

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**INCIDENCIA DE NANOBURBUJAS EN EL RIEGO SOBRE LA CALIDAD DE
SEMILLAS DE TOMATE INDUSTRIAL (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.)**

POR

ANGELA RAQUEL MEDINA GONZÁLEZ

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CHILLÁN – CHILE
2022**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**INCIDENCIA DE NANOBURBUJAS EN EL RIEGO SOBRE LA CALIDAD DE
SEMILLAS DE TOMATE INDUSTRIAL (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.)**

POR

ANGELA RAQUEL MEDINA GONZÁLEZ

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CHILLÁN – CHILE
2022**

Aprobada por:

Profesor Asociado, Susana Fischer G.
Ing. Agrónomo Dr. Cs.

Guía

Profesor Asistente, Miguel Garriga C.
Lic. Biología, Dr. Cs.

Asesor

Profesor Asociado, Inés Figueroa C.
Ing. Agrónomo, Dr. Cs.

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.
Ing. Agrónomo, Mg. Cs.

Decano

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
Resumen	1
Summary.....	1
Introducción	2
Materiales y Métodos.....	5
Resultados y Discusión.....	8
Conclusiones.....	19
Referencias.....	20

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

		Página
Figura 1	Diámetro polar (a) y ecuatorial (b) de cuatro cultivares de tomate industrial con riego superficial con y sin nanoburbujas.....	9
Figura 2	Diámetro polar (a) y ecuatorial (b) de cuatro cultivares de tomate industrial con riego subsuperficial con y sin nanoburbujas.....	10
Figura 3	Peso fresco de frutos de cuatro cultivares de tomate industrial regados con riego superficial con y sin nanoburbujas (a) y riego subsuperficial con y sin nanoburbujas (b).....	12
Tabla 1	Cantidad de semillas por baya y peso de 1000 semillas, para cuatro cultivares de tomate industrial regados con riego superficial con y sin nanoburbujas	13
Tabla 2	Cantidad de semillas por baya, peso fresco de semillas, peso de 1000 semillas, para cuatro cultivares de tomate industrial regados con riego subsuperficial con y sin nanoburbujas.....	14
Tabla 3	Porcentaje de germinación, índice de vigor, tasa de germinación, viabilidad y velocidad de germinación, para cuatro cultivares de tomate industrial regados con riego superficial con y sin nanoburbujas.....	16
Tabla 4	Porcentaje de germinación, índice de vigor, tasa de germinación, viabilidad y velocidad de germinación, para cuatro cultivares de tomate industrial regados con riego subsuperficial con y sin nanoburbujas.....	17

INCIDENCIA DE NANOBURBUJAS EN EL RIEGO SOBRE LA CALIDAD DE SEMILLAS DE TOMATE INDUSTRIAL (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.)

INCIDENCE OF NANOBUBBLES IN IRRIGATION ON QUALITY OF INDUSTRIAL TOMATO SEEDS (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.)

Palabras índice adicionales: Diámetro, germinación, viabilidad, peso de semillas, cultivar.

RESUMEN

Entre los variados sistemas de riego, el riego con nanoburbujas (NBs) ha demostrado beneficiar a las plantas, potenciando el crecimiento y el aumento de su producción. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de riego con NBs durante el desarrollo del cultivo de tomate industrial en la calidad de sus semillas. Para ello se procedió a la cosecha de bayas de tomate en dos ensayos de riego realizados en forma paralela: i) riego por cinta superficial con y sin NBs (E1S) y ii) riego con cinta subsuperficial, con y sin NBs (E2SS). En ambos ensayos se evaluaron cuatro cultivares. Los resultados mostraron que el diámetro ecuatorial, peso fresco, cantidad de semillas por baya y peso seco de 1000 semillas, no fueron estadísticamente diferentes ($P > 0,05$), en ambos ensayos con y sin NBs. El diámetro polar, en E2SS mostró diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre cultivares, donde el C2 presentó el mayor diámetro polar promedio, con $63,96 \text{ mm fruto}^{-1}$, con respecto a los demás cultivares. Se observó una tendencia a la disminución en el tratamiento con NBs entre cultivares, donde el C1 disminuyó un 4,4 %. Se concluye que el tipo de agua aplicado en el riego no influyó en la germinación de las semillas, ni en su calidad.

SUMMARY

Among the various irrigation systems, irrigation with nanobubbles (NBs) has been shown to benefit plants, enhancing growth and increasing their production. The objective of this study was to evaluate the effect of the application of irrigation with NBs during the development of industrial tomato cultivation on the quality of its

seeds. To this end, tomato berries were harvested in two irrigation trials carried out in parallel: i) surface belt irrigation with and without NBs (E1S) and ii) subsurface tape irrigation, with and without NBs (E2SS). Four cultivars were evaluated in both trials. The results showed that the equatorial diameter, fresh weight, number of seeds per berry and dry weight of 1000 seeds, were not statistically different ($P > 0.05$), in both trials with and without NBs. The polar diameter, in E2SS showed significant differences ($P \leq 0.05$) between cultivars, where the C2 presented the highest average polar diameter, with 63.96 mm fruit⁻¹, with respect to the other cultivars. A downward trend was observed in NB treatment among cultivars, where C1 decreased by 4.4%. It is concluded that the type of water applied in the irrigation did not influence the germination of the seeds, nor their quality.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) pertenece a la familia *Solanaceae*. Es una planta herbácea anual o bianual, de origen Centro y Sudamericano. Actualmente es cosmopolita, cultivada para el consumo fresco y procesado (Guzmán *et al.*, 2017). La producción mundial de tomate durante el año 2017 alcanzó un total de 182.301.395 t, siendo China el principal productor a nivel mundial con 59.514.773 t. En Chile es considerada una de las hortalizas más cultivadas, alcanzando una producción de 993.073 t de tomate en el año 2017 (FAO, 2017).

En Chile se pueden encontrar condiciones de aislamiento tanto geográfico como climático, permitiendo disminuir la incidencia de enfermedades e insectos dañinos para los cultivos. En consecuencia, las producciones chilenas, que están en contraestación con el hemisferio Norte, son más atractivas para la industria semillera, desde un punto de vista comercial. América del Norte es el principal mercado de ventas para las semillas producidas en Chile con un 56 %, seguido de Europa (27 %) y América Central y del Sur (8 %) (Cárdenas, 2016).

Según números oficiales de la Federación Internacional Semillera (FIS), Chile es el mayor exportador de semillas en el hemisferio Sur y el quinto exportador a nivel mundial. Además, las exportaciones de semilla ocupan el tercer lugar en las exportaciones agrícolas a nivel nacional (CURIMAPU, 2018).

La producción de semillas en el país ha adquirido un lugar importante en el mercado mundial, por la variedad de especies cultivadas y su calidad, las cuales son certificadas a través del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) (Parada, 2002). En virtud de lo anterior, en el año 2018, Chile exportó semillas de hortalizas con un total de 3.157,8 t, de los cuales 79,1 t correspondieron a semillas de tomate, produciendo un 6 % más que años anteriores (Vergara, 2019).

Para las exportaciones de semillas es necesario que el exportador conozca los aspectos básicos ligados a la legislación, para realizar el proceso de exportación, independiente de su destino final y así cumplir con las medidas de seguridad relacionadas a la sanidad vegetal (fitosanidad) del producto. Es importante destacar que la exportación de productos vegetales está sujeta a las regulaciones que establezcan los países importadores, puesto que el producto, dependiendo de su grado de procesamiento, puede ser una vía de dispersión de plagas y/o enfermedades presentes en Chile, que no se encuentran en el territorio del país importador (SAG, 2022a).

Por otro lado, toda semilla que se comercialice debe venderse envasada y etiquetada, indicando el nombre de la variedad, así como también, cumplir con los requisitos mínimos de germinación, pureza y con las tolerancias a malezas establecidas en la norma. Además, debe cumplir con el estado sanitario y otras exigencias que, para cada especie, se establecen por resolución del SAG (SAG, 2022b). De acuerdo con esto, uno de los requisitos es el análisis de germinación, el cual determina, en una muestra de semillas, qué porcentaje de ellas pueden originar plántulas normales, plántulas anormales, semillas duras, semillas latentes y semillas muertas (International Seed Testing Association, 1999). De esta forma, el porcentaje de germinación para semillas de tomate debe ser de 75 % como mínimo, según la Resolución Exenta N° 3080 (2022).

Para cumplir con los requisitos mencionados para la producción de semillas, es importante un soporte técnico adecuado, en términos de manejo agronómico. Al respecto se sugiere efectuar un seguimiento desde el momento del establecimiento del cultivo post-trasplante, realizando un manejo de podas semanales y procesos de estrés inducido a la planta mediante flujo de riego. Esto con la finalidad de inducir

en la planta procesos fisiológicos reproductivos y no vegetativos, en alto grado (Merino, 2017).

Las necesidades hídricas del cultivo de tomate dependen de diferentes variables, como las condiciones climáticas del lugar, tipo de suelo, estado de desarrollo del cultivo y la pendiente del terreno. En las primeras semanas, tanto el desarrollo del brote como del sistema radicular son reducidos, por lo que, el aporte de agua debe ser bajo. Se recomienda aplicar riegos cortos y frecuentes, para mantener la humedad del suelo a capacidad de campo, y así, obtener mejor desarrollo de raíces. A medida que va creciendo la planta, el consumo de agua se va incrementando progresivamente hasta que se forma el primer racimo floral (Medina *et al.*, 2009).

Existen variados sistemas de riego que se han adaptado a las hortalizas conforme a las necesidades y posibilidades de los productores. En general, estos son presurizados, con la posibilidad de incorporarles otras tecnologías como el fertirriego o el uso de nanoburbujas (NBs). Esta última tecnología, consta de dos tipos de burbujas, las microburbujas (MBs) (10 - 50 μm) y nanoburbujas (NBs) (200 nm), ambas son burbujas de gas en miniatura, con diferentes diámetros y tamaño en líquidos (Ebina *et al.*, 2013).

La tecnología de las NBs es de interés en diversas áreas como, por ejemplo, en el campo de la medicina, dado que pueden usarse como contraste de ultrasonido, incluso para la administración de medicamentos (Hernot y Klibanov, 2008). De igual modo, en el campo de la ingeniería, las NBs son agentes de limpieza útiles en la industria de procesamiento (Liu *et al.*, 2010) y en el proceso de ozonización para la purificación de aguas contaminadas (Chu *et al.*, 2008). Se han documentado aumentos en la actividad fisiológica de organismos vivos con el uso de NBs (Kurata *et al.*, 2007), las que inducen un mayor desarrollo celular al proporcionar un mecanismo de transporte para el suministro de gas a la membrana o célula y, por lo tanto, afectan a las proteínas transmembrana o a la estructura de la membrana. Ambos efectos alteran considerablemente la función celular (Dzubiella, 2010; Seddon *et al.*, 2012).

Las nanoburbujas están más difundidas en la agricultura que en la acuicultura,

puesto que la base científica y técnica señala que actúan directamente en las raíces de las plantas, potenciando el crecimiento de estas. Las burbujas hacen más eficiente la conducción de nutrientes vía radicular. Por otro lado, cuando la burbuja es de tamaño nanométrico aumenta su presión interna, lo que genera una carga eléctrica muy fuerte fuera de la burbuja (Arroyo, 2017). Esta diferencia de presión permite vincularse con iones en el agua, así como con partículas cargadas en bacterias o virus, y los que son eliminados cuando la burbuja colapsa, obteniendo así, un cultivo más inocuo (Martínez, 2017). Adicionalmente, es una herramienta que asegura un menor uso del recurso hídrico y mayor crecimiento de las plantas (Arroyo, 2017).

De acuerdo con los antecedentes anteriormente presentados, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de riego con nanoburbujas durante el desarrollo de cuatro cultivares de tomate industrial sobre las características físicas del fruto y la calidad de semilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y condiciones previas

Para llevar a cabo esta investigación se procedió a la cosecha de bayas de tomate que provenían de dos ensayos realizados en forma paralela, donde se evaluaron cuatro cultivares de tomate industrial (C1 (5409), C2 (7883), C3 (3402), C4 (1428)). En un ensayo se utilizó riego por cinta superficial, con y sin nanoburbujas (E1S), y en el otro, el riego fue por cinta subsuperficial, con y sin nanoburbujas (E2SS).

Ambos ensayos se realizaron durante la temporada primavera - verano 2018 - 2019 en la Estación Experimental "El Nogal" de la Universidad de Concepción, Campus Chillán, Región de Ñuble, Chile (36°35'S, 72°04'54" O y 140 m.s.n.m.). El ensayo se realizó sobre un suelo de topografía plana con pendiente simple de 0 - 1 %, perteneciente a la serie Arrayán y clasificado como medial, amorphic, thermic Hemic Haploxerands. Este se distingue por ser un suelo profundo, bien drenado, de clase textural franco arcillo limosa, con abundante porosidad (Stolpe, 2005).

Cuando el 80 % de las bayas se encontraban maduras se procedió a su cosecha, en ambos ensayos. Las bayas fueron lavadas, medidas y procesadas en

el laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción. A partir de las bayas se obtuvieron las semillas para los ensayos de germinación.

Diseño Experimental

El diseño correspondió a bloques completamente al azar con un arreglo en parcelas divididas, donde la parcela principal fue la aplicación de riego con y sin nanoburbujas y la subparcela fueron los cultivares de tomate. El ensayo contó con cuatro repeticiones y la unidad experimental fue una placa de Petri de 9 cm de diámetro, totalizando 32 placas para el ensayo 1 (E1S) y 32 placas para el ensayo 2 (E2SS). Cada placa contenía 50 semillas.

Evaluaciones

Se evaluaron tres frutos por tratamiento.

Diámetro polar y ecuatorial del fruto. Se midió el diámetro polar y ecuatorial empleando un pie de metro digital.

Peso fresco del fruto. Luego de haber sido cosechadas las bayas de tomate, fueron lavadas y posteriormente se pesaron en una balanza electrónica de precisión BEL (S1002, Italia).

Cantidad de semillas por baya. Se cortó transversalmente cada baya de tomate y se extrajo la totalidad de semillas, separándola de la pulpa. Luego se lavó con agua corriente y se cuantificó la cantidad de semillas por baya.

Peso de 1000 semillas. Las semillas extraídas fueron secadas a temperatura ambiente, hasta alcanzar un peso constante. Posteriormente se agruparon en 100 semillas. Las semillas fueron pesadas en una balanza analítica Shimadzu (AUX220, Japón) y, en base a este peso, se calculó el peso de 1000 semillas.

Porcentaje de germinación de semillas. Se evaluó la capacidad de germinación, estimando el valor potencial y la calidad de semillas de tomate, a través del proceso de emergencia de la radícula. Para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de germinación (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ N.G.}}{\text{N}^\circ \text{ N.S.}} \times 100$$

donde:

Nº N.G. = número de semillas germinadas

Nº N.S. = número de semillas sembradas

Análisis de viabilidad de semillas. Para el análisis de viabilidad de semillas se introdujo 10 semillas en un recipiente con agua destilada a 20 °C durante 18 horas, posteriormente se seccionaron longitudinalmente en dos partes y se sumergieron en una solución acuosa de cloruro de trifenil tetrazolio al 1 % (p/v) durante 4 horas. Se consideraron viables aquellas semillas teñidas completamente.

Índice de vigor. A diario, se registró el número de semillas germinadas y aquellas donde la plántula emergió. El vigor se calculó mediante la siguiente fórmula descrita por Anfinrud y Schneiter (1984):

$$\text{Índice de vigor} = \frac{A_1}{X_1} + \frac{A_2}{X_2} + \dots + \frac{A_n}{A_n}$$

donde:

A = Número de semillas germinadas diariamente en cada unidad experimental, considerando el día 1 como aquel en que germinó la primera semilla en cualquiera de las unidades experimentales, hasta el día que germinó la última semilla.

X = Día correlativo desde que se observó la primera semilla germinada en cualquier unidad experimental (día 1) hasta que se observó la última semilla germinada.

n = Día del último control.

Tasa de germinación. Se determinó según la fórmula usada por Quintero *et al.* (1999):

$$\text{Tasa de germinación} = \frac{(N_1 \times T_1) + (N_2 \times T_2) + \dots + (N_n \times T_n)}{\text{Nº total de semillas germinadas}}$$

donde:

N_i = Número de semillas germinadas en el día i, i = 1, 2..., n.

T_i = Tiempo expresado en días.

Velocidad de germinación. Relación del número de semillas germinadas con el tiempo de germinación, obtenida utilizando la siguiente fórmula usada por Maguire (1962):

$$M = \frac{n_i}{t}$$

Donde:

M = Velocidad de germinación.

n_i = Número de semillas germinadas el día i.

t = Tiempo de germinación desde la siembra hasta germinación de la última semilla.

Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA), previa comprobación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza con las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. En los casos que correspondió, se realizó la prueba de comparación de medias por medio de una prueba de diferencia mínima significativa (DMS) y un nivel de confianza del 95 %. Todos los análisis se llevaron a cabo con el software estadístico InfoStat Statistical® Versión 2008 (Balzarini *et al.*, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

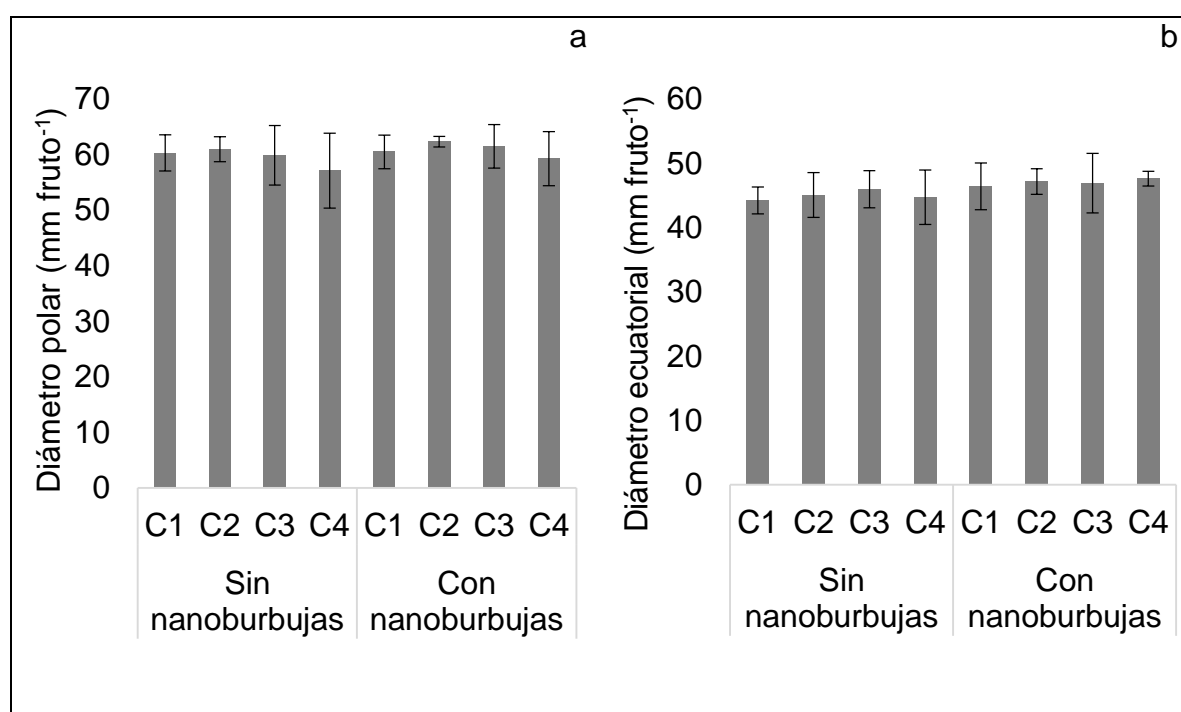
Diámetro polar y ecuatorial del fruto

El avance del desarrollo embrionario ocurre en el ovario al igual que la formación de las semillas. Estos eventos moleculares, celulares y fisiológicos son los que controlan el crecimiento y la diferenciación de los frutos (Gillaspy *et al.*, 1993). Por otro lado, existen diferentes formas y tamaños del fruto según el material genético y, por tanto, alcanza diámetros variables (Mayorga, 2004).

Las bayas cosechadas del ensayo regado con cinta superficial (E1S), no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$), entre la aplicación de riego con y sin nanoburbujas. Así, con respecto al diámetro polar, el mayor valor se evidenció en los cultivos regados con nanoburbujas, con un rango de 59,2 - 62,3 mm fruto⁻¹.

Las plantas regadas sin nanoburbujas tuvieron un rango entre 57,1 - 60,9 mm fruto⁻¹ (Figura 1). No obstante, entre los cultivares, el mayor diámetro polar fue en las bayas del C2, con una media de 61,6 mm fruto⁻¹. Se observó una tendencia al aumento en el tratamiento de riego con nanoburbujas, donde las bayas del cultivar C1 mantuvieron un diámetro constante, pues solo aumentó un 0,31 %, y en las bayas del C4 aumentaron un 3,7 %.

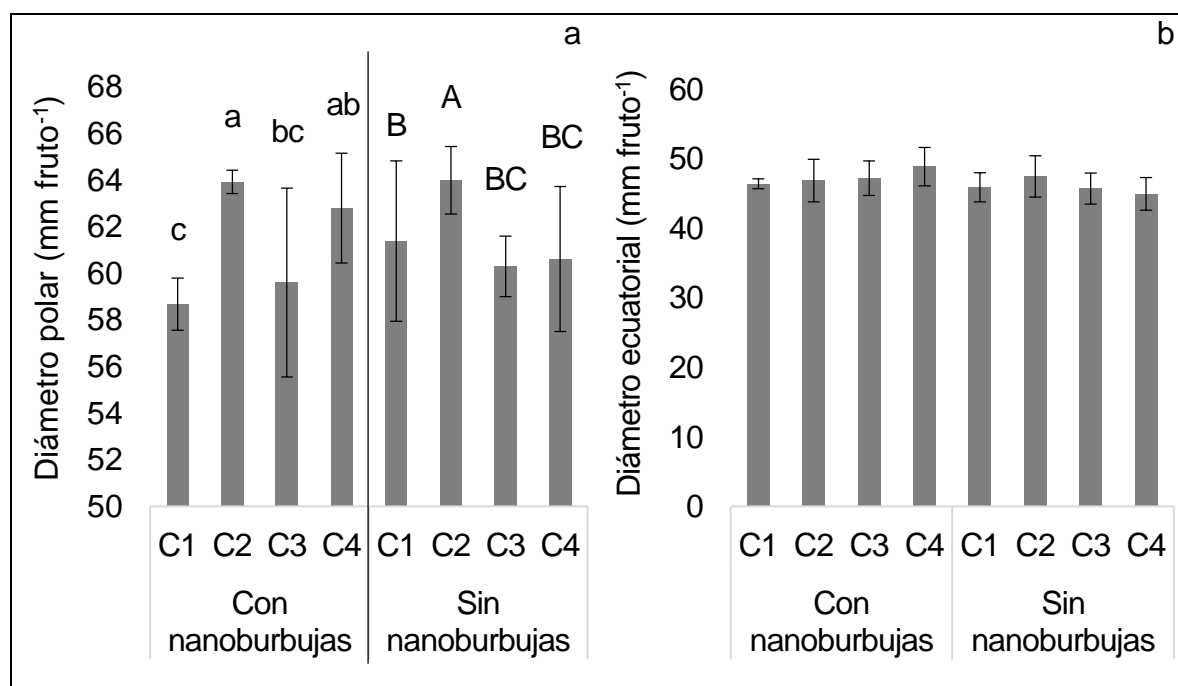
Figura 1. Diámetro polar (a) y ecuatorial (b) de cuatro cultivares de tomate industrial, con riego superficial con y sin nanoburbujas.



En relación al diámetro ecuatorial, los frutos provenientes de plantas regadas con cinta superficial (E1S), no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre los dos tratamientos de riego. El rango para las plantas regadas con riego con nanoburbujas fue 46,4 - 47,6 mm fruto⁻¹, mientras que para riego sin nanoburbujas fue de 44,2 - 45,9 mm fruto⁻¹ (Figura 1). Se observó una tendencia al aumento del diámetro ecuatorial, en el tratamiento con nanoburbujas, donde las bayas del cultivar C4 aumentaron un 6,1 %, siendo este último el que presentó mayor aumento en el diámetro ecuatorial de la baya.

Por otra parte, las bayas cosechadas del ensayo regado con cinta subsuperficial (E2SS), en relación al diámetro polar, no evidenciaron diferencias estadísticamente significativas con el tratamiento agua ($P > 0,05$), con respecto al tratamiento de agua con nanoburbujas. El diámetro polar en riego con nanoburbujas estuvo en el rango 58,7 - 63,9 mm fruto⁻¹ y para riego sin nanoburbujas fue de 60,3 - 64,0 mm fruto⁻¹ (Figura 2). El cultivar C2, regado sin nanoburbujas, obtuvo el mayor diámetro polar, alcanzando un 63,9 mm fruto⁻¹. El C2 mostró diferencias significativas ($P \leq 0,05$) con respecto a los demás cultivares. Se observó una disminución del diámetro en el tratamiento con nanoburbujas con respecto al tratamiento sin nanoburbujas entre cultivares, donde el diámetro polar de las bayas del cultivar C1 disminuyeron un 4,4 %, mientras que en el C4 aumentó un 3,5 %.

Figura 2. Diámetro polar (a) y ecuatorial (b) de cuatro cultivares de tomate industrial, con riego subsuperficial con y sin nanoburbujas.



Letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre cultivares con nanoburbujas. Letras mayúsculas distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre cultivares sin nanoburbujas.

El diámetro ecuatorial en el E2SS, no presentó diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los dos tratamientos de riego. El diámetro ecuatorial tendió a aumentar en

plantas regadas con nanoburbujas, con un rango entre 46,3 - 48,8 mm fruto⁻¹, en cambio los rangos para el riego sin nanoburbujas fueron de 44,9 - 47,4 mm fruto⁻¹ (Figura 2). Por otro lado, entre los cultivares, el mayor diámetro ecuatorial fue en las bayas del C2, donde su media fue de 47,1 mm fruto⁻¹, siendo estadísticamente similar ($P > 0,05$) con respecto a los otros cultivares. Se observó una tendencia al aumento en el tratamiento con nanoburbujas sobre el tratamiento sin nanoburbujas, donde solo, en el cultivar C2 tuvo una disminución de 1,3 %, y el cultivar C4, un aumento de 8 %.

Los datos obtenidos de los tratamientos, difieren de los datos reportados por De la Rosa-Rodríguez, *et al.* (2016), donde el diámetro polar promedio fue de 62,1 mm fruto⁻¹ y diámetro ecuatorial de una media de 48,9 mm fruto⁻¹. Sin embargo, los tomates evaluados en este ensayo eran para consumo fresco (cultivar 'El Cid').

Peso fresco de las bayas

En el crecimiento de un fruto se distinguen diferentes fases, caracterizadas por el período inicial donde se produce la división celular (fase I), seguido de un período de alargamiento celular (fase II), y un período final en el que el fruto cesa prácticamente en su crecimiento y madura (fase III) (Azcón-Bieto y Talón, 2013).

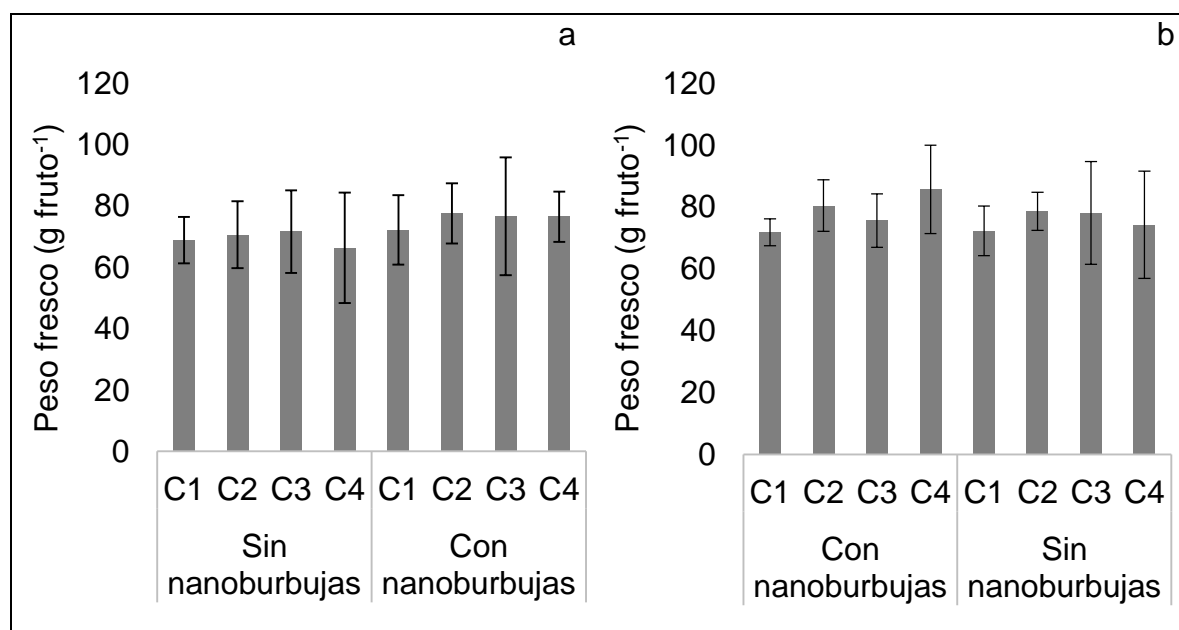
En las bayas cosechadas del ensayo realizado en el cultivo de tomate industrial, regados con cinta superficial (E1S), se observó que el peso fresco del fruto, no presentó diferencias significativas ($P > 0,05$) entre el riego con y sin nanoburbujas. De la misma forma, no se evidenció diferencias significativas entre los cultivares ($P > 0,05$). El rango para peso fresco de las bayas bajo riego con nanoburbujas fue de 72,2 - 77,5 g fruto⁻¹, en cambio, el tratamiento sin nanoburbujas tuvo un rango de 66,3 - 71,6 g fruto⁻¹ (Figura 3). El mayor peso de fruto se observó en las bayas de C3 con 74,1 g fruto⁻¹ y el menor, en el cultivar C1 con 70,5 g fruto⁻¹. Considerando ambos factores de estudio, en el cultivar C4, en el tratamiento de riego con nanoburbujas, se observó un 15,3 % más de peso fresco en sus bayas con relación al tratamiento sin nanoburbujas.

Por otra parte, en el ensayo con riego subsuperficial (E2SS), la respuesta del tipo de agua en el peso fresco del tomate industrial no fue diferente ($P > 0,05$). El

tratamiento con mayor peso fresco de bayas fue el agua con nanoburbujas. El rango obtenido en este ensayo, para peso fresco de las bayas, en plantas regadas con nanoburbujas, fue de 71,8 - 85,6 g fruto⁻¹, mientras que, en las plantas regadas sin nanoburbujas, el rango de peso fresco de las bayas fue de 72,2 - 78,6 g fruto⁻¹ (Figura 3). Por otro lado, entre los cultivares, el mayor peso fresco se obtuvo en el cultivar C4, donde se observó una media de 79,9 g fruto⁻¹. Las bayas del cultivar C1 mantuvieron un peso de baya constante con oscilaciones de peso de 0,6 % entre ambos tratamientos y de 3,1 % en las bayas del cultivar C3. Por otra parte, se observó un aumento de 2,3 % en las bayas provenientes del cultivar C2 y un 13,3 % del cultivar C4, siendo este último el que presentó un mayor aumento en el peso baya fresca, con el tratamiento con nanoburbujas.

En un estudio realizado por De la Rosa-Rodríguez y sus colaboradores (2016), el peso fresco de la baya fue de 93,3 g fruto⁻¹, alcanzando valores mayores a los obtenidos en esta investigación, diferencia que es atribuida al cultivar de tomate usado.

Figura 3. Peso fresco de frutos de cuatro cultivares de tomate industrial regados con riego superficial con y sin nanoburbujas (a) y riego subsuperficial con y sin nanoburbujas (b).



Cantidad de semillas por baya

El número de semillas que contiene el fruto y el volumen del mismo son proporcionales al número de óvulos fecundados. Esto es debido a que el desarrollo del fruto depende, en gran parte, de la producción de auxinas en la semilla, lo que a su vez se relaciona con la cantidad de semillas (Espina, 2009).

Tabla 1. Cantidad de semillas por baya y peso de 1000 semillas para cuatro cultivares de tomate industrial regados con riego superficial con y sin nanoburbujas.

Tipo de riego	Cultivar	Cantidad de semillas por baya	Peso de 1000 semillas (g)
Sin nanoburbujas	C1	92	0,8
	C2	74	0,6
	C3	83	0,8
	C4	67	0,6
Con nanoburbujas	C1	89	0,7
	C2	80	0,7
	C3	83	0,7
	C4	69	0,7
C.V. (%)		23,80	33,89

C.V.: Coeficiente de variación.

En las semillas provenientes de las bayas de tomate industrial, en el ensayo con riego superficial (E1S), el número de semillas no presentó diferencias estadísticas significativas ($P > 0,05$) para los dos tratamientos en estudio.

Con respecto al tipo de agua aplicado en el riego, el tratamiento con mayor número de semillas fue aquel donde se aplicó agua con nanoburbujas, con un promedio de 80 semillas fruto⁻¹. Por otra parte, entre los cultivares, las bayas del cultivar C1 fueron las que mayor número de semillas alcanzaron, con 90 semillas

fruto⁻¹ (Tabla 1). El cultivar C1 presentó una disminución de 3,6 % y el cultivar C2 un aumento de 7,5 % en el número de semillas en plantas regadas con nanoburbujas, con respecto al tratamiento de riego sin nanoburbujas.

Tabla 2. Cantidad de semillas por baya y peso de 1000 semillas para cuatro cultivares de tomate industrial con riego subsuperficial con y sin nanoburbujas.

Tipo de riego	Cultivar	Cantidad de semillas por baya	Peso de 1000 semillas (g)
Sin nanoburbujas	C1	85	0,8
	C2	83	0,7
	C3	66	0,6
	C4	76	0,7
Con nanoburbujas	C1	79	0,7
	C2	79	0,7
	C3	62	0,6
	C4	74	0,7
C.V. (%)		24,96	22,73

C.V.: Coeficiente de variación

Por otra parte, en el ensayo con riego subsuperficial (E2SS) no se evidenció diferencias significativas ($P > 0,05$) en el número de semillas para los tratamientos estudiados. Con respecto al tipo de agua aplicado en el riego, el mayor número de semillas se observó en las plantas regadas con agua, con un promedio de 77 semillas fruto⁻¹. Entre los cultivares, el mayor número de semillas se observó en las bayas del cultivar C1, con 82 semillas fruto⁻¹ (Tabla 2). Se evidenció una tendencia a la disminución en el número de semillas por baya entre los cultivares regados con nanoburbujas. Así, el cultivar C1 con tratamiento con nanoburbujas presentó la

mayor disminución (6,9 %) en el número de semillas con respecto al tratamiento con agua. Los resultados de este estudio concuerdan con lo reportado por Gaviola (2020), donde el rango de semillas por fruto de tomate fue de 40 a 400 semillas.

Peso 1000 semillas

La calidad fisiológica real de una semilla no solo se determina por sus características genéticas, sino también en función de las condiciones ambientales de producción y almacenamiento, además de las técnicas de producción, cosecha, secado y procesamiento involucradas (Proain Tecnología Agrícola, 2021). En el tomate existe una relación entre el número de semillas por fruto y su crecimiento, mientras más rápido sea su crecimiento, mayor será el tamaño final del fruto, debido a un mayor número de semillas. Esta relación positiva entre el número de semillas por fruto y su tamaño final también se ha observado en kiwi, uva, cítricos, manzana, pera, níspero, entre otros (Azcón-Bieto y Talón, 2013).

En el ensayo con riego superficial (E1S), la respuesta del tipo de agua utilizada en el riego no fue estadísticamente diferente ($P > 0,05$) entre la aplicación de riego con y sin nanoburbujas. El mayor peso de 1000 semillas se observó en plantas que fueron regadas con nanoburbujas, alcanzando un promedio de 0,7 g. Además, no se observó diferencias significativas ($P > 0,05$) con respecto a los cultivares. Entre los cultivares, el mayor peso de 1000 semillas fue en C1, con una media de 0,8 g (Tabla 1).

En el ensayo con riego subsuperficial (E2SS), la respuesta del tipo de agua utilizada en el riego no fue estadísticamente diferente ($P > 0,05$) entre la aplicación de riego con y sin nanoburbujas. El mayor peso de 1000 semillas se observó en plantas regadas sin nanoburbujas, con un peso promedio de 0,7 g. Por otro lado, entre los cultivares, el mejor rendimiento en el peso seco fue en el cultivar C1, donde se observó una media de 0,8 g (Tabla 2).

El peso de 1000 semillas oscila entre 2,8 y 3,5 g según cultivar y condiciones de manejo (Gaviola, 2020). Una semilla, para que pueda cumplir el estándar de calidad, debería tener entre 300 y 350 semillas en un gramo (Espina, 2009). El peso de 1000 semillas en este estudio fue menor al rango, anteriormente mencionado.

Porcentaje de germinación de semillas

La germinación es el proceso fisiológico por medio del cual se inicia el crecimiento del embrión (González-Zertuche y Orozco-Segovia, 1996). Comienza con la imbibición de la semilla y termina cuando emerge la radícula. En el óptimo desarrollo de la plántula influyen la calidad y sanidad de las semillas que se utilizarán (Brandán de Antoni, *et al.*, 2009).

Tabla 3. Porcentaje de germinación, índice de vigor, tasa de germinación, viabilidad y velocidad de germinación para cuatro cultivares de tomate industrial, regados con riego superficial con y sin nanoburbujas.

Tipo de riego	Cultivar	Germinación (%)	I.V.	T.G.	Viabilidad (%)	V.G. (sem día ⁻¹)
Sin nanoburbujas	C1	98,0	24,8	2,1	50	11,9
	C2	94,0	18,9	2,7	80	9,1
	C3	98,5	22,4	2,4	60	10,4
	C4	98,0	21,3	2,5	50	10,6
Con nanoburbujas	C1	98,5	21,8	2,4	30	11,8
	C2	94,5	19,7	2,6	30	8,4
	C3	97,0	18,8	2,8	30	9,8
	C4	89,0	13,7	3,6	70	6,4

I.V.: Índice de vigor; T.G.: Tasa de germinación; V.G.: Velocidad de germinación.

Como indica la Tabla 3, en el ensayo E1S el porcentaje de germinación de las semillas de los cuatro cultivares en regados con nanoburbujas estuvo en el rango 89 - 98,5 % y los valores para el tratamiento sin nanoburbujas fluctuaron entre 94 - 98,5 %. El porcentaje de germinación más alto se observó en el cultivar C1 regado con nanoburbujas (98,5 %) y el más alto para riego sin nanoburbujas en el C3 con 98,5 %.

Para el ensayo E2SS, en plantas regadas con nanoburbujas, los rangos del

porcentaje de germinación fluctuaron entre 91,5 - 99 %, y los rangos obtenidos en plantas regadas sin nanoburbujas entre 91,5 - 96 %. El porcentaje de germinación más alto para riego con nanoburbujas fue en el cultivar C2 con 99 % y el más alto para riego sin nanoburbujas en el cultivar C1 con 96 % (Tabla 4).

El porcentaje mínimo de germinación establecido por el SAG para semillas de tomate es de 75 %, según la Resolución Exenta N° 3080 (2022).

Tabla 4. Porcentaje de germinación, índice de vigor, tasa de germinación, viabilidad y velocidad de germinación para cuatro cultivares de tomate industrial, regados con riego subsuperficial con y sin nanoburbujas.

Tipo de riego	Cultivar	Germinación (%)	I.V.	T.G.	Viabilidad (%)	V.G. (sem día ⁻¹)
Sin nanoburbujas	C1	96,0	18,8	2,7	30	12,0
	C2	91,5	19,9	2,5	40	9,5
	C3	93,0	17,5	2,9	30	6,8
	C4	92,5	17,1	2,9	50	7,6
Con nanoburbujas	C1	96,5	20,1	2,6	80	11,3
	C2	99,0	17,6	2,9	60	12,4
	C3	91,5	14,6	3,4	70	6,9
	C4	95,5	16,3	3,3	40	6,2

I.V.: Índice de vigor; T.G.: Tasa de germinación; V.G.: Velocidad de germinación.

Análisis de viabilidad de semillas

Al hidratar la semilla se activa su actividad fisiológica (respiración). La función del tetrazolio permite que las células vivas se tiñan de un tono rojizo, lo que indica la capacidad potencial de germinación, de una semilla viable. En cambio, en las semillas no viables, su patrón de tinción revela una intensidad de color atípico y/o estructuras flácidas y las células muertas no se tiñen (SNICS, 2018).

En el ensayo E1S el porcentaje de viabilidad de las semillas de plantas regadas con nanoburbujas fluctuó entre 30 - 70 % y en las de plantas regadas sin nanoburbujas fue entre 50 - 80 %. El porcentaje de viabilidad más alto en riego con nanoburbujas fue en el cultivar C4 con 70 % y en el riego sin nanoburbujas fue en C2 con 80 % (Tabla 3).

En el ensayo E2SS el porcentaje de viabilidad de semillas de plantas regadas con nanoburbujas fluctuó entre 40 - 80 %, mientras que las de plantas regadas sin nanoburbujas, fue de 30 - 50 %. El porcentaje de viabilidad más alto se obtuvo en el riego con nanoburbujas en el cultivar C1 con 80 % y en el riego sin nanoburbujas en el C4 con 50 % (Tabla 4).

Los datos de viabilidad no son congruentes con los porcentajes de germinación puesto que, para visualizar el embrión teñido es necesario contar con la presencia de un experto.

Índice de vigor

La prueba de vigor indica la capacidad de las semillas para germinar y producir una plántula normal en una amplia gama de condiciones de campo, no necesariamente dentro de las mismas condiciones ideales para la germinación (Proain Tecnología Agrícola, 2021).

El vigor se define como el conjunto de propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad de las semillas durante la germinación y posterior emergencia de las plántulas. El vigor es el resultado de la interacción de toda una serie de características de las semillas: genética, condiciones ambientales y nutricionales, grado de madurez, tamaño, peso, densidad (Pérez y Pita, 2016).

El vigor de las semillas de los cuatro cultivares de tomate industrial en el ensayo E1S, de las plantas regadas con nanoburbujas, fluctuó entre 13,7 - 21,8 y en las regadas sin nanoburbujas fue de 18,9 - 24,8. El cultivar con mayor vigor fue el C1, tanto para riego con nanoburbujas (21,8) como para el riego sin nanoburbujas (24,8) (Tabla 3).

En el ensayo E2SS el vigor de las semillas de los cuatro cultivares de tomate industrial, en las plantas regadas con nanoburbujas fue entre 14,6 y 20,1 y en las plantas regadas sin nanoburbujas de 17,1 - 19,9. Los cultivares con mayor vigor

fueron C1 (20,1) bajo riego con nanoburbujas y C2 (19,9) en plantas regadas sin nanoburbujas (Tabla 4).

Tasa de germinación

La tasa de germinación de semillas de tomate industrial, en el ensayo E1S, en plantas regadas con nanoburbujas estuvo en el rango 2,4 - 3,6 y en plantas regadas sin nanoburbujas fue de 2,1 - 2,7. El cultivar con mayor tasa de germinación en plantas regadas con nanoburbujas fue C4 con 3,6 y en las plantas regadas sin nanoburbujas la tasa de germinación más alta fue en C2 con 2,7 (Tabla 3).

En el ensayo E2SS la tasa de germinación obtenida por las semillas de los cuatro cultivares en las plantas regadas con nanoburbujas fue de 2,6 - 3,4 y para las plantas regadas sin nanoburbujas entre 2,5 - 2,9. El cultivar con mayor tasa de germinación para ambos tipos de riegos fue C3, en el riego con nanoburbujas fue de 3,4 y en riego sin nanoburbujas fue de 2,9 (Tabla 4).

Velocidad de germinación

La velocidad de germinación, en el ensayo E1S, en las plantas regadas con nanoburbujas estuvo en el rango 6,4 - 11,8 semillas día⁻¹, mientras que en las plantas regadas sin nanoburbujas fue de 9,1 - 11,9 semillas día⁻¹. Las semillas con mayor velocidad de germinación fueron las del cultivar C1 tanto para riego con nanoburbujas (11,8 semillas día⁻¹), como para el riego sin nanoburbujas (11,9 semillas día⁻¹) (Tabla 3).

En cambio, para el ensayo E2SS, las plantas regadas con nanoburbujas obtuvieron un rango de velocidad de germinación entre 6,2 - 12,4 semillas día⁻¹ y las plantas regadas sin nanoburbujas, tuvieron valores que fluctuaron entre 6,8 - 12 semillas día⁻¹. Las semillas con mayor velocidad de germinación fueron las del cultivar C2 (12,4 semillas día⁻¹) en las plantas regadas con nanoburbujas y del cultivar C1 (12 semillas día⁻¹) en el riego sin nanoburbujas (Tabla 4).

CONCLUSIONES

- Con la aplicación de los dos tipos de riego utilizados para el cultivo de tomate industrial, el crecimiento del fruto fue similar, independientemente

del cultivar.

- El riego con nanoburbujas no incrementó el peso de las bayas de tomate y tampoco el peso de sus semillas.
- El tipo de agua en la aplicación de riego en tomate industrial no influyó en la germinación de sus semillas, ni en su calidad.

REFERENCIAS

1. Anfinrud, M.N. and A.A. Schneiter. 1984. Relationship of sunflower germination and vigor test to field performance. *Crop Sci.* 24(2): 341-344.
2. Arroyo, L. 2017. Las nano burbujas y su potencial revolucionario para la agricultura [en línea]. Agrofy, Argentina. <<https://news.agrofy.com.ar/noticia/172696/nano-burbujas-y-su-potencial-revolucionario-agricultura>>. [Consulta: 29 junio 2022].
3. Azcón-Bieto, J. y M. Talón. 2013. Fundamentos fisiología vegetal. (2a. ed.). McGraw-Hill Interamericana. Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona. Madrid, España.
4. Balzarini, M.G., L. González, M. Tablada, F. Casanoves, J.A. Di Rienzo y C.W. Robledo. 2008. InfoStat: software estadístico. Manual del usuario. Versión 2008. Brujas. Córdoba, Argentina.
5. Brandán de Antoni, E.Z., A.G. González y E.C. Seco. 2009. Tomate destinado a industria [en línea]. Universidad Nacional de Catamarca, Argentina. <http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/CUADERNO%20DE%20CATEDRA/Ana%20Gabriela%20Gonzalez/Tomate%20Industria%20UNCa%202009%20_Matdidactico%20Brandan_Gonzalez.pdf>. [Consulta: 21 julio 2022].
6. Cárdenas, C.E. 2016. Estudio de mercado de la exportación de semilla por vía aérea. Informe de proyecto de título, Ingeniero Civil Industrial. Universidad Católica de la Santísima Concepción, Facultad de Ingeniería. Concepción, Chile.
7. Chu, L.-B., S.-T. Yan, X.-H. Xing, A.-F. Yu, X.-L. Sun and B. Jurcik. 2008. Enhanced sludge solubilization by microbubble ozonation. *Chemosphere* 72(2): 205-212.

8. CURIMAPU (Chile). 2018. Chile: El lugar para las semillas [en línea]. CURIMAPU, Chile. <<https://www.curimapu.com/curimapu/noticias/chile-el-lugar-para-las-semillas/>>. [Consulta: 21 julio 2019].
9. De la Rosa-Rodríguez, R., A. Lara-Herrera, J. Lozano-Gutiérrez, L.E. Padilla-Bernal, J.J. Avelar-Mejía y R. Castañeda-Miranda. 2016. Rendimiento y calidad de tomate en sistemas hidropónicos abierto y cerrado. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* (17): 3439-3452.
10. Dzubiella, J. 2010. Explicit and implicit modeling of nanobubbles in hydrophobic confinement. *An. Acad. Bras. Cienc.* 82(1): 3-12.
11. Ebina, K., K. Shi, M. Hirao, J. Hashimoto, Y. Kawato, S. Kaneshiro, T. Morimoto, K. Koizumi and H. Yoshikawa. 2013. Oxygen and air nanobubble water solution promote the growth of plants, fishes, and mice. *PLoS One* 8(6). doi:10.1371/journal.pone.0065339 [en línea].
12. Espina, W.L. 2009. Material de apoyo para las capacitaciones sobre el cultivo de tomate de la fundación FUDI. Tesis, Licenciada en Diseño Gráfico en Comunicación y Publicidad. Universidad del Istmo, Facultad de Arquitectura y Diseño. Fraijanes, Guatemala.
13. FAO (Italia). 2017. FAOSTAT. Cultivos y productos de ganadería [en línea]. FAO, Italia. <<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>>. [Consulta: 25 agosto 2019].
14. Gaviola, J.C. 2020. Producción de semillas hortícolas. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina.
15. Gillaspay, G., H. Ben-David and W. Gruissem. 1993. Fruits: a developmental perspective. *Plant Cell* 5: 1439-1451.
16. González-Zertuche, L. y A. Orozco-Segovia. 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 58: 15-30.
17. Guzmán, A., F. Corradini, J.P. Martínez, M. Allende, P. Abarca, S. Felmer, A. Antúnez, J. Riquelme, L. Salinas, N. Olivares y P. Sepúlveda. 2017. Manual de cultivo del tomate al aire libre. Boletín N°376. INIA. Santiago, Chile.
18. Hernot, S. and A.L. Klibanov. 2008. Microbubbles in ultrasound-triggered drug and gene delivery. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 60(10): 1153-1166.

19. International Seed Testing Association. 1999. International rules for seed testing rules 1999. International Seed Testing Association. Zürich, Switzerland.
20. Kurata, K., H. Taniguchi, T. Fukunaga, J. Matsuda and H. Higaki. 2007. Development of a compact microbubble generator and its usefulness for three-dimensional osteoblastic cell culture. *J. Biomech. Sci. Eng.* 2(4): 166-177.
21. Liu, S., Q. Wang, H. Ma, P. Huang, J. Li and T. Kikuchi. 2010. Effect of micro-bubbles on coagulation flotation process of dyeing wastewater. *Sep. Purif. Technol.* 71(3): 337-346.
22. Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* 2(2): 176-177.
23. Martínez, J.I. 2017. Innovación: Nanoburbujas, la próxima revolución de la producción agropecuaria [en línea]. Clarín, Argentina. <https://www.clarin.com/rural/nanoburbujas-proxima-revolucion-produccion-agroepecuaria_0_H19jXbJoW.html>. [Consulta: 06 mayo 2022].
24. Mayorga, A.I. 2004. Evaluación agronómica de ocho híbridos de tomate, (*Lycopersicum esculentum* L.) en dos localidades del municipio de Zacapa. Tesis, Ingeniero Agrónomo, Grado de Licenciado en Sistemas de Producción Avícola. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Oriente, Agronomía. Zacapa, Guatemala.
25. Medina, A., A. Cooman, H. Escobar, C. Salamanca y O. Monsalve. 2009. Riego y fertilización. pp: 35-42. En: H. Escobar y R. Lee (Eds.). Manual de producción de tomate bajo invernadero. (2a. ed.). Fundación Universidad de Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia.
26. Merino, G.A.M. 2017. Producción de semillas híbridas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) determinados e indeterminados en el valle de Cañete. Trabajo monográfico, Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad Agronomía. Lima, Perú.
27. Parada, R. 2002. Mercado de semillas [en línea]. ODEPA, Chile. <<https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/articulos/mercado-de-semillas-2002>>. [Consulta: 20 agosto 2019].

28. Pérez, F. y J.M. Pita. 2016. Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas [en línea]. COIACLC, España. <<https://www.coiacclc.es/wp-content/uploads/2016/05/Viabilidad.pdf>>. [Consulta: 10 agosto 2022].
29. Proain Tecnología Agrícola. 2021. La germinación y la prueba de vigor, dos parámetros esenciales en la calidad de la semilla [en línea]. ProainShop. <<https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/prueba-de-vigor-y-germinacion-como-parametros-en-la-calidad-de-las-semillas>>. [Consulta: 14 julio 2022].
30. Quintero, J., G. Peña y G. Rivero. 1999. Evaluación de tratamientos pregerminativos en guayabo cas (*Psidium friedrichsthaliu Berg-Niedenzu*). II. Utilización de capa vegetal y humus como sustrato. Rev. Fac. Agron (LUZ) 16(Supl. 1): 8-12.
31. Resolución Exenta N°3080. Establece requisitos para la comercialización de semilla corriente y deroga resolución que indica. Diario Oficial de la República de Chile. 18 junio 2022. Santiago, Chile.
32. SAG (Chile). 2022a. Aspectos básicos para exportar productos agrícolas [en línea]. SAG, Chile. <<https://www.sag.gob.cl/ambitos-de-accion/aspectos-basicos-para-exportar-productos-agricolas>>. [Consulta: 21 julio 2022].
33. SAG (Chile). 2022b. Comercio de semillas y plantas frutales [en línea]. SAG, Chile. <<https://www.sag.gob.cl/ambitos-de-accion/comercio-de-semillas-y-plantas-frutales>>. [Consulta: 21 julio 2022].
34. Seddon, J.R.T., D. Lohse, W.A. Ducker and V.S.J. Craig. 2012. A deliberation on nanobubbles at surfaces and in bulk. ChemPhysChem 13(8): 2179-2187.
35. SNICS (México). 2018. ¿Cómo saber que tan viable es una semilla? [en línea]. Gobierno de México. <<https://www.gob.mx/snics/articulos/como-saber-que-tan-viable-es-una-semilla?idiom=es>>. [Consulta: 26 junio 2022].
36. Stolpe, N.B. 2005. Descripciones de los principales suelos de la VIII Región de Chile. Departamento de Suelos y Recursos Naturales N°1. Universidad de Concepción. Facultad de Agronomía. Chillán, Chile.
37. Vergara, M. 2019. Estadísticas productivas de la industria semillera chilena, 2018 [en línea]. Anpros A.G., Chile. <http://www.anproschile.cl/wp-content/uploads/2019/04/Estad%C3%ADsticas-Exportaci%C3%B3n_2018_VP%C3%BAblica.pdf>. [Consulta: 21 julio 2019].