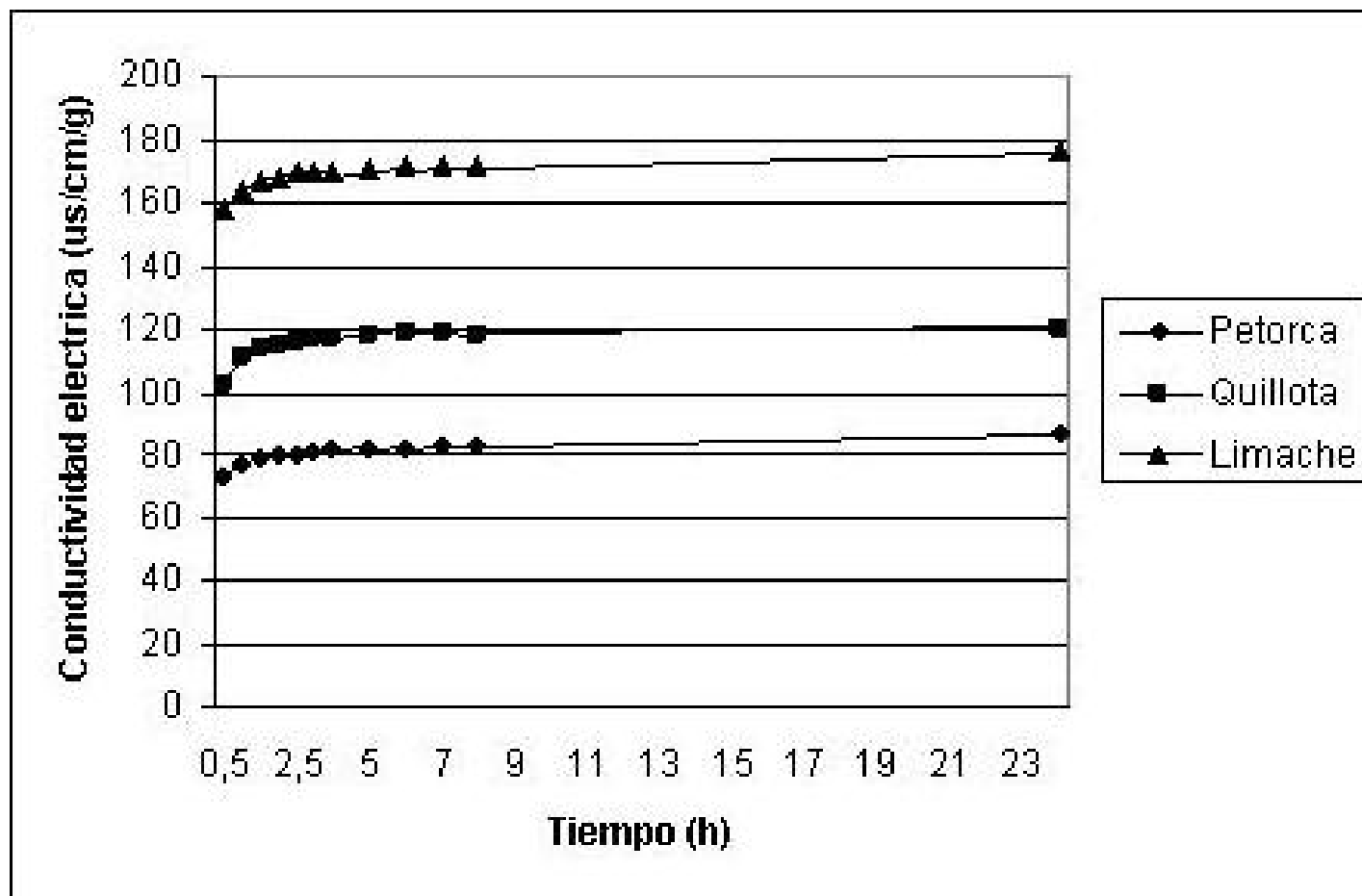


FIGURA 1. Conductividad eléctrica ($\mu\text{s/cm/g}$) en semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) provenientes de tres localidades distintas.

Ambos elementos son evaluados en el contenido de semillas y lixiviados como indicadores de la integridad de la membrana (XU y KAFFKAFI, 2003). El mayor contenido de potasio dentro del exudado liberado se encuentra en las semillas de Limache. GRAY *et al.* (1988) observaron que el contenido de potasio dentro de las semillas de zanahoria aumentaba conforme se incrementan la temperatura, de igual forma XU y KAFKAFI (2003) lo observaron en semillas de pimiento dulce. En la localidad de Limache se presentaron durante el período de producción el mayor valor promedio de temperaturas máximas, como se observa en el Anexo 1, lo que puede explicar el mayor contenido de potasio dentro de las semillas de dicha localidad y por ende, su mayor lixiviación durante la prueba de conductividad eléctrica, no obstante, en este ensayo no se observa un r^2 significativo para esta variable. El contenido de potasio se explica de mejor forma a través de las unidades de calor ganadas semanalmente con un r^2 de 0,835 (ver sección 4.1.9).

4.1.4. Envejecimiento acelerado

Se puede observar en el Cuadro 5 que el porcentaje de germinación de las semillas con envejecimiento es menor al porcentaje de germinación obtenido por las semillas sin envejecimiento. En esta prueba se obtuvo diferencias significativas entre las semillas producidas en distintas localidades. Semillas producidas en Quillota mostraron el mejor porcentaje de germinación luego del envejecimiento; por su parte las semillas de Limache obtuvieron el menor porcentaje de germinación, así como el mayor porcentaje de semillas muertas.

CUADRO 5. Resultados obtenidos en la prueba de germinación y envejecimiento acelerado por semillas de tomate variedad Tx712 provenientes de distintas localidades de producción.

Localidad	Germinación (%)	Plántulas Anormales (%)	Semillas Muertas (%)	Con Envejecimiento		
				Germinación (%)	Plántulas Anormales (%)	Semillas Muertas (%)
Limache	71 ^{N.S.}	14 ^{N.S.}	15 ^{N.S.}	21 c	31 ab	48 a
Petorca	74	13	13	44 b	38 a	18 b
Quillota	69	14	17	64 a	20 b	16 b

Los valores promedio que comparten la misma letra no presentan diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de LSD ($P \leq 0,05$), N.S.: no significativa a $P > 0,05$

El mejor desempeño en la prueba de envejecimiento acelerado corresponde a las semillas provenientes de la localidad de Quillota, como muestra el Cuadro 5, con un menor número de anomalías y mayor porcentaje de germinación puede ser explicado por un mejor desarrollo del embrión. La zona de Quillota posee una acumulación de unidades de calor menor a las otras localidades durante los 20 primeros días, período en el cual el embrión se encuentra en su fase de formación y de activa división celular (HOCHER *et al.*, 1992), permitiendo así, la formación de un embrión de mejor calidad. Es de esperar que los embriones de semillas provenientes de Petorca y Limache, al acumular más unidades de calor pasaran de manera más rápida a la etapa de crecimiento, tal como se observa en frutos de tomate en donde las altas temperaturas aceleran su proceso de maduración (ADAMS, COCKSHULL y CAVE, 2001).

El porcentaje de plántulas normales presenta relación con el diferencial de temperatura, observándose durante el período de producción que un 89,5% de la variación en el porcentaje de plántulas normales se debe al diferencial de temperatura (ver 4.1.9), siendo mayor el porcentaje de plántulas normales mientras menor es el valor del dicho diferencial (Anexos 1, 2 y 3).

Por su parte, porcentaje de semillas muertas en la prueba de envejecimiento acelerado está relacionado con el promedio de unidades de calor acumuladas semanalmente por las localidades de producción con un r^2 de 0,846 (ver 4.1.9). El mayor porcentaje de semillas muertas observadas corresponde a la muestra proveniente de la localidad de Limache, lo que puede deberse a la acción conjunta de paredes y membranas celulares de bajas integridad más un embrión de baja calidad.

4.1.5. Índice de vigor

En el Cuadro 6 se muestran los resultados del índice de vigor. Respecto al largo de hipocotilo existen diferencias significativas entre las semillas provenientes de distintas localidades, así como en el largo total, siendo las plántulas de Quillota las que obtienen un mayor largo total.

CUADRO 6. Resultados de largo de radícula, hipocotilo y largo total de plántulas de tomate variedad Tx712 provenientes de distintas localidades de producción.

Localidad	Largo (cm)			Desviación estándar	
	Radícula	Hipocotilo	Total	Radícula	Hipocotilo
Petorca	14,88 ab	3,41 b	18,29 b	1,29	1,01
Quillota	19,15 a	5,39 a	25,05 a	1,35	1,68
Limache	14,48 ab	4,03 a	18,51 b	1,21	1,55

Los valores promedios que comparten la misma letra no presentan diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de LSD ($P \leq 0,05$).

El mejor desempeño en el índice de vigor fue logrado por las semillas producidas en la localidad de Quillota, pese a ser la semilla de menor peso, logrando en el índice de vigor un largo total mayor respecto al logrado por semillas provenientes de otras.

La uniformidad obtenida por las plántulas en la prueba de índice de vigor, puede atribuirse a una mejor calidad de embrión (GAETE, 2004). Las semillas producidas en la localidad de Petorca presentan una baja desviación

estándar y por ende, mayor uniformidad en largo de hipocotilo y radícula con un valor de 1,01 y 1,29 respectivamente. Esto se podría atribuir a la estabilidad en la acumulación de unidades de calor durante el período de formación del embrión, correspondiente a los primeros 15 a 20 días aproximadamente en Petorca. Limache, pese a tener una acumulación similar de unidades de calor, muestra una mayor desuniformidad en las ganancias diarias y sobre todo la presencia de temperaturas bajo los 10°C, las que se correlacionan con el largo total con un r^2 de 0,720 (ver 4.1.9), ello podría alterar las tasas de respiración y reducción de las tasas de crecimiento (TADEO, 2000).

4.1.6. Plantas útiles

En el Cuadro 7 se observa que existe diferencia significativa en el porcentaje de emergencia de las semillas respecto a la localidad de producción de la que provienen. El mayor porcentaje de emergencia al día siete se observó en la semilla de la localidad de Quillota. Al día 14 no se observan diferencias en los porcentajes de emergencia.

El porcentaje de emergencia se puede explicar a través del diferencial de temperatura observado en el período, con un r^2 de 0,910 (ver 4.1.9), es decir, el diferencial de temperatura explica en un 91% la variación del porcentaje de emergencia. Se observó un mayor valor de diferencial de temperatura durante el período de formación de la semilla, asociado a menores porcentajes de emergencia en la prueba de plantas útiles.

CUADRO 7. Porcentaje de emergencia observado en plantas de tomate variedad Tx712 provenientes de semillas de distintas localidades durante la prueba de plantas útiles al día siete y 14 después de siembra.

Localidad	Emergencia (%)	
	Día 7	Día 14
Quillota	70 a	96 ^{N.S.}
Limache	26 c	72
Petorca	43 b	63

Los valores promedios que comparten la misma letra no presentan diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de LSD ($P \leq 0,05$); N.S. no significativo $P > 0,05$.

En el Cuadro 8 no se observan diferencias significativas respecto al largo del hipocotilo al día siete después de la siembra. Sin embargo, al día 14 se puede distinguir que Quillota posee la mayor altura de planta.

CUADRO 8. Altura de planta observada en tomates variedad Tx712 provenientes de semillas de distintas localidades durante la prueba de plantas útiles.

Localidad	Altura de planta (cm)	
	Día 7	Día 14
Quillota	0,8 ^{N.S.}	2,3 a
Limache	0,3	1,5 b
Petorca	0,6	1,5 b

Los valores promedios que comparten la misma letra no presentan diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de LSD ($P \leq 0,05$); N.S.: No Significativo $P > 0,05$.

El mejor desempeño en la prueba de plantas útiles fue logrado por las semillas producidas en la localidad de Quillota, pese al menor peso de sus semillas, obteniendo una mejor emergencia al día siete de observación y una mayor altura de planta al día 14, lo que puede relacionarse a lo descrito por LIPTAY y SHOOPPER (1983) quienes señalan que no es el peso de las reservas dentro de la semilla el que determina el vigor de ésta, si no más bien el embrión que es capaz de emitir su radícula a través del endosperma.

El factor térmico que mejor explica la variación en la altura de planta corresponde a las temperaturas máximas con un r^2 de 0,821 (Cuadro 14), siendo el número de días con temperaturas sobre los 30°C inversamente proporcional a la altura obtenida en la prueba.

4.1.7. Rendimiento en la producción de semillas de tomate variedad Tx712

El Cuadro 9 muestra datos de rendimiento, porcentaje de cuaja y de las distintas localidades, obtenidos de los registros de la empresa PINTO y GAJARDO S.A. En ellos se puede observar que el menor porcentaje de cuaja se presentó en la zona de Limache, con tan solo un 76,6% de cuaja, teniendo las zonas de Quillota y Petorca un porcentaje de cuaja similar a un 92%.

La cantidad de gramos de semillas por fruto está determinada por el peso de las semillas y por el número de semillas por fruto. El número de semillas por fruto está altamente correlacionado con el diámetro alcanzado por los frutos

(GRUNE, 1997) cuyo crecimiento se ve influenciado por la temperatura (PEARCE, GRANGE y HARDWICK, 1993), no solo en el tiempo a alcanzar su madurez si no también en la proporción de crecimiento (ADAMS, COCKSHULL y CAVE, 2001).

Petorca es la localidad que obtiene más gramos de semillas por fruto, Limache por su parte obtiene 0,23 gramos de semillas por fruto, siendo un 71% del valor presentado por Petorca. El número de días con temperaturas bajo los 10°C durante el período de producción explica en un 90,2% las variaciones observadas en el rendimiento de semillas por fruto (ver 4.1.9), siendo inversamente proporcional el número de días con temperaturas bajo 10°C respecto a la cantidad de gramos obtenidos por fruto.

El menor rendimiento de gramos de semilla por fruto observado en la localidad de Quillota, puede deberse a un desequilibrio entre la fase vegetativa versus la reproductiva como lo observaron ADAMS, COCKSHULL y CAVE (2001). La mayor acumulación de unidades de calor durante el período vegetativo se observó en Quillota, siendo un 57% mayor a la acumulación obtenida por Petorca, lo que pudo reducir el desarrollo reproductivo de sus plantas.

El porcentaje de cuaja se ve afectado por la temperatura. Es así como el bajo desempeño observado en la localidad de Limache, se puede explicar por altas temperaturas observadas en la zona durante los dos días siguientes a la polinización como se observa en el Anexo 1, ya que temperaturas sobre los 37,5°C y bajo 5°C limitan la germinación del polen (KINET y PEET, 1997),

aún así, el promedio semanal de unidades de calor acumuladas explica de mejor manera las variaciones en el porcentaje de cuaja con un r^2 de 0,984 (ver 4.1.9). Respecto a la calidad de las semillas obtenidas, según lo señalado KINET y PEET (1997) se puede esperar una baja calidad de éstas debido a daños en el pro embrión, si fue expuesto a temperaturas altas durante las 96 primeras horas después de la polinización, como ocurrió en esta localidad, de acuerdo al Anexo 1.

Según lo descrito en el Cuadro 9 el menor porcentaje de semillas livianas se observa en la localidad de Petorca, coincidiendo con el mayor porcentaje de cuaja, así como, de gramos por fruto. Quillota presenta el mayor porcentaje de semillas livianas, seguido de la zona de Limache. Sin embargo este parámetro de rendimiento no se correlacionó con ningún factor térmico de los analizados (ver sección 4.1.9).

CUADRO 9. Rendimiento de producción de semilla de tomate variedad Tx712 en las distintas localidades en estudio.

Localidad	Sem/fruto (g)	cuaja (%)	Semilla bajo calibre (%)	Semillas Livianas (%)	Total descarte (%)
Quillota	0,257	92,5	1,51	1,30	4,19
Petorca	0,329	92,7	1,97	1,08	4,27
Limache	0,226	76,6	3,76	1,13	6,54

FUENTE: Empresa productora de Semillas Pinto y Gajardo S.A.

Tanto el porcentaje de semillas bajo calibre, como el porcentaje de descarte total se encuentran relacionados con el promedio de unidades de calor semanales con un r^2 de 0,942 y 0,998 respectivamente (ver 4.1.9), siendo la relación inversamente proporcional.

Es relevante destacar que el mayor porcentaje de semillas livianas se encuentra en semillas producidas en Quillota, localidad que obtuvo también el menor peso promedio de 100 semillas, pese a esto, las semillas de Quillota mostraron un buen desempeño en las pruebas de vigor, reflejando esto un problema de llenado de la semilla en esta localidad. Al respecto VAN DER BURG *et al.* (1994) determinó que es el tamaño del embrión lo que se asocia con el vigor alcanzado por la plántula.

4.1.8. Resultados del análisis de la temperatura en las localidades de producción de semillas de tomate

En el Cuadro 10 se muestran las unidades de calor acumuladas desde trasplante a cosecha, calculadas por las distintas fórmulas propuestas para las localidades en estudio. Se puede observar que con la fórmula 1 y 2, en que no se incluyen correcciones para máximas y mínimas se obtienen valores que exceden a los observados en las fórmulas 3 y 4.

En el Cuadro 11 es posible observar las unidades de calor acumuladas semanalmente por las localidades, así como, el valor promedio de acumulación diaria de unidades de calor calculadas con la fórmula 4. Se

puede observar que la zona de Limache acumula menos días grado desde trasplante a cosecha, mientras que la zona de Petorca acumula en el mismo período de tiempo más unidades de calor y de manera uniforme, como se observa en la Figura 2.

CUADRO 10. Unidades de calor acumuladas desde trasplante a cosecha calculadas a través de las distintas fórmulas propuestas para las localidades en estudio.

Fórmula	QUILLOTA	PETORCA	LIMACHE
FÓRMULA 1*	1134	1172	1332
FÓRMULA 2**	1158	1183	1373
FÓRMULA 3***	960	838	786
FÓRMULA 4****	982	850	826
FÓRMULA 5*****	34	172	282
FÓRMULA 6*****	117	203	296
FÓRMULA 7*****	300	378	486

* Barger; 1969 ** Barger; 1969 y Gilmore y Rogers; 1958. *** Gilmore y Rogers; 1958. **** Gilmore y Rogers; 1958. ***** Yang, Logan y Coffey; 1995. ***** Ring et al.; 1983. ***** Zalom et al.; 1983

A través de todo el período desde trasplante a inicio de cosecha, se puede observar que la zona de Petorca posee una ganancia semanal de unidades de calor bastante uniforme variando desde ocho a nueve unidades de calor diarias, por otra parte Quillota posee una ganancia un poco menos uniforme variando desde seis a 10 unidades de calor y por último Limache posee la mayor variación de unidades de calor diarias desde cinco a 10 unidades de calor.

CUADRO 11. Unidades de calor acumuladas semanalmente y promedio de acumulación diaria calculados con la fórmula propuesta por GILMORE y ROGERS (1958) para las distintas localidades en estudio.

Localidad	Petorca			Quillota			Limache		
Etapa	SdC	UCA	PDUC	SdC	UCA	PDUC	SdC	UCA	PDUC
Trasplante a inicio de polinización	1	57	8	1	42	6	1	39	6
	2	63	9	2	60	9	2	36	5
	3	61	9	3	62	9	3	45	6
				4	57	8			
				5	65	9			
Inicio Polinización a cosecha	4	63	9	6	56	8	4	58	8
	5	64	9	7	60	9	5	61	9
	6	63	9	8	62	9	6	68	10
	7	65	9	9	67	10	7	55	8
	8	57	8	10	60	9	8	48	7
	9	62	9	11	61	9	9	51	7
	10	57	8	12	71	10	10	47	7
	11	53	8	13	66	9	11	52	7
	12	58	8	14	71	10	12	56	8
	13	55	8	15	69	10	13	64	9
	14	55	8				14	74	11
Inicio cosecha	15	62	9	16	57	11	15	73	10

SdC: semana de cultivo; UCA: unidad de calor acumulada; PDUC: Promedio diario de unidades de calor

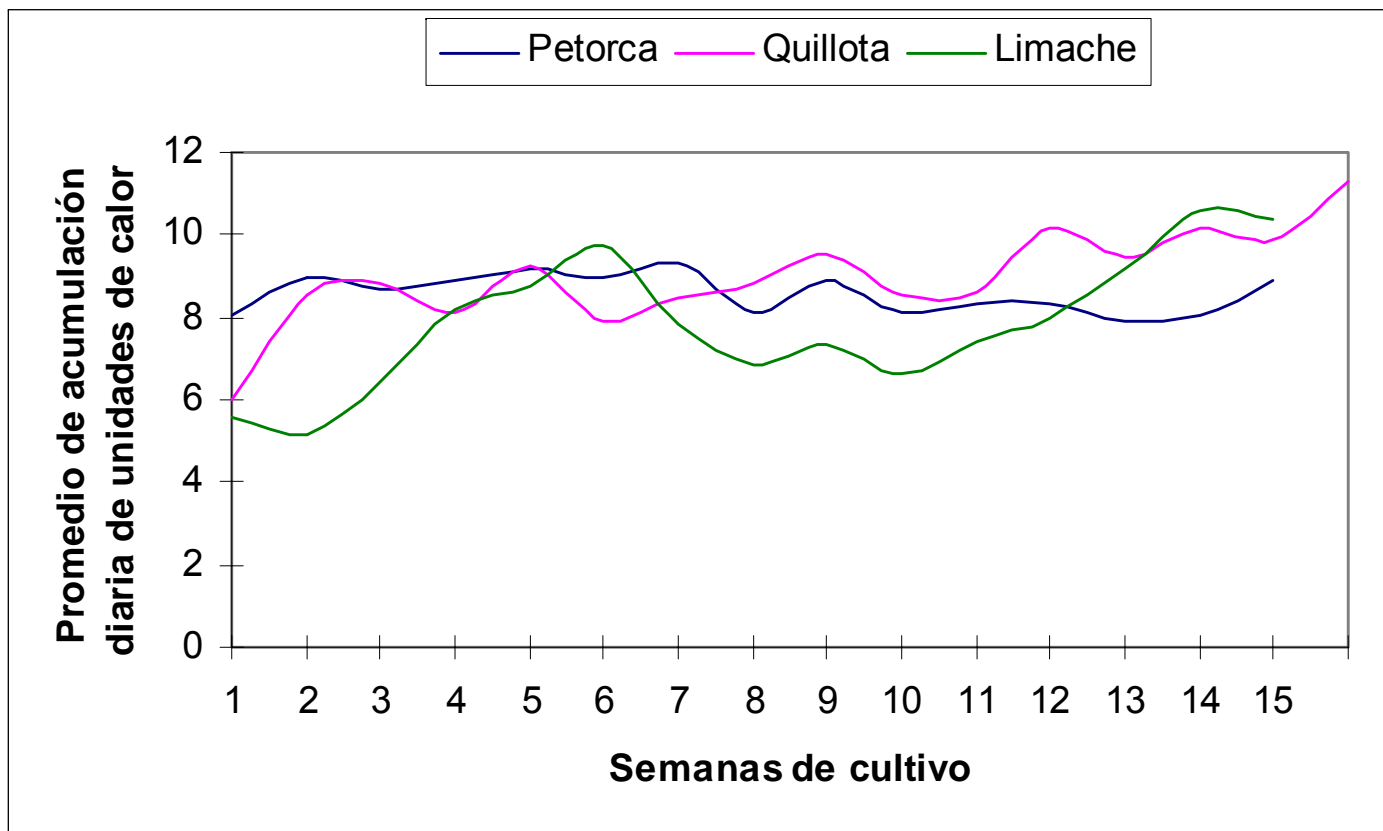


FIGURA 2. Promedio de acumulación diaria de unidades de calor para las localidades en estudio calculado por la fórmula propuesta por GILMORE y ROGERS (1958).

4.1.9. Análisis de correlación entre factores térmicos, calidad y rendimiento en la producción de tomate Tx712 durante la temporada 2003-2004.

El Cuadro 12 muestra el coeficiente de correlación (r^2) obtenido entre las características físicas de las semillas y parámetros térmicos. Se puede observar que la variación del peso de semillas provenientes de distintas localidades de producción, se explica por el valor de unidades de calor acumuladas entre el período de polinización a cosecha ($r^2=0,950$) y por el número de días con temperaturas sobre 30°C desde polinización a cosecha ($r^2=0,991$).

CUADRO 12. Análisis de correlación entre características físicas de semillas de tomate Tx712 y las temperaturas.

	Área (mm ²)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Perímetro (mm)	Volumen (mm ³)	Peso (g)
UCA totales *	-	-	-	-	-	0,794
UCPC *	0,344	0,336	0,343	-	0,345	0,950
UCA 35 d *	-	-	-	-	-	-
PDUC *	-	-	-	-	-	-
T°media	-	-	-	-	-	0,612
T° Media de PC	-	-	-	-	-	0,834
Δ T°	-	-	-	-	-	0,493
NDB5°C	-	-	-	-	-	0,550
NDB10°C	-	-	-	-	-	-
NDS 30°C	-	-	-	-	-	0,834
NDB5°C PC	-	-	-	-	-	-
NDB10°C PC	-	-	-	-	-	-
NDS 30°CPC	-	-	-	0,35	-	0,991

Coeficiente de correlación Pearson r^2 , cuando $P < 005$ * Cálculos realizados con la fórmula propuesta por GILMORE y ROGERS (1958), NDB: Número de días bajo, NDS: Número de días sobre, PC: Polinización a cosecha.

En el Cuadro 13 se observa que el contenido de potasio en el extracto se explica con un r^2 de 0,835 por el promedio de acumulación diaria de unidades de calor, mientras que el mayor r^2 para el valor de electroconductividad se obtiene con número de días entre polinización y cosecha con temperaturas sobre los 30°C.

CUADRO 13. Análisis de correlación entre pruebas de vigor, conductividad eléctrica e índice de vigor respecto de temperaturas de la producción de semillas de tomate Tx712 temporada 2003-2004.

	Conductividad Eléctrica			Índice de Vigor		
	$\mu\text{s}/\text{gr}/\text{cm}$	K en extracto	Ca en extracto	L. radícula	L. hipocotilo	L. total
UCA totales *	-	0,416	-	0,470	0,446	0,709
UCPC*	-	-	-	-	0,529	0,569
UCA* 35 d	0,711	0,700	-	-	-	-
PDUC*	0,617	0,835	-	-	-	-
T°media	-	0,584	-	0,439	0,345	0,630
T° Media de PC	-	0,372	-	0,472	0,468	0,720
ΔT°	-	0,673	-	0,403	0,278	0,562
NDB5°C	0,438	-	-	-	-	-
NDB10°C	0,699	0,548	-	-	-	-
NDS 30°C	-	0,372	-	0,472	0,468	0,720
NDB5°C PC	-	-	-	-	-	-
NDB10°C PC	0,714	0,666	-	-	-	-
NDS 30°CPC	-	-	-	0,398	0,553	0,667

Coeficiente de correlación Pearson r^2 , cuando $P < 005$ * Cálculos realizados con la fórmula propuesta por GILMORE y ROGERS (1958), NDB: Número de días bajo, NDS: Número de días sobre, PC: Polinización a cosecha.

El Cuadro 14 muestra que el diferencial de temperatura diario afecta el porcentaje de plántulas normales luego del envejecimiento acelerado ($r^2=0,895$), así como las temperaturas medias ($r^2 = 0,862$). Por su parte el porcentaje de semillas muertas se ve afectado por el promedio de acumulación diaria de unidades de calor con un r^2 de 0,846.

En la prueba de plantas útiles se observa que la emergencia al día siete tiene relación con la temperatura media durante el período de producción ($r^2=0,991$) y el diferencial de temperatura durante el mismo tiempo ($r^2 = 0,910$).

El Cuadro 15 muestra los resultados de análisis de regresión simple del rendimiento respecto de los parámetros térmicos. En él se puede observar que el rendimiento tiene relación con el número de días con temperaturas bajo 10°C, mientras que la temperatura media no tiene efecto significativo.

La variación en el porcentaje de cuaja se explica principalmente por las unidades de calor promedio diarias ($r^2=0,984$). Por su parte el descarte total, depende principalmente de las unidades de calor promedio diarias ($r^2 = 0,998$) así como de las unidades de calor acumuladas durante los 35 primeros días ($r^2=0,886$), período en el que el embrión se mantiene en continua división celular.

CUADRO 14. Análisis de correlación entre pruebas de vigor, envejecimiento acelerado y plantas útiles respecto de temperaturas de la producción de semillas de tomate Tx712 temporada 2003-2004.

	Envejecimiento Acelerado			Plantas Útiles			
	Plántulas Normales (%)	Plántulas Anormales (%)	Sem. Muerta (%)	Emergencia Día 7	Emergencia Día 14	Altura planta Día 7	Altura de planta Día 14
UCA totales *	0,756	0,440	0,383	0,854	0,601	0,357	0,813
UCPC*	-	0,588	-	0,331	0,637	-	0,602
UCA 35 d*	0,431	-	0,730	0,229	-	0,333	-
PDUC*	0,701	-	0,846	0,583	-	0,463	-
T°media	0,862	-	0,555	0,991	0,485	0,443	0,741
T° Media de PC	0,720	0,467	0,339	0,829	0,624	0,332	0,821
ΔT°	0,895	0,251	0,648	0,910	0,405	0,480	0,672
NDB5°C	-	0,378	-	-	-	0,332	-
NDB10°C	-	-	-	-	-	-	-
NDS 30°C	0,720	0,467	0,339	0,829	0,624	-	0,821
NDB5°C PC	-	-	-	-	-	-	-
NDB10°C PC	0,386	-	0,698	-	-	-	-
NDS 30°CPC	0,357	0,595	-	0,503	0,687	-	0,724

Coefficiente de correlación Pearson r^2 : cuando $P < 005$ * Cálculos realizados con la fórmula propuesta por GILMORE y ROGERS (1958), NDB: Número de días bajo, NDS: Número de días sobre, PC: Polinización a cosecha.

CUADRO 15. Análisis de correlación entre rendimiento y temperaturas de la producción de semillas de tomate Tx712 temporada 2003-2004.

	Sem. /fr (g)	Cuaja (%)	Semilla liviana (%)	Semilla bajo calibre (%)	Total descarte (%)
UCA totales *	-	0,368	-	0,567	0,409
UCPC*	0,440	-	-	-	-
UCA 35 d*	0,783	0,894	-	0,742	0,886
PDUC*	0,510	0,984	-	0,942	0,998
T°media	-	0,567	-	0,753	0,612
T° Media de PC	-	-	-	0,516	0,358
ΔT°	-	0,682	-	0,845	0,725
NDB5°C	0,868	-	-	-	-
NDB10°C	0,902	0,746	-	0,552	0,725
NDS 30°C	-	-	-	0,516	0,358
NDB5°C PC	-	-	-	-	-
NDB10°C PC	0,818	0,864	-	0,698	0,851
NDS 30°CPC	-	-	-	-	-

Coefficiente de correlación Pearson r^2 cuando $P < 005$ * Cálculos realizados con la fórmula propuesta por GILMORE y ROGERS (1958), NDB: Número de días bajo, NDS: Número de días sobre, PC: Polinización a cosecha.

En el análisis de correlación múltiple las características biométricas de las semillas de tomate Tx712 producidas en la temporada 2003-2004, tienen una baja respuesta a la variación de parámetros térmicos, mientras que las pruebas de calidad y vigor de las semillas presentan mayor variación dependiente de las temperaturas.

El factor que mejor explica la variación de peso de semillas de tomate corresponde al número de días entre polinización y cosecha con temperaturas sobre los 30°C con un r^2 de 0,991. El desempeño de las

semillas en la prueba de conductividad eléctrica se explica principalmente por el número de días con temperaturas bajo los 10°C con un r^2 de 0,714. El diferencial de temperatura, explica de la variación del porcentaje de plántulas normales observadas en la prueba de envejecimiento acelerado con un r^2 de 0,895, mientras que la emergencia a los siete días en la prueba de plantas útiles, se explica con un r^2 de 0,912 a través del promedio de temperaturas de la temporada.

El rendimiento en gramos de semillas por fruto se explica a través del número de días con temperaturas bajo 10°C y las unidades de calor acumuladas durante los primeros 35 días después de polinización con un r^2 de 0,949.

El promedio diario de unidades de calor acumuladas es quien más participa en la explicación de las variaciones de los parámetros de calidad, ya que explica el porcentaje de descarte total de semillas junto con número de días entre polinización y cosecha con temperaturas bajo 10°C ($r^2= 0,999$), porcentaje de semillas bajo calibre con un r^2 de 0,979 en conjunto con número de días con temperaturas sobre 30°C, porcentaje de cuaja ($r^2= 0,984$), porcentaje de semillas muertas en la prueba de envejecimiento acelerado ($r^2= 0,846$) y el contenido de potasio en el extracto de la prueba de conductividad eléctrica ($r^2=0,835$).

El número de días sobre 30°C participa de la variación del porcentaje de semillas de bajo calibre, en la altura de plantas al día 14 en la prueba de plantas útiles y en el largo total de la plántula en la prueba de índice de vigor

($r^2=0,720$), situación similar a lo observado por STEINER y OPOKU-BOATENG (1991) en semillas de lechuga, en donde las alta temperaturas disminuyeron la masa de las semillas.

4.2. Ensayo 2. Relación entre la temperatura durante la formación de semillas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) y su calidad:

4.2.1. Resultados del análisis de las características físicas de semillas de pimentón

4.2.1.1. Peso de las semillas de pimentón

En el Cuadro 16 se presenta el peso promedio obtenido por semillas de pimentón provenientes de distintas localidades de producción. Existen diferencias significativas respecto a los valores de éstos, siendo las semillas producidas en la localidad de Quillota las que mayor peso promedio poseen con 0,893 g, seguidas de las producidas en Limache y San Isidro. Las semillas provenientes de la zona de Melipilla muestran el menor peso promedio con 0,814 g.

CUADRO 16. Peso promedio de muestras de 100 semillas de pimentón variedad 4p150 provenientes de distintas localidades de producción.

Localidad	Peso (g)
Limache	0,880 ab
Melipilla	0,814 e
Quillota	0,893 a
San Isidro	0,865 b
San Pedro	0,832 c

Los valores promedio que comparten la misma letra no presentan diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de LSD ($P \leq 0,05$).

El peso de las semillas en pimentón no tiene una tendencia clara, semillas de Quillota poseen el mayor peso promedio, junto con el mayor índice de acumulación de unidades de calor desde los 30 días después de polinización a inicio de cosecha, período en el cual se observa la mayor acumulación de reserva en los cotiledones (JONES, 1996) coincidiendo, a su vez, con los resultados obtenidos por GRAY *et al.* (1988) en semillas de zanahoria. Melipilla, sin embargo obtuvo el menor peso promedio de semillas, pero no la menor acumulación de unidades de calor durante el mismo período, por lo que en pimentón no se observa una relación directa entre acumulación de unidades de calor y peso de las semillas durante la temporada en estudio, lo que concuerda con el análisis de correlación en donde los r^2 obtenidos fueron no significativos a $P < 0,05$.

4.2.2. Características biométricas de las semillas de pimentón

Dentro de las variables biométricas de semillas de pimentón en estudio existen diferencias significativas. Las semillas provenientes de la localidad de Limache destacan por obtener los valores más altos de largo, ancho, perímetro, área y volumen como se observa en el Cuadro 17. Entre las semillas de Melipilla, San Isidro, San Pedro no existe diferencia significativa para las variables recientemente mencionadas, siendo las semillas de estas tres localidades las que obtienen un menor valor para cada uno de ellos.

CUADRO 17. Caracterización física de semillas de pimentón variedad 4p150 provenientes de diferentes localidades de producción.

Localidad	Largo (mm)	Ancho (mm)	Perímetro (mm)	Área (mm ²)	Volumen (mm ³)
Limache	1,40 a	4,06 a	14,90 a	14,02 a	0,342 a
Melipilla	1,140 b	3,67 b	13,48 b	11,40 b	0,250 b
Quillota	1,26 ab	3,82 ab	14,10 ab	12,57 ab	0,293 ab
San Isidro	1,14 b	3,65 b	13,46 b	11,39 b	0,249 b
San Pedro	1,17 b	3,72 b	13,52 b	11,74 b	0,260 b

Los valores promedio que comparten la misma letra no presentan diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de LSD ($P \leq 0,05$).

Existe relación significativa entre los parámetros biométricos de las semillas y el diferencial de temperatura, sin embargo los r^2 obtenidos son inferiores a 0,5 (ver 4.2.9).

4.2.3. Resultados de la prueba de conductividad eléctrica

En la Figura 3 se puede observar que las semillas provenientes de la localidad de Quillota, son las que poseen menor lixiviación luego de 24 horas sumergidas, por el contrario, semillas provenientes de la localidad de Melipilla y Limache destacan por su alta lixiviación.

Los resultados de la prueba de conductividad eléctrica reflejan la inestabilidad de las membranas y paredes celulares (HOPPER Y HINTON, 1987). Las semillas producidas en las localidades de Limache y Melipilla muestran un bajo desempeño en esta prueba, a su vez, estas localidades presentaron patrones de acumulación de unidades de calor diarias poco homogéneos durante la temporada estudiada de formación de semilla (ver 4.2.8). Limache posee la menor acumulación de unidades de calor al igual que Melipilla. La acumulación de unidades de calor explica en un 85,7% la variación de conductividad eléctrica del extracto de semillas de pimentón después de 24 hr en agua (ver sección 4.2.9). Al mismo tiempo estas localidades presentan valores de temperatura máxima superiores a los observados en las otras localidades (Anexo 4 y 5), y máximas óptimas descritas por PICKEN, STEWART y KLAPWIJK (1986), coincidiendo con los resultados observados por XU y KAFKAFI (2003), lo que conlleva en un aumento de temperaturas medias, las que explican la variación del valor de electro conductividad ($\mu\text{s}/\text{gr}/\text{cm}$) con un r^2 de 0,837 (ver 4.2.9).

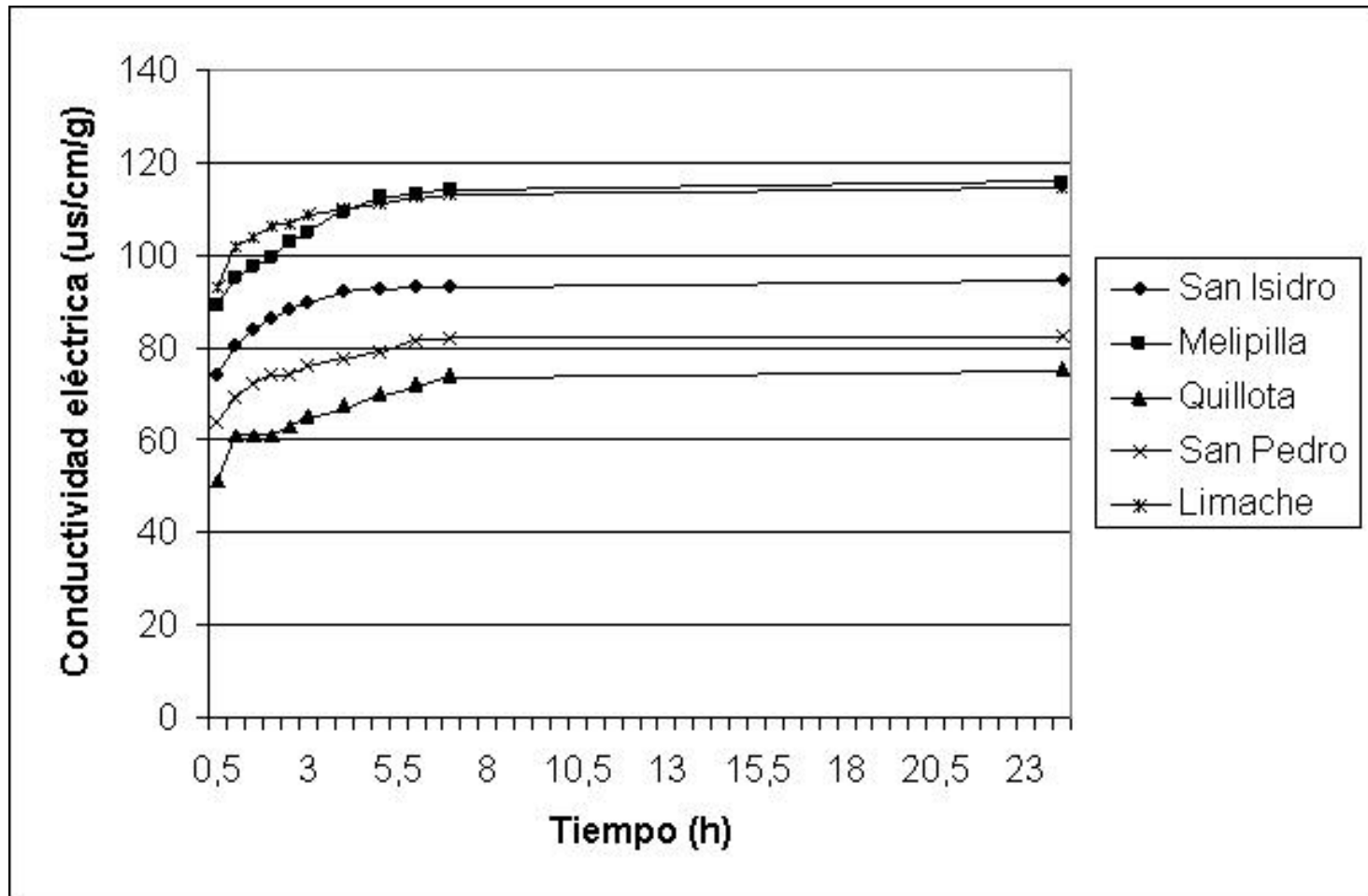


FIGURA 3. Conductividad eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}/\text{g}$) en semillas de pimentón (*Capsicum annuum* L.)

En los lixiviados de cada localidad se determinó el contenido de potasio y calcio, los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 18.

CUADRO 18. Contenido del lixiviado después de finalizada la prueba de conductividad eléctrica en semillas de pimentón variedad 4p150 provenientes de distintas localidades de producción.

Localidad	Potasio (g/l)	Calcio (g/l)
Limache	10.57 c	0.80 c
Melipilla	10.88 c	1.25 ab
Quillota	13.10 bc	1.61 a
San Isidro	16.38 ab	1.22 b
San Pedro	18.37 a	0.81 c

Los valores promedio que comparten la misma letra no presentan diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de LSD ($P \leq 0,05$).

Las localidades de San Pedro, San Isidro y Quillota presentan la mayor acumulación de unidades de calor en la temporada estudiada, y las semillas provenientes de ellas poseen una mayor liberación de potasio en el extracto luego de la prueba de electro conductividad, lo que se puede explicar por un mayor contenido de potasio en las semillas, especialmente en la cubierta, tal como observaron XU y KAFFKAFI (2003) en semillas de pimentón producidas en regimenes de alta temperatura.

Las semillas con origen en la localidad de Quillota y Melipilla, presentan mayor liberación de calcio que puede estar relacionado con la estabilidad de membranas y sobre todo paredes celulares, donde este elemento es de vital importancia (SALISBURY y ROSS, 1994), coincidiendo en el caso de la

localidad de Melipilla con un bajo desempeño en la prueba de electro conductividad.

4.2.4. Envejecimiento acelerado

Los resultados obtenidos en la prueba de envejecimiento acelerado muestran diferencias significativas entre las semillas provenientes de distintas localidades como lo muestra el Cuadro 19, entre ellas destacan las semillas provenientes de la localidad de San Isidro, donde se observa el mayor porcentaje de germinación, así como el menor porcentaje de anomalías y de semillas muertas. Por su parte, las semillas provenientes de la localidad de Quillota tuvieron el menor porcentaje de germinación, ya que muchas de sus semillas dieron origen a plántulas anormales, sin embargo el mayor porcentaje de semillas muertas lo presentó la localidad de Limache con un 39%.

Las semillas provenientes de Melipilla y Limache, presentan en la prueba de envejecimiento acelerado un mayor número de semillas muertas como se observa en el Cuadro 19, lo que puede ser causa de la mala estabilidad de membranas observada a través de la prueba de electro conductividad. San Isidro, por su parte, obtuvo los mejores resultados en esta prueba, alto porcentaje de germinación, menor porcentaje de plántulas anormales y menos porcentaje de semillas muertas, lo que puede significar que tanto la formación del embrión, su crecimiento y formación de endosperma se produjo de manera satisfactoria, ya que al observar las ganancias diarias promedio de unidades de calor de la localidad (ver 4.2.8), se aprecia que las

unidades de calor acumuladas oscilan entre 9 y 10 y se manifiestan de forma uniforme como lo muestra la Figura 4.

El mayor porcentaje de plántulas anormales se observa en las semillas con origen en la localidad de Limache, las que durante su formación se sometieron a altas temperaturas, resultados similares obtuvieron XU y KAFKAFI (2003), lo que concuerda con el r^2 obtenido en el análisis de correlación en donde se observa un r^2 de 0,832 para dicha relación (ver 4.2.9).

4.2.5. Índice de vigor

Dentro del largo de hipocotilo no se tienen diferencias significativas entre las semillas de distintas localidades tal como lo muestra el Cuadro 20, sin embargo, las diferencias significativas se reflejan en el largo de la radícula, donde las semillas de Quillota muestran la menor longitud, destacando en oposición las semillas de la localidad de Limache con el mayor largo observado. Por su parte, las plántulas provenientes de Limache obtienen el mayor largo total, mientras que las provenientes de Quillota el menor.

CUADRO 19. Resultados obtenidos de la prueba de germinación y envejecimiento acelerado en pimentón variedad 4p150 provenientes de distintas localidades de producción.

Localidad	Germinación (%)	Plántulas Anormales (%)	Semillas Muertas (%)	Con Envejecimiento		
				Germinación (%)	Plántulas Anormales (%)	Semillas Muertas (%)
Limache	78 ^{N.S.}	10 ^{N.S.}	12 ^{N.S.}	58 cb	3 bc	39 a
Melipilla	90,5	8,5	1	62 b	7,5 b	30,5 ab
Quillota	81	6	13	51,5 c	25,5 a	23 bc
San Isidro	85	5,5	9,5	81,5 a	3 c	15,5 c
San Pedro	75	5,5	19,5	66,5 b	4,5 bc	29 b

Los valores promedio que comparten la misma letra no presentan diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de LSD ($P \leq 0,05$).
N:S. No significativo $P > 0,05$

CUADRO 20. Resultados de largo de radícula, hipocotilo y largo total de plántulas de pimentón variedad 4p150 provenientes de distintas localidades de producción.

Localidad	Largo (cm)			Desviación estándar	
	Radícula	Hipocotilo	Total	Radícula	Hipocotilo
Limache	6,19 a	1,51 a	7,70 a	3,43	3,79
Melipilla	5,35 ab	1,17 a	6,52b	2,70	3,16
Quillota	3,70 c	1,42 a	5,12 c	2,51	4,38
San Isidro	4,93 b	1,46 a	6,39 b	1,93	5,18
San Pedro	5,88 ab	1,42 a	7,30 ab	2,42	2,86

Los valores promedio que comparten la misma letra no presentan diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de LSD ($P \leq 0,05$).

En el índice de vigor, las semillas provenientes de Limache obtuvieron el mejor desempeño junto con las localidades de San Pedro y Melipilla, obteniendo el mayor largo de radícula y total como muestra el Cuadro 20. Los largos de hipocotilo no fueron representativos para evaluar el vigor de las plántulas, tal como lo señalado por GAETE (2004).

Respecto a la homogeneidad en el crecimiento de la radícula, se puede observar que las plántulas provenientes de semillas producidas en la localidad de Limache poseen el crecimiento más heterogéneo con una desviación de 3,43, lo que puede ser causado según GAETE (2004) por una desuniformidad en la calidad de sus embriones, reduciendo así la calidad de las semillas. Lo anterior, puede estar relacionado a la baja acumulación de unidades de calor durante el período de producción observado ($r^2 = 0,312$). Coincidiendo, además, con el bajo desempeño de las semillas de dicha

localidad en pruebas de envejecimiento acelerado (Cuadro 19) y conductividad eléctrica (Figura 3).

Melipilla, en contraste con los resultados de otras pruebas obtuvo en plantas útiles una buena emergencia de plantas junto con San Isidro y San Pedro, sin embargo, no se observaron diferencias respecto a la altura de plantas.

4.2.6. Plantas útiles

Durante los primeros siete días no se observa emergencia de las plántulas para ningún lote de semillas según lo observado en el Cuadro 21. Existen diferencias significativas respecto a los valores de emergencia obtenidos al día 14, destacando la localidad de Melipilla con un 96% y Limache el menor con 74%.

CUADRO 21. Porcentaje de emergencia observado en plántulas de pimentón variedad 4p150 provenientes de semillas de distintas localidades durante la prueba de plantas útiles.

Localidad	7 días	14 días
Limache	0 ^{N.S.}	74 c
Melipilla	0	96 a
Quillota	0	82 bc
San Pedro	0	89 ab
San Isidro	0	89 ab

Los valores promedio que comparten la misma letra no presentan diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de LSD ($P \leq 0,05$); N.S: No significativo, $P > 0,05$

No existen diferencias significativas con respecto a la altura de planta observada al día 14, tal como lo indica el Cuadro 22, así como no se encuentra relación significativa entre los parámetros térmicos con los resultados obtenidos en esta prueba (ver 4.2.9).

CUADRO 22. Altura de planta observada en pimentón variedad 4p150 provenientes de semillas de distintas localidades durante la prueba de plantas útiles.

	7 días	14 días
Limache	0 ^{N.S.}	1,3 ^{N.S.}
Melipilla	0	1,6
Quillota	0	1,4
San Isidro	0	1,6
San Pedro	0	1,6

N.S. No significativo $P > 0,05$

4.2.7. Rendimiento en la producción de semillas de Pimentón variedad 4p150

El Cuadro 23 muestra a Quillota como la localidad que presenta menor cuaja durante la producción de pimentón variedad 4p150, esta misma zona presenta luego un menor rendimiento por fruto obteniendo 0,64g/fruto, alcanzando solo un 50% de los gramos obtenidos por San Pedro con 1,14 g/fruto. El mayor porcentaje de cuaja fue obtenido en Melipilla, el mayor porcentaje de pérdidas por defectos se encuentra en la zona de Quillota, principalmente semillas livianas.

En conjunto, se puede observar que Quillota presentó una baja cuaja de frutos, obteniendo luego bajos rendimientos en semillas por fruto y mayor proporción de semillas liviana. Lo que puede indicar que las semillas durante su formación tienen problemas de llenado.

CUADRO 23. Rendimiento de producción de semilla de pimentón variedad 4p150 en las distintas localidades en estudio.

Localidad	Sem/fruto (g)	Cuaja (%)	Semillas Livianas (%)	Semilla bajo calibre (%)	Total descarte (%)
Limache	0,90	75	0,53	0,71	1,37
Melipilla	1.0	61	1,60	0,69	2,42
Quillota	0,64	45	1,91	0,88	2,97
San Isidro	0,96	65	0,68	0,76	1,81
San Pedro	1,14	61	0,55	1,00	1,62

FUENTE: Empresa productora de Semillas Pinto y Gajardo SA

El menor porcentaje de cuaja observado está en la zona de Quillota, la que durante inicios de polinización acumulaba como promedio diario 11 unidades de calor durante el período de activa división celular y formación del embrión y acumulando la mayor cantidad de unidades de calor durante los primeros 30 días correspondientes al período de máximo crecimiento del fruto y la semilla (JONES, 1996), explicando el promedio de unidades de calor con un r^2 de 0,804 las variaciones del porcentaje de cuaja observado.

RYLSKI (1979) observó que el número de semillas por fruto era mayor conforme aumentaban las temperaturas desde 22°C a 27°C, sin embargo, la

zona de máxima acumulación de unidades de calor, es la zona de Quillota, que no presentó el máximo rendimiento posiblemente debido a los problemas presentados en el período de cuaja. En Limache por su parte, se presentó el segundo rendimiento más bajo, pudiendo explicarse a través de la presencia de temperaturas máximas durante el período de producción sobre los 40°C, siendo éstas perjudiciales para la producción de semillas según señala KHAH y PASSAM (1992), mostrando para este ensayo un r^2 de 0,619 la relación entre el rendimiento y en número de días con temperaturas sobre los 30°C. San Pedro por su parte, obtiene el mejor rendimiento, con una temperatura promedio durante el período de producción de 23°C (Anexo 8) cercana al óptimo encontrado por BAKKER y VAN UFFELEN (1988) quienes señalan que la mayor producción se obtiene en condiciones de 21-21.5 °C.

4.2.8. Resultados del análisis de la temperatura en las localidades de producción de semillas de pimentón variedad 4p150

En el Cuadro 24 se muestran los días grados calculados a través de las distintas fórmulas propuestas por diversos autores para las cinco localidades de producción de semilla de pimentón en el período de trasplante a cosecha. Se desprende que mediante la fórmula tradicional de días grados (fórmula 1) las localidades con mayor acumulación corresponden a Limache y Melipilla, de igual forma ocurre al aplicar correcciones para temperaturas mínimas, pero al aplicar correcciones de temperaturas máximas (fórmulas 3 y 4) las localidades con mayor acumulación son Quillota y San Pedro. La menor acumulación de unidades de calor se presenta en las localidades de Limache según las fórmulas 3 y 4.

CUADRO 24. Unidades de calor acumuladas desde trasplante a cosecha calculadas a través de las distintas fórmulas propuestas para las localidades en estudio.

Fórmula	San Pedro	Limache	Melipilla	Quillota	San Isidro
FÓRMULA 1*	1946	2473	2092	1449	2045
FÓRMULA 2**	1981	2507	2094	1466	2050
FÓRMULA 3***	1235	828	1017	1343	1119
FÓRMULA 4****	1269	862	1018	1360	1124
FÓRMULA 5*****	-470	-55	-84	-791	-243
FÓRMULA 6*****	10	68	46	0	29
FÓRMULA 7*****	253	564	392	60	335

* Barger; 1969 ** Barger; 1969 y Gilmore y Rogers; 1958. *** Gilmore y Rogers; 1958. **** Gilmore y Rogers; 1958. ***** Yang, Logan y Coffey; 1995. ***** Ring et al.; 1983. ***** Zalom et al.; 1983

El valor promedio de acumulación diaria de unidades de calor y las ganancias semanales de unidades de calor para cada localidad calculadas por la fórmula 4 se presentan en el Cuadro 25. La localidad de Quillota muestra la mayor homogeneidad respecto al promedio diario de acumulación de unidades de calor, variando entre 9 y 10 unidades de calor durante todo el período de producción como se observa en la Figura 4. San Isidro también posee una buena uniformidad de sus ganancias diarias promedio de unidades de calor, sin embargo el valor de ellas es inferior al obtenido por la localidad de Quillota. Por su parte, Limache tiene las menores ganancias diarias promedio durante todo el período, respecto a las mismas en Melipilla es posible observar un alza en las ganancias coincidente con el inicio de la polinización.

CUADRO 25. Unidades de calor acumulados semanalmente y promedio de acumulación diaria calculado con la fórmula propuesta por GILMORE y ROGERS (1958) para las distintas localidades en estudio.

Localidad	Limache			Melipilla			San Isidro			San Pedro			Quillota		
Etapa	SdC	UCA	PDUC	SdC	UCA	PDUC	SdC	UCA	PDUC	SdC	UCA	PDUC	SdC	UCA	PDUC
Trasplante a inicio polinización	1	43	6	1	50	7	1	55	8	1	68	10	1	67	10
	2	38	5	2	56	8	2	46	7	2	63	9	2	60	9
	3	38	5	3	54	8	3	59	8	3	66	9	3	61	9
	4	26	4	4	45	7	4	48	7	4	48	7	4	71	10
	5	45	6	5	45	6	5	41	6	5	51	7	5	66	9
	6	33	5	6	51	7	6	53	8	6	58	8	6	71	10
	7	41	6	7	41	6	7	54	8	7	49	7	7	69	10
	8	29	4	8	41	6	9	65	9	8	63	9			
	9	31	4	9	40	6	10	69	10	9	64	9			
	10	42	6							10	67	10			
	11	42	6												
Inicio polinización a cosecha	12	47	6	10	35	5	11	55	8	11	65	9	8	79	11
	13	47	7	11	56	8	12	49	7	12	58	8	9	75	11
	14	49	7	12	56	8	13	44	6	13	62	9	10	71	10
	15	42	6	13	60	9	14	55	8	14	66	9	11	71	10
	16	43	6	14	60	9	15	57	8	15	65	9	12	70	10
	17	46	7	15	57	8	16	57	8	16	71	10	13	67	10
	18	35	5	16	62	9	17	59	8	17	49	7	14	68	10
	19	38	5	17	58	8	18	58	8	18	44	6	15	67	10
	20	36	5	18	70	10	19	61	9	19	50	7	16	68	10
	21	32	5	19	59	8	20	57	8	20	60	9	17	66	9
	22	26	4				21	58	8	21	59	8	18	62	9
													19	65	9
Cosecha	23	15	4	20	25	8	22	28	9	22	27	7	20	70	10

SdC: semana de cultivo; UCA: unidad de calor acumulada; PDUC: Promedio diario de unidades de calor

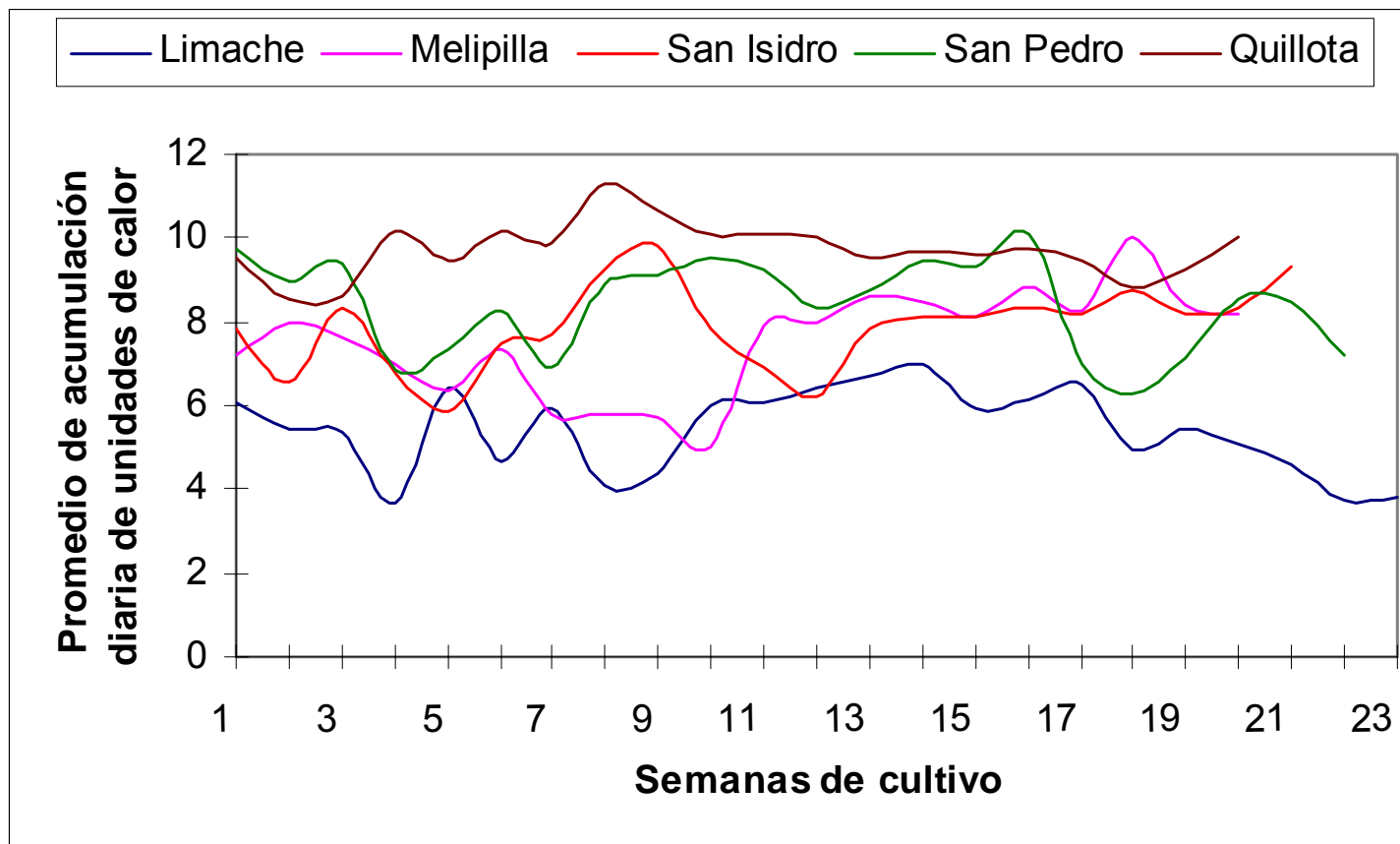


FIGURA 4. Promedio de acumulación diaria de unidades de calor calculado para las localidades en estudio según la fórmula propuesta por GILMORE y ROGERS (1958).

4.2.9. Análisis de correlación entre factores térmicos, calidad y rendimiento en la producción de semillas de pimentón variedad 4p150.

El Cuadro 26 muestra los coeficientes de correlación (r^2) obtenidos para las regresiones lineales simples en donde las variables biométricas actúan como variables dependientes de los parámetros térmicos. Se observa que las variaciones de los factores físicos en semillas de pimentón se explican de baja forma (r^2 inferiores a 0,5) por los parámetros térmicos.

CUADRO 26. Análisis de correlación entre características físicas de semillas de pimentón 4p150 y las temperaturas.

	Área (mm ²)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Perímetro (mm)	Volumen (mm ³)	Peso (g)
UCA totales *	-	-	-	-	-	-
UCPC*	-	-	-	-	-	-
UCA 35 d*	0,214	-	0,205	0,231	0,228	0,253
PDUC*	-	0,212	0,215	-	-	-
T°media	-	-	-	-	-	-
T° Media de PC	-	-	-	-	-	-
Δ T°	0,260	0,254	0,255	0,274	0,271	-
NDB5°C	-	-	-	-	-	-
NDB10°C	0,352	0,335	0,348	0,269	0,352	-
NDS 30°C	-	-	-	-	-	0,218
NDB5°C PC	-	-	-	-	-	-
NDB10°C PC	-	-	-	-	-	-
NDS 30°CPC	-	-	-	-	-	0,238

Coeficiente de correlación Pearson r^2 , cuando $P < 005$ * Cálculos realizados con la fórmula propuesta por GILMORE y ROGERS (1958), NDB: Número de días bajo, NDS: Número de días sobre, PC: Polinización a cosecha.

El cuadro 27 muestra los coeficientes de correlación (r^2) obtenidos para las regresiones lineales simples en donde los resultados en la prueba de

conductividad eléctrica e índice de vigor actúan como variables dependientes de los parámetros térmicos.

CUADRO 27. Análisis de correlación entre pruebas de vigor conductividad eléctrica e índice de vigor respecto de temperaturas de la producción respecto de temperaturas de la producción de semillas de pimentón var. 4p150 durante la temporada 2003-2004.

	Conductividad Eléctrica			Índice de Vigor		
	$\mu\text{s/g/cm}$	K en extracto	Ca en extracto	L. radícula	L. hipocotilo	L. total
UCA totales	0,857	-	-	0,312		0,293
UCPC	0,637	-	-	0,575	-	0,550
UCA 35 d	0,331	-	-	-	-	
PDUC	0,51	-	-	0,479	-	0,503
T°media	0,837	-	-	0,373	-	0,320
T° Media de PC	0,745	-	-	0,368	-	0,333
ΔT°	0,416	-	-	-	-	-
NDB5°C	-	-	-	-	-	-
NDB10°C	-	-	0,614	-	0,212	-
NDS 30°C	0,379	-	-	0,556		0,538
NDB5°C PC	-	-	-	-	-	-
NDB10°C PC	-	-	0,424	-	-	-
NDS 30°CPC	0,352	0,203	-	0,519	-	0,501

Coefficiente de correlación Pearson r^2 , cuando $P < 005$ * Cálculos realizados con la fórmula propuesta por GILMORE y ROGERS (1958), NDB: Número de días bajo, NDS: Número de días sobre, PC: Polinización a cosecha.

El cuadro 28 muestra los resultados de regresión simple realizados con los resultados de las pruebas de envejecimiento acelerado y plantas útiles como variables dependientes de los factores térmicos.

CUADRO 28. Análisis de correlación entre pruebas de vigor, envejecimiento acelerado y plantas útiles respecto de temperaturas de la producción de semillas de pimentón var. 4p150 durante la temporada 2003-2004.

	Envejecimiento Acelerado			Plantas Útiles			
	Plántulas Normales (%)	Plántulas Anormales (%)	Sem. Muerta (%)	Emergencia Día 7	Emergencia Día 14	Altura planta Día 7	Altura de planta Día 14
UCA totales	-	0,366	0,260	-	-	-	-
UCPC	-	0,582	0,366	-	-	-	-
UCA 35 d	-	-	-	-	0,219	-	-
PDUC	-	0,464	0,347	-	-	-	-
T°media	-	0,571	-	-	-	-	-
T° Media de PC	-	0,648	-	-	-	-	-
ΔT°	-	-	-	-	0,222	-	-
NDB5°C	-	-	-	--	-	-	-
NDB10°C	-	-	0,261	-	0,492	-	0,197
NDS30°C	0,243	0,832	-	-	-	-	-
NDB5°C PC	-	-	0,212	-	0,197	-	-
NDB10°CPC	-	-	-	-	-	-	-
NDS30°CPC	0,298	0,841	-	-	-	-	-

Coefficiente de correlación Pearson r^2 , cuando $P < 005$ * Cálculos realizados con la fórmula propuesta por GILMORE y ROGERS (1958), NDB: Número de días bajo, NDS: Número de días sobre, PC: Polinización a cosecha.

CUADRO 29. Análisis de correlación entre rendimiento y temperatura de la producción de semillas de pimentón 4p150 durante la temporada 2003-2004.

	Sem. /fr (g)	Cuaja (%)	Semilla liviana (%)	Semilla bajo calibre (%)	Total descarte (%)
UCA totales	-	0,368	-	0,567	0,409
UCPC	0,440	-	-		
UCA 35 d	0,783	0,894	-	0,742	0,886
UCPS	0,510	0,984	-	0,942	0,998
T°media	-	0,567	-	0,753	0,612
T° Media de PC	-	-	-	0,516	0,358
ΔT°	-	0,682	-	0,845	0,725
NDB5°C	0,868	-	-		
NDB10°C	0,902	0,746	-	0,552	0,725
NDS 30°C	-		-	0,516	0,358
NDB5°C PC	-		-		
NDB10°C PC	0,818	0,864	-	0,698	0,851
NDS 30°CPC	-		-		

Coefficiente de correlación Pearson r^2 , cuando $P < 005$ * Cálculos realizados con la fórmula propuesta por GILMORE y ROGERS (1958), NDB: Número de días bajo, NDS: Número de días sobre, PC: Polinización a cosecha.

En el análisis de regresión múltiple entre los parámetros térmicos y de calidad de semilla de pimentón 4p150 producido durante la temporada 2003-2004, se observa que las características biométricas de las semillas no responden a la variación de parámetros térmicos, pero las pruebas de vigor como conductividad eléctrica, envejecimiento acelerado y el rendimiento se ve afectado por la temperatura.

El número de días entre polinización y cosecha con temperaturas sobre los 30° C explican un gran conjunto de parámetros de calidad de las semillas de

pimentón junto con las unidades de calor acumuladas desde polinización a cosecha.

La variación de peso de semillas se explica a través de la temperatura promedio de la temporada, el número de días sobre 30°C y las unidades de calor acumuladas durante los primeros 35 días después de polinización con un r^2 de 0,891.

Los resultados obtenidos en la prueba de conductividad eléctrica se explican con un r^2 de 0,942 a través de las unidades de calor acumuladas durante todo el período de cultivo, el promedio diario de unidades de calor acumuladas y las unidades de calor entre polinización y cosecha. El contenido de potasio en el extracto se explica por el promedio diario de unidades de calor acumuladas, las unidades de calor entre polinización y cosecha y en número de días entre polinización y cosecha con temperaturas sobre los 30°C. Resultados similares a los obtenidos por XU *et al.* (2002) en semillas de pimiento dulce.

Las temperaturas máximas, representadas por el número de días entre polinización y cosecha con temperaturas superiores a los 30°C influyen en la respuesta obtenida por las semillas en la prueba de envejecimiento acelerado, explicando con un r^2 de 0,841 la variación de plántulas anormales, con un r^2 de 0,727 en conjunto con el número de días sobre 30° C totales del período de producción y el número de semillas muertas ($r^2= 0,718$) junto con las unidades de calor acumuladas entre polinización y cosecha. Lo que concuerda con la respuesta observada por GIBSON y MULLEN (1996) en

semillas de soya, las que veían afectada su calidad a medida que el número de días con temperaturas altas aumentaba.

El rendimiento de pimentón tiene relación con el número entre días de polinización a cosecha con temperaturas sobre los 30°C afectando los gramos de semillas por fruto, porcentaje de cuaja, porcentaje de semilla liviana y el porcentaje total de descarte.

El número de días con temperaturas sobre los 30°C entre de polinización a cosecha junto con las unidades de calor acumuladas los primeros 35 días después de polinización explican con un r^2 de 0,831 la cantidad de de gramos de semillas por fruto. En conjunto con unidades de calor acumuladas entre polinización y cosecha, el promedio diario de unidades de calor afecta el porcentaje de cuaja con un r^2 de 0,932.

El número de días entre de polinización a cosecha con temperaturas sobre los 30°C, el promedio de las temperaturas de la temporada de producción y las unidades de calor acumuladas los primeros 35 días explican el porcentaje de semillas livianas con un r^2 de 0,994, mientras que el descarte total se explica a través del número entre días de polinización a cosecha con temperaturas sobre los 30°C y del período total, las unidades de calor acumuladas durante los primeros 35 días y el número de días con temperaturas bajo los 10°C.

5. CONCLUSIONES

Se observaron diferencias de calidad en semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y pimentón (*Capsicum annuum* L.) según su origen de producción a través de alteraciones en los parámetros de vigor. Semillas de tomate provenientes de Quillota y Petorca presentaron un mayor vigor en todas las pruebas realizadas mientras que semillas provenientes de Limache mostraron bajo vigor. Por su parte, semillas de pimentón producidas en las localidades de Limache y Melipilla obtuvieron un bajo vigor respecto a las semillas producidas en Quillota, San Pedro y San Isidro.

Es posible caracterizar y categorizar las localidades de producción mediante distintos modelos numéricos, siendo el método de unidades de calor propuesto por GILMORE y ROGERS (1958) el que más representa las fluctuaciones diarias.

Localidades donde se observó mayor estabilidad térmica, expresada como la ganancia de unidades de calor diaria tanto en el período vegetativo como el reproductivo, mostraron una mejor calidad de semillas en términos de vigor, respecto a la producción de semillas de tomate, mientras que semillas de pimentón vieron alterada su calidad debido a las temperaturas máximas.

6. RESUMEN

En la producción de semillas, es esencial la obtención de semillas de alta calidad, estimada a través de la germinación y vigor, por lo que se busca optimizar y mejorar los sistemas de producción y post cosecha. Dentro de los procesos de producción, la temperatura observada en el período de formación y desarrollo de las semillas afecta procesos metabólicos, las tasas de crecimiento y composición de las mismas. En este estudio se pretende evaluar el efecto de las temperaturas de diferentes zonas de producción en la calidad y rendimiento de semillas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) y tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.).

Para realizar la evaluación se tomaron semillas de tomate variedad Tx712 y de pimentón variedad 4p150 provenientes de distintas localidades de producción. Las semillas fueron caracterizadas físicamente y sometidas a pruebas de germinación y vigor. En paralelo, se trabajó con el registro de temperaturas de la temporada de producción; las temperaturas fueron llevadas a distintas expresiones de unidades de calor, las que sirvieron para categorizar las zonas de producción.

Al final del estudio se pudo observar que no existen diferencias respecto a la calidad expresada como germinación y características biométricas de las semillas provenientes de distintas localidades producidas bajo distintas condiciones térmicas. Sin embargo, el vigor de las semillas tanto de pimentón y tomate se vio afectado. La mejor calidad de semilla en tomate se observó en semillas producidas bajo regimenes estables de acumulación diaria de unidades de calor y en semillas de pimentón cuando se contabilizó un bajo número de días con temperaturas sobre 30° C.

7. ABSTRACT

High quality seeds are essential in seed production. Seed quality is normally assessed by germination and vigor, and the industry is constantly trying to optimize and improve both production systems and postharvest practices in order to achieve the highest quality. Temperature regimes during the production cycle, particularly during seed development, can affect metabolic processes, growth rate, and seed composition. This study evaluated the temperature effect on seed quality and yield, using pepper (*Capsicum annuum* L.) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seed from different production zones.

The cultivar Tx712 of tomato was used, along with cv. 4p150 of pepper, obtaining seed from different growing regions. Seeds were characterized both physically and biologically, using germination and vigor tests. Temperature data was obtained from the growers over the entire season. The data was transformed into different expressions of heat units, which were used to characterize the production zones.

No significant differences were found in the quality of seeds obtained from different growing regions under contrasting temperature regimes, as assessed by germination and biometric traits. Nevertheless, seed vigor in both species was affected by the growing conditions. The best tomato seed was obtained from plants exposed to a steady accumulation of daily heat units. The best pepper seed was observed when the plants were exposed to fewer days with temperatures above 30°C.

8. LITERATURA CITADA

- ADAMS, S.; COCKSHULL, K. and CAVE, C. 2001. Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. *Annal of Botany* 88: 869-877.
- BAKKER, J. and VAN UFFELEN, A. 1988. The effects of diurnal temperature regimes on growth and yield of glasshouse sweet pepper. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 36: 201-208.
- BARGER, G. 1969. Weekly weather and crop bulletin. *National Oceanic and Atmospheric Adm.* 56:10.
- BERRY, T. and BEWLEY, D. 1991. Seed of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) which develop in a fully hydrated environment in the fruit switch from a developmental to a germinative mode without a requirement for desiccation. *Planta* 186: 27-34.
- BONILLA, I. 2000. Introducción a la nutrición mineral de las plantas. In: Azcón-Bieto, J. y Talón, M. eds. *Fundamentos de fisiología vegetal*. Barcelona, McGraw-Hill. pp: 83-97.
- BOROWSKI, A.; FRITZ, V. and WATERS, L. 1991. Seed maturity influences germination and vigor of two shrunken-2 sweet corn hybrids. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 116 (3): 401-404.
- CESARACCIO, C.; SPANO, D.; DUCE, P. and SNYDER, R. 2001. An improved model for determining degree day values from daily temperature data. *International Journal of Biometeorology*. 45: 161-169.

- DAYNARD, T. 1972. Relationships among black layer formation, grain moisture percentage, and heat unit accumulation in corn. *Agronomy Journal* 64: 716-719.
- DE ROBERTIS, E.; HIB, J. y PONZIO, R. 1997. *Biología celular y molecular*. Duodécima edición. Buenos Aires, Editorial El Ateneo. 469p.
- DURAN, J. and NAVAS, L. 2000. *El análisis automático de semillas: Irutron-2000*. Madrid. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Producción vegetal e Ingeniería Rural. Universidad Politécnica de Madrid. 13p.
- ELBALLA, M. and CANTLIFFE, D. 1996. Alteration of seedstalk development, seed yield, and seed quality in carrot by varying temperature during seed growth and development. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 121(6): 1076-1081.
- GAETE, C. 2004. Evaluación de diferentes calidades de semillas sobre el comportamiento y vigor en pimentón (*Capsicum annuum* L.). Taller Licenciatura. Ing. Agr. Quillota, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 63p.
- GASTÓ, J.; COSIO, F. y PANARIO, D. 1993. Clasificación de ecorregiones y determinación de sitio y condición: manual de aplicación a municipios y predios rurales. Santiago, Chile. Red de Pastizales Andinos, REPAAN. 254p.
- GIBSON, L. and MULLEN, R. 1996. Soybean seed quality reductions by high day and night temperature. *Crop Science* 36: 1615-1619.
- GILMORE, E. and ROGERS, J. 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. *Agronomy Journal* 50: 611-615.

- GRAY, D.; STECKEL, J.; DEARMAN, J. and BROCKLEHURST, P. 1988. Some effects of temperature during seed development on carrot (*Daucus carota*) seed growth and quality. *Annals of Applied Biology* 112: 367-376.
- GRUNE, E. 1997. Evaluación de la oportunidad de polinización y manejo de la carga frutal en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) para producción de semilla. Taller Licenciatura. Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. 74p.
- HASANAHA, M and ANDREWS, C. 1989. Correlation of summer climatological factors with plant and seed characteristics of sunflowers (*Helianthus annuus*. L.) *Indonesian Journal of Crop Science* 4(2): 63-75.
- HO, L. and HEWITT, J. 1986. Fruit development. In: Atherton, J and Rudich, J. Eds. *The Tomato Crops*. London, Chapman and Hall. pp: 201-240.
- HOCHER, V.; SOTTA, B.; MALDINEY, R.; BONNET, M. and MIGINIAC, E. 1992. Changes in indole-3-acetic acid levels during tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seed development. *Plant Cell Reports* 11: 253-256.
- HOPPER, N. and HINTON, H. 1987. Electrical conductivity as a measure of planting seed quality in cotton. *Agronomy Journal* 79: 147-152.
- HURD, R. and GRAVES, C. 1984. The influence of different temperature patterns having the same integral on the earliness and yield of tomatoes. *Acta Horticulturae* 148: 547-554.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. 2004. *Internacional rules for testing*. Basenford, ISTA. sp.

- JONES, K. 1996. Seguimiento del desarrollo del fruto y semilla de pimentón (*Capsicum annuum* L.). Predictores bioquímicos del vigor y calidad de semilla de pimentón y su asociación con el programa nutricional. Taller Licenciatura. Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 119p.
- KEIGLEY, P. and MULLEN, R. 1986. Changes in soybean seed quality from high temperature. *Crop Science* 26: 1212- 1216.
- KERMODE, A. and BEWLEY, D. 1986. The transition from seed development to germination: a key role for desiccation. *HortScience* 21(5): 1113-1118.
- KHAH, E. and PASSAM, H. 1992. Flowering, fruit set and development of the fruit and seed of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivated under conditions of high ambient temperature. *Journal of Horticultural Science* 67(2): 251-258
- KINET, J. and PEET, M. 1997. Tomato. In: WIEN, H. eds. *The physiology of vegetable crops*. Wallingford Cab International. pp: 207-258.
- LIPTAY, A. and SHOOPPER, P. 1983. Effect of water stress, seed coat restraint, and abscisic acid upon different germination capabilities of two tomato lines at low temperature. *Plant Physiol.* 73: 935-938.
- MERCADO, J.; VIÑEGLA, B. and QUESADA, M. 1997. Effects of hand pollination, paclobutrazol treatments, root temperature and genotype on pollen viability and seed fruit content of winter grown pepper. *Journal of Horticultural Science* 72(6): 893-900.
- MONSELISE, S.; VARGA, A. and BRUINSMA, J. 1978. Growth analysis of the tomato fruit, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Annals of Botany.* 42: 1245-1247.

- MORRISON, M.; PIETRZAK, L, and VOLDENG, H. 1998. Soybean seed coat discoloration in cool season climates. *Agronomy Journal* 90: 471-477.
- NOVOA, R.; VILLASECA, S.; DEL CANTO, P.; ROUANET, J.; SIERRA, C. y POZO, A. 1989. Mapa agroclimático de Chile. Santiago. INIA. 221p.
- PARROTT, L.; LACROIX, R. 1992. Daily average temperatures: Modeling and generation with a fourier transform approach. *Transactions of the ASAE* 39(5): 1911-1922.
- PEARCE, B.; GRANGE, R. and HARDWICK, K. 1993. The growth of tomato fruit. I. Effects of temperature and irradiance on fruit grown in controlled environments. *Journal of Horticultural Science* 68(1): 1-11.
- PEÑALOZA, P. 2001. Semillas de Hortalizas Manual de Producción. Valparaíso. Ediciones Universitarias de Valparaíso 161p.
- PICKEN, A.; STEWART, K.; KLAPWIJK, D. 1986. Germination and vegetative development In: Atherton, J and Rudich, J. eds. *The Tomato Crops*. London, Chapman and Hall pp: 111-167.
- RING, D.; HARRIS, M.; JACKMAN, J. and HENSON, J. 1983. A fortran computer program for determining start date temperature for degree-day models. *The Texas Agricultural Experiment Station Bull MP-1537*. The Texas University System, College Station, Texas. 9p.
- ROOS, E. and WIESNER, L. 1991. Seed testing and quality assurance. *HortTechnology* 1(1): 65-69.

- RYLSKI, I. 1972. Effect of the early environment on flowering in pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of the American Society for Horticultural Science 97(5): 648-651.
- RYLSKI, I. 1979. Fruit set and development of seeded and seedless tomato fruits under diverse regimes of temperature and pollination. Journal of the American Society for Horticultural Science 104(6): 835-838.
- RYLSKI, I. 1973. Effect of night temperature on shape and size of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of the American Society for Horticultural Science 98(2): 149-152.
- SAKO, X.; HOFFMASTER, A.; MCDONALD, M. and BENNETT, M.A. 2002. Applications of computers in seed technology. Pontificia Universidad Católica de Chile. Departamento de Ciencias Vegetales. Seminario Internacional Semillas: Comercialización, producción y tecnología. Santiago, 15 y 16 Octubre 2002. pp: 172-187.
- SALISBURY, F. y ROSS, C. 1994. Fisiología vegetal. México. D.F., Iberoamérica. 759p.
- SI, Y. and HEINS, R. 1996. Influence of day and night temperature on sweet pepper seedling development. Journal of the American Society for Horticultural Science 121(4): 699-704.
- SIDDIQUE, M. and GOODWIN, P. 1980. Maturation temperature influences on seed quality and resistance to mechanical injury of some snap bean genotypes. Journal of the American Society for Horticultural Science 105 (2): 235-238.
- SNYDER, R.; SPANO, D.; CESARACCIO, C. and DUCE, P. 1999. Determining degree day threshold from field observations. International Journal of Biometeorology 42: 177-182.

- STEINER, J. and OPOKU-BOATENG, K. 1991. Natural season-long and diurnal temperature effects on lettuce seed production and quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 116(3): 396-400.
- STYER, R. and CANTLIFFE, D. 1983. Relationship between environment during seed development and seed vigor of two endosperm mutants of corn. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 108: 717-720.
- TADEO, F. 2000. Fisiología de las plantas y el estrés. In: Azcón-Bieto, J. y Talón, M. eds. *Fundamentos de fisiología vegetal*. Barcelona, McGraw-Hill. pp: 481-498.
- THOMAS, J.; BOOTE, J.; ALLEN, JR. GALLO-MEAGHER, M. and DAVIS, J. 2003. Seed Physiology and metabolism, elevated temperature and carbon dioxide effects on soybean seed composition and transcript abundance. *Crop Science* 43: 1548-1557.
- THOMISON, P. and NIELSON, R. 2002. Impact of delayed planting on heat unit requirements for seed maturation in maize. Pontificia Universidad Católica de Chile. Departamento de Ciencias Vegetales. Seminario Internacional Semillas: comercialización producción y tecnología. Santiago, 15 y 16 de Octubre 2002. pp: 140-164.
- UNGER, P. 1986. Growth and development of irrigated sunflower in Texas high plains. *Agronomy Journal* 78: 507-515.
- VAN DER BURG, W; AARTSE, J.; VAN ZWOL, R.; JALINK, H. and BINO, R. 1994. Predicting tomato seedling morphology by X ray analysis of seeds. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119(2): 258-263.

- WANGENVOORT, W. and BIERHUIZEN, J.. 1977. Some aspects of seed germination in vegetables. II The effect of temperature fluctuation, depth of sowing, side size and cultivar, on heat sum and minimum temperature for germination. *Scientia Horticulturae* 6: 259-270.
- WIEN, H. 1997. Peppers. In: WIEN, H. ed. *The physiology of vegetable crops*. Wallingford, CAB Internacional. pp: 259-293.
- XU, G. and KAFKAFI, U. 2003. Seasonal differences in mineral content, distribution and leakage of sweet pepper seeds. *Annals of Applied Biology* 143 : 45-52.
- XU, G.; KAFKAFI, U.; WOLF, S. and SUGIMOTO, Y. 2002. Mother plant nutrition and growing condition affect amino and fatty acid compositions of hybrid sweet pepper seeds. *Journal of Plant Nutrition* 25(8): 1645-1665.
- YANG, S.; LOGAN, J. and COFFEY, D. 1995. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree-days. *Agricultural and Forest Meteorology* 74: 61-74.
- ZALOM, F.; GOODELL, P.; WIBSON, L.; BARNETT, W. and BENTLY, W. 1983. Degree-day, the calculation and use of the heat units in pest management, (On line).
http://beaumont.tamu.edu/elibrary/publications/twilson_publications.htm