



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

FENOLOGÍA, CALIDAD Y RENDIMIENTO DE FRUTO DE FRESA VARIEDAD
'EL DORADO' CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADA EN INGENIERÍA
AGROHIDRÁULICA

PRESENTA

GUADALUPE GARCÍA BANDALA

DIRECTOR DE TESIS

M.C. GUILLERMO JESUITA PÉREZ MARROQUÍN

SAN JUAN ACATENO, TEZIUTLÁN, PUEBLA. DICIEMBRE DE 2019



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

FENOLOGÍA, CALIDAD Y RENDIMIENTO DE FRUTO DE FRESA VARIEDAD
'EL DORADO' CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADA EN INGENIERÍA
AGROHIDRÁULICA

PRESENTA

GUADALUPE GARCÍA BANDALA

DIRECTOR DE TESIS

M.C. GUILLERMO JESUITA PÉREZ MARROQUÍN

ASESORES

DR. RAÚL BERDEJA ARBEU

M.C. PABLO ZALDÍVAR MÁRTINEZ

SAN JUAN ACATENO, TEZIUTLÁN, PUEBLA. DICIEMBRE DE 2019

La presente tesis titulada: **Fenología, calidad y rendimiento de fruto de fresa variedad 'El Dorado' con fertilización química y orgánica**, realizada por **Guadalupe García Bandala**, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

Facultad de Ingeniería Agrohidráulica

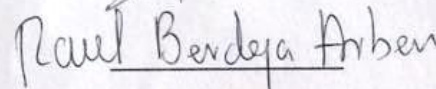
Consejo particular integrado por:

Firma

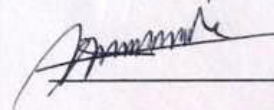
Director: M.C. Guillermo J. Pérez Marroquín



Asesor: Dr. Raúl Berdeja Arbeu



Asesor: M.C. Pablo Zaldívar Martínez



El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: **BUAP CA-231-Manejo de Recursos Fitogenéticos** y de la Línea de Investigación: **Manejo y Conservación de Recursos Fitogenéticos** de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica. Dicho trabajo, fue financiado con recursos propios.

DEDICATORIA

A DIOS

Por ser el ser más supremo y amoroso, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, porque a pesar de todos mis errores siempre me diste la fuerza y sabiduría para salir adelante. Por acercarme a las personas correctas las cuales me ayudaron a llegar hasta este punto y sobre todo por darme a la mejor mamá del mundo.

A MI MADRE

Gracias mamita de mi corazón, eres lo mejor, lo más bonito y lo más puro que tengo en mi vida. Te amo con todo corazón, eres mi más grande motivo para vivir y para salir adelante, eres una mujer con una enorme fortaleza la cual admiro demasiado porque a pesar de los golpes que te dio la vida nos supiste sacar adelante tú solita, por eso y por muchas razones más tu eres mi más grande amor. ¡TE AMO MAMÁ!

A MIS HERMANOS

Ángeles, Fernando y Martín, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir una meta más en mi vida, por inculcar en mí un gran ejemplo de esfuerzo. Gracias por todo el apoyo incondicional que me han brindado en cada momento, todo esto se los debo ustedes y a mamá.

A todos mis amigos de las diferentes generaciones, gracias por su compañía, apoyo y amistad. Siempre recordaré todo lo que viví con ustedes, gracias por los buenos momentos y por las aventuras que viví a su lado.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme permitido concluir al fin esta etapa de mi vida.

A la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por permitirme realizar mis estudios en esta casa de estudios y por haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente.

A mi madre y hermanos, por haber sido lo suficientemente pacientes conmigo para poder culminar mis estudios de licenciatura, gracias por confiar en mí y por no darme la espalda y apoyarme siempre.

A los docentes y personal de esta institución, por su apoyo y por haber compartido sus conocimientos los cuales me ayudaron a desarrollarme, así como también por haberme brindado su amistad.

Al Dr. Raúl Berdeja Arbeu, por su gran apoyo incondicional para para la realización de este trabajo, gracias doctor por confiar y creer en mí, gracias por su tiempo, dedicación y amistad que me brindó, es un excelente ser humano y siempre le agradeceré a Dios por haberlo puesto en mi camino porque sin su ayuda no lo hubiera logrado. ¡Muchísimas gracias Dr. Raúl!

Al M.C. Guillermo Jesuita Pérez Marroquín, por su colaboración y apoyo, además de brindarme sus consejos y amistad.

Al M.C. Pablo Zaldívar Martínez, por aceptar participar en este trabajo, así como también por brindarme sus consejos y amistad.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE CUADROS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos específicos	2
III. HIPÓTESIS	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	4
4.1. Taxonomía	4
4.2. Variedades	4
4.3. Estadísticas	4
4.4. Nutrición vegetal	6
4.5. Fertilización química	8
4.6. Fertilización orgánica	8
4.7. Lombricomposta	9
4.8. Lixiviados	9
4.9. Trabajos de investigación en fresa y otros cultivos ..	10
V. MATERIALES Y MÉTODOS	12
5.1. Área experimental	12
5.2. Material vegetativo	13
5.3. Establecimiento del cultivo	13
5.4. Diseño experimental	13
5.5. Variables a evaluar	15
5.6. Análisis estadístico	16
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
6.1. Número de hojas, flores, frutos verdes, estolones y frutos maduros	17

6.2. Días de flor a fruto maduro	18
6.3. Peso de fruto y grados Brix	19
6.4. Número de flores, frutos verdes y maduros acumulados y promedio de diferentes fechas en peso de fruto, grados Brix y estolones	20
VII. CONCLUSIONES.....	24
VIII. LITERATURA CITADA	25

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Estados productores de fresa en México.....	5
Cuadro 2. Municipios productores de fresa en el estado de Puebla.....	6
Cuadro 3. Composición química de estiércoles y compostas....	9
Cuadro 4. Diseño de tratamientos.....	14
Cuadro 5. Composición fisicoquímica del lixiviado utilizado.....	14
Cuadro 6. Resultados del análisis de suelo.....	15
Cuadro 7. Promedio de número de hojas (NH), número de flores (NF), número de frutos verdes (NFV), número de estolones (NE) y número de frutos maduros (NFM) en fresa variedad 'El Dorado' con nutrición orgánica y química. 13 de junio de 2019.....	17
Cuadro 8. Promedio de número de flores (NF), número de frutos verdes (NFV), número de estolones (NE) y número de frutos maduros (NFM) en fresa variedad 'El Dorado' con nutrición orgánica y química. 02 de agosto de 2019.....	18
Cuadro 9. Número de días de flor abierta con pétalo blanco a cosecha de fruto.....	18
Cuadro 10. Promedio de peso de fruto y °Brix en fresa variedad 'El Dorado' con nutrición orgánica y química. 19 de junio de 2019.....	19
Cuadro 11. Promedio de peso de fruto y °Brix en fresa variedad 'El Dorado' con nutrición orgánica y química. 06 de agosto de 2019.....	20
Cuadro 12. Número de flores acumuladas (NFA), número de frutos verdes acumulados (NFVA), número de	

frutos maduros acumulados (NFMA), promedio de peso de fruto (PPF), promedio en °Brix (P°B) y número de estolones totales (NET), en plantas de fresa, en diferentes fechas de evaluación.....21

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Localización de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica.....	12

RESUMEN

El experimento se realizó en la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, en el cultivo de fresa variedad 'El Dorado' en invernadero, con el objetivo fue evaluar nutrición orgánica y química al suelo. El diseño de tratamientos: tratamiento 1, testigo sin nutrición; tratamiento 2, 4 g de la fórmula 18-9-18 por planta cada mes; tratamiento 3, 12 mL por planta cada 7 días con lixiviado de lombriz y tratamiento 4, 12 mL cada 14 días con lixiviado de lombriz. El diseño experimental fue completamente al azar. El número de hojas no presentó diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) en las diferentes fechas de evaluación. El número de días de flor a fruto osciló de 22 a 28. No se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) en el número de flores acumuladas, número de frutos verdes y maduros acumulados. El mayor peso de fruto fue de 10.4 g con fertilización química, el mayor promedio en el contenido de °Brix fue con la aplicación de lixiviado cada 7 días. Por los resultados obtenidos se concluye que la aplicación de lixiviados al suelo en el cultivo de fresa es una alternativa en rendimiento y calidad de fruta.

Palabras clave: *Fragaria x ananassa*, lixiviados, flores, grados brix, estolones.

ABSTRACT

The experiment was carried out in the Facultad de Ingeniería Agrohidráulica of the Benemérita Universidad Autónoma de Puebla in the cultivation of strawberry 'El Dorado' variety in the greenhouse, with the objective of evaluating organic and chemical nutrition to the soil. The treatment design was: treatment 1, control without nutrition; Treatment 2, 4 g of the formula 18-9-18 per plant each month; treatment 3, 12 mL per plant every 7 days with worm leaching and treatment 4, 12 mL every 14 days with worm leaching. The experimental design was completely random. The number of leaves did not show statistical differences ($p \leq 0.05$) at the different evaluation dates. The number of days from flower to fruit ranged from 22 to 28 and no statistical differences ($p \leq 0.05$) were found in the number of flowers accumulated, number of green and ripe fruits accumulated. The highest fruit weight was 10.4 g with chemical fertilization, the highest average in the content of ° Brix was with the application of leachate every 7 days. Based on the results obtained, it was concluded that the application of leachate to the soil in strawberry cultivation is an alternative in yield and fruit quality.

Keywords: *Fragaria x ananassa*, leachate, flowers, brix grades, stolons.

I. INTRODUCCIÓN

En México se cultivan 13,850 hectáreas de fresa con rendimiento promedio por hectárea de 45.54 toneladas, el principal estado productor de este cultivo es Michoacán con 10,119 hectáreas, el estado de Puebla cuenta con una superficie de 40 hectáreas y rendimiento de 12.7 toneladas por hectárea. Los principales municipios productores de fresa en el estado de Puebla son Tlalchichuca con 18.9 y San Nicolás Buenos Aires con 10.1 hectáreas (SIAP, 2017).

El cultivo de la fresa se puede fertilizar con productos químicos y orgánicos, en la actualidad existe una tendencia en la utilización de abonos orgánicos.

Los abonos se clasifican en turba, estiércoles, abonos verdes, residuos de cosecha, residuos orgánicos, industriales, desechos urbanos, compostas, vermicomposta, bocashi, entre otros. Los abonos orgánicos mejoran las características del suelo como son: estructura, disminuyen densidad aparente, aumentan porosidad, aireación, infiltración, disminuye escurrimiento superficial del agua y la erosión (Trinidad y Velasco, 2016).

En la zona de Teziutlán, Puebla, se cultivan diferentes hortalizas en invernaderos, sin embargo, esto puede ocasionar que el precio del producto disminuya en ciertas épocas del año. Una alternativa para diversificar la producción, es el establecimiento de fresa en invernadero. Por lo antes mencionado se realizó el presente trabajo de investigación con los siguientes objetivos e hipótesis.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Estudiar crecimiento vegetativo y reproductivo en flor y fruto en plantas de fresa variedad 'El Dorado'.

2.2. Objetivos específicos

Evaluar crecimiento vegetativo de hoja y estolones.

Cuantificar el número de floraciones en fresa variedad 'El Dorado'.

Determinar el rendimiento y calidad de fruto en fresa variedad 'El Dorado'.

III. HIPÓTESIS

El crecimiento vegetativo, rendimiento y calidad de fruto de fresa variedad 'El Dorado' depende del tipo de nutrición utilizada.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Taxonomía

La fresa pertenece a la familia de las *Rosáceas* y al género *Fragaria*. La familia *Rosáceas* incluye más de 2 mil especies de plantas herbáceas, arbustos y árboles distribuidos por las regiones templadas de todo el mundo. Se tienen documentadas más de mil variedades de fresa (Santoyo y Martínez, sin año).

4.2. Variedades

García *et al.* (2012) mencionan que existen diferentes variedades de fresa como son: 'Albión', 'El Dorado', 'Festival', 'Amiga', 'Fortuna', 'Honor', 'Sabrosa', entre otras.

La variedad de fresa 'El Dorado' su origen es estadounidense, con alta inmunidad a las enfermedades, resistencia al invierno y tolera bien el transporte, los frutos tienen una pulpa densa y jugosa (Mad Farmer, 2019).

4.3. Estadísticas

En el Cuadro 1 se muestran los estados productores de fresa en México.

Cuadro 1. Estados productores de fresa en México.

Estado	Superficie (ha)	Rendimiento t·ha ⁻¹
Aguascalientes	70.82	47.1
Baja California	1,869.00	49.04
Baja California Sur	209.5	47.66
Chihuahua	1.75	42.71
Guanajuato	1,093.00	52.76
Jalisco	51	33.14
México	347.6	22.51
Michoacán	10,119.70	47.92
Morelos	7	13.7
Oaxaca	7.5	23
Puebla	40.41	12.77
San Luis Potosí	2	3.4
Tlaxcala	3	45.11
Veracruz	4	9.55
Zacatecas	24.5	12.29
Total	13,850.78	47.54

Fuente: SIAP (2017)

En el Cuadro 2, se presentan los municipios productores de fresa en el estado de Puebla.

Cuadro 2. Municipios productores de fresa en el estado de Puebla.

Municipio	Superficie (ha)	Rendimiento t · ha⁻¹
Cuyoaco	1	12.1
San Nicolás Buenos Aires	10.1	9.64
Tlachichuca	18.91	8.75
Chignahuapan	7.5	24
Zacatlán	2.9	21.12
Total	40.41	12.77

Fuente: SIAP (2017)

4.4. Nutrición vegetal

La nutrición vegetal es la ciencia que estudia la función que tienen los elementos químicos en el metabolismo de las plantas, la absorción de los elementos químicos y la distribución de los elementos dentro de la planta (Díaz, 2002).

A continuación se indican las funciones de los elementos en la fisiología de las plantas (Alcantar y Trejo, 2007).

Carbono. Principal constituyente de la materia viva y consecuentemente de todas las biomoléculas de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.

Oxígeno. Se encuentra en todas las biomoléculas. Aproximadamente el 90 % del oxígeno consumido en la célula es utilizado en la respiración (fosforilación oxidativa).

Hidrogeno. Está presente en todas las biomoléculas. Es importante en el equilibrio iónico y del pH. Participa en reacciones redox y en el intercambio de energía en la célula.

Nitrógeno. Importante componente de todas las proteínas y ácidos nucleicos. Está presente en coenzimas, nucleótidos, amidas, ureidos y en la clorofila entre otros.

Fósforo. Forma parte de los ácidos nucleicos y participa en la síntesis de proteínas. Como constituyente del ATP y muchas coenzimas (NAD, FAD) interviene en todos los procesos metabólicos de transferencia de energía.

Potasio. Es activador o cofactor de más de 50 enzimas del metabolismo de carbohidratos y proteínas. Participa en el equilibrio iónico y en la regulación osmótica.

Calcio. Es importante en la división celular y en la estabilidad de membrana y pared celular. Asociado con proteínas (calmodulinas) cumple funciones de mensajero secundario.

Magnesio. Participa como cofactor o activador en muchas reacciones enzimáticas. Se asocia al ATP en la transferencia de energía y es componente de la clorofila.

Azufre. Se encuentra presente en muchas proteínas y como el fósforo participa en reacciones de intercambio de energía.

Hierro. Es componente de muchas enzimas y juega un papel importante en la transferencia de electrones (reacciones redox), como en los citocromos, en las cadenas de transporte electrónico.

Manganeso. Es constituyente de algunas enzimas y activador de descarboxilasas y deshidrogenasas de la respiración.

Zinc. Cataliza la liberación de oxígeno en la fotólisis del agua. Componente esencial y activador de numerosas enzimas. Es necesario para la biosíntesis de la clorofila y ácido indolacético.

Cobre. Componente y activador de muchas enzimas y constituyente de la plastocianina.

Boro. Participa en el metabolismo y transporte de carbohidratos y en la síntesis de la pared celular.

Molibdeno. Es importante en la asimilación de nitrógeno, como constituyente de la nitrato reductasa y de la nitrogenasa.

Cloro. Se requiere en fotosíntesis y en la fotólisis del agua. Participa en la división celular.

Níquel. Constituyente de la enzima ureasa.

4.5. Fertilización química

Un fertilizante es cualquier material natural o industrializado, que contenga al menos 5 % o más de los tres nutrientes primarios (N, P, K). Los fertilizantes químicos que se pueden encontrar en el mercado son sulfato de amonio, urea, superfosfato simple, sulfato de potasio, mezclas físicas, entre otros (FAO, 1992).

4.6. Fertilización orgánica

Julca *et al.* (2006) mencionan que la materia orgánica es el sustento de la agricultura orgánica, también se le conoce con el nombre de humus y es la parte orgánica que cumple un papel esencial en el suelo, tiene efectos físicos en el suelo, forma agregados, estabilidad estructural, favorece la penetración del agua y disminuye la erosión. La materia orgánica incrementa el desarrollo de microorganismos como bacterias, actinomicetos y hongos.

Trinidad y Velasco (2016) mencionan que los abonos orgánicos se clasifican en turba, estiércoles, abonos verdes, residuos de cosechas, residuos orgánicos industriales, desechos orgánicos urbanos, compostas, vermicompostas, bocashi, entre otros.

En el Cuadro 3 se presenta la composición química de estiércoles y compostas.

Cuadro 3. Composición química de estiércoles y compostas.

Determinación	Vacuno	Gallinaza	Lombricomposta
N	1 - 3 %	2.5 - 5 %	2.50 %
P	0.2 - 1 %	1 - 3.5 %	0.80 %
K	1 - 4 %	1.5 - 4 %	1.90 %
Ca	1.5 - 5 %	2.7 - 8.8 %	8 %
Mg	0.4 - 1.2 %	0.5 - 1.5 %	1.50 %

Fuente: Trinidad y Velasco (2016)

4.7. Lombricomposta

Es un método de composteo en donde se utilizan lombrices, proporciona a los suelos permeabilidad, aumenta la retención de agua y presenta una elevada cantidad de microorganismos (Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, 2008).

En la actualidad se utilizan las compostas para recuperar la fertilidad de los suelos, ya que aportan nitrógeno, fosforo, potasio, hierro, manganeso, zinc, entre otros. También generan beneficios biológicos al suelo, al aumentar el número de artrópodos (Ramos *et al.* 2018).

Como subproducto de las compostas y lombricompostas están los lixiviados los cuales se utilizan en la agricultura (PROMIX, 2019).

4.8. Lixiviados

El lixiviado de compostas es una mezcla de materia orgánica estabilizada y agua; este se produce cuando se mezcla composta

más agua y se fermenta por un periodo definido de tiempo (PROMIX, 2019).

4.9. Trabajos de investigación en fresa y otros cultivos

Romero *et al.* (2012) evaluando fertilización orgánica y química en fresa en invernadero mencionan que el número de estolones por planta y largo de estolones no se modifican estadísticamente por el tratamiento utilizado (fertilizante químico, ácidos fúlvicos, reguladores de crecimiento y vermicomposta) tampoco se encontraron efectos en el número de frutos. Las características físicas de fruto dependieron del tratamiento utilizado.

Pérez *et al.* (2017) evaluando calidad de fruta de fresa indican que el peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, grados brix, pH, antocianinas y los índices de color en fruto dependen de la localidad donde se cultive la fresa.

Martínez *et al.* (2008) evaluando seis variedades de fresa encontraron que el rendimiento por hectárea, porcentaje de frutas de exportación, características químicas de fruto dependen del cultivar de fresa evaluado.

Salas *et al.* (1995) evaluando dosis de fertilización nitrogenada de 100 a 400 t·ha⁻¹ encontraron el mayor rendimiento de fruto por hectárea con la dosis de 400 kilos de nitrógeno por hectárea aplicando la fórmula 22-7-10 y menor rendimiento con el testigo sin aplicación.

Estrada y López (2009) estudiando tratamientos químicos al suelo mencionan que la variedad de fresa 'El Dorado' obtuvo peso de fruto de 21.5 a 22.4 g y rendimientos de fruto por cama de siembra de 64 a 172 kg.

Maraña *et al.* (2018) aplicando lixiviados de lombriz en Chile jalapeño mencionan que los rendimientos de frutos más altos se lograron con la aplicación de 4800 L·ha⁻¹ de lixiviado con riego por goteo.

Barrera *et al.* (2011) evaluando fertilizaciones orgánicas con micorrizas, bocashi, biol, lombriabono, fertilización química en plátano 'Hartón' mencionan que en el primer ciclo de evaluación no se presentaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) en número de hojas, perímetro de tallo y altura de planta. En el segundo ciclo los valores más bajos se lograron en el testigo. En el primer ciclo el mayor peso de racimo fue con la utilización de micorrizas más lombriabono más biol y en el segundo ciclo con fertilización química a base de nitrógeno, fósforo y potasio se logró mayor rendimiento y calidad de fruto.

Álvarez *et al.* (2010) utilizando fertilización química más abonos orgánicos en el cultivo de maíz encontraron mayor rendimiento de grano con fertilización química (N-P) más humus de lombriz con 3,029 kg, fertilización química más bocashi 2,900 kg, fertilización química más composta de 2,747 kg y de 2,461 kg cuando sólo se fertilizó con producto químico.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Área experimental

El experimento se llevó a cabo en la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, localizada en la junta auxiliar de San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, a 1,600 msnm, dentro de la coordenadas geográficas: $19^{\circ} 52' 33''$ de latitud Norte y $97^{\circ} 21' 38''$ de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich; el clima corresponde a templado húmedo con lluvias todo el año y rango de temperaturas de 12°C a 22°C (INEGI, 2009).

En la Figura 1 se muestra la ubicación de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica donde se realizó el experimento.



Figura 1. Localización de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica.

5.2. Material vegetativo

En el experimento se utilizaron plantas de Fresa (*Fragaria x ananassa*) variedad 'El Dorado'.

5.3. Establecimiento del cultivo

El experimento se estableció del primero de abril al día primero de agosto de 2019, en un invernadero tipo macro túnel con dimensiones de 20 m de largo por 14 m de ancho. Las plantas se sembraron en bolsas de polietileno negras con medidas de 30 x 40 cm y el sustrato utilizado fue 50 % tierra de monte más 25 % estiércol más 25 % arena.

El manejo de plagas y enfermedades se realizó con el insecticida que se utilizó fue Spirodiclofen 2 mL·L⁻¹ y el fungicida Trifloxystrobin 0.5 mL·L⁻¹, la aplicación fue al follaje a punto de goteo con aspersora manual de 5 L. El riego que se empleó fue manual con manguera (1 L por planta) cada 7 días.

5.4. Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar con 4 tratamientos y 10 repeticiones.

En el Cuadro 4 se presenta el diseño de tratamientos en el cultivo de fresa con diferentes dosis de nutrición.

Cuadro 4. Diseño de tratamientos.

Tratamiento	Descripción
T1	Testigo sin aplicación
T2	Fertilización química con la fórmula 18-9-18, 4 g por planta cada mes
T3	Lixiviado de lombriz 12 mL cada 7 días
T4	Lixiviado de lombriz 12 mL cada 14 días

En el Cuadro 5 se presenta el contenido mineral, del lixiviado utilizado.

Cuadro 5. Composición fisicoquímica del lixiviado utilizado.

Composición Fisicoquímica	
N total	0.06 %
Fosforo (P₂ O₅)	0.02 %
Potasio (K₂O)	0.45 %
Calcio	0.20 %
Magnesio	0.05 %
Azufre	0.15 %
Carbono Orgánico	19.40 %
Materia Orgánica	33.50 %
pH	7.70 %
Conductividad eléctrica	7.90 ds · m ⁻¹

En el Cuadro 6 se presentan los resultados e interpretación del análisis de suelo.

Cuadro 6. Resultados del análisis de suelo.

Variable	Valor	Interpretación
Textura	Franco arenosa	
pH	5.40	Fuertemente ácido
Materia orgánica	39.82 %	Alto
Fósforo	29 p.p.m.	Medio
Nitrógeno	1.99 %	Alto
Potasio	215 p.p.m.	Medio
CIC	6.35 meq/100 g	Medio

5.5. Variables a evaluar

Cada 8 días se evaluaron:

Número de hojas maduras. Se contó el número de hojas con longitud mayor de 1 cm.

Número de flores por planta. Se contaron el número de flores abiertas con pétalo blanco por planta.

Días de flor a fruto. El conteo se realizó una vez, se marcaron diez flores abiertas con pétalo blanco por tratamiento y se contó el número de días de flor abierta a fruto maduro (color rojo).

Número de frutos verdes. Se contaron el número de frutos verdes por planta.

Número de estolones. Se contaron el número de estolones por planta.

A partir de que el fruto logró un color rojo se cosechó y se evaluó:

Número de frutos cosechados por planta. De cada planta se cosecharon y contaron los frutos.

Se realizaron nueve cosechas de fruto, de cada tratamiento se tomaron diferente número de frutos maduros y se evaluó:

Peso de fruto. Se pesó el fruto en una balanza digital marca Scout Pro®.

Grados Brix. Se evaluaron los °Brix en fruto, de cada fruto se obtuvieron tres gotas de jugo y con ayuda de un refractómetro digital marca Hanna® se midieron.

5.6. Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias por el método de Tukey ($P \leq 0.05$).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Número de hojas, flores, frutos verdes, estolones y frutos maduros

El 13 de junio de 2019 el número de hojas, número de flores, número de frutos verdes, número de estolones y número de frutos maduros fueron estadísticamente ($P \leq 0.05$) iguales (Cuadro 7).

Cuadro 7. Promedio de número de hojas (NH), número de flores (NF), número de frutos verdes (NFV), número de estolones (NE) y número de frutos maduros (NFM) en fresa variedad 'El Dorado' con nutrición orgánica y química. 13 de junio de 2019.

Tratamiento	NH	NF	NFV	NE	NFM
Testigo	22.0 a	2.1 a	2.9 a	0.5 a	0.0 a
Químico	23.2 a	3.1 a	2.7 a	0.3 a	0.1 a
Lixiviado cada 7 días	19.6 a	1.8 a	1.7 a	0.0 a	0.2 a
Lixiviado cada 14 días	21.5 a	2.5 a	2.5 a	0.2 a	0.1 a
CV	42.66	66.25	92.16	276.29	299.30
DMSH	11.41	1.93	2.80	0.90	0.39

Medias con las mismas letras en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMSH: diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación.

El 2 de agosto de 2019 el número de flores, número de frutos verdes, número de estolones y número de frutos maduros no presentaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Promedio de número de flores (NF), número de frutos verdes (NFV), número de estolones (NE) y número de frutos maduros (NFM) en fresa variedad 'El Dorado' con nutrición orgánica y química. 02 de agosto de 2019.

Tratamiento	NF	NFV	NE	NFM
Testigo	1.7 a	2 a	1 a	2.3 a
Químico	2.3 a	2.8 a	4.3 a	3.2 a
Lixiviado	1.2 a	3.2 a	3.3 a	2 a
cada 7 días				
Lixiviado	2.2 a	2 a	5 a	4 a
cada 14 días				
CV	48.3	66.1	90.7	55.1
DMSH	1.9	3.2	15.4	3.4

Medias con las mismas letras en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DSMH: diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación.

6.2. Días de flor a fruto maduro

El número promedio de flor a fruto fue de 22 a 28 días (Cuadro 9).

Cuadro 9. Número de días de flor abierta con pétalo blanco a cosecha de fruto.

Tratamiento	NDPFF (20 de junio al 12 de julio)	NDPFF (20 de junio al 18 de julio)
Testigo	22 (4 frutos)	28 (6 frutos)
Químico	22 (5 frutos)	28 (4 frutos)
Lixiviado cada 7 días	22 (5 frutos)	28 (2 frutos)
Lixiviado cada 14 días	22 (2 Frutos)	28 (8 frutos)

NDPFF (Número de días promedio de flor a fruto).

6.3. Peso de fruto y grados Brix

El 19 de junio de 2019 el peso de fruto fue de 8.2 a 11.7 g sin diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) y los °Brix de 9.2 a 11.4 sin diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Promedio de peso de fruto y °Brix en fresa variedad 'El Dorado' con nutrición orgánica y química. 19 de junio de 2019.

Tratamiento	Peso de fruto	° Brix
Testigo	9.2 a	9.2 a
Químico	11.7 a	9.2 a
Lixiviado cada 7 días	8.2 a	11.4 a
Lixiviado cada 14 días	9.9 a	9.3 a
CV	50.9	27
DMSH	9.4	4.9

Medias con las mismas letras en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMSH: diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación.

El 6 de agosto de 2019 el peso de fruto fue de 5.2 a 12.1 g sin diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) y los °Brix de 10.1 a 12.1 sin diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 11).

Cuadro 11. Promedio de peso de fruto y °Brix en fresa variedad 'El Dorado' con nutrición orgánica y química. 06 de agosto de 2019.

Tratamiento	Peso de fruto	° Brix
Testigo	12.1 a	10.4 a
Químico	7.3 a	10.1 a
Lixiviado cada 7 días	5.2 a	12.1 a
Lixiviado cada 14 días	7.6 a	10.7 a
CV	51.5	39.2
DMSH	6.5	7

Medias con las mismas letras en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMSH: diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación.

6.4. Número de flores, frutos verdes y maduros acumulados y promedio de diferentes fechas en peso de fruto, grados Brix y estolones

El número de flores acumuladas, número de frutos verdes acumulados y número de frutos maduros acumulados fueron mayor con la fertilización química sin presentar diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos. El mayor promedio de peso de fruto fue de 10.4 con fertilización química sin presentar diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$). El promedio en °Brix y número de estolones totales no presentó diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 12).

Cuadro 12. Número de flores acumuladas (NFA), número de frutos verdes acumulados (NFVA), número de frutos maduros acumulados (NFMA), promedio de peso de fruto (PPF), promedio en °Brix (P°B) y número de estolones totales (NET), en plantas de fresa, en diferentes fechas de evaluación.

Tratamiento	NFA	NFVA	NFMA	PPF	P°B	NET
Testigo	14.9 a	29 a	14 a	9.7 a	11 a	0.6 a
Químico	22.1 a	43.8 a	18.3 a	10.4 a	8.3 a	0.7 a
Lixiviado cada 7 días	15.8 a	25.7 a	11.6 a	9.5 a	10.1 a	0.4 a
Lixiviado cada 14 días	16.5 a	27.5 a	13 a	9.7 a	9.6 a	0.5 a
CV	70.47	64.8	64.34	17.5	27.7	163.7
DMSH	14.9	25.3	11.6	2	3.2	1.1

Medias con las mismas letras en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMSH: diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación.

El número de hojas y número de flores se modificó por la fecha de evaluación y tratamiento utilizado. Este comportamiento debido al crecimiento de las plantas de fresa y a la nutrición aplicada.

Cantero *et al.* (2015) evaluando abonos orgánicos y químicos en berenjena mencionan que la aplicación de lombriabono, composta, lixiviado de humus de lombriz, mezcla de lombricomposta más composta más lixiviado, fertilización química con urea más DAP y el testigo sin aplicación no tienen efecto en altura de planta, diámetro de tallo, área foliar y días a cosecha.

Por otra parte Arancon *et al.* (2004) evaluando lombricompostas en fresa variedad 'Chandler' encontraron que el número de flores

por planta fue de 8 con fertilización química a 11 con lombricomposta ($10 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$), el peso de fruto fue de 23 g con $10 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ de lombricomposta de desechos de comida a 25 g con $10 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ con lombricomposta de desechos de papel.

El número de frutos verdes y número de frutos maduros cosechados no presentaron diferencias estadísticas en las diferentes fechas de evaluación. Es posible que este comportamiento se debió a que las dosis de nutrición lograron un efecto en rendimiento homogéneo. Por otra parte, resultados diferentes encontraron.

Cantero *et al.* (2015) estudiando nutrición orgánica y química en fresa mencionan que el rendimiento por hectárea osciló de 22.83 toneladas en el testigo a 39.19 toneladas con aplicación de composta.

Wang *et al.* (2017) evaluando nutrición en jitomate mencionan que el rendimiento de fruto depende de la nutrición química y orgánica y de los años de evaluación. El mayor rendimiento de fruto por planta después de 20 años fue con composta y con vermicomposta.

Gayathri y Annamalai (2017) aplicando vermicompostas en jitomate en dosis por planta de 15, 17, 19 y 21 g., encontraron el mayor número de hojas con 28.67 en el tratamiento de 19 g de vermicomposta, y el mayor número de frutos por planta con el tratamiento de 19 g y menor en el testigo sin vermicomposta.

El número de estolones por planta no presentó diferencias estadísticas. Romero *et al.* (2012), evaluando fertilización química y orgánica en fresa en invernadero de febrero a mayo y de junio a septiembre encontraron el número de estolones por planta de 19 a 51.

El peso de fruto y °Brix no mostró diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$). Este comportamiento posiblemente debido a la nutrición, ambiente y características genéticas de las plantas. Cantero *et al.* (2015) indica que las características físicas de fruto dependieron de la nutrición utilizada. Por otra parte Romero *et al.* (2012) evaluando fertilización química y orgánica en fresa en invernadero de febrero a mayo y de junio a septiembre encontraron peso total de fruto de 135 a 189 g por planta y número de frutos por planta de 20 a 32 g. Pérez *et al.* (2017) mencionan que la calidad y rendimiento de fresa se modifica por las condiciones climáticas, el peso de fruto fue de 16.18 a 22.20 g y °Brix de 5.75 a 8.51.

El número de flores acumuladas, número de frutos verdes acumulados, número de frutos maduros acumulados y el peso promedio de fruto de todas las fechas, no presentaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$). Resultados diferentes encontraron Salas *et al.* (1995) evaluando fertilización química en fresa mencionan que el rendimiento por hectárea depende de la dosis de fertilización aplicada, el mayor rendimiento fue de 50 toneladas por hectárea con la fórmula 22-7-10 y menor de 33 toneladas en el testigo.

VII. CONCLUSIONES

El número de hojas en todas las fechas de evaluación no presentó diferencias estadísticas.

Los valores acumulados en número de flores, número de frutos verdes y número de frutos maduros no se afectaron por los tratamientos utilizados.

El peso de fruto y contenido de °Brix no se afectó por la nutrición utilizada.

El número de estolones por planta osciló de 0.4 a 0.7.

La aplicación de lixiviados es una alternativa en el cultivo de fresa en rendimiento y calidad de fruto.

VIII. LITERATURA CITADA

- Alcantar G. G.; L. I. Trejo T. 2007 Nutrición de cultivos. Mundi-Prensa. México 438 p.
- Alvarez-Solis J. D.; D. A. Gómez-Velazco; N. S. León-Martínez; F. A. Gutiérrez-Miceli. 2010. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia* 44(5):675-586.
- Arancon N. Q.; C. A. Edwards, P. Bierman, C. Welch, J. D. Metzger. 2004. Influences of vermicompost on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology* 93: 145-153.
- Barrera J. L., E. M. Combatt, Y. L. Ramírez. 2011. Efecto de abonos orgánicos sobre el crecimiento y producción de plátano Hartón (*Musa* AAB). *Revista colombiana de ciencias hortícolas* 5(2):186-194.
- Cantero R. J., Espitia N., C. Cardona A., C. Vergara C., H. Aramendíz T. 2015. Efectos del compost y lombriabono sobre el crecimiento y rendimiento de berenjena *Solanum melongena*. *Revista de Ciencias Agrícolas* 32(2):56-67.
- Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. 2008. *Lombricomposta* (En línea). Disponible en: <http://www.cdi.gob.mx/dmdocuments/lombricomposta.pdf> (Revisado el 1 de septiembre de 2019)
- Díaz M. D. H., 2002. *Fisiología de árboles frutales*. AGT EDITOR, S.A.
- Estrada V. J. F., J. M. López A., 2009. Alternativas químicas al uso de bromuro de metilo en el cultivo de fresa. SEMARNAT. FAO. (1992). *Los fertilizantes y su uso*. Editorial FAO. 632p.
- García S. D., M. A. Andrade B. M., M. Becerril P. 2012. Los viveros de altura de planta de fresa en Castilla y León. *Vida RURAL*.

- Gayathri V., V. Annamalai. 2017. Effect of vermicompost on growth and yield of tomato. *European Journal of Pharmaceutical and Medical Research* 4 (9): 653-656.
- INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos (En línea). Disponible en: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21174.pdf (Revisado el 08 de septiembre de 2019)
- Julca O. A., L. Meneses F., R. Blas S., S. Bello A. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *IDESIA* 24(1): 49-61.
- Mad Farmer. 2019. Las mejores variedades de fresas grandes. (En línea). Disponible en: <https://es.madlovefarms.com/3370-the-best-varieties-of-large-strawberries> (Revisado el 1 de septiembre de 2019)
- Maraña S. J. A., E. Castellanos P., C. Vazquez V., J. J. Martinez R., H. I. Trejo E., M. A. Gallegos R., I. Orona C. 2018. Rendimiento de chile jalapeño con lixiviado de lombriz con dos métodos de riego. *Terra Latinoamericana* 36(4):345-354.
- Martínez B. M., D. Nieto A., D. Téliz O., J Rodríguez A., M. T. Martínez D., H. Vaquera H., O. Carrillo M. 2008. Comparación cualitativa de fresas (*Fragaria x ananassa* Duch.) de cultivares mexicanos y estadounidenses. *Revista Chapingo serie horticultura* 14 (2): 113-119.
- Pérez de C. M., M. Ojeda., A Gimenez., M. Gonzales., A Hernández. 2017. Atributos en calidad en frutos de fresa "Capitola" cosechados en diferentes condiciones climáticas en Venezuela. *Bioagro* 29 (3): 163-174.
- PROMIX. (2019). Uso de lixiviado de compost en sustratos (En línea). Disponible en: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/uso->

del-lixiviado-de-compost-en-sustratos/ (Revisado el 22 de Febrero de 2019)

- Ramos O. C. A., A. E. Castro R., N. S. León M., J. D. Álvarez S., E. Huerta L. 2018. Lombricomposta para recuperar la fertilidad de suelo franco arenoso y el rendimiento de cacahuate (*Arachis hypogaea* L.). *Terra Latinoamericana* 37(1):45-55.
- Romero R. C. O., J. Ocampo M., E. Sandoval C., J. R. Tobar R. 2012. Fertilización orgánica-mineral en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananasa* Duch.) bajo condiciones de invernadero. *Ra Ximhai* 8 (3): 41-49.
- Salas R., E. Molina., A. Castro. 1995. Efecto de dosis y fuentes de fertilizantes nitrogenados de inmediata y lenta liberación en el cultivo de la fresa (*Fragaria x ananasa* cv. Chandler). *Agronomía Costarricense* 19 (2): 1-6.
- Santoyo J. J. A.; C. O. Martínez A. S N. Paquete tecnológico para la producción de fresa. Fundación produce Sinaloa.
- SIAP. (2017). Base de datos de estadísticas de fresa (En línea). Disponible en <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Revisado el 20 Febrero de 2019)
- Trinidad S. A.; J. Velasco V. 2016. Importancia De la materia orgánica en el suelo. *Agroproductividad* 9 (8): 52-58.
- Wang X.X., F. Zhao, G. Zhang, Y. Zhang, L. Yang. 2017. Vermicompost improves tomato yield and quality and the biochemical properties of soils with different tomato planting history in a greenhouse study. *Frontiers in Plant Science* 8:20-31.



Oficio No. IAH/829/2019

Asunto: Impresión de Tesis.

C. Guadalupe García Bandala
Egresada de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
PRESENTE

Con base en el dictamen emitido por el M.C. Guillermo Jesuita Pérez Marroquín (**Director de Tesis**), Dr. Raúl Berdeja Arbeu (**Asesor**), M.C. Pablo Zaldivar Martínez (**Asesor**), en su calidad de Consejo Particular, se autoriza la impresión de la tesis titulada:

"Fenología, calidad y rendimiento de fruto de fresa variedad ' El Dorado' con fertilización química y orgánica"

Correspondiente a la Licenciatura en Ingeniería Agrohidráulica.

Sin otro particular por el momento me despido de Usted.

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"

San Juan Acateno, Teziutlán, Pue., a 21 de noviembre de 2019


Dr. Armando Ibáñez Martínez
 Director de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica



c.c.p.- Archivo y Minutario
 DR. AIM/gra.