



PROYECTO

“EVALUACIÓN DE DOS TRATAMIENTOS BIOESTIMULANTES EN EL CULTIVO DEL TOMATE DE INDUSTRIA”

CLIENTE

PENERGETIC

Persona de contacto

Cedric Wilhelm

Responsable del Proyecto

Antonio Sánchez Sánchez

Equipo

Elena Ordiales Rey

Lorena Zajara Serrano

Fermín Núñez Cano

Angela Polo Fernández

Cecilio Polo Fernández

Jesús Gil Soto

Juan Ignacio Gutiérrez Cabanillas

Francisco Broncano Román

Francisco Polo Fernández

Andrés Polo Cuenda

Referencia CTAEX: 25/21

Referencia Expediente: 25/21





ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	1
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	2
3.1. Diseño del ensayo	2
3.2. Tratamientos aplicados.....	2
3.3. Datos climáticos.....	6
3.4. Análisis del bulbo húmedo.....	7
3.5. Realización del cultivo.....	9
3.5.1. Trasplante.....	9
3.5.2. Riego	10
3.5.3. Fertilización	10
3.5.4. Control de la flora arvense	10
3.5.5. Control de plagas y enfermedades.....	10
3.5.6. Seguimiento y control durante el cultivo	11
3.6. Recolección	14
3.7. Parámetros evaluados en cosecha	14
3.7.1. Parámetros agronómicos	14
3.7.2. Parámetros tecnológicos.....	17
3.8. Análisis estadístico	19
4. RESULTADOS.....	20
4.1. Seguimiento y desarrollo del cultivo.....	20
4.1.1. Seguimiento del cultivo	20
4.1.2. Parámetros evaluados durante el desarrollo del cultivo	44
4.2. Parámetros evaluados tras la cosecha.....	50
4.2.1. Parámetros agronómicos	50
4.2.2. Parámetros tecnológicos.....	59
5. CONCLUSIONES	67



1. INTRODUCCIÓN

En 2020 se produjeron en el mundo 38.282 millones de kilos de tomate para industria. Esto supone un ascenso del 2,4% con respecto a 2019, siendo el segundo año de ascenso en la producción desde la caída que se venía produciendo desde 2015. Los cuatro principales países productores son: Estados Unidos, seguido Italia, China y España. La producción mundial de tomate se ha incrementado mucho desde 2001, donde se partía de algo más de 25.000 millones de kg a los 38.282 actuales, pasando por el máximo de 44.512 en 2009.

En España se elaboran alrededor de 3.000 millones de kilos de tomate para industria, cantidad que se mantiene estable desde 2014-2015. El pasado año 2020, se elaboraron 2.700 millones de kilos, cayendo la producción un 16% con respecto a 2019. En la campaña 2019 el 69% del tomate español se produjo en Extremadura, y el 23% en Andalucía.

En Extremadura se produce el 65% de la producción española de tomate. La producción de tomate española representa un 7,05% del tomate producido en el mundo. La región extremeña se encuentra a la cabeza del tomate para industria español, cultivado en las Vegas del Guadiana y Alagón Árrago. En Extremadura elaboran el tomate en 14 industrias en las Vegas del Guadiana y la Comarca del Alagón Árrago. El rendimiento del tomate en Extremadura ha aumentado de unas 59 t/ha en 2001 a las 91,65 t/ha de 2020, este incremento ha sido posible gracias a la concentración de agricultores en OPFH y la aplicación de riegos localizados, fertilización, etc.

Con respecto a los últimos avances de la campaña de 2021, las fuertes lluvias de mediados de septiembre provocaron el cierre de las fábricas durante 3 o 4 días en Extremadura. Otro episodio fuerte, el jueves 23 de septiembre, con 50-60 mm, volvió a cerrar las fábricas. Esta sucesión de episodios de lluvia se traduce en que, aunque la cosecha parecía prometedora con rendimientos elevados, algunos tomates se quedarán en el campo. El brix, que era muy bueno al principio, es muy bajo en septiembre y la producción de dados se verá reducida. En general, en España la previsión sigue siendo de 3,1 millones de toneladas, cuando debería haber sido mayor si se hubieran podido cosechar todos los campos de Extremadura.

2. OBJETIVOS

El objetivo del proyecto consistió en la evaluación de un tratamiento compuesto de dos productos bioestimulantes: Pengergetic b y Pengergetic p en el cultivo de tomate de industria, siendo el objetivo principal el control de plagas más comunes en el cultivo y evaluación del desarrollo del cultivo bajo una reducción del 20% de las unidades de fertilización respecto al testigo CTAEX. Se analizó conjuntamente la influencia sobre el desarrollo y evolución del cultivo, la fenología, el estado sanitario y finalmente, la productividad.



3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Diseño del ensayo

El ensayo se ha desarrollado en la finca experimental de CTAEX, en el polígono 182 y parcela 1 según el SIGPAC (6:900:0:0:182:1).

Se planteó un ensayo de campo, siguiendo un diseño en bloques dirigidos con parcelas elementales de 2520 m². La superficie total del ensayo fue de 5040 m². Se dejaron 4 surcos sin plantar entre la parcela testigo y los tratamientos. La variedad de tomate sobre la que se han estudiado los productos ha sido la H-1015, de Heinz, recomendada para cualquier época de trasplante siendo una variedad con alto Brix y buen color. Las plantas de esta variedad son muy rústicas. En la figura 1 se muestra la distribución de las parcelas en campo.

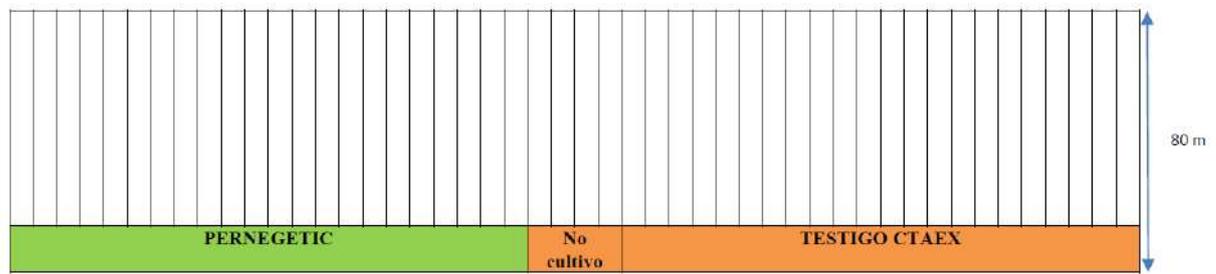


Figura 1. Croquis del ensayo en la finca del Bercial

3.2. Tratamientos aplicados

A continuación, se describen los productos estudiados:

- **Penergetic b**

Penergetic b es un producto que favorece la formación y regeneración de la vida del suelo, estimulando su biología y potenciando la actividad de organismos del suelo. Esta estimulación favorece la formación de humus y tiene un impacto duradero en el mantenimiento de la fertilidad y la salud del suelo.

- **Penergetic p**

Tónico vegetal, con efecto estimulante sobre el sistema inmunitario, proporcionando una mayor resistencia al estrés y reforzando las defensas naturales de las plantas. También puede reducir la susceptibilidad a las enfermedades y plagas. Tiene un efecto positivo en la fotosíntesis que influye en el crecimiento y el rendimiento de los cultivos.



En este proyecto se consideran dos tesis: El tratamiento con los productos propuestos por la empresa y un estándar testigo con los productos utilizados en CTAEX. A continuación, se describen cada uno de los tratamientos aplicados, especificando el modo y momento de aplicación, la dosis empleada y la separación entre tratamientos.

1. Tratamiento con los productos propuestos por la empresa

- Aplicación de PENERGETIC b en fondo a 2 kg/ha. En total 1 aplicación. Se realizó 20 días antes del trasplante.
- *Aplicación de PENERGETIC p foliar a diferentes dosis y en 3 momentos de aplicación en cobertera:
 - o P-p a 0,25 kg/ha en el momento del trasplante.
 - o P-p a 0,25 Kg/ha en prefloración, margen de aplicación de 15 días respecto a la anterior.
 - o P-p a 0,150 kg/ha en floración.

*En cada una de las aplicaciones foliares se empleó un volumen de agua entre 100 y 500 L/ha.

2. Tratamiento CTAEX

No se utilizaron productos específicos comparativos, se utilizó un 20% más de unidades fertilizantes que en la tesis PENERGETIC.

Las aplicaciones se llevaron a cabo según lo establecido en el protocolo elaborado. En la tabla 1 se muestran las dosis y los momentos de aplicación.

Tabla 1. Dosis y momentos de aplicación

PARCELA	PRODUCTO	VÍA	FECHA	DOSIS
PENERGETIC	PENERGETIC B	PULVERIZACIÓN	29/04/2021	2kg/ha
	PENERGETIC P	FOLIAR	19/05/2021	0,25 kg/ha
			04/06/2021	0,25 kg/ha
			29/06/2021	0,150 kg/ha



Figura 2. Penegetic B y Penegetic p



Figura 3. Preparación y aplicación tratamiento Penegetic b en fondo vía pulverización en suelo el 29/04/2021

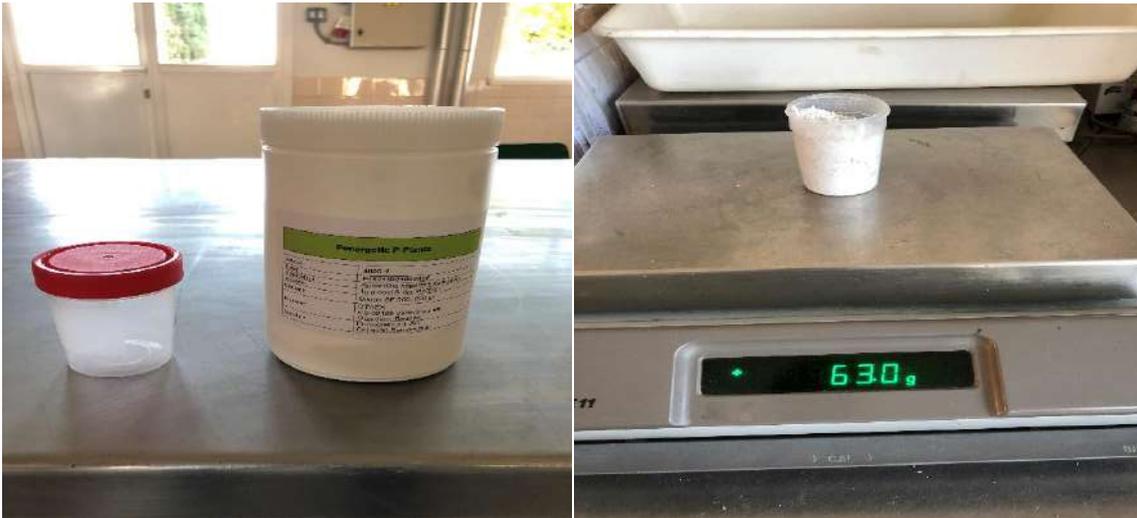


Figura 4. Preparación y 1º aplicación tratamiento Pengergetic p foliar en el momento del trasplante el 19/05/2021



Figura 5. 2º aplicación tratamiento Pengergetic p foliar el 04/06/2021



Figura 6. 3ª aplicación tratamiento Penergetic p foliar el 29/06/2021

3.3. Datos climáticos

Los datos climáticos constituyen una fuente de información fundamental debido a que condicionan el desarrollo del cultivo, influyendo en el estado fenológico y en la incidencia de plagas y enfermedades.

Los datos de temperatura máxima, media y mínima, y precipitación diaria, recogidos en la tabla 2 han sido descargados de la página web de la Junta de Extremadura, procedentes de la red de estaciones meteorológicas distribuidas por toda la región, aunque en este caso corresponde a la Estación meteorológica de *El Bercial*, la más cercana a los campos de ensayos.

Tabla 2. Resumen datos climáticos recogidos en la zona

Mes	Tª máxima (°C)		Tª media (°C)	Tª mínima (°C)		Precipitación efectiva (mm)
	Absoluta	Media		Absoluta	Media	
Abril	24,55	20,92	15,17	5,62	10,01	0,66
Mayo	32,56	25,46	18,15	4,28	10,19	7,24
Junio	33,96	29,18	21,24	7,62	13,24	21,63
Julio	38,69	32,54	23,74	11,49	14,59	0
Agosto	42,3	34,1	25,09	10,89	15,69	0

Las temperaturas registradas en la tabla se refieren a temperaturas máximas (tanto absolutas, que hace referencia a la más alta del mes, como medias mensuales), medias y mínimas (tanto absolutas, que hace referencia a la más baja del mes, como medias mensuales). Los datos de precipitación diaria son la suma de las precipitaciones caídas a lo largo de cada mes.



A continuación, en la figura 7 se representa la evolución de las temperaturas máximas, medias y mínimas y de la precipitación a lo largo del ciclo del cultivo desde el trasplante, realizado el 19 de mayo hasta el 31 de agosto del 2021, ya finalizada la toma de muestras.

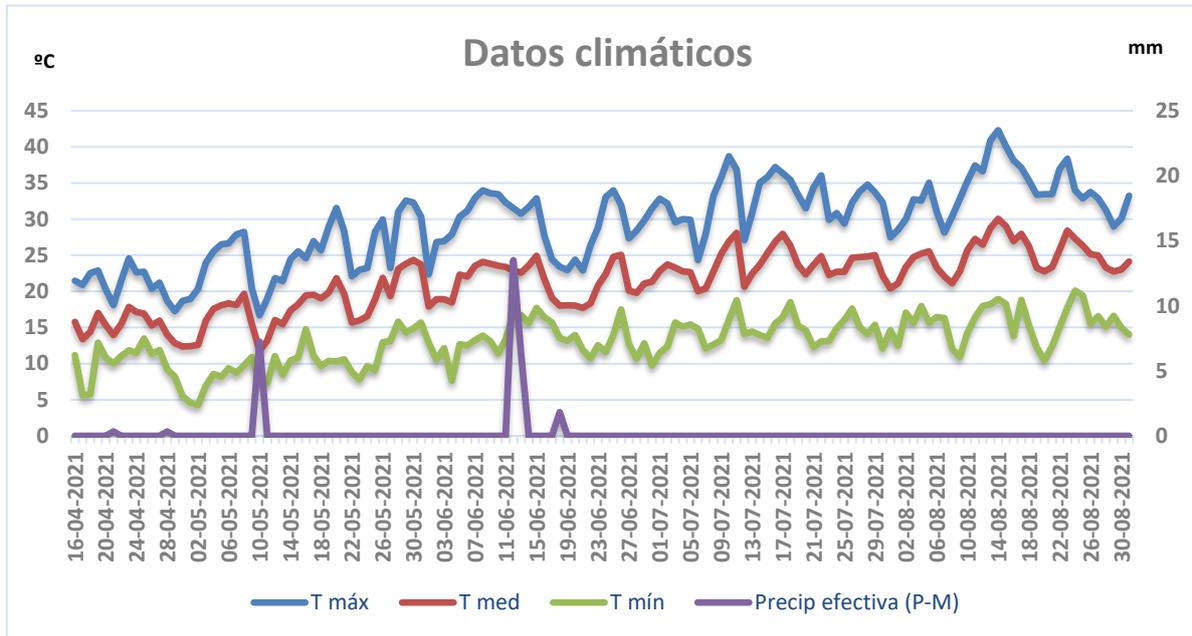


Figura 7. Evolución de las temperaturas y de las precipitaciones en la zona.

La campaña del 2021 ha estado marcada por temperaturas moderadamente elevadas. Además, la precipitación acumulada durante los cuatro meses en los que se ha desarrollado el cultivo ha alcanzado los 30 mm.

3.4. Análisis del bulbo húmedo

Antes del trasplante, se tomó una muestra representativa del suelo de la parcela del ensayo, a una profundidad entre 0 y 30 cm. Se realizó el análisis fisicoquímico del suelo en los laboratorios de CTAEX, para determinar la textura (% arena, arcilla y limo), conductividad, pH, contenido de materia orgánica, carbonatos totales, nitrógeno total, relación C/N, fósforo, potasio, magnesio, calcio y sodio.

En la tabla 3 se muestra la textura del suelo de la parcela del ensayo.

Tabla 3. Textura general del suelo de las parcelas del ensayo.

Parámetro	Porcentaje	Tipo de suelo
Arena (%)	88,72	Arenoso-Franco
Limo (%)	8,00	
Arcilla (%)	3,28	



El suelo es de textura Arenoso-Franco, se trata de un suelo ligero con buen drenaje interno y escasa capacidad de retención de agua y fertilizantes, siendo generalmente de baja fertilidad.

En la tabla 4 pueden observarse los valores de los parámetros obtenidos del análisis químico del suelo.

Tabla 4. Resultado del análisis químico general del suelo de la localización del ensayo.

Elemento	Resultado	Interpretación				
		MB	B	N	A	MA
Conductividad (mS/cm)	0,0956	No salino				
pH (suelo/agua 1/2,5)	6,98	Neutro				
Materia orgánica (%)	0,77	Muy bajo				
Carbonatos totales (%)	0,34	Muy bajo				
Nitrógeno total (%)	0,03	Muy bajo				
Relación C/N	12,45	Normal				
P (ppm)	37,70	Muy alto				
K (meq /100g)	0,41	Normal				
Mg (meq /100g)	0,97	Bajo				
Ca (meq /100g)	3,70	Bajo				
Na (meq /100g)	1,08	Alto				

El suelo no presenta problemas de salinidad y el pH es adecuado para la asimilación de la mayor parte de los nutrientes.

Los contenidos de nitrógeno de este suelo son muy bajos, así como los contenidos en materia orgánica. El contenido de materia orgánica y la relación C/N proporcionan información sobre el nitrógeno asimilable que el suelo va a producir a lo largo del ciclo de cultivo. La relación entre el contenido de carbono y de nitrógeno, indica una velocidad media de mineralización de la materia orgánica del suelo, produciéndose una normal liberación de nitrógeno. Hay que tener en cuenta que la localización del ensayo se encuentra en una zona vulnerable por nitratos, por lo que en ningún caso se puede superar las 200 UF/ha de nitrógeno en el cultivo de tomate de industria.

El suelo tiene un contenido muy alto de fósforo y unos niveles normales de potasio. En cambio, los niveles de sodio son altos y los de magnesio y calcio bajos.



3.5. Realización del cultivo

3.5.1. Trasplante

Tras las labores de preparación del terreno, aporcar y conformar camas, se marcó el ensayo. Una vez preparadas las parcelas se aplicó el abonado de fondo (29 de abril), y el 19 de mayo se llevó a cabo el trasplante, de forma mecanizada con una trasplantadora modelo TEX DRIVER de FIALHO, de 3 cuerpos, con una densidad de plantación de 28.000 plantas/ha (Figura 8 y 9). El ensayo se regó mediante riego por goteo.



Figura 8. Trasplante del ensayo de tomate de industria el 19 de mayo



Figura 9. Ensayo recién trasplantado



3.5.2. Riego

El sistema de riego para este ensayo fue riego por goteo, utilizando líneas portagoteros de P.E. con una distancia de 0,3 m entre goteros y un caudal de 1,324 l/h por gotero. Con estos datos y conociendo la Eto y la kc del cultivo se calculó la dosis de riego a aportar cada día y el tiempo que debía estar regando el sistema.

3.5.3. Fertilización

El plan de fertilización “estándar” diseñado para el ensayo del cultivo del tomate de industria en la finca experimental de CTAEX consistió en aportar al cultivo las siguientes unidades fertilizantes:

- Tesis CTAEX: 159 N, 90 P, 171 K y 56 Ca
- Tesis PENERGETIC: 127 N, 72 P, 137 K y 45 Ca. Reducción del 20% de las unidades de fertilización respecto al testigo CTAEX.

3.5.4. Control de la flora arvense

Para mantener los ensayos limpios de malas hierbas se combinaron métodos mecánicos y químicos. Las especies de malas hierbas más problemáticas en la parcela del ensayo fueron *Cyperus rotundus*, *Solanum sarrachoides* y *Solanum nigrum*. Se realizó un primer pase con una binadora múltiple como medida de control mecánico. También se aplicaron herbicidas de preemergencia y postemergencia, en las fechas y dosis descritas en la tabla 5.

Tabla 5. Herbicidas aplicados al cultivo del tomate de industria.

Fecha	Materia activa	Dosis	Aplicación
24/04/2021	Pendimetalina 45,5%	2,0 L/ha	Pulverizadora
04/06/2021	Metribuzina 70%	0,5 kg/ha	Riego
06/08/2021	Rimsulfuron 25%	30 g/ha	Pulverizadora
06/08/2021	Cletodim 12%	0,8 L/ha	Pulverizadora

3.5.5. Control de plagas y enfermedades

Durante el ciclo del cultivo, las principales plagas que lo afectaron fueron la araña roja (*Tetranychus urticae*), el Oídio (*Erysiphe polygoni*), el vasate (*Aculops lycopersici*), la oruga del tomate, (*Helicoverpa* (Heliiothis) *armigera*), también hubo presencia de tuta (*Tuta absoluta*).

La tabla 6 muestra los plaguicidas utilizados en el ensayo, así como las dosis y los momentos de aplicación.



Tabla 6. Plaguicidas aplicados al cultivo de tomate de industria

Fecha	Materia activa	Dosis	Aplicación
21/05/2021	Deltametrina 2,5%	0,3 L/ha	Pulverizadora
15/06/2021	Cimoxanilo 60%	0,3 kg/ha	Pulverizadora
21/06/2021	Cimoxanilo 60%	0,3 kg/ha	Pulverizadora
27/07/2021	Clorantraniliprol 35%	0,1 kg/ha	Pulverizadora
03/08/2021	Azoxistrobin 25%	0,7 L/ha	Pulverizadora
09/08/2021	Deltametrin 10%	0,125 L/ha	Pulverizadora
09/08/2021	Abamectina 1,8%	0,15 L/ha	Pulverizadora

Las poblaciones de araña roja, vasates, y heliothis fueron controladas con una aplicación (a excepción de Oídio, que tuvieron que realizarse algunas más), pudiendo mantener las poblaciones bajas.

En la siguiente imagen se pueden ver plantas con sintomatología fúngica que tuvieron incidencia en el cultivo.

En la figura 10 puede apreciarse el daño producido por oidio en plantas de tomate.

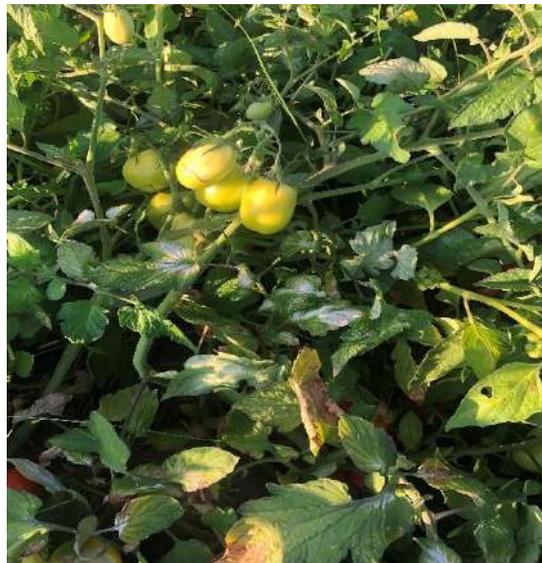


Figura 10. Daños de oidio en planta

En cuanto a las enfermedades durante el ciclo del cultivo no hubo afecciones aparentes, aparte de una incidencia no preocupante de Oidio

3.5.6. Seguimiento y control durante el cultivo



Durante la evolución del cultivo, se ha llevado a cabo el seguimiento del desarrollo y fenología de las plantas, del estado sanitario y de otros posibles efectos de las aplicaciones por parcela.

- **Fenología**

Durante el desarrollo del ensayo se hizo un seguimiento de la evolución de diferentes estados fenológico de la plantación.

Una vez que aparecen los primeros botones florales, la fenología se recoge contando el número de botones, flores y frutos en la rama principal de la planta, que es aquella que parte de la cruz, donde se encuentran los primeros frutos. Para ello se tiene en cuenta la siguiente clasificación:

B: Botón floral o flores cerradas

F: Flor abierta o pétalos visibles

G: Frutos recién cuajados menores que garbanzo o pétalos en marchitamiento con frutos sin abortar

N: Fruto de tamaño entre garbanzo y nuez

V: Frutos mayores que nuez verde

R: Frutos mayores que nuez rojos

El estado fenológico se expresa en función de tres letras, la primera indica el estado fenológico más atrasado, la segunda, el predominante y la tercera, el más adelantado.

- **Estado sanitario**

A lo largo del ciclo del cultivo se hizo un seguimiento de este evaluando la posible aparición de plagas y enfermedades. No se encontraron daños preocupantes en ningún momento del desarrollo del cultivo, sin embargo, si hubo presencia algo más persistente de Oídio (*Erysiphe polygoni*), por lo que se tuvieron que realizar varios tratamientos para su control tal como se describe en el apartado de MATERIALES Y MÉTODOS de esta memoria.

- **Cobertura sobre la cama (%)**

Este parámetro fue medido a través de la aplicación Canopeo en dos momentos del ciclo del cultivo, transcurridos 50 y 70 días del trasplante. Se tomaron 8 repeticiones por cada una de las 2 parcelas.

Canopeo es una herramienta de análisis de imágenes de umbral de color automático, desarrollada por la Universidad Estatal de Oklahoma (EE.UU.), que utiliza valores de color en el sistema rojo-verde-azul (RVA).

Canopeo analiza y clasifica todos los píxeles de la imagen, y este análisis se basa en la selección de píxeles según las proporciones de R/V y el índice de exceso de verde. El resultado del análisis es una imagen binaria en la que los píxeles blancos corresponden a los píxeles que cumplen los



criterios de selección (dosel verde) y los píxeles negros corresponden a los píxeles que no cumplen los criterios de selección (dosel no verde).

- **Clorofila (SPAD)**

Se evaluó el nivel de clorofila de las hojas en tres momentos del ciclo del cultivo, transcurridos 26 , 50 y 70 días desde el trasplante. El nivel de clorofila de las hojas se determinó a través del SPAD-502Plus (Figura 11). Este instrumento determina la cantidad relativa de clorofila presente en la planta mediante la medida de la absorbancia de la hoja en dos regiones de longitud de onda. La clorofila tiene picos de absorción en el azul (400-500 nm) y en el rojo (600-700 nm). Con estas dos absorbancias, el medidor SPAD calcula un valor numérico que es proporcional a la cantidad de la clorofila en la hoja, que está estrechamente relacionada con la condición nutricional de la planta.



Figura 11. Medida de la clorofila con SPAD-502Plus.

Para la medida de estos parámetros, en cada uno de los 2 campos de ensayo se tomaron 32 muestras, con la finalidad de asegurar un correcto análisis estadístico.

- **Análisis foliar**

Para evaluar el estado nutricional de cada tratamiento aplicado, se tomaron 4 muestras foliares de cada una de las dos tesis en el momento del desarrollo del fruto. En el laboratorio del CTAEX se determinó el contenido de macro y micronutrientes. La metodología de análisis es por ICP-MS (Espectrometría de Masas de Plasma Acoplado Inductivamente) es una técnica de análisis



inorgánico elemental e isotópico capaz de determinar y cuantificar la mayoría de los elementos de la tabla periódica.

3.6. Recolección

La cosecha de las muestras de tomate se produce cuando las plantas presentan alrededor del 85% de frutos rojos. La recolección de las muestras del ensayo se llevó a cabo el día 31 de agosto de forma manual, en una superficie de 9 m² por repetición y con un total de 4 repeticiones en cada campo de ensayo comparativo (tesis), siendo el muestreo representativo en términos de producción y sanidad.



Figura 12. Cosecha de una de las repeticiones

3.7. Parámetros evaluados en cosecha

3.7.1. Parámetros agronómicos



Una vez cosechadas las muestras, se introdujeron en cajas de plástico, pasaron por la línea de selección (Figura 13), y los tomates fueron separados en función de su calibre (< 40mm, 40-60mm, > 60mm), estado de madurez (sobremaduros, maduros y verdes) y estado sanitario (enfermos, asolanados y necrosis apical).



Figura 13. Retirada de tomates no aptos (izquierda) y separación por calibre (derecha)

Todos y cada uno de los grupos fueron pesados para determinar los siguientes parámetros:

- Rendimiento bruto (kg/ha): el rendimiento obtenido de cada parcela es la suma de los pesos de todos los grupos formados en la línea de selección, es decir, el total de la muestra cosechada en campo, extrapolando el resultado a la superficie de 1 hectárea.
- Materia prima aceptable (M.P.A.) (kg/ha y %): bajo esta clasificación se incluyen los frutos maduros y sanos, expresando el resultado en kg/ha y en el porcentaje que éstos representan del total (Figura 14). Las fábricas transformadoras de tomate de industria penalizan las partidas de tomate que llegan a sus instalaciones con frutos inmaduros o verdes, asolanados, sobremaduros, etc., primando los frutos de buena calidad, es decir, la M.P.A. Por esta razón interesa que la proporción de M.P.A. sea lo más alta posible.
- Peso medio del fruto (g): el peso medio del fruto se determina pesando 50 frutos del grupo de Materia Prima Aceptable obtenida en la línea de selección. Estos 50 frutos han de ser representativos de la muestra. El peso medio del fruto es la media aritmética del peso de los 50 frutos, expresada en gramos.
- Frutos verdes (%): los frutos verdes también son separados en la línea de selección (Figura 14) y su peso se emplea para determinar el % de madurez de la muestra. Se considera que un campo de tomates de industria está listo para ser cosechado cuando el 85% de los frutos están rojos.



Figura 14. Tomates aptos para la industria (izquierda) y tomates inmaduros (derecha).

- Frutos sobremaduros (%): se llaman frutos sobremaduros a aquellos frutos que han pasado el estado fisiológico de la madurez, perdiendo firmeza por haber estado tanto tiempo en la planta (Figura 15). Los frutos también llegan a este estado por ataques de parásitos, podredumbre apical, etc. Para la estimación de este parámetro se siguió el mismo procedimiento de selección manual en la línea y su posterior pesado.
- Frutos enfermos (%): se engloban en este grupo todos aquellos frutos que han sido atacados por plagas y/o enfermedades, sobre los cuales aparecen picaduras, manchas sobre la piel, etc. (Figura 15).

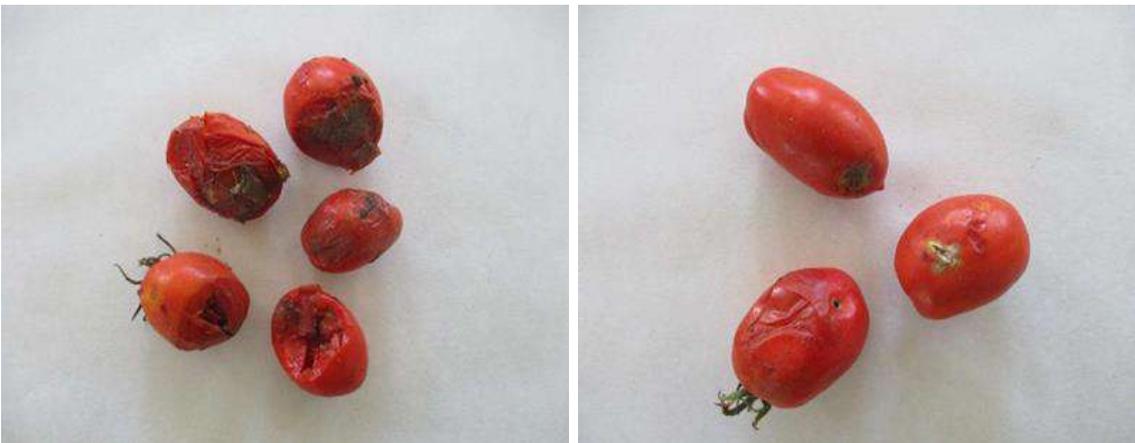


Figura 15. Frutos sobremaduros (izquierda) y frutos enfermos (derecha).

- Frutos con necrosis o podredumbre apical (%): la podredumbre apical puede deberse a estrés hídrico, a desequilibrios en el régimen de humedad, carencias de calcio (según algunos autores también se relaciona con la humedad), e incluso a factores genéticos, ya que hay ciertas variedades propensas a sufrirla. Se manifiesta con unos colores grisáceos que van virando al negro y una textura coriácea, en la zona apical de los frutos.



Los frutos con esta fisiopatía se quedan pequeños, maduran y acaban pudriéndose (Figura 16).

- Frutos asolanados (%): el fruto asolanado (también conocido como golpe de sol o planchado) es un problema que aparece en los frutos hortícolas producidos en verano, como tomates, pimientos o berenjenas, por una exposición al sol continuada, afectando a los frutos menos protegidos por el follaje y provocando que se quemen formándose unas manchas decoloradas (Figura 16).



Figura 16. Frutos con necrosis apical (izquierda) y frutos asolanados (derecha).

3.7.2. Parámetros tecnológicos

Una vez seleccionados los tomates sanos para cada tratamiento, se trasladan a la planta piloto de CTAEX, separados por muestras, donde se procesan para determinar los parámetros tecnológicos. Los parámetros tecnológicos se midieron en 4 muestras de tomates rojos y maduros (2 kg) de cada una de las 2 parcelas de ensayo (8 en total). Cada muestra se procesó para obtener un zumo según la metodología utilizada en el CTAEX. Este proceso incluía la desactivación enzimática y la eliminación de las semillas y las cáscaras, así como del aire del zumo obtenido. Estos parámetros son el contenido de azúcar ($^{\circ}$ brix), el pH, el color y la viscosidad.

- Grado Brix. El grado brix expresa la cantidad de sólidos solubles en el jugo de tomate, y su medida se realiza con un Bellingham & Stanley Mod Rfm81 a 20^o C. Los valores de grado brix en tomate de industria fluctúan entre 3,6 y 6,2, aunque estos valores son extremos, estando el intervalo normal entre 4 y 5,4. Aquellas partidas de tomate entregadas a las fábricas con grado brix bajo son penalizadas, mientras que las que presentan un valor alto de grado brix reciben una prima. Este parámetro interviene de forma decidida en el índice de transformación del tomate en tomate concentrado, destino de la producción. Por ello el grado brix es un dato fundamental para las industrias de transformación, y los genetistas, que buscan mejorar las variedades en



base a este criterio. Es un valor que viene determinado por la variedad, aunque puede ser ligeramente modificado por las técnicas de cultivo, como el riego y la fertilización.

- pH: El pH es un factor muy importante en el concentrado de tomate ya que influye en el proceso de producción y en su conservación. En la industria, es importante mantener el pH por debajo de 4 para evitar alteraciones microbianas durante el proceso de producción y en su posterior conservación. Por ello, si los lotes de tomate entregados a la industria tienen un pH superior a 4,4, se añade ácido cítrico hasta reducirlo a 4. Este parámetro se determina con un pH - medidor Orion mod. 920 combinado con un electrodo de pH Orion mod. 8102.
- Color: El color es uno de los parámetros de calidad más importantes en los productos de tomate. Es importante que estos productos sean de un rojo lo más puro, intenso y oscuro posible. Los compuestos que dan al fruto del tomate su color característico son principalmente carotenoides, siendo el licopeno el que da el mayor tono rojo. El color se determinó mediante un colorímetro Gardner, Colorgard System 2000/05 con sensor óptico a 25°C, obteniendo las coordenadas de color L* (brillo), a* (color rojo) y b* (color amarillo). En cuanto al índice a/b, la mayoría de los cultivares comerciales actuales tienen valores a/b que suelen variar entre 2,1 y 2,4.
- Viscosidad: En la elaboración del tomate, el concentrado utilizado para hacer ketchup y ciertas salsas debe ser lo más consistente posible. La consistencia de un zumo o concentrado de tomate tiene un carácter complejo, en el que interviene fundamentalmente la viscosidad del producto. La viscosidad se ha medido en un consistómetro bostwick de 50 cm de longitud. Su valor se expresa en cm/30s a 25 °C.
- Firmeza: La firmeza es un parámetro para tener en cuenta en las fábricas de procesado, como el resto de los parámetros estudiados en este ensayo. Es muy importante que los frutos tengan una buena firmeza, ya que podrán aguantar más tiempo en la planta sin sobremaduración, ni estropearse en las cubas de los camiones, ya que muchas veces deben pasar muchas horas en esas cubas hasta su procesado. Obviamente, las frutas con poca firmeza se estropean antes que las frutas con buena firmeza. La firmeza de los frutos se midió mediante el texturímetro TA TX TPlus, realizando una prueba de compresión. Se aplican 10 mm y una fuerza de 6 g mediante una sonda cilíndrica de aluminio de 50 mm. El resultado se expresa en gramos.
- Análisis nutricional del fruto: Paralelamente, se determinó en el laboratorio el contenido de macronutrientes y micronutrientes en los frutos del tomate. Se analizaron 8 muestras (4 por cada parcela de ensayo) y se tomaron aproximadamente 2 kg de frutos de cada muestra. La metodología de análisis es por ICP-MS (Espectrometría de Masas de Plasma



Acoplado Inductivamente) es una técnica de análisis inorgánico elemental e isotópico capaz de determinar y cuantificar la mayoría de los elementos de la tabla periódica.

- Análisis fisicoquímico del suelo tras la cosecha:

Se llevó a cabo un análisis de suelo final, con el fin de comprobar el estado del suelo tras la cosecha, se llevó a cabo mediante la misma metodología que el análisis fisicoquímico inicial del suelo.

3.8. Análisis estadístico

Los datos han sido analizados mediante el paquete estadístico SPSS 15.0 (SPSS Institute Inc Cary, NC). Se realizó un análisis descriptivo con el fin de calcular las medias y el error estándar de la media de las mediciones obtenidas para cada parámetro. Se utilizó el procedimiento MLG (Modelo Lineal General) para llevar a cabo un análisis de la varianza de una vía. El nivel de significación estadística se definió como $P < 0,05$. En los casos en que el efecto de algunas de las variables independientes fue significativo, las medias se compararon mediante el test de Tukey ($P < 0,05$).



4. RESULTADOS

4.1. Seguimiento y desarrollo del cultivo

4.1.1. Seguimiento del cultivo

A lo largo del ciclo del cultivo se llevó a cabo un seguimiento de este, el cual puede apreciarse a través de las siguientes imágenes.



Figura 17. Vista del ensayo parcela PENERGETIC, tras 6 días desde el trasplante



Figura 18. Vista del ensayo parcela CTAEX, tras 6 días desde el trasplante



Figura 19. Vista del ensayo parcela PENERGETIC, tras 12 días desde el trasplante



Figura 20. Vista del ensayo parcela CTAEX, tras 12 días desde el trasplante

Tras 14 días después del trasplante, las plantas se encontraban en el estado fenológico BBB, con lo cual los tres estados eran el de botón floral. Aún no se veía ningún pétalo.



Figura 21. Vista del ensayo parcela PENERGETIC, tras 14 días desde el trasplante



Figura 22. Vista del ensayo parcela CTAEX, tras 14 días desde el trasplante



Tras 26 días después del trasplante, las plantas se encontraban en inicio de floración, estado fenológico BBF, con lo cual el estado predominante era el de botón floral. Los pétalos de las primeras flores comenzaban a secarse, síntoma de una flor fecundada.



Figura 23. Vista del ensayo parcela PENERGETIC, tras 26 días desde el trasplante



Figura 24. Vista del ensayo parcela CTAEX, tras 26 días desde el trasplante



El 22 de junio, tras 34 días del trasplante, el estado fenológico era el de BBG, el estado más adelantado era el de fruto cuajado. Las plantas se encontraban en primera floración y más igualadas. Se empezaban a notar diferencias en cuanto desarrollo entre las tesis establecidas.



Figura 25. Vista del ensayo parcela PENERGETIC, tras 34 días desde el trasplante



Figura 26. Vista del ensayo parcela CTAEX, tras 34 días desde el trasplante



El 1 de julio, tras 43 días del trasplante, el estado fenológico predominante era el de BGV, el estado más adelantado era el de fruto verde. Las plantas se encontraban en plena floración y se apreciaban diferencias a simple vista en el desarrollo en función del tratamiento.



Figura 27. Vista del ensayo parcela PENERGETIC, tras 43 días desde el trasplante



Figura 28. Vista del ensayo parcela CTAEX, tras 43 días desde el trasplante



Tras 50 días desde el trasplante se evaluó el desarrollo de las plantas a través del porcentaje de cobertura de estas sobre la cama, medido con Canopeo. A los 70 días desde el trasplante, volvió a medirse este parámetro.



Figura 29. Imagen tomada de la tesis Penergetic (izquierda) y misma imagen procesada por Canopeo (derecha).



Figura 30. Imagen tomada de la tesis CTAEX (izquierda) y misma imagen procesada por Canopeo (derecha).



El 12 de julio, tras 55 días del trasplante, el estado fenológico predominante era el de BNV, el estado más adelantado era el de fruto verde. Las plantas se encontraban en plena floración con un gran porcentaje de frutos cuajados del tamaño de garbanzo.



Figura 31. Vista del ensayo parcela PENERGETIC, tras 55 días desde el trasplante



Figura 32. Vista del ensayo parcela CTAEX, tras 55 días desde el trasplante



El 14 de julio, tras 57 días del trasplante, continúa la floración y fructificación de las plantas, presentando cada vez más frutos verdes.

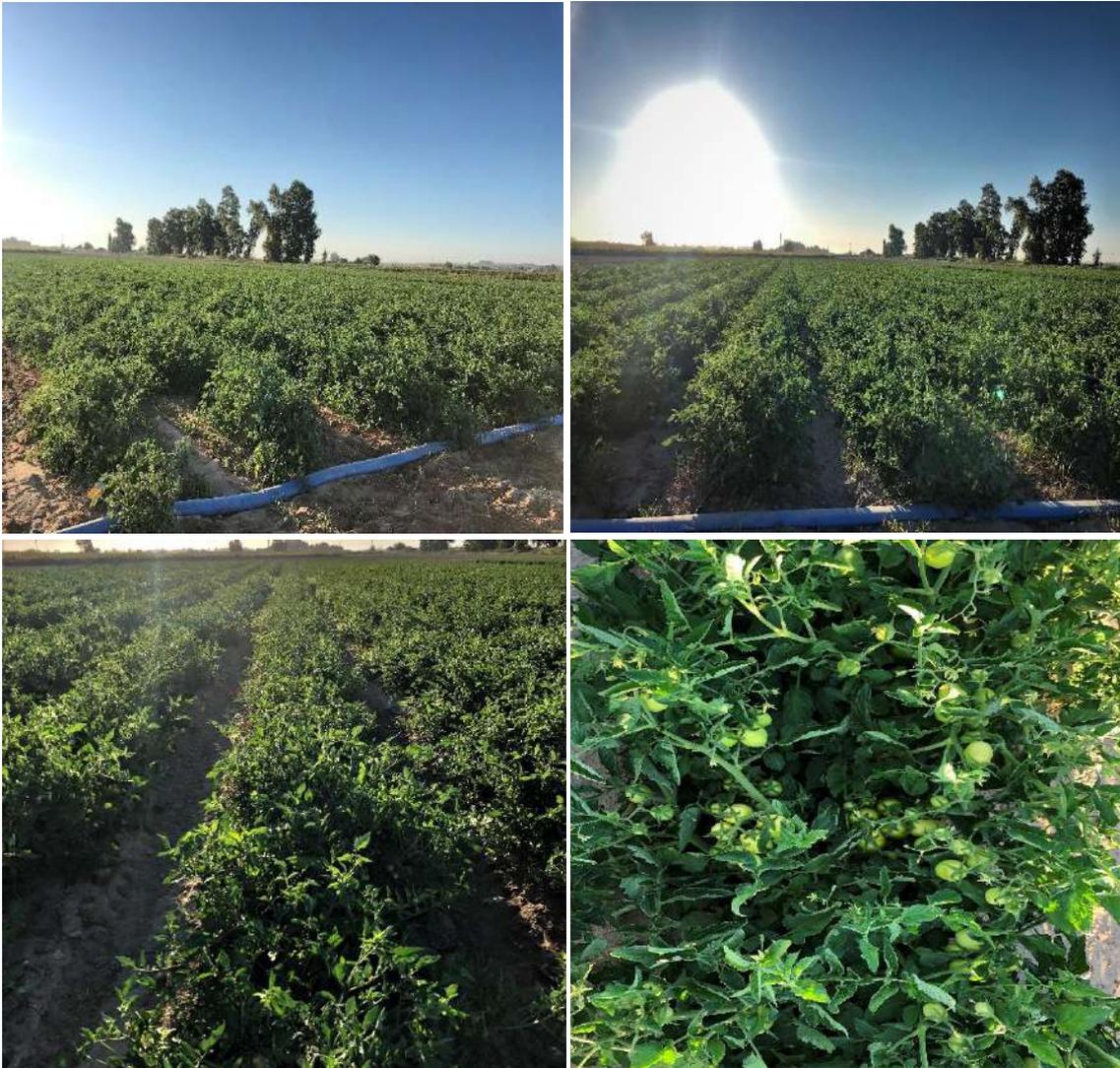


Figura 33. Vista del ensayo parcela PENERGETIC, tras 57 días desde el trasplante



Figura 34. Vista del ensayo parcela CTAEX, tras 57 días desde el trasplante



El 21 de julio, tras 64 días del trasplante, el estado fenológico predominante era el de BVR, el estado más adelantado era el de fruto rojo. Las plantas se encontraban en pleno crecimiento y maduración de los frutos verdes.



Figura 35. Vista del ensayo parcela PENERGETIC, tras 64 días desde el trasplante



Figura 36. Vista del ensayo parcela CTAEX, tras 64 días desde el trasplante



El 28 de julio, tras 71 días del trasplante, las plantas se encontraban en el estado fenológico BVR, siendo el estado más adelantado el de frutos rojos. Las plantas seguían floreciendo y continuaban cuajando frutos, la cobertura de los frutos por tanto era muy buena, reduciendo así los daños por quemaduras del sol.



Figura 37. Vista del ensayo parcela PENERGETIC, tras 71 días desde el trasplante



Figura 38. Vista del ensayo parcela CTAEX, tras 71 días desde el trasplante



El 6 de agosto, tras 80 días del trasplante, las plantas continúan en el estado fenológico BVR. Las plantas siguen madurando, produciendo más frutos rojos.



Figura 39. Vista del ensayo parcela PENERGETIC, tras 80 días desde el trasplante



Figura 40. Vista del ensayo parcela CTAEX, tras 80 días desde el trasplante



El 24 de agosto, tras 98 días del trasplante, las plantas se encontraban en sus últimos días en campo antes de cosecharlas.



Figura 41. Vista del ensayo parcela PENERGETIC (izquierda) y CTAEX (derecha), tras 98 días desde el trasplante



4.1.2. Parámetros evaluados durante el desarrollo del cultivo

Durante el ensayo se estudió la evolución del cultivo de tomate en campo en función del tipo de tratamiento aplicado, mediante dos parámetros: porcentaje de cobertura de las plantas sobre la cama y contenido en clorofila.

1. Cobertura sobre la cama (%)

Este parámetro fue medido en dos momentos del ciclo del cultivo, transcurridos 50 y 70 días desde el trasplante, tomando 8 repeticiones por cada una de las 2 parcelas elementales del ensayo.

En la tabla 7 y en la figura 42 se muestran los valores del porcentaje de cobertura en las fechas anteriormente determinadas.

Tabla 7. Cobertura de las plantas sobre la cama (media \pm error típico).

Parámetro desarrollo	PENERGETIC		Tesis CTAEX		P
	Media	Error típico	Media	Error típico	
% Cobertura a los 50 días	68,78a	\pm 5,68	54,18b	\pm 10,46	**
% Cobertura a los 70 días	80,60	\pm 4,21	70,66	\pm 10,92	ns

Significación (P): ns=no diferencias; *=P<0,05; **=P<0,01; ***=P<0,001.

a, b = diferentes letras implican diferencias significativas entre tratamientos, P<0,05. Test de Tukey.

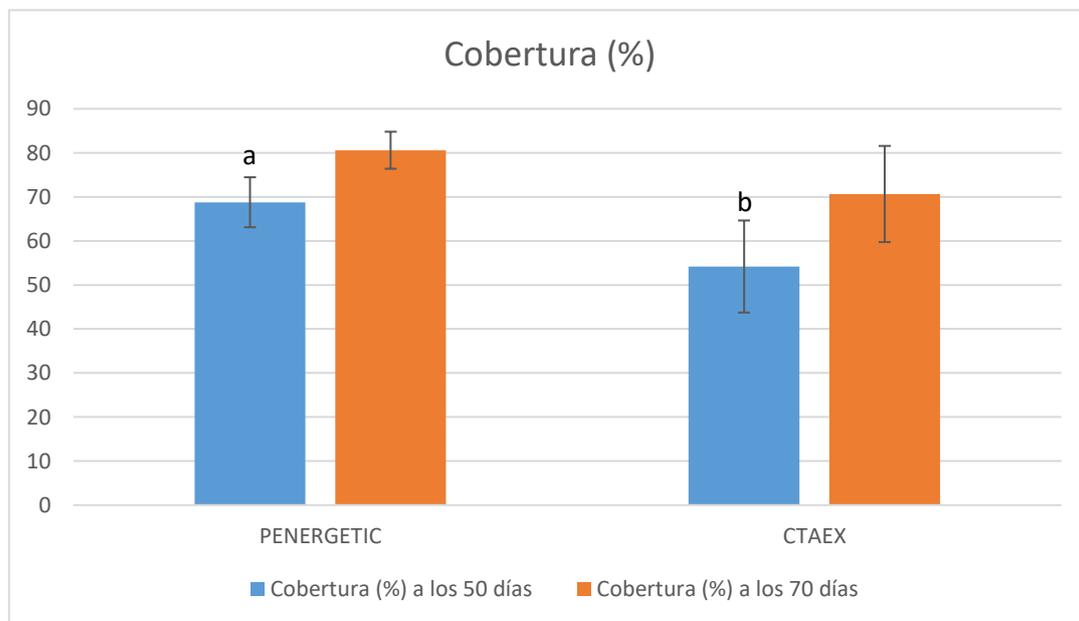


Figura 42. Porcentaje de cobertura de las plantas a los 50 y 70 días desde el trasplante



A los 50 días desde trasplante, los valores de cobertura de las plantas sobre la cama estuvieron comprendidos entre 54,18 y 68,78%. Las plantas de la tesis PENERGETIC mostraron un mayor porcentaje de cobertura medida con Canopeo encontrándose diferencias significativas frente a la tesis CTAEX ($P < 0,01$).

A los 70 días desde el trasplante, los valores de cobertura de las plantas sobre la cama estuvieron comprendidos entre 58,88 y 70,04%. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre tratamientos.

2. Contenido en clorofila (SPAD)

Este parámetro fue medido en tres momentos del ciclo del cultivo, transcurridos 26, 50 y 70 días desde el trasplante, tomando 10 repeticiones por cada una de las 2 parcelas elementales del ensayo.

En la tabla 8 y en la figura 43 se muestran los valores de clorofila en las fechas anteriormente determinadas.

Tabla 8. Contenido en clorofila (media \pm error típico).

Parámetro desarrollo	PENERGETIC		Tesis CTAEX		P
	Media	Error típico	Media	Error típico	
Contenido en clorofila (SPAD) a los 26 días	51,32	\pm 3,75	49,78	\pm 4,69	ns
Contenido en clorofila (SPAD) a los 50 días	58,40a	\pm 3,89	51,83b	\pm 1,25	**
Contenido en clorofila (SPAD) a los 70 días	48,79	\pm 0,64	47,40	\pm 1,7	ns

Significación (P): ns=no diferencias; *= $P < 0,05$; **= $P < 0,01$; ***= $P < 0,001$.

a, b = diferentes letras implican diferencias significativas entre tratamientos, $P < 0,05$. Test de Tukey.

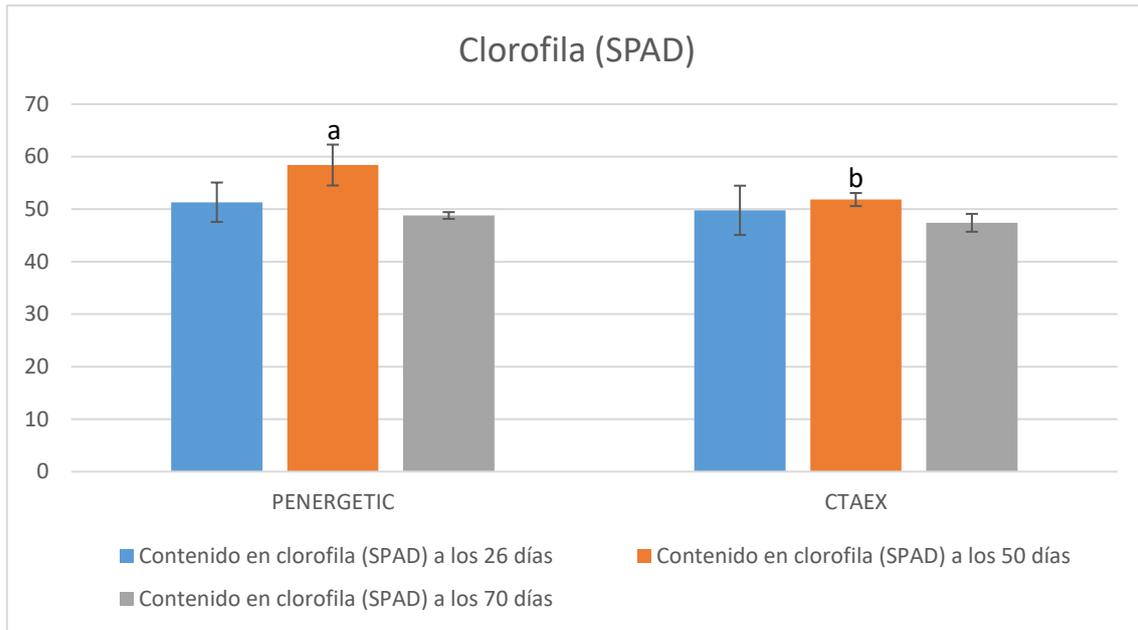


Figura 43. Contenido en clorofila (SPAD) de las plantas a los 26, 53 y 67 días desde el trasplante

A los 26 días desde el trasplante, los valores de clorofila de las plantas estuvieron comprendidos entre 49,78 y 51,32. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre tratamientos.

A los 50 días desde trasplante, los valores de clorofila de las plantas estuvieron comprendidos entre 51,83 y 58,40. Las plantas de la tesis PENERGETIC mostraron mayor valor de clorofila encontrándose diferencias significativas frente a la tesis CTAEX ($P < 0,01$).

A los 70 días desde el trasplante, los valores de clorofila de las plantas estuvieron comprendidos entre 47,40 y 48,79. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre tratamientos.

3. Análisis foliar

Se evaluó el estado nutricional de cada tratamiento aplicado, tomando 4 muestras de cada una de las dos tesis en el momento del desarrollo del fruto.



Tabla 9. Macro y microelementos medidos en hoja de tomate

Parámetro desarrollo	Tesis						P
	PENERGETIC			CTAEX			
(%) N	3,06	±	0,40	3,17	±	0,34	ns
(%) P	0,50b	±	0,03	0,56a	±	0,03	*
(%) K	1,50	±	0,19	1,56	±	0,08	ns
(%) Ca	2,16	±	0,18	2,47	±	0,15	ns
(%) Mg	0,54	±	0,06	0,63	±	0,04	ns
(%) Na	0,08	±	0,02	0,09	±	0,02	ns
(ppm) Cu	14,12	±	0,77	13,97	±	1,03	ns
(ppm) Zn	14,03	±	2,62	12,73	±	0,98	ns
(ppm) B	39,87	±	1,91	41,11	±	3,01	ns
(ppm) Fe	307,66	±	84,33	277,69	±	6,66	ns
(ppm) Mn	65,74	±	8,65	97,88	±	39,11	ns

Significación (P): ns=no diferencias; *=P<0,05; **=P<0,01; ***=P<0,001.

a, b = diferentes letras implican diferencias significativas entre tratamientos, P<0,05. Test de Tukey.

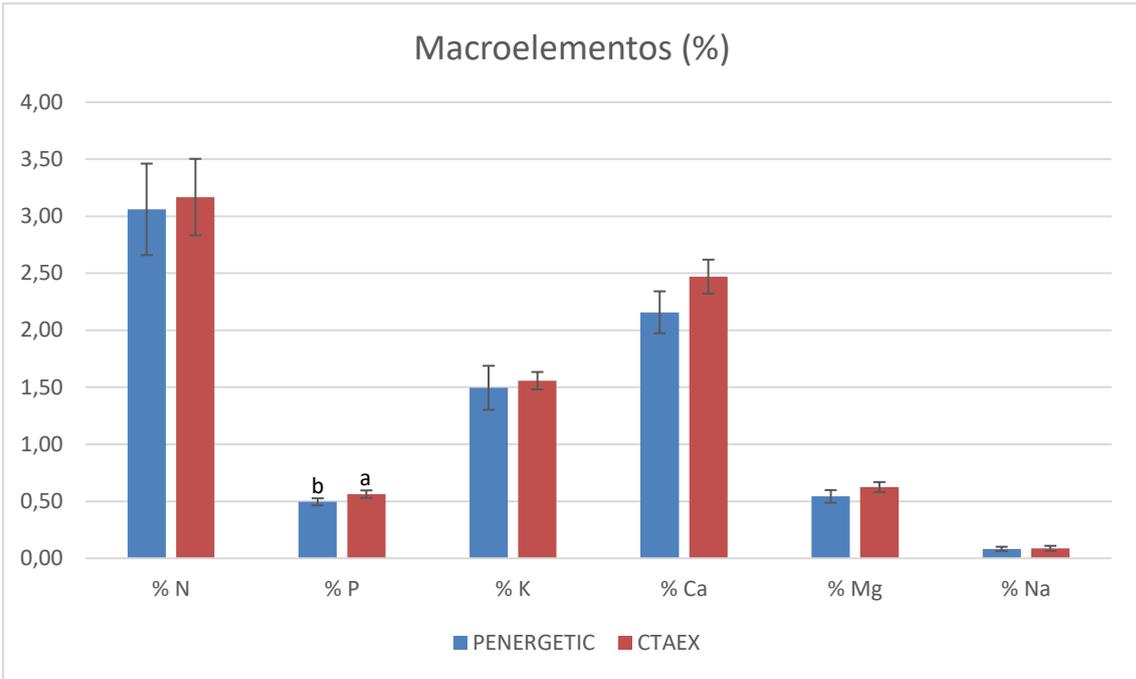


Figura 44. macroelementos determinados en hojas de tomate (%N, %P, %K, %Ca, % Mg, %Na)

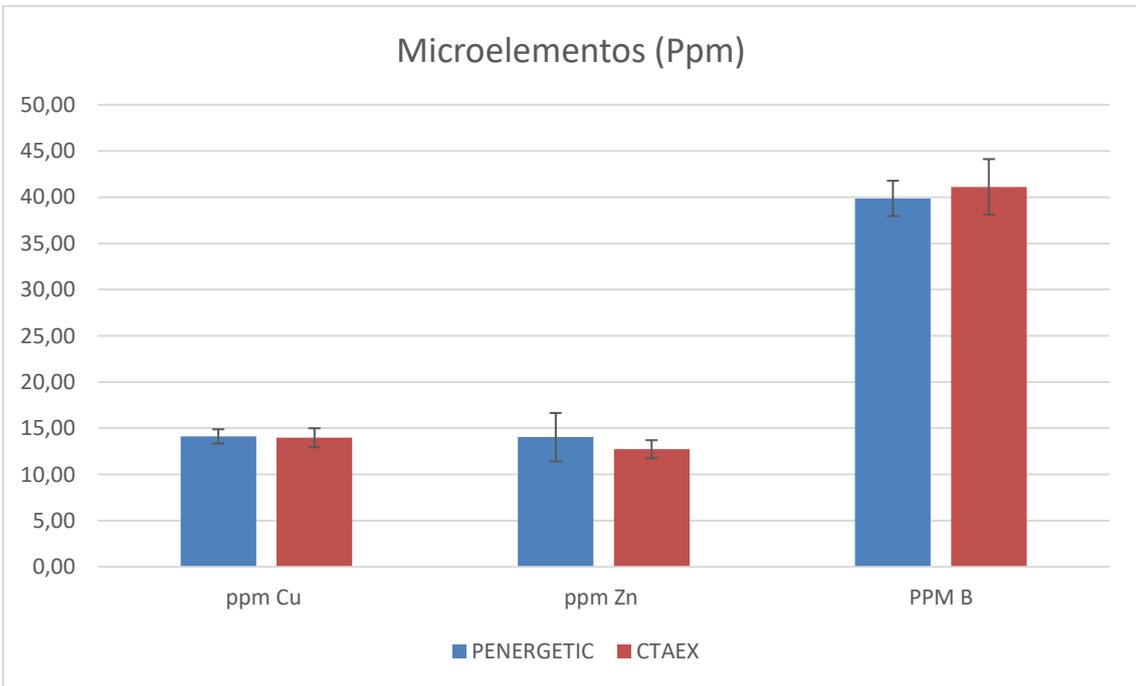


Figura 45. microelementos determinados en hojas de tomate (Ppm Cu, Ppm Zn, Ppm B)

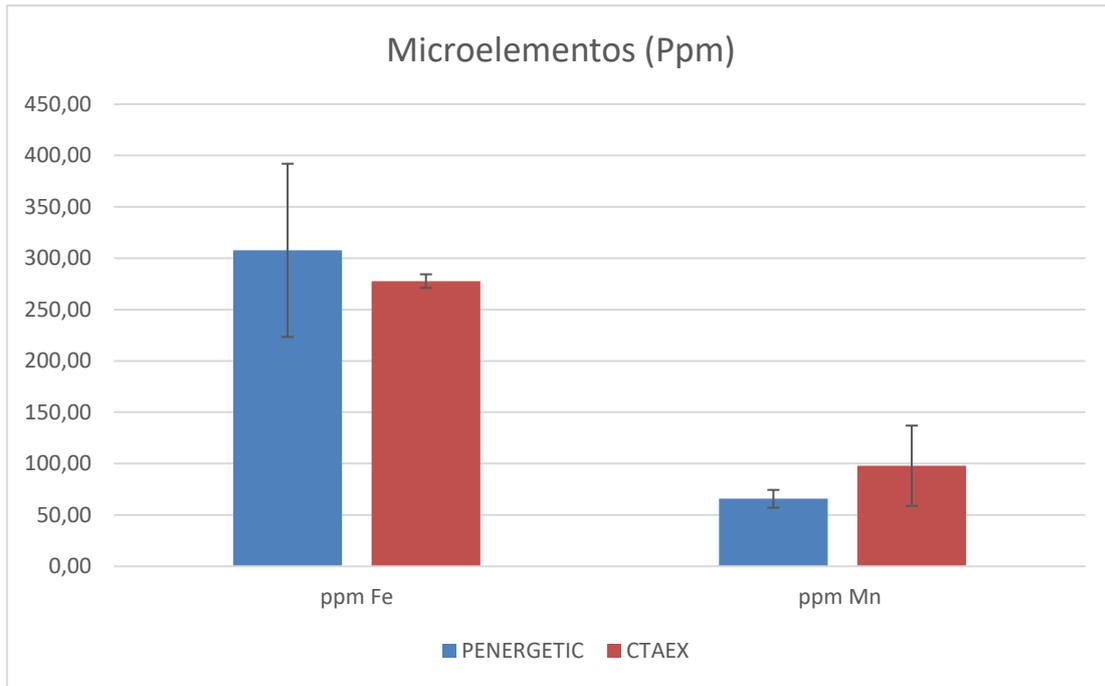


Figura 46. microelementos determinados en hojas de tomate (Ppm Fe, Ppm Mn)

Después de 70 días del trasplante, se evaluó el estado nutricional de cada tratamiento aplicado. Las plantas de la tesis CTAEX mostraron un mayor porcentaje de fósforo encontrándose diferencias significativas frente a la tesis PENERGETIC ($P < 0,05$).



4.2. Parámetros evaluados tras la cosecha

4.2.1. Parámetros agronómicos

En la tabla 10 se muestran los parámetros agronómicos evaluados a partir de los tomates cosechados en cada tesis.

Tabla 10. Parámetros agronómicos medidos en el cultivo de tomate (media \pm error típico).

Parámetro agronómico	Tesis				
	PENERGETIC		CTAEX		P
Rendimiento bruto (kg/ha)	91166,67	\pm 8225,98	84388,89	\pm 13473,80	ns
M.P.A. (kg/ha)	76388,89	\pm 8279,83	66166,67	\pm 13811,64	ns
M.P.A. (%)	83,72	\pm 3,06	77,93	\pm 5,29	ns
Peso medio fruto (g)	78,66a	\pm 2,41	72,01b	\pm 3,60	*
Frutos Verdes (%)	5,88b	\pm 0,73	12,33a	\pm 2,42	*
Frutos Sobremaduros (%)	1,88	\pm 0,26	2,01	\pm 0,91	ns
Frutos Enfermos (%)	2,63	\pm 0,55	2,98	\pm 0,75	ns
Frutos Asolanados (%)	2,63	\pm 0,37	3,32	\pm 1,37	ns
Frutos con Necrosis apical (%)	3,26	\pm 1,95	1,43	\pm 0,84	ns

Significación (P): ns=no diferencias; *=P<0,05; **=P<0,01; ***=P<0,001.

a, b = diferentes letras implican diferencias significativas entre tratamientos, P<0,05. Test de Tukey.

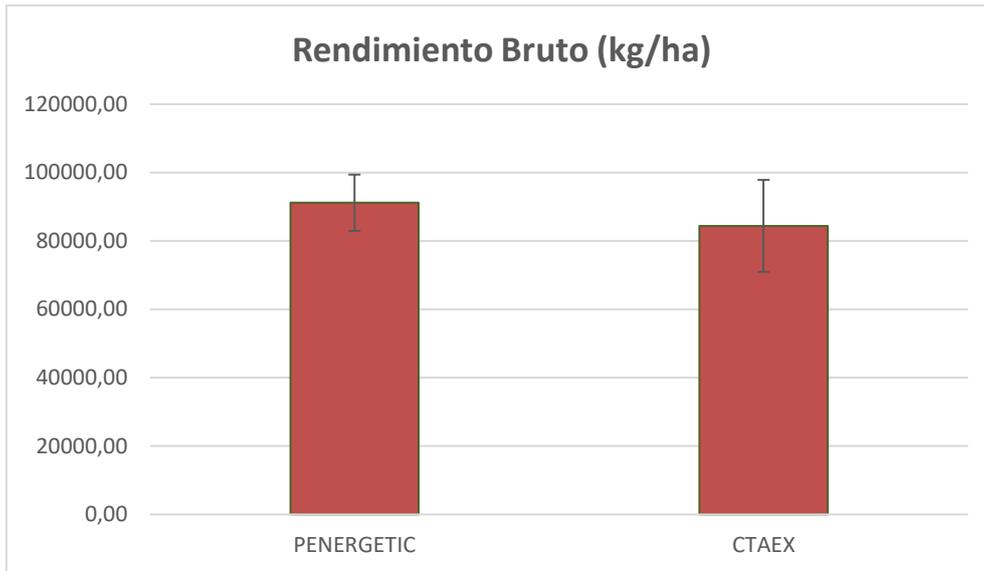


Figura 47. Rendimiento bruto (kg/ha) de las tesis ensayadas.

El rendimiento bruto (kg/ha) del tomate de industria estuvo comprendido entre 84.389 kg/ha y 91.167 kg/ha (figura 47). El valor más alto se observó para la tesis tratada con productos PENERGETIC, aunque, no se encontraron diferencias significativas entre las dos tesis ($P > 0,05$).

Como se ha dicho anteriormente, al separar los tomates no aptos en la línea de selección se obtiene la materia prima aceptable (M.P.A.). Atendiendo exclusivamente a los tomates aptos para la industria, la tesis PENERGETIC obtuvo un mejor comportamiento, con rendimientos de M.P.A. superiores a 76.000 kg/ha. Sin embargo, al realizar el estudio estadístico, no se encontraron diferencias significativas entre los dos tratamientos ($P > 0,05$).

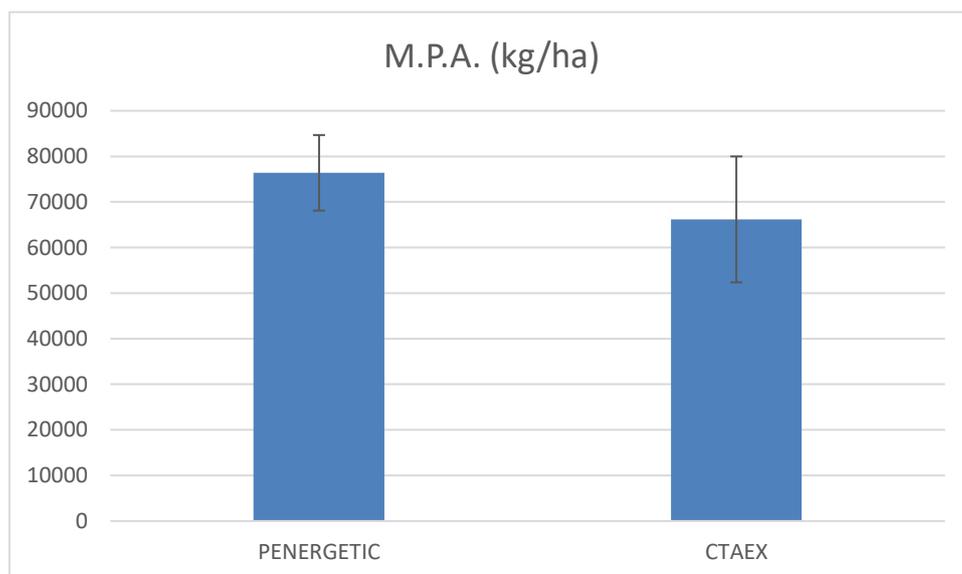


Figura 48. Materia prima aceptable (kg/ha) de las tesis ensayadas (media y error típico)



En las siguientes figuras pueden apreciarse algunos de los frutos de tomate correspondientes a M.P.A. de los tratamientos ensayados:



Figura 49. Frutos de MPA de la tesis PENERGETIC I



Figura 50. Frutos de MPA de la tesis PENERGETIC II



Figura 51. Frutos de MPA de la tesis PENERGETIC III



Figura 52. Frutos de MPA de la tesis PENERGETIC IV



Figura 53. Frutos de MPA de la tesis CTAEX I



Figura 54. Frutos de MPA de la tesis CTAEX II



Figura 55. Frutos de MPA de la tesis CTAEX III



Figura 56. Frutos de MPA de la tesis CTAEX IV



Al expresar la M.P.A. en porcentaje, los valores estuvieron comprendidos entre 77,93 y 83,72 %. Al igual que sucediera con la M.P.A. expresada en kg/ha, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos tratamientos ($P < 0,05$).

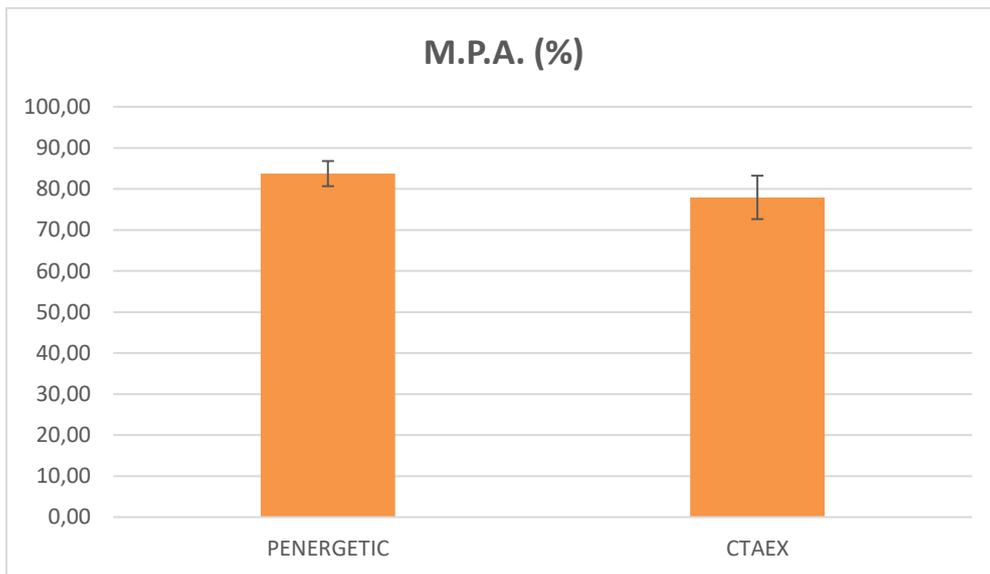


Figura 57. Materia prima aceptable (%) de las tesis ensayadas (media y error típico)

El peso medio de los frutos se mantuvo en el rango 72,01-78,66 g (figura 58). En este parámetro si hubo diferencias estadísticamente significativas entre tesis ($P < 0,05$), siendo mayor el peso medio de los frutos en la tesis PENERGETIC.

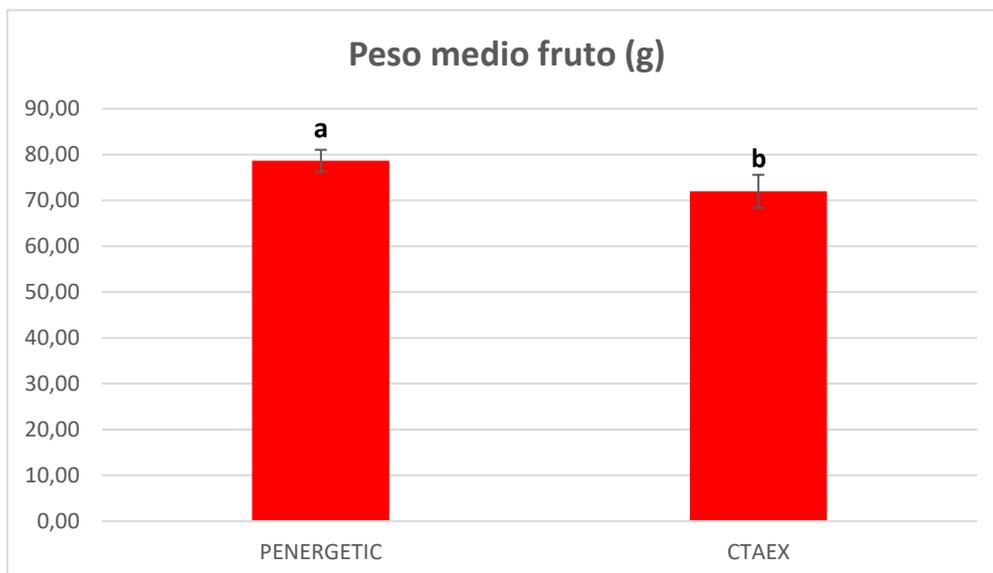


Figura 58. Peso medio de los frutos (g) en cada campo de ensayo (media y error típico)

El porcentaje de frutos verdes estuvo comprendido entre 5,88 y 12,33%, por lo que en general, el ensayo fue cosechado en el momento óptimo (figura 59). La tesis CTAEX fue la que mayor



valor de frutos verdes mostró, encontrándose diferencias significativas con respecto a la tesis PENERGETIC ($P < 0,05$).

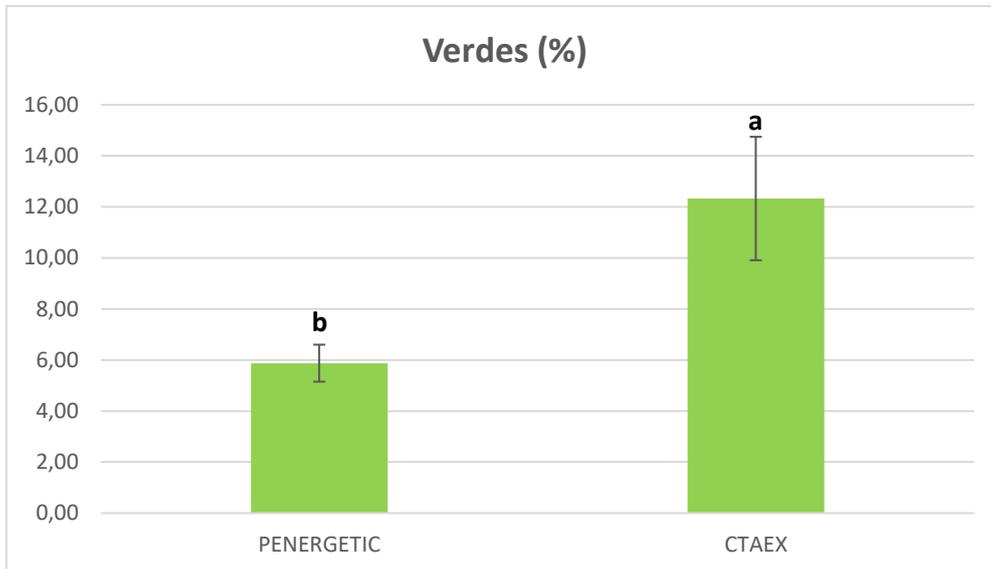


Figura 59. Porcentaje de frutos verdes de los tomates cosechados (media y error típico)

El porcentaje de frutos sobremaduros se mantuvo entre 1,88 y 2,01% (figura 60). Se observó poca variabilidad entre tratamientos para este parámetro, por lo que no se encontraron diferencias entre tesis desde el punto de vista estadístico ($P > 0,05$).

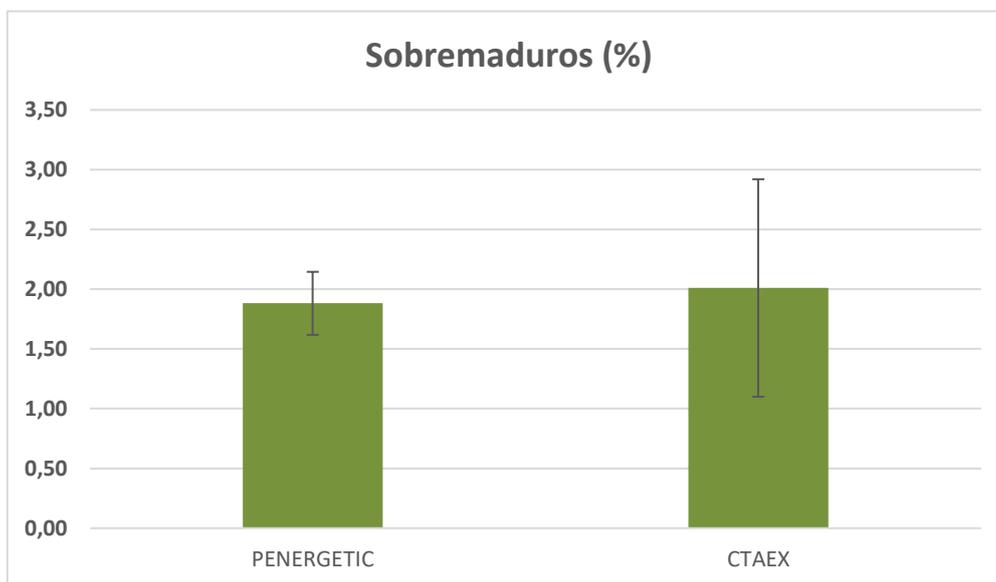


Figura 60. Frutos sobremaduros (%) de las tesis ensayadas (media y error típico).

El porcentaje de frutos enfermos estuvo comprendido entre 2,63 y 2,98%. Estos valores muestran la alta sanidad del cultivo, y como puede observarse en la figura 61, fue constante en



todo el ensayo. Al existir tan poca variabilidad entre tratamientos no se encontraron diferencias significativas entre tesis ($P>0,05$).

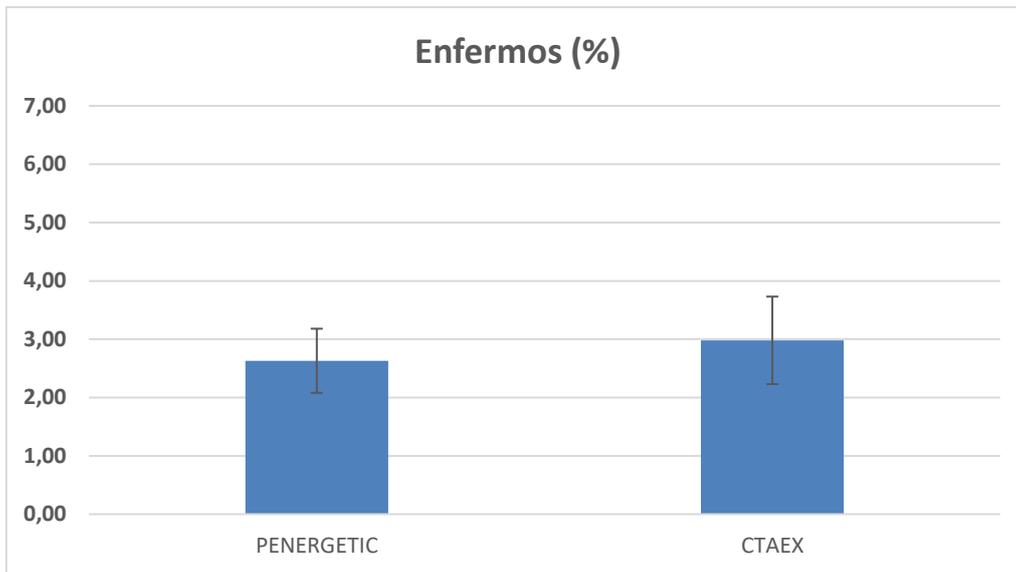


Figura 61. Tomates con signos de enfermedad (%) de las tesis ensayadas (media y error típico).

El porcentaje de frutos asolanados varió desde 2,63 hasta 3,32%. Estos valores indican el correcto desarrollo del cultivo y de área foliar hasta el momento de la cosecha, ya que este daño se produce sobre todo cuando los tomates están muy expuestos al sol. Al igual que sucediera con el porcentaje de frutos sobremaduros y enfermos, no se encontraron diferencias significativas entre tesis ($P>0,05$).

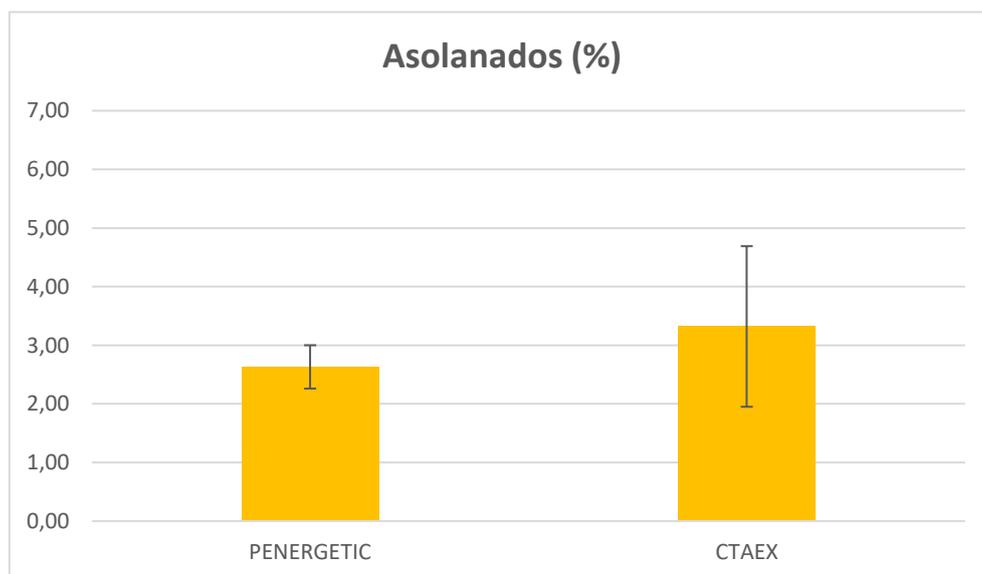


Figura 62. Porcentaje de frutos asolanados en el ensayo (media y error típico).



El porcentaje de frutos con necrosis apical estuvo comprendido entre 1,43 y 3,26%. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($P>0,05$) (figura 63).

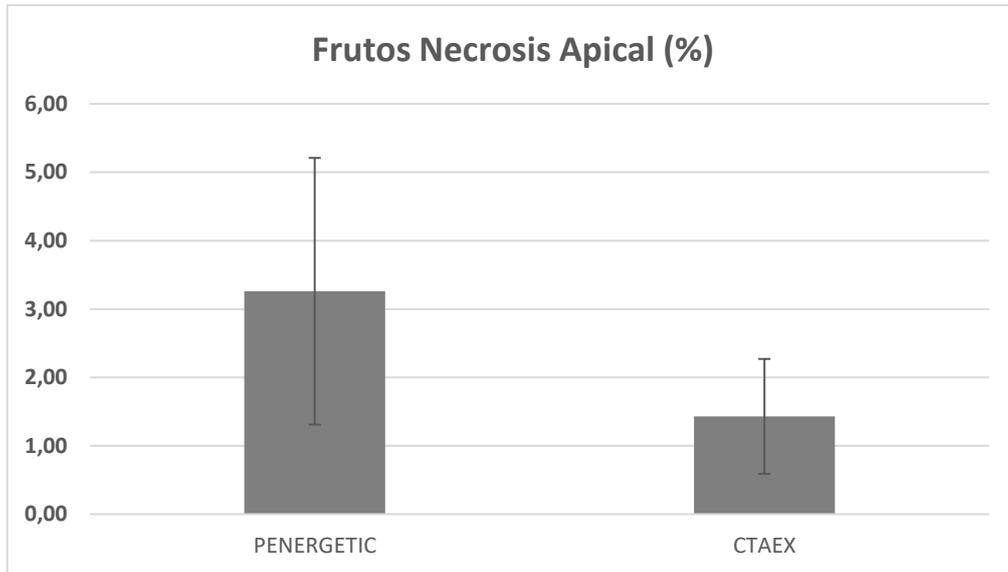


Figura 63. Frutos con necrosis apical (%) de las tesis ensayadas (media y error típico).

4.2.2. Parámetros tecnológicos

En la tabla 11 se exponen los resultados de los parámetros tecnológicos evaluados en la materia prima aceptable.

Tabla 11. Parámetros tecnológicos medidos en el cultivo de tomate (media \pm error típico).

Parámetros Tecnológicos	Tesis						P
	PENERGETIC			CTAEX			
°brix	5,61	\pm	0,08	5,47	\pm	0,13	ns
pH	4,56	\pm	0,05	4,57	\pm	0,02	ns
Viscosidad (cm/30s)	15,03	\pm	1,24	14,98	\pm	1,53	ns
Luminosidad (L*)	24,79	\pm	0,21	24,59	\pm	0,57	ns
Color rojo (a*)	28,09	\pm	0,29	28,73	\pm	0,26	ns
Índice a/b	2,05	\pm	0,02	2,05	\pm	0,01	ns
Firmeza (g)	2690,69	\pm	323,77	2491,16	\pm	77,38	ns

Significación (P): ns=no diferencias; *= $P<0,05$; **= $P<0,01$; ***= $P<0,001$.

a, b = diferentes letras implican diferencias significativas entre tratamientos, $P<0,05$. Test de Tukey.

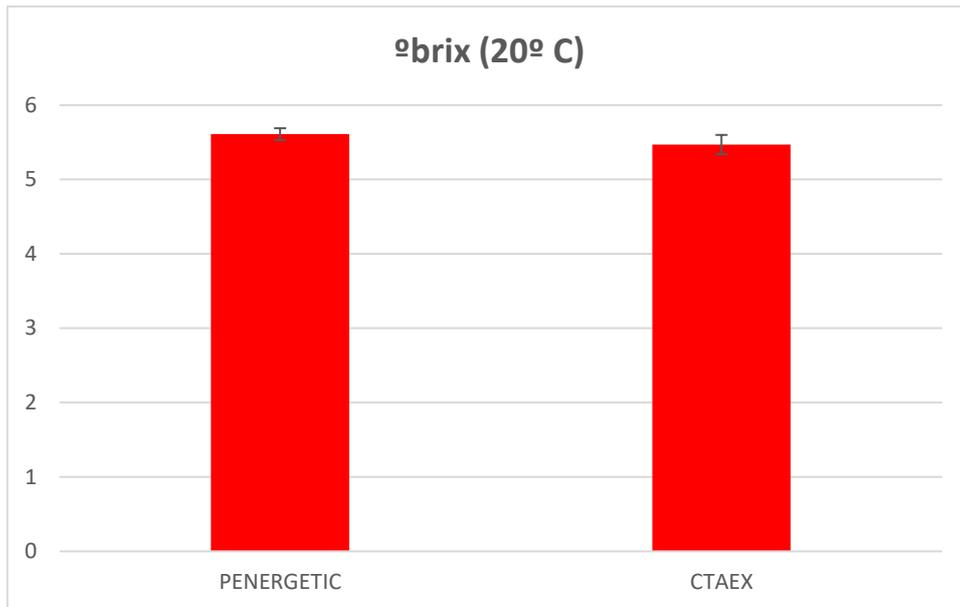


Figura 64. ° Brix de los tomates de cada campo de ensayo (media y error típico).

El contenido en sólidos solubles estuvo comprendido entre 5,47 y 5,61° Brix. Estos valores son altos, encontrándose por encima de 5,4 (valor a partir del cual pagan una prima en la industria). No se han encontrado diferencias significativas entre tesis ($P>0,05$).

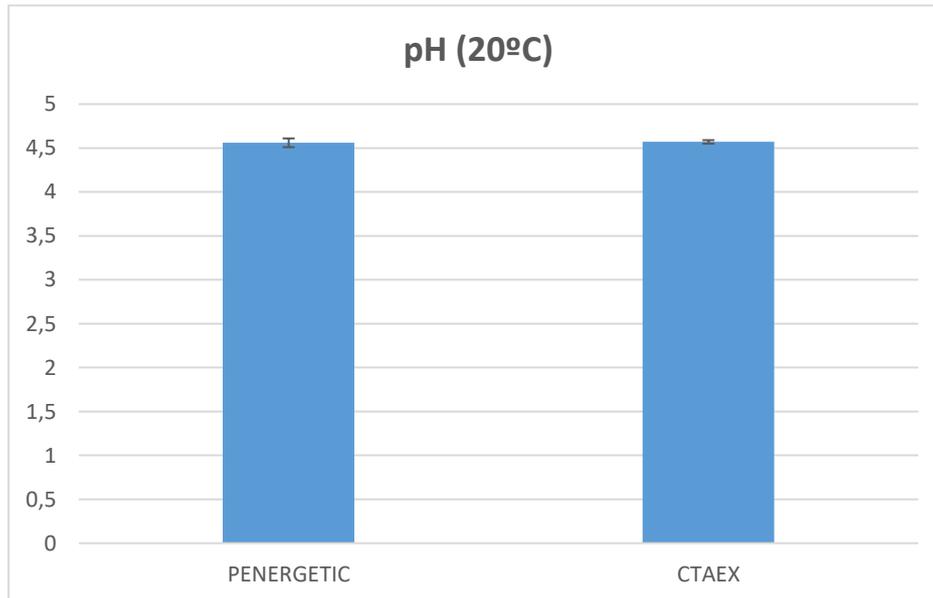


Figura 65. ° pH de los tomates de cada campo de ensayo (media y error típico).

El pH de los tomates aptos para la industria se mantuvo en el rango de 4,56-4,57. En general, estos valores se consideran altos, ya que los valores inferiores a 4 son de interés. Esta baja variabilidad hizo que no se encontraran diferencias significativas entre tesis para este parámetro ($P>0,05$), por lo que los productos analizados no afectaron al pH de los tomates.

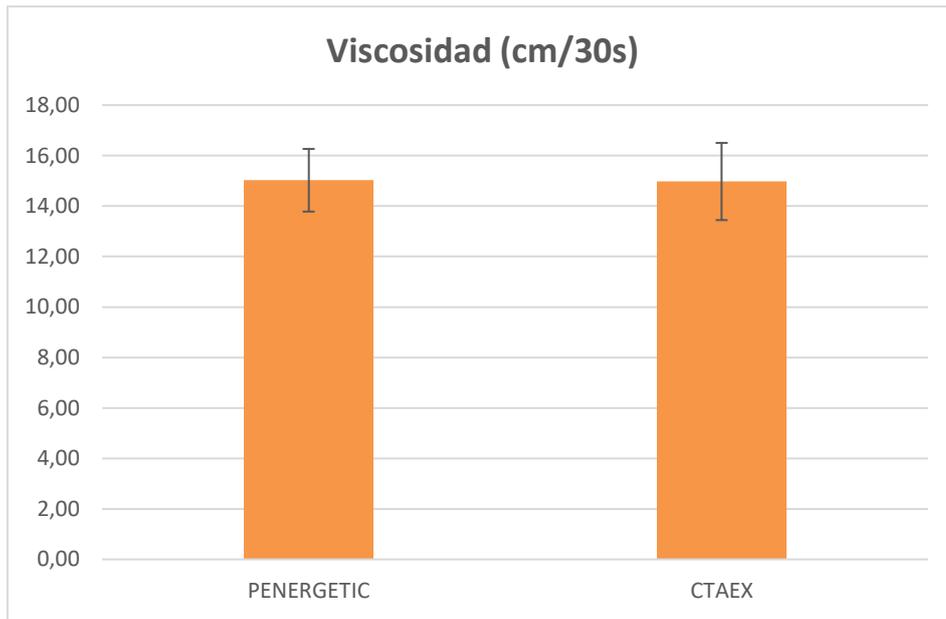


Figura 66. Viscosidad (cm/30s) de los tomates de cada campo de ensayo (media y error típico).

La viscosidad (Bostwick) de los tomates del ensayo estuvo comprendida entre 14,98 a 15,03 cm/30s. Al igual que con los parámetros anteriores, las diferencias de viscosidad entre tesis no fueron estadísticamente significativas ($P > 0,05$).

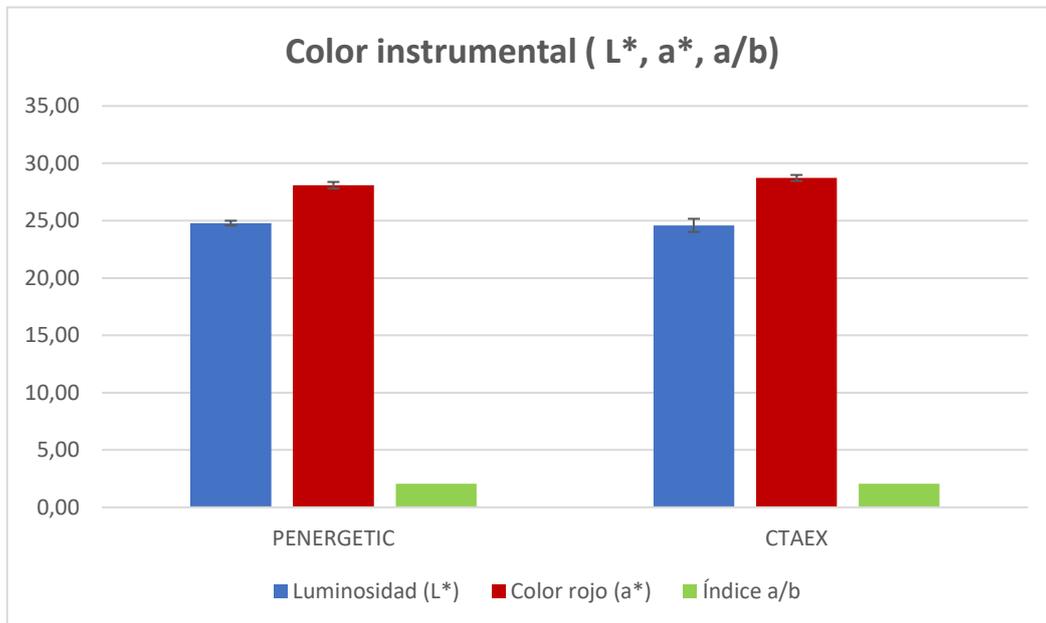


Figura 67. Coordenadas de color (L^* , a^* , a/b) en las tesis ensayadas (media y error típico).



En cuanto a las coordenadas instrumentales de color, la luminosidad (L^*) se mantuvo entre 24,59 y 24,79; el color rojo (a^*) entre 28,09 y 28,73; y el índice a/b en 2,05. En todos los parámetros de color, las variaciones entre éstos fueron mínimas, por lo que, como era de esperar, al realizar el estudio estadístico, no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($P>0,05$).

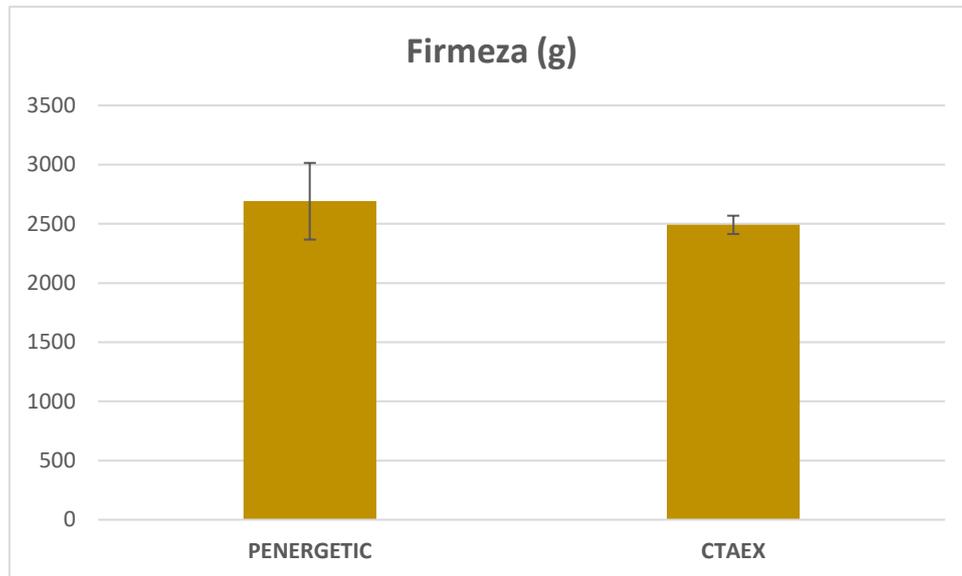


Figura 68. Firmeza (g) en las tesis ensayadas (media y error típico).

La firmeza (g) de los tomates del ensayo osciló entre 2491,16 y 2690,69 g. Al igual que en los parámetros anteriores, las diferencias de firmeza entre tesis no fueron estadísticamente significativas ($P>0,05$).

En la tabla 12 se exponen los resultados de los parámetros tecnológicos evaluados en relación con el contenido de macronutrientes y micronutrientes en el fruto del tomate.



Tabla 12. Macro y microelementos en el fruto del tomate (media \pm error típico).

Parámetros Tecnológicos	Tesis						P
	PENERGETIC			CTAEX			
(%) N	0,15	\pm	0,02	0,13	\pm	0,02	ns
(%) P	0,04	\pm	0,01	0,04	\pm	0,01	ns
(%) K	0,18	\pm	0,01	0,18	\pm	0,01	ns
(%) Ca	0,01	\pm	0,003	0,01	\pm	0,002	ns
(%) Mg	0,01	\pm	0,004	0,01	\pm	0,003	ns
(%) Na	0,01	\pm	0,002	0,01	\pm	0,002	ns
(ppm) Cu	0,44	\pm	0,13	0,43	\pm	0,07	ns
(ppm) Zn	2,30	\pm	0,81	2,53	\pm	0,73	ns
(ppm) B	0,01	\pm	0,002	0,01	\pm	0,003	ns
(ppm) Fe	10,29	\pm	3,36	10,41	\pm	2,20	ns
(ppm) Mn	0,98	\pm	0,2	1,01	\pm	0,12	ns

Significación (P): ns=no diferencias; *=P<0,05; **=P<0,01; ***=P<0,001.

a, b = diferentes letras implican diferencias significativas entre tratamientos, P<0,05. Test de Tukey.

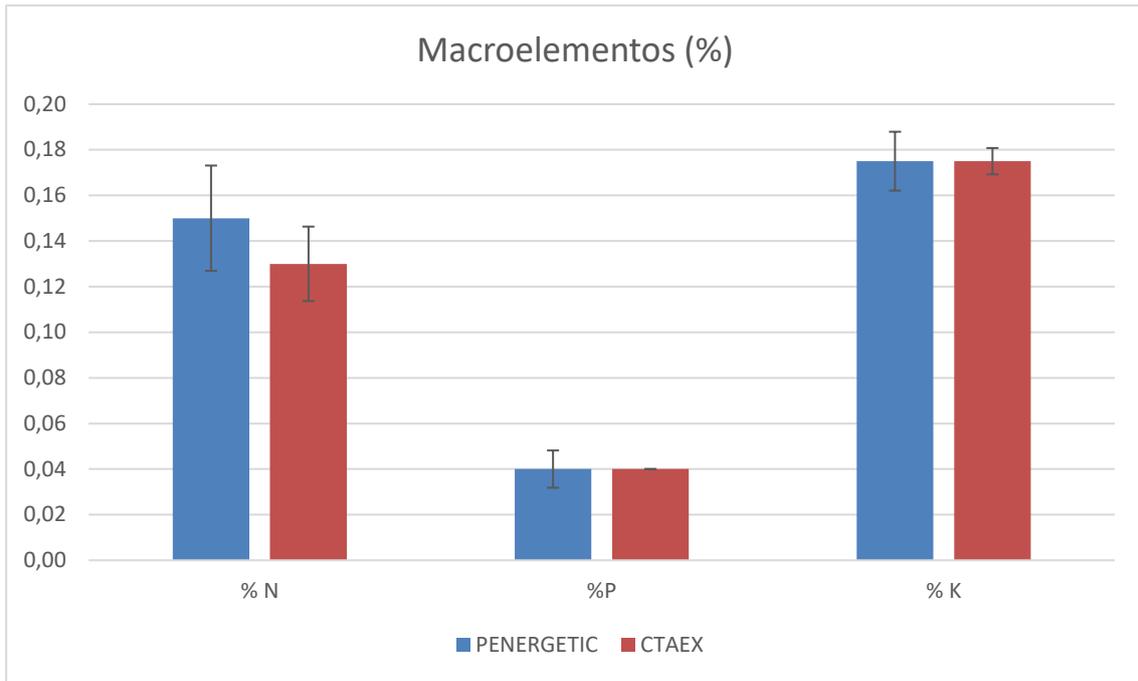


Figura 69. Macroelementos analizados en tomate (%N, %P, %K)

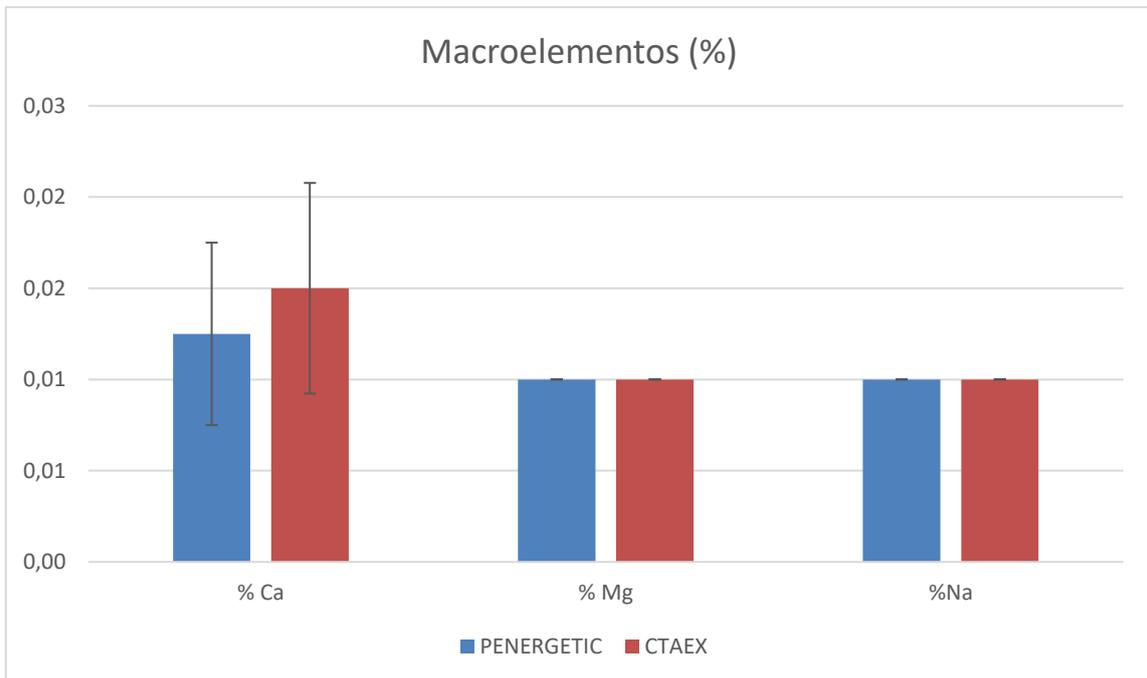


Figura 70. Macroelementos analizados en tomate (%Ca, %Mg, %Na)

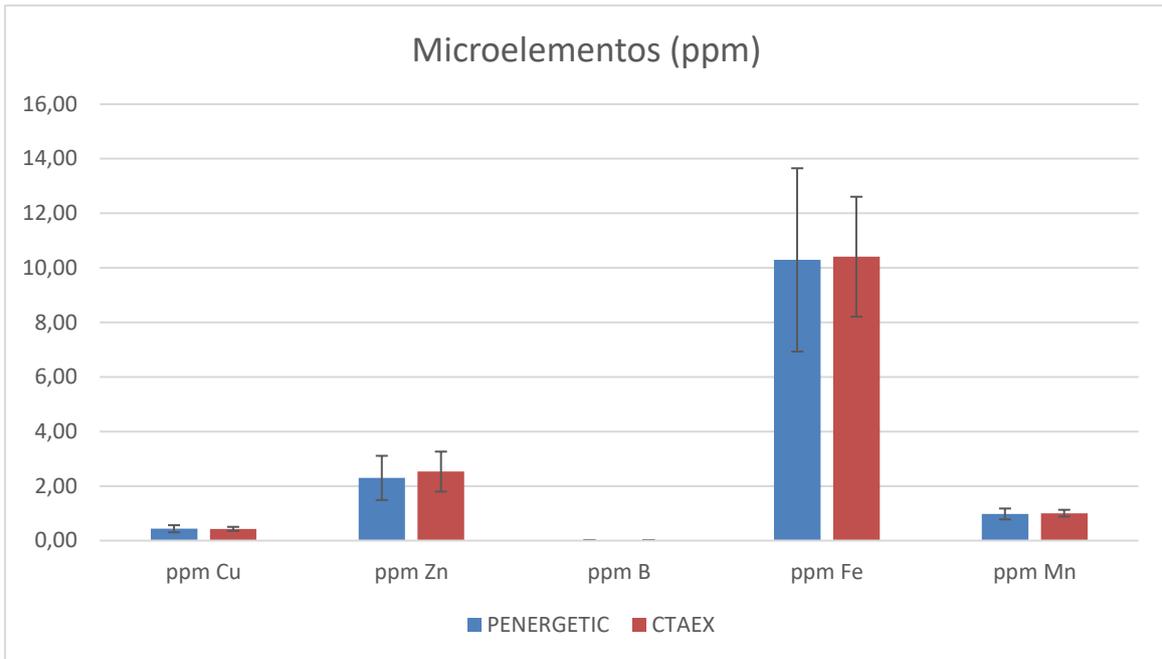


Figura 71. Microelementos analizados en tomate (ppm Cu, ppm Zn, ppm B, ppm Fe, ppm Mn).

No se encontraron diferencias significativas en los macro y microelementos entre ninguna de las dos tesis estudiadas ($P > 0,05$).

Análisis fisicoquímico del suelo tras la cosecha

En la tabla 13 se exponen los resultados en relación con el análisis fisicoquímico del suelo tras la cosecha del cultivo del tomate.



Tabla 13. Resultado del análisis final del suelo en ambas tesis ensayadas

	Resultado inicial	Resultado final PENERGETIC	Resultado final CTAEX	Interpretación (nivel) ¹				
				MB	B	N	A	MA
Conductividad (mS/cm)	0,0956	0,0501	0,0107	No salino/No salino/No salino				
pH (suelo/agua 1/2,5)	6,98	6,23	6,73	Neutro/Ácido/Neutro				
Materia orgánica (%)	0,77	0,78	0,93	Muy bajo/Muy bajo/Muy bajo				
Carbonatos totales (%)	0,34	0,35	0,42	Muy bajo/Muy bajo/Muy bajo				
Nitrógeno total (%)	0,03	0,03	0,03	Muy bajo/Muy bajo/muy bajo				
Relación C/N	12,45	10,14	14,56	Normal/Normal/Normal				
P (ppm)	37,70	42,83	37,64	Muy alto/Muy alto/Muy alto				
K (meq /100g)	0,41	0,33	0,10	Normal/Normal/Bajo				
Mg (meq /100g)	0,97	0,33	0,21	Bajo/Muy bajo/Muy bajo				
Ca (meq /100g)	3,70	1,26	0,83	Bajo/Muy bajo/Muy bajo				
Na (meq /100g)	1,08	0,26	0,06	Alto/Muy bajo/Muy bajo				

El suelo no presenta problemas de salinidad y el pH es adecuado para la asimilación de la mayor parte de los nutrientes, siendo en la tesis PENERGETIC ligeramente más ácido respecto a la tesis CTAEX.

Los contenidos de nitrógeno del suelo en ambas tesis son muy bajos, así como los contenidos en materia orgánica. El contenido de materia orgánica y la relación C/N proporcionan información sobre el nitrógeno asimilable que el suelo va a producir a lo largo del ciclo de cultivo. La relación entre el contenido de carbono y de nitrógeno, indica una velocidad media de mineralización de la materia orgánica del suelo, produciéndose una normal liberación de nitrógeno.

El suelo tiene un contenido muy alto de fósforo en ambas tesis, destacando un aumento mayor de este en la tesis PENERGETIC respecto a la situación inicial del mismo, unos niveles normales de potasio en la tesis PENERGETIC y bajos en la tesis CTAEX, siendo esta última la que más macroelemento ha extraído del suelo. Los niveles de magnesio en ambas tesis son muy bajos, siendo la extracción en la tesis CTAEX mayor, ocurriendo la misma situación con el Calcio. Por último, los niveles de sodio en suelo presentaron unos niveles finales muy bajos, siendo la tesis PENERGETIC la que menos cantidad ha extraído de este elemento en suelo.



5. CONCLUSIONES

- Se ha conseguido llevar a cabo el objetivo de desarrollar el cultivo bajo una reducción del 20% de las unidades de fertilización en la tesis PENERGETIC respecto al testigo CTAEX, obteniéndose buenos resultados a lo largo del ciclo y tras la cosecha.
- La incorporación de los productos de PENERGETIC en el tomate de industria tuvo repercusión tanto en el contenido de clorofila de las hojas como en el desarrollo de las plantas, encontrándose diferencias significativas entre tratamientos, mostrándose un mayor porcentaje de clorofila y cobertura en la tesis PENERGETIC.
- Respecto al estado nutricional a nivel foliar, las plantas de la tesis CTAEX mostraron un mayor porcentaje de fósforo frente a la tesis PENERGETIC, dichas diferencias no supusieron una carencia en esta última, evidenciando el buen estado nutricional de ambas tesis.
- El uso de los productos PENERGETIC permitió alcanzar un mayor peso medio del fruto y un menor % de frutos verdes que en la tesis CTAEX. Se evidenció un adelanto del estado fenológico en maduración, obteniendo un 85% de frutos rojos en menor tiempo en la tesis PENERGETIC.
- El uso de tratamientos PENERGETIC no tuvo influencia sobre el resto de los parámetros agronómicos evaluados en el tomate de industria (rendimiento bruto, materia prima aceptable, porcentaje de frutos sobremaduros, y porcentaje de frutos asolanados), aunque en comparación con el resto de los tratamientos, se observa una tendencia en rendimiento, mayor en la tesis con los productos PENERGETIC. De igual manera ocurre con el porcentaje de frutos enfermos, en donde la tesis PENERGETIC fue la que mostró una mejor tendencia con un menor número de frutos dañados, pero habría que corroborarlo en sucesivos años.
- En relación con los parámetros tecnológicos ($^{\circ}$ brix, pH, Viscosidad (cm/30s), Coordenadas de color (L^* , a^* , a/b) y Firmeza (g)), no se observó influencia de los tratamientos PENERGETIC.
- El uso de tratamientos PENERGETIC no tuvo respuesta significativa sobre el contenido de macronutrientes y micronutrientes en el fruto del tomate, aunque en comparación con la tesis CTAEX, se observa una tendencia en contenido de nitrógeno, mayor en la tesis con productos PENERGETIC.



- El análisis de suelo realizado tras la cosecha revela unas extracciones muy similares en ambas tesis estudiadas, destacando una menor extracción de fósforo, potasio, magnesio y calcio por parte de la tesis PENERGETIC. Esto, unido a la reducción del 20% en UF, evidencia una mejor eficiencia de la planta en la tesis donde se aplicaron los productos de PENERGETIC.