

Evaluación del compost orgánico producido en San Jorge la Laguna en el rendimiento del cultivo de Arveja China (*Pisum sativum L.*) variedad Kennedy, bajo las condiciones del municipio de Sololá.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Evaluación del compost orgánico producido en San Jorge la Laguna en el rendimiento del cultivo de Arveja China (*Pisum sativum L.*) variedad Kennedy, bajo las condiciones del municipio de Sololá.


Trabajo de graduación presentado por

Guillermo Rodolfo Pocop Tuy

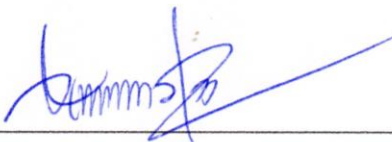
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología Agroforestal

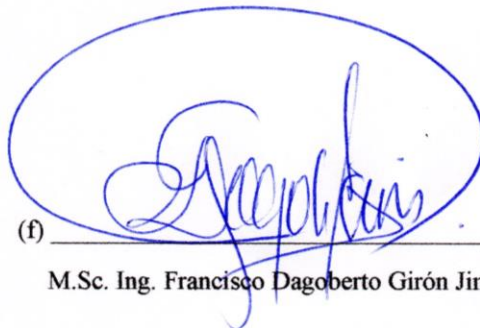
Guatemala, 2021

Vo. Bo.:

(f) 
M.Sc. Ing. Manuel Zacarías Ixmatá Guarchaj

Tribunal Examinador:

(f) 
M.Sc. Ing. Manuel Zacarías Ixmatá Guarchaj

(f) 
M.Sc. Ing. Francisco Dagoberto Girón Jiménez

(f) 
M.Sc. Ing. Alfredo Miron Nájera

Fecha de aprobación: Guatemala, 21 de enero de 2021.

CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMEN.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	2
III. OBJETIVOS	3
A. General.....	3
B. Específicos	3
IV. HIPÓTESIS.....	4
V. MARCO TEÓRICO.....	5
A. Cultivo de Arveja China en Guatemala	5
B. Requerimientos nutricionales y edafoclimáticos del cultivo de Arveja China.....	5
C. Relación suelo planta.....	6
D. Efectos de los residuos orgánicos sobre los suelos.....	6
1. Efecto sobre las propiedades físicas	7
2. Efecto sobre las propiedades químicas	7
3. Efectos sobre las propiedades microbiológicas y bioquímicas.....	7
E. Compostaje	7
F. Consideraciones para la aplicación de compost	7
G. Dosis de compost orgánico utilizadas en la agricultura.....	8
H. Leyes que rigen la nutrición vegetal.....	10
1. Ley de los rendimientos decrecientes	10
2. Ley del mínimo	10
VI. METODOLOGÍA	11
A. Caracterización del lugar	11
1. Localización.....	11
2. Ubicación geográfica	11
B. Características climáticas.....	11
1. Clima.....	11

2.	Suelo	11
3.	Precipitación.....	12
4.	Zona de vida.....	12
C.	Materiales.....	12
1.	Materiales de campo:	12
2.	Materiales de gabinete	12
3.	Material experimental	12
4.	Material vegetal	13
D.	Medición de variables.....	13
E.	Determinación de las dosis y frecuencias de aplicación del compost orgánico y del fertilizante químico a evaluar	14
F.	Programa de fertilización y tratamientos bajo estudio.....	14
G.	Diseño experimental	17
H.	Análisis e interpretación de datos.....	17
I.	Análisis económico	17
J.	Descripción de parcela experimental.....	17
K.	Manejo de la investigación	19
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	21
A.	Rendimiento Total (t/ha).....	21
B.	Curva de producción por tratamiento	22
C.	Longitud de vaina (cm).....	23
D.	Numero de granos por vaina	24
E.	Análisis económico	25
VIII.	CONCLUSIONES.....	27
IX.	RECOMENDACIONES.....	28
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	29
XI.	ANEXOS	31
Anexo 1.	Cronograma de actividades.....	31
Anexo 2.	Análisis de laboratorio del compost producido en San Jorge la laguna realizado en el año 2015.	33
Anexo 3.	Análisis de laboratorio del compost producido en San Jorge la laguna realizado en el año 2017.	34
Anexo 4.	Análisis de laboratorio del compost producido en San Jorge la laguna realizado en el año 2020.	35

Anexo 5. Análisis de suelo de la parcela experimental realizado en el año 2020.	36
Anexo 6. Croquis de la ubicación de la planta de manejo de desechos sólidos de San Jorge la laguna en donde se produce el compost.	37
Anexo 7. Croquis de la ubicación de la parcela experimental en donde se desarrolló la investigación.	38
Anexo 8. Presupuesto con los costos directos e indirectos.	39
Anexo 9. Flujos de caja y parámetros financieros de los tratamientos en estudio.	41
Anexo 10. Fotografías de la fase de campo.	43

LISTA DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Área, producción y rendimiento del cultivo de Arveja China.	5
Cuadro 2. Requerimientos de fertilización de Arveja China	5
Cuadro 3. Condiciones edafoclimáticas favorables para el cultivo de hortalizas de exportación....	6
Cuadro 4. Parámetros del compostaje	8
Cuadro 5. Dosis referenciales de enmiendas orgánicas a emplear en hortalizas en función de su necesidad de N (Kg de N a aplicar por tonelada producida).	9
Cuadro 6. Resultados del análisis de suelo de la parcela experimental.....	11
Cuadro 7. Valores del análisis de abono orgánico actualizado durante el 2020	13
Cuadro 8. Programa de fertilización	14
Cuadro 9. Tratamientos bajo estudio	16
Cuadro 10. Umbrales de acción de plagas en Arveja China.....	20
Cuadro 11. Análisis de varianza para el rendimiento total (t/ha) de Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.....	21
Cuadro 12. Prueba Tukey para el rendimiento total (t/ha) de Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.....	21
Cuadro 13. Análisis de varianza para la longitud de vainas (cm) de Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.....	23
Cuadro 14. Prueba Tukey para la longitud de vaina (cm) de Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.....	23
Cuadro 15. Análisis de varianza número de granos por vaina (cm) de Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.....	24
Cuadro 16. Prueba Tukey para número de granos por vaina de Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.....	25
Cuadro 17. Resumen del análisis económico de la evaluación Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.....	26

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Conservación de la fertilidad en el suelo.	7
Figura 2. Croquis de la parcela experimental.	18
Figura 3. Croquis parcela neta de muestreo.....	19
Figura 4. Rendimiento total (t/ha) de Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.	22
Figura 5. Curva de producción en (t/ha) de Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.....	22
Figura 6. Longitud de vainas de Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.....	24
Figura 7. Número de granos por vaina de Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.....	25
Figura 8. Recolección de muestras del compost de la Aldea San Jorge la Laguna para su análisis de laboratorio.	43
Figura 9. Montaje de la parcela experimental.....	43
Figura 10. Abonado con compost por surco a 20 cm de profundidad, 15 días antes de la siembra.	43
Figura 11. Abonado químico a la siembra, tratamiento D.....	44
Figura 12. Identificación de mosca minadora (<i>Liriomyza huidobrensis</i>) 15 días después de la siembra.	44
Figura 13. Abonado químico a los 25 días después de la siembra, tratamiento D.	44
Figura 14. Desarrollo del cultivo a los 35 días después de la siembra.	45
Figura 15. Aporque y deshierbe en el cultivo.	45
Figura 16. Desarrollo del cultivo a los 55 días después de la siembra.	45
Figura 17. Medición de variables por tratamiento durante cada corte.	46
Figura 18. Conteo de granos por vaina.....	46
Figura 19. Medición de longitud de vaina en centímetros.....	46
Figura 20. Medición de pesos por vaina en gramos.....	47
Figura 21. Primer corte del cultivo de Arveja China.	47

RESUMEN

La presente investigación se realizó con la finalidad de evaluar el compost orgánico producido en el centro de manejo de desechos sólidos de la Aldea de San Jorge la Laguna, en el rendimiento del cultivo de Arveja China (*Pisum sativum L.*) variedad Kennedy, las variables de respuesta fueron rendimiento total (t/ha), longitud de vainas (cm) y número de granos por vaina, se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones, el tratamiento (A) estuvo conformado por 4.9 t/ha, el (B) con 6.6 t/ha y el (C) con 8.3 t/ha de compost orgánico, el (D) 10-50-0 y sulfato de amonio, en el caso del tratamiento (E) fue el testigo, los resultados se sometieron a análisis de varianza, los cuales comprobaron que hubieron diferencias significativas para las tres variables evaluadas, por lo que se rechazó la hipótesis nula, el tratamiento con los mejores resultados fue el que recibió el programa de abonado químico con un rendimiento total de 6.73 t/ha, en el caso de los tres tratamientos con fertilización con compost sobresalió el tratamiento (B) con un rendimiento total de 5.89 t/ha, el análisis económico demostró que la mejor rentabilidad la obtuvo el tratamiento (D) con una relación beneficio costo de Q2.11, mientras que el tratamiento B demostró ser rentable también con una relación beneficio costo de Q1.67, no obstante, el compost demostró ser mejor que el testigo por lo tanto puede ser una alternativa para implementarse dentro del programa de nutrición del cultivo de Arveja China.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día surge la preocupación por la generación masiva de desechos sólidos a nivel mundial, tanto en los centros urbanos como rurales se producen grandes cantidades de residuos orgánicos de origen doméstico, forestal y agropecuario, por lo que se han creado esfuerzos por implementar industrias de compostaje para contrarrestar los niveles de contaminación mediante la autogestión y aprovechamiento de los residuos.

En el departamento y municipio de Sololá se ubica la Aldea de San Jorge la Laguna, forma parte de la Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán, actualmente prevalecen diversas problemáticas ambientales en la mencionada cuenca, ocasionadas principalmente por el mal manejo de los desechos sólidos y líquidos, cada habitante genera 1.45 libras de desechos sólidos al día, el 50% de los desechos son de origen orgánico lo que equivale a 17, 260.36 toneladas métricas por año solo en el municipio de Sololá (Pro Atitlán, 2016), sin embargo, en el departamento solo existen siete centros de manejo de desechos orgánicos, el modelo de gestión ambiental de San Jorge la Laguna sobresale debido a su nivel de organización comunitaria que ha logrado establecer, cada familia es responsable de clasificar y transportar sus desechos sólidos hasta el centro de acopio que se ubica en la comunidad para ser procesada, el centro de manejo de desechos además de buscar la sostenibilidad a partir de la venta de materiales reciclables y composta orgánica, ha contribuido considerablemente a minimizar la contaminación de los afluentes de agua que desembocan en el lago de Atitlán, a través de la recolección de más de 214.12 toneladas por año entre desechos no reciclables, reciclables y orgánicos (Pro Atitlán, 2017), esto significa que más de 200 toneladas de basura son tratadas y aprovechadas evitando el daño del entorno natural, la materia orgánica es manejada a través del proceso de compostaje el cual es comercializado a nivel local, no obstante, la demanda del compost orgánico es mínima debido a la desconfianza que genera en los agricultores al no conocer los resultados que pueda obtener, por ende, la presente investigación fue enfocada a la evaluación de la potencialidad que puede ofrecer el compost orgánico producido en la planta de desechos sólidos de San Jorge la Laguna en el rendimiento del cultivo Arveja (*Pisum sativum L.*) variedad Kennedy, bajo las condiciones del municipio de Sololá, el compostaje se define como la mezcla de materia orgánica en descomposición, como la procedente de hojas y estiércol, que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes (FAO, 2009), básicamente es un proceso que imita a la naturaleza en la transformación de todo tipo de material de origen orgánico en menor tiempo y con técnicas agronómicas, sucede en los ecosistemas naturales cuando especies de flora y fauna terminan su ciclo de vida, al morir se degradan gracias a los macro y micro organismos para luego integrarse nuevamente al suelo aportando nutrientes y mejorando sus propiedades fisicoquímicas.

II. JUSTIFICACIÓN

La Aldea de San Jorge la Laguna del municipio de Sololá cuenta con una planta de manejo de desechos sólidos, implementada en el año 2008, la población genera 225.39 toneladas/año de desechos, de esta cantidad 214.12 t/año son tratadas en la planta, de la cual 135.23 toneladas (60%) son desechos orgánicos y 90.16 toneladas (40%) desechos inorgánicos (Pro Atitlán, 2016), la mayor parte de los residuos producidos son de tipo orgánico, la materia orgánica es aprovechada mediante un sistema de compostaje aerobio, la producción anual de compost comercial es de 43.54 toneladas, cuando se dio inicio a la comercialización del compost se ofertó a Q.90.00, sin embargo, el precio se ha reducido en los últimos años por la baja demanda que tiene el producto, en la actualidad el precio es de Q.45.00 en su presentación de un saco de 50 kilogramos, los clientes suelen ser pequeños productores locales de hortalizas, frutales y también es utilizado en jardinería, por lo que no tiene un mercado fijo, cabe resaltar que el compost cuenta con varios análisis de laboratorio a través de los años de producción, que demuestran que posee macro y micronutrientes (Ver anexo, 2 y 3), por su parte (Pro Atitlán, 2018) realizó 5 series de análisis fisicoquímicos a los abonos, obteniendo San Jorge la Laguna «las mejores características en comparación con otras plantas de tratamiento», no obstante, la desconfianza de los agricultores por adquirir este tipo de abonos orgánicos surge a partir del desconocimiento que se tiene en cuanto a los efectos que tendrá una vez implementado en su parcela de cultivo en comparación con un fertilizante químico, el 94% de productores utilizan productos químicos como insumos principales para la producción agrícola (Morales, 2011), los fertilizantes químicos por su lado presentan la desventaja de que, en condiciones de exceso de agua en el suelo, los nutrientes pueden contaminar aguas superficiales y subterráneas por erosión o lixiviación, de acuerdo a una encuesta dirigida a 18 productores del municipio de Sololá indica que, respecto a la pregunta, si estarían dispuestos en comprar abonos orgánicos de plantas Municipales, el 72% manifestó que, si lo compraría, un 17% no contestó y un 11% no lo compraría los que respondieron sí, lo comprarían bajo las condiciones de conocer sus resultados en parcelas demostrativas y de tener análisis de laboratorio (Pro Atitlán, 2015).

La auto sostenibilidad del proyecto comunitario de San Jorge la Laguna depende en cierta medida de los ingresos que puedan producir, la poca promoción y divulgación de los productos generados en San Jorge la Laguna ha contribuido a que la misma población del departamento de Sololá desconozca del trabajo que se realiza, siendo esta otra de las razones principales del bajo consumo del compost por parte de productores, por ende, es de suma importancia generar información a través de la evaluación del compost como abono orgánico frente a una abonado químico en el rendimiento en este caso del cultivo de Arveja China (*Pisum sativum L.*) que compruebe que puede ser una alternativa para contrarrestar el uso abonos de origen sintético, conociendo el impacto que provocan en la Cuenca del Lago de Atitlán, es de carácter urgente implementar nuevas prácticas de producción, retomando conocimientos ancestrales integrados con conocimientos científicos para hacerlos más eficientes y contribuir de forma directa o indirecta con la continuidad y sostenibilidad del centro de manejo de desechos sólidos de San Jorge la Laguna.

III. OBJETIVOS

A. General

Evaluar el potencial del compost orgánico producido en la planta de desechos sólidos de San Jorge la Laguna en el rendimiento del cultivo de Arveja China (*Pisum sativum L.*) variedad Kennedy, bajo las condiciones del municipio de Sololá.

B. Específicos

1. Determinar si la aplicación del abono orgánico producido en la planta de desechos sólidos de San Jorge la Laguna puede ser una alternativa ante el uso de abonos químicos en el cultivo de Arveja China (*Pisum sativum L.*).
2. Establecer la dosis de abono orgánico con mejores rendimientos en el cultivo de Arveja China (*Pisum sativum L.*) bajo las condiciones del municipio de Sololá.
3. Realizar un análisis económico de cada tratamiento en estudio.

IV. HIPÓTESIS

Hipótesis Nula (H_0): Todos los programas de fertilización producen el mismo efecto en el rendimiento del cultivo de Arveja China (*Pisum sativum L.*) a campo abierto, bajo las condiciones del municipio de Sololá.

Hipótesis Alternativa (H_a): Al menos uno de los programas de fertilización produce efectos distintos en el rendimiento del cultivo de Arveja China (*Pisum sativum L.*) a campo abierto, bajo las condiciones del municipio de Sololá.

V. MARCO TEÓRICO

A. Cultivo de Arveja China en Guatemala

La producción de esta leguminosa, en Guatemala, se centra en los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez, Huehuetenango, Sololá y Quiché, si bien la producción está centrada en los pequeños agricultores de la zona del altiplano, donde se estima que más de 25.000 agricultores de 200 comunidades, plantan alrededor de 4.500 manzanas de tierra (MAGA, 2014).

Mientras que las cifras para el año 2015 indican que la producción nacional de Arveja china se encuentra distribuida de la siguiente forma: Chimaltenango (69%), Sacatepéquez (21%), Quiché (3%), Baja Verapaz (2%), y los demás departamentos de la República suman el (5%) restante (MAGA, 2015).

Los rendimientos del cultivo de Arveja China en Guatemala del año 2007 al 2015 son recopilados en el Cuadro 1 según el (MAGA, 2015).

Cuadro 1. Área, producción y rendimiento del cultivo de Arveja China.

Año	Área cosechada (mz)	Producción (qq)	Rendimiento (qq/mz)	Rendimiento t/ha
2007	9,244	925,950	100.20	6.48
2008	9,600	930,606	96.90	6.25
2009	10,500	1,125,632	107.20	6.93
2010	10,390	841,974	81.00	5.21
2011	10,500	873,200	82.80	5.35
2012	10,800	914,100	84.80	5.48
2013	11,000	943,700	85.90	5.53
2014	11,200	993,500	88.70	5.71
2015	11,400	1,024,500	89.80	5.80
				Media 5.86 t/ha

Fuente: DIPLAN MAGA, con datos de BANGUAT, 2015.

B. Requerimientos nutricionales y edafoclimáticos del cultivo de Arveja China

El Instituto de Ciencia y Tecnología recomienda el siguiente plan de fertilización para Arveja China en Guatemala, sujeto a adaptarse según los resultados del análisis de suelo el cual se especifica en el Cuadro 2

Cuadro 2. Requerimientos de fertilización de Arveja China

Frecuencia Kg/ha	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Azufre
Al momento de la siembra	64	95			
25 días después de la siembra	18			64	7
45 días después de la siembra	18		106		7
Total	100	95	106	64	

Fuente: ICTA, 2010.

Las condiciones edafoclimáticas favorables para el cultivo de Arveja en Guatemala, se muestran en el Cuadro 3 a detalle, dichos factores que podrían influir en el desarrollo de la planta (Agrequima, 2012).

Cuadro 3. Condiciones edafoclimáticas favorables para el cultivo de hortalizas de exportación

Condiciones	Áreas favorables arveja
➤ Climáticas	
Temperaturas medias anuales	15-19 C
Precipitaciones anuales	De 1,100 a 1,800 mm anuales
➤ Topográficas	
Altitud sobre el nivel del mar	De 1,600 a 2,000 msnm
Pendientes	Menor a 25%
➤ Edáficas	
Drenaje	Buen drenaje
Profundidad efectiva	Delgado a muy profundo
Ph	5.5 a 6.5

Fuente: Agrequima, 2012.

C. Relación suelo planta

«La vida de las plantas no está desligada del suelo es así que ya no se ve al suelo tan sólo como el elemento que sostiene a la planta, sino como elemento interactuante para su desarrollo, de seguir perdiendo el suelo, que es lo que se está haciendo con la agricultura convencional, se agravarían los desequilibrios ecológicos ya existentes dentro del mismo, se perdería la fauna microbiana, el problema de plagas y enfermedades se acrecentaría y estaríamos ganando suelos descubiertos y pobres para la producción agrícola» (Kolmans, 1999).

Existen altas probabilidades que en un futuro cercano los suelos que hayan sido sobre explotados y mal manejados van a estar vulnerables a perder la capacidad por completo, de brindar las condiciones mínimas para el desarrollo de cultivos agrícolas, a tal punto de obtener suelos desérticos por el constante grado de erosión y contaminación por saturación de sales, metales pesados y patógenos nocivos para las plantas, en este punto, las enmiendas en los suelos serían casi inútiles e implicarían altos costos, ante tal nivel de degradación, lo más factible sería iniciar a manejar de forma integral los suelos agrícolas con prácticas amigables con el entorno natural y disminuyendo el uso de agroquímicos, de lo contrario pareciera que a pesar de la creación de nuevos sistemas de producción como la hidroponía en países con posibilidades económicas es relativamente rentable, mientras que para regiones susceptibles a los efectos del cambio climático y con bajos índices en la investigación agrícola se encuentran sujetos a seguir cultivando de forma convencional y su única fuente de alimento proviene del suelo tal como lo conocemos.

D. Efectos de los residuos orgánicos sobre los suelos

La masiva generación de residuos orgánicos actualmente está creando nuevas industrias a partir de su aprovechamiento, existiendo diversidad de técnicas para transformarla en abonos con propiedades mejoradoras de suelo, «la adición de enmiendas orgánicas puede influir positivamente en las propiedades físicas del suelo, mejorando su estructura, incrementando la formación y estabilidad de agregados, y la capacidad de retención hídrica del suelo» (Izquierdo, 2008), lo que reduce el nivel de erosión evitando que los nutrientes se pierdan por escorrentía, la vida microbiana también se ve beneficiada al poseer mayor fuente de energía lo que repercute de forma positiva en el desarrollo de las plantas. La sucesión de la aplicación de enmiendas orgánicas se expresa como un proceso que constantemente promueve la fertilidad de suelo como se aprecia en la Figura 1.

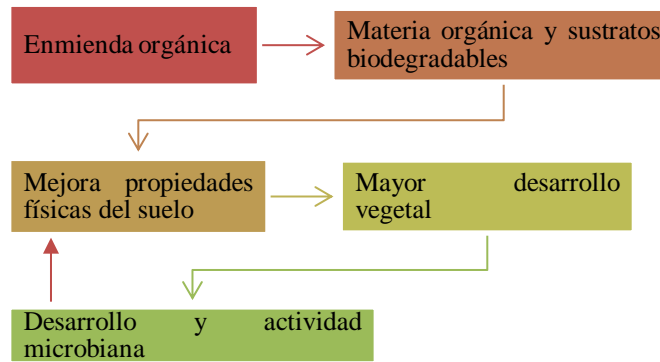


Figura 1. Conservación de la fertilidad en el suelo.

1. Efecto sobre las propiedades físicas

La materia orgánica de los residuos orgánicos aumenta la capacidad de retención de humedad lo que permite al suelo resistir mejor los períodos de sequía, reduce la densidad aparente aumentando el espacio poroso lo que mejora la aireación del suelo.

2. Efecto sobre las propiedades químicas

Las enmiendas orgánicas provenientes de residuos orgánicos presentan grandes beneficios frente a los fertilizantes inorgánicos, son fuentes de macro y micronutrientes que se van liberando y haciendo disponible a la planta de forma gradual, no obstante, su efectividad está ligada al tipo de suelo y el tipo cultivo.

3. Efectos sobre las propiedades microbiológicas y bioquímicas

La presencia constante de carbono fácilmente asimilable a través del aporte de residuos orgánicos, como enmienda orgánica es una fuente de energía y alimento para todas las poblaciones microbianas presentes en el suelo lo cual influye en su fertilidad.

E. Compostaje

El compostaje se define como «la mezcla de materia orgánica en descomposición, como la procedente de hojas y estiércol, que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes» (FAO, 2009), básicamente es un proceso que imita a la naturaleza en la transformación de todo tipo de material de origen orgánico en menor tiempo y con técnicas agronómicas, sucede en los ecosistemas naturales cuando especies de flora y fauna terminan su ciclo de vida, al morir se degradan gracias a los macro y micro organismos para luego integrarse nuevamente al suelo aportando nutrientes y mejorando sus propiedades fisicoquímicas.

F. Consideraciones para la aplicación de compost

Para la implementación de abonos orgánicos con fines agrícolas es necesario cumplir ciertas condiciones mínimas para asegurar su efectividad una vez aplicado al suelo, en el caso del compost es crucial manejar ciertos parámetros durante y después del proceso de compostaje, su implementación en la agricultura se realiza cuando el compost se encuentra en un estado maduro, por lo que se deben de considerar rangos en cuanto a sus propiedades físicas y químicas como se muestra en el Cuadro 4 (FAO, 2013).

Cuadro 4. Parámetros del compostaje

Parámetro	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango ideal para compost en fase termofílica II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
C:N	25:1 – 35:1	15/20	10:1 – 15:1
Humedad	50% - 60%	45%-55%	30% - 40%
Concentración de oxígeno	~10%	~10%	~10%
Tamaño de partícula	<25 cm	~15 cm	<1,6 cm
pH	6,5 – 8,0	6,0-8,5	6,5 – 8,5
Temperatura	45 – 60°C	45°C-Temperatura ambiente	Temperatura ambiente
Densidad	250-400 kg/m ³	<700 kg/m ³	<700 kg/m ³
Materia orgánica (Base seca)	50%-70	>20%	>20%
Nitrógeno Total (Base seca)	2,5-3%	1-2%	~1%

Fuente: FAO, 2013.

G. Dosis de compost orgánico utilizadas en la agricultura

De acuerdo con la encuesta dirigida a 18 productores hortícolas del departamento de Sololá revela que la frecuencia de aplicación de los abonos orgánicos por parte de los productores se distribuye de la siguiente manera, el 33% lo utiliza al año, el 44% cada semestre y el 22 % en los inicios de la siembra y generalmente en los meses de mayo y junio, así mismo se establece que, la mayoría de agricultores están utilizando de 0.04 a 1.13 toneladas y una minoría mayor a una tonelada en un área de 722 metros cuadrados, en cuanto a los productos químicos, se determinó que en todas las siembras se fertiliza con el 25% de abono orgánico y el 75% con fertilizantes u otros insumos químicos (Pro Atitlán, 2017).

Las dosis de abono orgánico pueden variar entre dos y diez toneladas por hectárea (Garro, 2016), sin embargo, las cantidades de abono orgánico a aplicar al suelo dependerá de los requerimientos del cultivo, de la fertilidad del suelo, y del acúmulo de materia orgánica en el suelo, se debe considerar que, si se agrega abonos orgánicos, el proceso de liberación de los nutrientes es gradual en el tiempo, dándose un cúmulo de materia orgánica.

En el caso de las hortalizas han sido cultivadas usando un amplio rango de aplicaciones de compost, desde 3.8 a 157 t/ha (Ozores, 2010), para las hortalizas orgánicas se debe fertilizar con una frecuencia por lo menos cinco veces mayor, con respecto a las plantas de manejo convencional, las dosis de aplicación son de 150 gramos por planta (Rodríguez, *et al*, 1999), por lo general se han establecido rangos de aplicación bastante amplios en cuanto a las dosificaciones de abono orgánico las cuales han sido modificadas en base a las características de cada cultivo tal como se muestra en el Cuadro 5, como resultados de diferentes investigaciones del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile desarrollaron distintas recomendaciones para la dosificación de enmiendas orgánicas para diversos cultivos como la arveja (Hirzel, 2016), elaborados a partir únicamente de las necesidades de nitrógeno de los cultivos, enfocándose solo en este nutriente debido a los riesgos de contaminación ambiental que se pueden provocar por sobredosis, también consideraron la composición nutricional promedio de diferentes enmiendas existentes en aquel país.

Cuadro 5. Dosis referenciales de enmiendas orgánicas a emplear en hortalizas en función de su necesidad de N (Kg de N a aplicar por tonelada producida).

Especie	Rendimiento (t/ha)	Dosis Referencial de Enmiendas Orgánicas (t/ha)		
		Estado fresco*	Semicompostado**	Compost***
Coliflor	25 – 40	6 – 12	8 – 15	12 – 24
Poroto Verde	8 – 12	3 – 5	4 – 7	6 – 10
Arveja	8 – 14	4 – 5	5 – 7	8 – 10
Acelga	30 – 40	3 – 5	4 – 7	6 – 10
Pepino	20 – 50	4 – 10	5 – 13	8 – 20
Zanahoria	30 – 80	4 – 8	5 – 10	8 – 16
Perejil	30 – 50	3 – 6	4 – 8	6 – 12
Puerro	20 – 60	4 – 8	5 – 10	8 – 16
Rábano	10 – 30	3 – 6	4 – 8	6 – 12
Nabo	10 – 25	3 – 6	4 – 8	6 – 12
Repollo	10 – 30	5 – 10	7 – 13	10 – 20
Lechuga	20 – 60	3 – 5	4 – 7	6 – 10
Apio	20 – 60	5 – 10	7 – 13	10 – 20
Espinaca	10 – 30	5 – 10	7 – 13	10 – 20
Tomate	50 – 100	8 – 12	10 – 15	16 – 24
Cebolla	25 – 50	6 – 10	8 – 13	12 – 20
Ajo	25 – 40	6 – 8	8 – 10	12 – 16
Brócoli	10 – 20	6 – 12	8 – 15	12 – 24

Fuente: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación. INIA Quilamapu, 2016.

En la evaluación del efecto del uso de fertilizantes sintéticos (nitrato de amonio, fosfato mono-amónico, nitrato de potasio) y abono orgánico (compost) con dosis de 75, 100 y 125% con relación a una dosis estándar (168-112-112 de N, P₂O₅, K₂O respectivamente) para la producción de (*Cucurbita pepo*) se evaluaron ocho variables: mortalidad de plantas, número y peso de frutos comerciales, no comerciales y frutos totales, incidencia de virus, producción por planta, todos los tratamientos con fertilizante, independiente de la fuente, produjeron más que el testigo, generalmente, parcelas con fertilizante sintético produjeron más frutos comerciales que con los abonos orgánicos, pero los rendimientos totales fueron muy parecidos (Méndez, *et al*, 2009).

Similar se torna el resultado de la evaluación del efecto de compost a concentraciones de 3, 4, 5 y 6 toneladas por hectárea para la producción de tomate variedad Hermosa saladet bajo condiciones de invernadero no se encontró diferencia significativa en el rendimiento, «estos abonos pueden ser considerados como una alternativa para la producción orgánica de tomate bajo condiciones de invernadero, debido a que la producción obtenida es aceptable para este cultivo utilizando abonos orgánicos» (Vasquez *et al*, 2015). De igual forma se desarrolló una evaluación en el municipio de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, con la finalidad de determinar el efecto de cinco programas de fertilización, en el rendimiento y calidad de arveja de grano (*Pisum sativum L.*), estableciendo que el tratamiento de Lombricompost, 18-46-0, Nitrato de amonio, Nitrato de calcio, Super N-P-K, Superfol, Metalosate Zn, Metalosate Ca, Metalosate B, Metalosate Mg, Cuneb forte, Extrafortan obtuvo los mejores rendimientos con 9843 kg/ha y la mejor rentabilidad, siendo uno de los programas de fertilización con más demanda de insumos sin embargo, los efectos de su implementación se ven reflejados en el buen desarrollo del cultivo, resaltando que fueron utilizados foliares y tanto abonos orgánicos como químicos (De León, 2014).

H. Leyes que rigen la nutrición vegetal

1. Ley de los rendimientos decrecientes

Conforme se aumentan las dosis de un elemento fertilizante disminuye el incremento de cosecha, por lo que se puede identificar la dosis máxima con la que se obtiene el mayor rendimiento, al aplicar más cantidad de fertilizante no siempre representa mayor producción siendo la idea principal que sustenta la Ley de los rendimientos decrecientes promovida por su predecesor Mitscherlich, la cual forma parte de las bases agronómicas para la nutrición vegetal y uso de fertilizantes (Domingez, 1997).

2. Ley del mínimo

La ley del mínimo enunciada por Von Liebig, en el año 1840 establece que los rendimientos están determinados por el elemento nutritivo que se encuentra en menor cantidad, un exceso en cualquier otro nutriente no puede compensar la deficiencia del elemento nutritivo limitante, para poder incrementar la productividad expresada en crecimiento o rendimiento es necesario suplir el elemento deficiente (Urbano, 2002).

VI. METODOLOGÍA

A. Caracterización del lugar

1. Localización

08 avenida, zona 2 municipio y departamento de Sololá. (Ver mapa, anexo 7)

2. Ubicación geográfica

Longitud (X): 426536.211

Latitud (Y): 1634159.24

Altitud: 2178.8 msnm

B. Características climáticas

1. Clima

Según Thornthwaite, el clima de la región es del tipo “semifrío húmedo”, que se caracteriza por un rango de temperaturas medias anuales entre 14.3 y 17.0 °C.

2. Suelo

Corresponden a suelos de la familia arcillosa, los cuales se caracterizan por ser profundos, bien drenados, de texturas finas, capacidad de intercambio de cationes alta, ph ligeramente ácido a neutro, con pendientes fuertemente inclinadas, erosión media, densidad aparente de 1 g/cc, la vocación de estas tierras es agrícola con cultivos de clima semifrío con diferentes ciclos de producción y posee aptitud para el cultivo de granos básicos maíz y frijol; así como para el cultivo de la fresa, el cultivo de hortalizas como arveja china, ejote francés, mini vegetales, brócoli, coliflor, espárrago, alcachofa, zanahoria, repollo, lechuga, cebolla, tomate y chile, entre otros, (MAGA, 2013).

En el Cuadro 6 se muestran cada uno de los parámetros y valores del análisis de fertilidad del suelo de la parcela experimental que se ubica en un centro urbano reflejando un ph básico de 8.22 contrastando con lo que indica el estudio semidetallado de Suelos del Departamento de Sololá desarrollado por el MAGA en la consociación denominada EFA-Sololá la cual es la más cercana a la parcela, dicho estudio indica que para esta zona el ph se torna de ligeramente ácido a neutro, por lo que el suelo de la parcela experimental se trata de un caso extraordinario comparado con los suelos agrícolas del área.

Cuadro 6. Resultados del análisis de suelo de la parcela experimental

Parámetro	Unidad	Valor	Niveles adecuados	Estado
pH	-	8.22	5.5 – 6.5	Alto
Boro	mg/L	0.27	1 – 5	Bajo o fuera de
Fósforo	mg/L	61.50	30 – 75	Adecuado
Potasio	Cmol(+)/L	3.22	0.18 – 0.38	Alto
Calcio	Cmol(+)/L	31.70	5 – 10	Alto
Magnesio	Cmol(+)/L	5.51	0.82 – 2.05	Bajo o fuera de
Azufre	mg/L	4.38	10 - 100	Bajo o fuera de
Cobre	mg/L	5.03	1 – 10	Adecuado
Acidez intercambiable	Cmol(+)/L	0.05	0.3 – 1.5	Bajo o fuera de
Hierro	mg/L	183.30	40 - 250	Adecuado

Manganeso	mg/L	27.44	10 - 250	Adecuado
Cinc	mg/L	23.20	2 - 25	Adecuado
Materia orgánica	%	0.04	3 - 6	Bajo o fuera de
CICE	Cmol(+)/L	40.48	10 - 15	Alto
Porcentaje de Saturación en la Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo CICE				
K	-	7.95	4 - 5	Alto
Ca	-	78.31	34 - 40	Alto
Mg	-	13.61	12 - 15	Adecuado
A.L.	-	0.12	0 - 24.9	Adecuado
Equilibrio de bases				
Ca/K	-	9.84	5 - 25	Adecuado
Mg/K	-	1.71	2.5 - 15	Bajo o fuera de
Ca/Mg	-	5.75	2 - 5	Bajo o fuera de
(Ca+Mg)/K	-	11.56	10 - 40	Adecuado

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, plantas y aguas. Analab.

3. Precipitación

Existe un rango de precipitaciones entre 1,001 y 2,000 mm anuales.

4. Zona de vida

Acorde al Sistema Holdridge se trata de un bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MB), cuyas especies indicadoras son encino (*Quercus spp.*), pino triste (*Pinus pseudostrabus*), pino de ocote (*Pinus montezumae*), ilamo (*Alnus jorullensis*) capulín (*Prunus capulli*), madrón de tierra fría (*Arbutus xalapensis*) y otros.

C. Materiales

1. Materiales de campo:

Para el trabajo en campo: azadón, rastrillo, machete, martillo, cintas, costales, bomba de mochila, mangueras, aspersores, mascarilla, guantes, estacas, estas herramientas se utilizaron para la realización de surcos, caminos, incorporación de materiales a la parcela, aplicación de controles fitosanitarios durante el transcurso del cultivo; materiales para la toma de datos: libreta de campo, cinta métrica y tarjetas para identificar plantas, carteles de identificación, cámara fotográfica.

2. Materiales de gabinete

Fue necesario: equipo fotográfico, computadora, balanza, materiales de escritorio y papelería en general; Software: ArcGis, Google Earth Pro, Infostat, Power point, Word y Excel.

3. Material experimental

Se trata de la parte principal de la investigación, compost orgánico de 6 meses de maduración con 35% de humedad producido en la planta de desechos sólidos de la aldea de San Jorge la Laguna, Sololá, la materia orgánica utilizada es de origen doméstico y en menor proporción de origen agrícola, para acelerar la descomposición de los materiales se incorporan microorganismos benéficos preparados con la fermentación de fruta y lácteos, en dos meses se obtiene como producto final compost en fase de maduración, los parámetros químicos se pueden ver en (Anexo, 2 y 3) los cuales muestran los resultados de los análisis de laboratorio a los que fueron sometidos en el año 2015 y 2017, como parte fundamental de la investigación el análisis fue actualizado durante el año 2020 los cuáles se muestran en el Cuadro 7 de forma detalla.

Cuadro 7. Valores del análisis de abono orgánico actualizado durante el 2020

Parámetro	Unidad	Valor
Ph	-	10.29
C/N	-	9.21
N	%	2.05
P2O5	%	2.81
K2O	%	9.25
CaO	%	14.50
MgO	%	2.28
Azufre	%	0.96
Boro	ppm	96.54
Cobre	ppm	101.50
Hierro	ppm	12,270.00
Manganeso	ppm	6699.10
Cinc	ppm	625.50
*C.O.	%	18.89
*M.O.	%	34
Ceniza	%	66

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, plantas y aguas. Analab.

4. Material vegetal

Semillas de Arveja China (*Pisum sativum L.*) variedad Kennedy: dentro de sus características se encuentra que, se trata de una variedad de porte bajo, con una producción de 9.71 a 11.65 toneladas por hectárea, ha mostrado cierta tolerancia a Trips, obteniendo el 90% de aprovechamiento en planta, no produce vainas torcidas, los requerimientos hídricos son de 254 mm de lámina de agua distribuida por semana, la primeras dos flores aparecen en el nudo número 13, el primer corte se da a los 65 días se trata de una variedad muy precoz, las vainas son planas de ocho a diez centímetros, la planta alcanza de 1.20 metros a 1.50 metros y la siembra va de agosto en adelante.

D. Medición de variables

Cada variable fue contabilizada y medida dentro de cada parcela neta al 45% muestreando 16 por cada 36 plantas.

Variables evaluadas:

- Rendimiento total (t/ha)
- Numero de granos por vaina
- Longitud de las vainas (cm)

Rendimiento total: La medición del rendimiento total de arveja se efectuó mediante la sumatoria de los pesos de las vainas obtenidas por cada unidad experimental a partir de los ocho cortes que se obtuvieron desde los 60 a 90 días después de la siembra característico de la variedad Kennedy, haciendo una proyección del rendimiento expresándolo en toneladas por hectárea.

Numero de granos por vaina: Se procedió al conteo de los granos contenidos en cada una de las vainas obteniendo una media por cada unidad experimental muestreada a partir de los ocho cortes que se obtuvieron desde los 60 a 90 días después de la siembra.

Longitud de las vainas: Se midió la longitud en centímetros de las vainas cosechadas obteniendo la media por cada tratamiento muestreado a partir de los ocho cortes que se obtuvieron desde los 60 a 90 días después de la siembra.

E. Determinación de las dosis y frecuencias de aplicación del compost orgánico y del fertilizante químico a evaluar

En el caso de las hortalizas han sido cultivadas usando un amplio rango de aplicaciones de compost, desde 3.8 a 157 t/ha (Ozores, 2010), sin embargo, para establecer las dosis de los programas de fertilización de la investigación se realizó con en base a los requerimientos mínimos que indica el (ICTA, 2010) para el cultivo de Arveja, también se contempló los resultados del análisis de laboratorio del suelo de la parcela experimental y del abono orgánico; las frecuencias se establecieron considerando que «las aplicaciones pueden hacerse durante la preparación del suelo, al fondo del surco, a la siembra, al lado de la planta, una o dos semanas antes del trasplante» (Garro, 2016), así mismo puede incorporarse directamente a una profundidad no mayor a los 20 cm ya que a más profundidad se podría reducir la oxigenación y la actividad microbiana, también se consideró que las hortalizas orgánicas deben de fertilizarse con una dosis por lo menos cinco veces mayor, con respecto a las plantas de manejo convencional (Rodríguez, *et al*, 2010).

F. Programa de fertilización y tratamientos bajo estudio

Para llevar a cabo la medición de las variables, se utilizaron distintas proporciones de compost orgánico, utilizando tres tratamientos (A, B y C) con compost, dicho abono orgánico se aplicó con un contenido de humedad del 35%, el tratamiento (A) se estableció con una dosis con base en el análisis de suelo y análisis del compost actualizado, considerando solamente el requerimiento de Nitrógeno establecido por el (ICTA, 2010) para el cultivo en estudio, debido a que si se consideran todos los macronutrientes para dosificar el total de lo requerido por el cultivo no cubriría por igual las necesidades de la planta ya que se trata de una misma fuente de abono, en comparación con los abonos químicos es posible encontrar en el mercado abonos de distintas fuentes que satisfagan los requerimientos por cada macronutriente, para el tratamiento (B) se incrementó en un 35% la cantidad de compost a partir de la dosis fijada en el tratamiento (A), en el caso del tratamiento (C) se aumentó un 70% a partir de la dosis fijada en el tratamiento (A), el tratamiento (D) de abonado químico fue sujeto a adecuarlo según los resultados del análisis de suelo y a los requerimientos del cultivo para la Arveja, acá se utilizaron fertilizantes como el sulfato de amonio y fosfato monoamónico debido al ph básico del suelo que mostró la parcela experimental ya que al contener amonio este se transforma en nitratos dicho proceso propicia que el ph del suelo descienda mejorando la asimilación de los nutrientes por parte de las plantas; adicionalmente se implementó un testigo absoluto (E) al cual no se le aplicó ningún tipo de abono orgánico ni químico.

A continuación, en el Cuadro 8 se detalla los cálculos y criterios utilizados para la elaboración del programa de fertilización de cada uno de los tratamientos.

Cuadro 8. Programa de fertilización

Requerimientos cultivo de Arveja China (ICTA, 2010) 100-95-106-64 Ca-14 S Kg/ha
Datos de la parcela experimental:
Área de cada unidad experimental: 4 metros cuadrados
Área total por cada tratamiento: 20 metros cuadrados
Número de unidades experimentales de abonado químico: 5 unidades
Número de unidades experimentales de abonado orgánico: 15 unidades
Numero de surcos por unidad experimental: 2 surcos
Número de plantas por unidad experimental: 36
$10,000 \text{ m}^2 \div 20 \text{ m}^2 = 500$ (Quingentésima parte de una hectárea).
Tratamiento (A) abonado orgánico
Criterio para la dosificación del abono orgánico:
Se dosificó el abono orgánico con base en el contenido de nitrógeno del compost (2.05% N) que demuestra el análisis de laboratorio y de acuerdo al requerimiento específico de nitrógeno del cultivo (100 kg/ha N)

según lo que recomienda el (ICTA, 2010, aplicando el 100% de la dosis 15 días antes de la siembra, cabe recalcar que el abono contenía un 35% de humedad cuando fue aplicado.
Cálculo de la dosis:
Resultado análisis de abono orgánico: 2.05% de Nitrógeno N Conversión: 2.05% N = 0.0205 N representativo para el lote de compostaje. 0.0205 N * 50 kg = 1.02 de N en un saco de 50 kg Para suministrar 100 kg/ha de requerimiento de nitrógeno es necesario aplicar: 100 kg/ha N ÷ 1.02 kg/N = 98.03 sacos de 50 kg 50 kg * 98.03 = 4,901.5 kg/ha ÷ 500 = 9.8 kg en 20 m ² ÷ 10 surcos = 0.98 kg o 980 gr por surco.
Tratamiento (B) abonado orgánico + 35%
4,901.5 kg/ha de abono orgánico + 35% = 4,901.5 kg/ha * 35% = 1,715.52 4,901.5 kg + 1,715.52 kg = 6,617.02 kg/ha ÷ 500 = 13.2 kg/20 m ² ÷ 10 surcos = 1.32 kg o 1,320 gr * surco 6,617.02 kg/ha ÷ 50 kg = 132.34 sacos de 50 kg de abono orgánico/hectárea.
Tratamiento (C) abonado orgánico + 70%
4,901.5 kg/ha de abono orgánico + 70% = 4,901.5 kg * 70% = 3,431.05 4,901.5 kg + 3,431.05 kg = 8,332.55 kg/ha ÷ 500 = 16.6 kg/20 m ² ÷ 10 surcos = 1.66 kg o 1,660 gr * surco 8,332.55 kg/ha ÷ 50 kg = 166.65 sacos de 50 kg de abono orgánico por hectárea.
Tratamiento (D) abonado químico
Criterios para la aplicación del Nitrógeno:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ La fuente principal de nitrógeno proviene de la materia orgánica en el suelo, sin embargo, el bajo contenido que reveló el análisis de suelo (0.04% M.O) sugirió realizar aplicaciones de acuerdo al 100% de la dosis requerida por el cultivo para suplir las necesidades de este nutriente en el caso del tratamiento A. ➤ Para el requerimiento de nitrógeno del tratamiento D a los 25 y 45 días se aplicó sulfato de amonio debido a que el análisis de laboratorio muestra un suelo alcalino con un ph de 8.22, por lo que se pretendió reducir la alcalinidad al aplicar este tipo de fertilizante, asimismo el nivel de azufre en suelo fue de 9.66 kg/ha siendo demasiado bajo y fuera de su rango adecuado, siendo el requerimiento en azufre de 14 kg/ha para el cultivo en estudio, por lo que el sulfato de amonio provoca que debido a que en su hidrólisis libere ácido sulfúrico y además que en el proceso de nitrificación se forme ácidos fuertes lo que tiene como consecuencia la acidificación del suelo y adición de azufre.
Criterio para la aplicación del Fósforo:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Resultado del nivel de fósforo en suelo (Ver, anexo 4) = 61.50 mg/L Conversión: 61.50 mg/L x 2 = 123 kg/ha 61.50 mg/L = 61.50 ppm * 1 g/cc DAP (suelo arcilloso) * 2 (factor de profundidad) = 123 kg/ha (Asumiendo que en 1Ha, en volumen, a una profundidad de 20 cm, = 2,000,000 litros) ➤ Criterio para la aplicación del fósforo: Dosis = (Requerimiento 95 kg/ha – suplemento 123 kg/ha) = - 28 kg/ha P Se comprobó con el análisis de suelo que existe un exceso de 28 kg/ha de fósforo respecto al requerimiento de este nutriente, no obstante, se consideró aplicar el 100% del requerimiento para mantener disponible en su rango óptimo este elemento en la siguiente temporada de producción.
Criterio para la aplicación del Potasio:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Resultado del nivel de potasio en suelo = 3.22 Cmol (+)/L Conversión: 3.22 Cmol (+)/L * 780 = 2,511.6 Kg/ha 3.22 Cmol (+)/L * 10 * 39 peso equivalente = 1,255.8 ppm 1,255.8 ppm * 1 g/cc DAP (suelo arcilloso) * 2 (factor de profundidad) = 2,511.6 Kg/ha (Asumiendo que en 1Ha, en volumen, a una profundidad de 20 cm, = 2,000,000 litros) ➤ Criterio para la aplicación del potasio: Dosis = (Requerimiento 106 kg/ha – suplemento 2,511.6 kg/ha) = - 2,405.6 kg/ha Debido a que se identificó un exceso de potasio en el suelo derivado que la saturación alta de la CICE, se determinó no aplicar la dosis de potasio tal como lo recomienda el ICTA (2010) para la Arveja.
Criterio para la aplicación del Calcio:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Criterio: el exceso de Calcio (12,440 kg/ha) presente en el suelo, provoca que el Ph 8.22 se encuentre alto, de igual forma la CICE está por encima de los niveles adecuados debido a la cantidad de Calcio,

<p>por lo que este nutriente fue descartado del plan de fertilización a pesar de que se encuentra dentro de la recomendación que indica el ICTA(2010) siendo un requerimiento de 64 Kg/ha de Ca para el cultivo de Arveja China.</p>
<p>Requerimiento a la siembra: 64 N – 95 P – 0 K kg/ha a razón de 400 kg/ ha</p>
<p>Tipo de fertilizante utilizado: 10 N - 50 P – 0 K Fosfato monoamónico Cálculo de la dosis: 10,000 m² / 20 m² = 500 (Quingentésima parte de una hectárea) 400 kg/ha (recomendación ICTA) / 500 = 0.8 kg de 10-50-0 en 20 metros cuadrados. 800 gramos en 20 metros cuadrados / 10 surcos = 80 gramos por surco.</p>
<p>Requerimiento a los 25 días: 18 N – 0 P – 0 K – 64 Ca -7S kg/ha</p>
<p>Requerimiento de Nitrógeno: 18 N kg/ha Tipo fertilizante: sulfato de amonio 21% N – 24% S Calculo de la dosis: Saco de 50kg * 0.21 de Nitrógeno puro = 10.5 kg de N puro/Saco de 50 kg Para suministrar 18 kg/ha de Nitrógeno a los 45 días es necesario: 18kg/ha de N ÷ 10.5 kg de N = 1.71 sacos * 50 kg = 85.5 kg/ha Aplicar: 85.5 kg/ha ÷ 500 = 0.17 kg ÷ 10 surcos = 0.017 kg o 17 gr por surco. Calculo de la dosis de azufre aplicada: Saco de 50kg * 0.24 de Azufre puro = 12 kg de S puro/Saco de 50 kg Para suministrar 7 kg/ha de Azufre a los 25 días es necesario: 7 kg/ha de S ÷ 12 kg de S = 0.58 sacos * 50 kg = 29 kg/ha No obstante, con el fertilizante utilizado se aplicó la siguiente dosis de azufre: 18 kg/ha de N ÷ 12 kg de S = 1.5 sacos * 50 kg = 75 kg/ha</p>
<p>Requerimiento a los 45 días: 18 N – 0 P – 106 K -7S kg/ha</p>
<p>Requerimiento de Nitrógeno: 18 N kg/ha Tipo fertilizante: sulfato de amonio 21% N – 24% S Calculo de la dosis: Saco de 50kg * 0.21 de Nitrógeno puro = 10.5 kg de N puro/Saco de 50 kg Para suministrar 18 kg/ha de Nitrógeno a los 45 días es necesario: 18kg/ha de N ÷ 10.5 kg de N = 1.71 sacos * 50 kg = 85.5 kg/ha Aplicar: 85.5 kg/ha ÷ 500 = 0.17 kg ÷ 10 surcos = 0.017 kg o 17 gr por surco. Calculo de la dosis de azufre aplicada: Saco de 50kg * 0.24 de Azufre puro = 12 kg de S puro/Saco de 50 kg Para suministrar 7 kg/ha de Azufre a los 45 días es necesario: 7 kg/ha de S ÷ 12 kg de S = 0.58 sacos * 50 kg = 29 kg/ha No obstante, con el fertilizante utilizado se aplicó la siguiente dosis de azufre: 18 kg/ha de N ÷ 12 kg de S = 1.5 sacos * 50 kg = 75 kg/ha</p>

En el Cuadro 9 a continuación se especifican los tratamientos sometidos a estudio con sus dosificaciones y frecuencias según la etapa del cultivo de acuerdo al programa de fertilización establecido.

Cuadro 9. Tratamientos bajo estudio

	Tratamiento	Dosis por ciclo de cultivo	Dosis por etapa del cultivo
A	Abono orgánico	4.9 tonelada/hectárea	4.9 t/ha 15 días antes de la siembra
B	Abono orgánico	6.6 tonelada/hectárea	6.6 t/ha 15 días antes de la siembra
C	Abono orgánico	8.3 tonelada/ hectárea	8.3 t/ha 15 días antes de la siembra
D	Abono químico	0.57 tonelada/hectárea de Nitrógeno	0.4 t/ha al momento de la siembra abono (Fosfato mono amónico) 0.085 t/ha 25 días después de la siembra abono (Sulfato de amonio) 0.085 t/ha 45 días después de la siembra abono (Sulfato de amonio)
E	Testigo	No se le aplicó ningún tipo de abono orgánico ni químico.	

G. Diseño experimental

Para el desarrollo de la investigación se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) debido a que las condiciones del área experimental se mostraron homogéneas, con 5 tratamientos y 5 repeticiones.

Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

siendo,

Y_{ij} = variable de respuesta de la ij -ésima unidad experimental

μ = media general de la variable de respuesta

τ_i = efecto del i - ésimo tratamiento (nivel del factor) en la variable dependiente.

ε_{ij} = error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental

H. Análisis e interpretación de datos

Para la interpretación de los datos se realizó el análisis de varianza por cada una de las variables en estudio, para ello se utilizó de la prueba de Fisher la cual indicó si los efectos de los tratamientos eran iguales o diferentes, en los casos en que se aceptó la hipótesis de que los tratamientos no tenían el mismo efecto, fue necesario realizar pruebas de comparación de promedios a fin de saber entre que tratamientos hubo diferencias, para esto se realizaron pruebas de comparación múltiple, por lo que se optó por la prueba de rangos múltiples de Tukey, este procedimiento es llamado también Diferencia Significativa Honesta, se utiliza para realizar comparaciones múltiples de medias, los cálculos fueron efectuados en la herramienta de análisis estadístico Infostat.

I. Análisis económico

El análisis económico consistió en cuantificar los costos de producción y el rendimiento de los tratamientos, así como los ingresos que se podrían generar al comercializar el producto en condiciones de un mercado local, con lo cual se proyectó la rentabilidad para el agricultor, según los resultados de cada uno de los tratamientos en las condiciones en que se desarrolló la investigación, por ende, se realizó un estudio de flujo de caja, valor actual neto, tasa interna de rentabilidad con la finalidad de obtener y analizar la relación beneficio/costo de los tratamientos bajo estudio.

J. Descripción de parcela experimental

1. Especificaciones de la parcela experimental

- Ancho total de la parcela: 11 m
- Largo total de la parcela: 17 m
- Área total de la parcela: 170.5 m²
- Área de caminos: 5.7 m²

2. Distanciamientos de siembra:

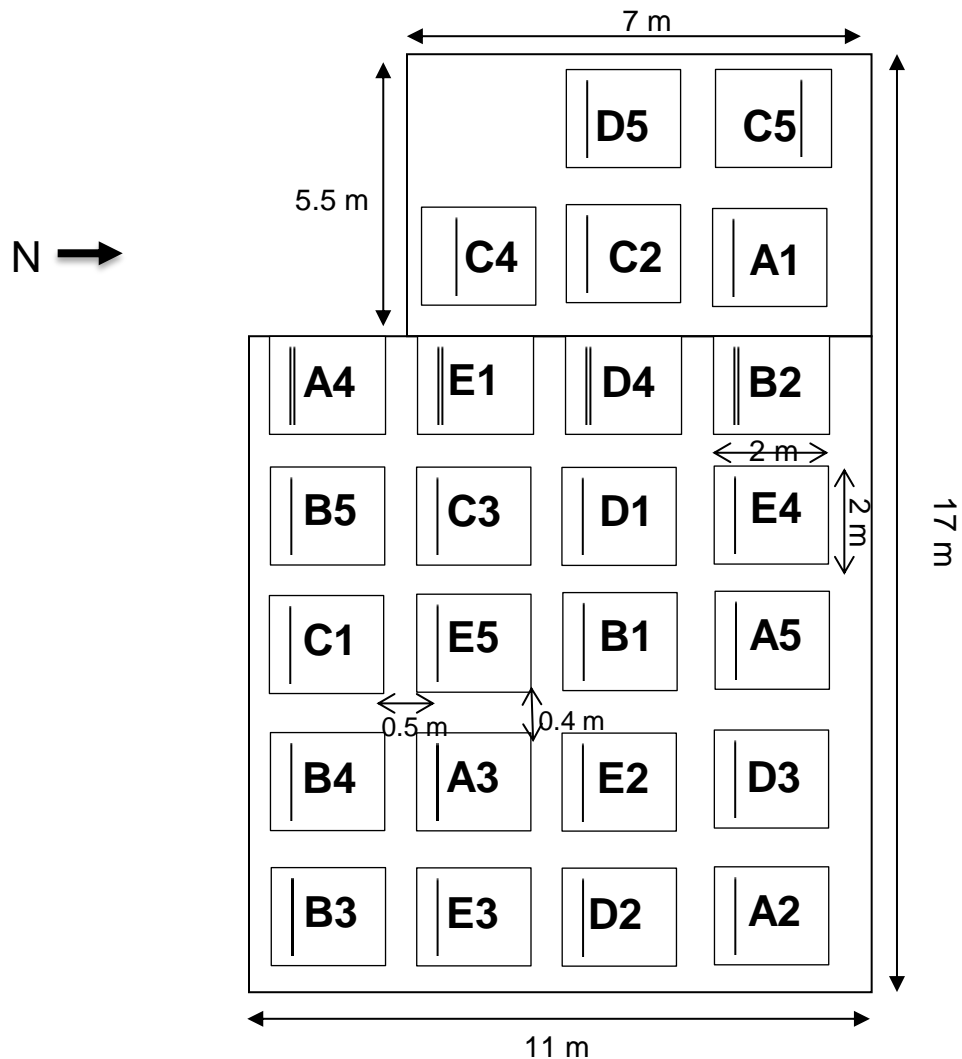
- Distancia entre hileras: 1 m
- Distancia entre plantas: 0,10 m
- Número total de plantas en el experimento: 900
- Densidad de siembra: 100,000 plantas/ha.

3. Especificaciones de las unidades experimentales

- Largo de la unidad experimental: 2 m
- Ancho de la unidad experimental: 2 m
- Área por unidad experimental: 4 m²
- Número de plantas por unidad experimental: 36
- Área total de las unidades experimentales: 100 m²

A continuación, se muestra la Figura 2 la cual describe de forma gráfica la distribución de las unidades experimentales cada una con su repetición y tratamiento.

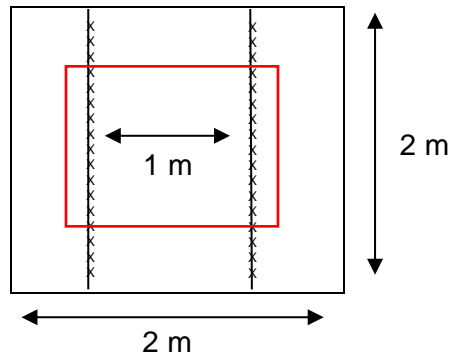
Figura 2. Croquis de la parcela experimental.



En la Figura 3 se observa una unidad experimental de 4 m² con dos surcos de 18 plantas cada una, al realizar la medición de las variables se realizó un muestreo al 45%, es decir se midieron 16 plantas dentro de

la parcela neta que se encuentra delimitada con la línea roja, por surco se tomaron las 8 plantas centrales despreciando 5 plantas de cada lado.

Figura 3. Croquis parcela neta de muestreo.



K. Manejo de la investigación

Análisis de suelo: Se recolectaron 3 sub muestras de 454 gramos en los 170.5 metros cuadrados de la parcela experimental de forma aleatoria, las cuales fueron mezcladas extrayendo una muestra final de 908 gramos (2 lb), en el caso del compost orgánico se recolectó una muestra de 454 gramos (1 lb), las muestras se almacenaron en bolsas plásticas debidamente identificadas, finalmente se trasladaron a los laboratorios de Analab de la Asociación Nacional del Café ANACAFE para su análisis de laboratorio, los análisis fueron realizados previo a implementar el cultivo.

Preparación del suelo: La preparación del suelo se efectuó con mecanización convencional al tipo de agricultura que predomina en el área de estudio, mediante el arado con azadón, así como el surcado, trazado de calles e incorporación del abono orgánico.

Trazado de parcelas: La parcela experimental se delimitó en un área de 11 por 17 metros, con 25 unidades experimentales de 2 por 2 metros.

Siembra: La siembra se llevó a cabo en cada una de las unidades experimentales con un distanciamiento de 1 metro entre hileras y 0,10 m de distancia entre plantas, de forma manual.

Riegos: El sistema de riego empleado fue por aspersión aplicado únicamente en las primeras etapas del cultivo, ya que en las siguientes etapas ya no fue necesario debido al inicio de la temporada lluviosa.

Instalación de tutores: Se implementaron postes de especies forestales para sujetar las cuerdas horizontalmente a cada 20 cm con la finalidad de brindarle soporte a las plantas.

Deshierbe: No se aplicaron herbicidas químicos, el deshierbe se efectuó de forma manual con azadón retirando las plantas no deseadas que pudieron ser vectores de plaga y enfermedades.

Controles fitosanitarios: Para el control preventivo se establecieron trampas amarillas con el fin de identificar vectores que pudieron tener incidencia en el cultivo, para el control curativo se acudió a aplicaciones químicas con la finalidad de procurar obtener la mayor producción posible, para no afectar ni incidir en los resultados de la investigación.

Monitoreo y control de plagas: Durante el desarrollo vegetativo desde los 15 días después de la germinación se identificó mediante el monitoreo la presencia de mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) siendo esta la especie que según el (ICTA, 2010) tiene efectos nocivos directos en el cultivo de Arveja China a pesar de la existencia de otras minadoras en el país esta es la que mayor daño provoca, mide alrededor de 2 mm, se caracteriza por ser de color negro con manchas amarillas, causan picaduras en las hojas en donde opositan las hembras, las larvas emergen a los 3 o 5 días provocando galerías en forma de serpentina, en el Cuadro 11 se especifican los umbrales de acción para realizar el control de las distintas plagas que inciden en el cultivo de Arveja, de esta forma se determinaron los momentos de acción en que se realizaron controles fitosanitarios.

En el caso de la mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) superó el umbral de acción desde los 15 hasta los 45 días después de la siembra por lo que se aplicó un insecticida de ingrediente activo Thiachloprid y de nombre comercial Monarca 11,25 SE actuando por contacto y de forma sistémica, con una dosis de 25 cc por bomba de aspersión de 16 litros alternándose con un insecticida de nombre comercial Muralla Delta 190 OD y de ingrediente activo Imidacloprid, Deltametrina.

Cuadro 10. Umbrales de acción de plagas en Arveja China.

Plaga	Unidad de medida	Número de sitios de muestreo según área de siembra (ha)			Umbral de acción ¹ DDS		
		Menor de 0.5	0.5 - 1	Mayor a 1	0-25	25 - 50	50 - 100
Mosca minadora	Adultos/metro lineal	5	10	15	5	10	15
Trips ²	Adultos/ en 10 flores	5	10	15	Presencia o ausencia		
Pulgones	Colonias/ metro lineal	5	10	15	2	5	5
Larva de lipedóptera 0 a 20 DDS ³	Larvas en suelo/ m lineal	5	10	15	Presencia o ausencia		
20 a 50 DDS	Larvas en follaje/m lineal	5	10	15	Presencia o ausencia		
Ascochyta	% de hojas con daño/m lineal	5	10	15	*Control preventivo		
Oidium	%de hojas con daño m lineal	5	10	15	*Control preventivo		

Fuente: ICTA, 2010.

1. Poblaciones de insectos o porcentaje de daño causado por hongos y que determina el uso de métodos de control.
2. El monitoreo de Trips debe llevarse a cabo en las flores, porque ahí viven y causan el daño a la vaina cuando recién empieza a formarse.
3. DDS = Días después de la siembra.

Cosecha: Se cosechó a partir de los 60 días después de la siembra, de forma manual y se procedió de inmediato a la medición de las variables bajo estudio.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Durante la etapa experimental de campo desarrollada en una parcela de 170.5 metros cuadrados en el municipio de Sololá, se procedió a la recopilación y tabulación de datos como parte de la evaluación de cinco programas de fertilización en el cultivo de Arveja China (*Pisum sativum L.*) variedad Kennedy, utilizando un diseño completamente al azar con cinco repeticiones y cinco tratamientos, para la comprobación de las variables en estudio se realizó un análisis de varianza mediante el programa estadístico Infostat y en cuanto al análisis económico se logró sistematizar en hojas de cálculo de Excel para cada uno de los tratamientos. Para el rendimiento total proyectado en toneladas por hectárea en el Cuadro 11 se aprecia el análisis de varianza el cual muestra que existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, debido a que la p-valor resultó menor que el 0.05 de significancia para esta prueba, por lo tanto, los tratamientos afectaron significativamente el rendimiento total (t/ha) en el cultivo de Arveja China.

A. Rendimiento Total (t/ha)

Cuadro 11. Análisis de varianza para el rendimiento total (t/ha) de Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento Total t/ha	25	1.00	1.00	1.60

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F	P-valor
Tratamientos	4	64.2749	16.0687	3150.7282	<0.0001
Error	20	0.1020	0.0051		
Total	24	64.3769			

Fuente: Elaboración propia.

Al determinar que los programas de fertilización obtuvieron diferencias significativas en el rendimiento total, se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias Tukey (0,05) con la finalidad de establecer el tratamiento con el mejor rendimiento total (t/ha) de Arveja China, la información es recopilada en el Cuadro 12, la variabilidad es de 1.60% es muy bajo y el efecto de los programas de fertilización sobre el rendimiento total es muy homogéneo.

Cuadro 12. Prueba Tukey para el rendimiento total (t/ha) de Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.

Test: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.13515

Error: 0.0051 gl: 20

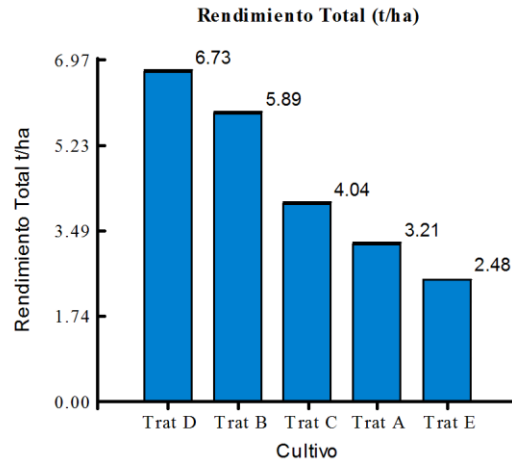
Tratamientos	Medias	n	E.E.					
Trat D	6.73	5	0.03	A				
Trat B	5.89	5	0.03		B			
Trat C	4.04	5	0.03			C		
Trat A	3.21	5	0.03				D	
Trat E	2.48	5	0.03					E

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en el Cuadro 12 que el tratamiento D (abonado químico) y el tratamiento B (6.6 ton/ha de compost orgánico) presentan los mejores rendimientos con 6.73 y 5.89 toneladas/hectárea respectivamente, siendo diferentes en comparación con los otros tratamientos incluyendo el testigo absoluto, esto concuerda con la investigación de (Méndez, *et al*, 2009) en la evaluación del efecto del uso de fertilizantes sintéticos y abono orgánico compost en la producción de (*Cucurbita pepo*) en donde todos los tratamientos con fertilizante, independiente de la fuente, produjeron más que el testigo, generalmente las parcelas con fertilizante sintético produjeron más frutos comerciales que con los abonos orgánicos, pero los rendimientos totales fueron muy parecidos. En la Figura 4 se presentan los resultados de forma gráfica y detallada, cabe mencionar que solamente el tratamiento D y B superaron el rendimiento promedio nacional (5.86 t/ha)

basándose en una media calculada del año 2007 al 2015 reportado por el (MAGA, 2015) lo cual puede verificarse en el Cuadro 1, existieron factores que pudieron limitar la producción por aparte de los programas de fertilización tales como el ph altamente alcalino del suelo de la parcela experimental, este dato puede observarse en el Cuadro 6, así como la baja relación carbono nitrógeno y el alto ph del compost que se encuentran fuera de los rangos ideales indicados por (FAO, 2013) en el Cuadro 4.

Figura 4. Rendimiento total (t/ha) de Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.

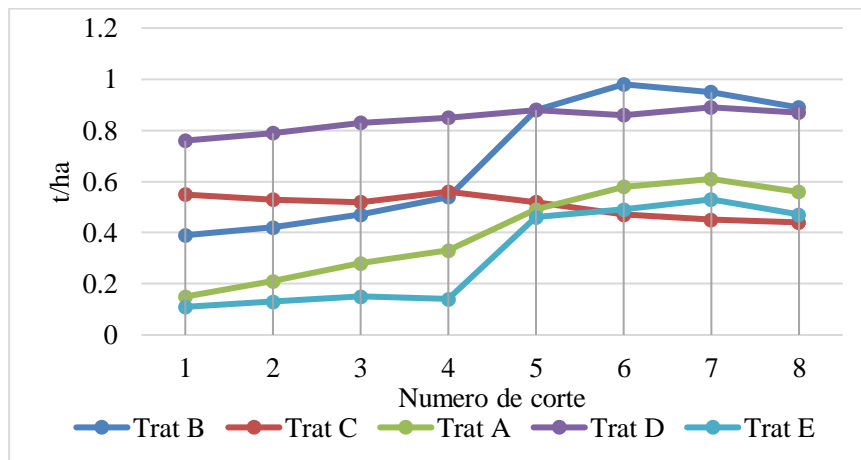


Fuente: Elaboración propia.

B. Curva de producción por tratamiento

En la Figura 5 se observa el comportamiento del rendimiento obtenido por corte de cada uno de los tratamientos, siendo importante de señalar que el tratamiento D (abonado químico) muestra una tendencia que se mantiene desde el primer corte sin sufrir de muchas variaciones, en el caso del tratamiento B en el corte 5 y 6 se hace notar un incremento significativo incluso mayor a los obtenidos por el tratamiento D, en cuanto al tratamiento C se muestra una tendencia decreciente lo cual se le puede atribuir a Ley Mitscherlich de rendimientos decrecientes, ya que a medida en que se aumentó la dosis de compost la producción se redujo, finalmente el tratamiento A y E se comportan de forma similar teniendo un incremento a partir del corte número 5.

Figura 5. Curva de producción en (t/ha) de Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.



Fuente: Elaboración propia.

Los programas de abonado con compost incorporados 15 días antes de la siembra, muestran tendencias más cambiantes de acuerdo a las curvas de producción, esto puede deberse a la complejidad de los microorganismos existentes en el suelo, quienes facilitan la descomposición de la materia orgánica de forma lenta, por lo que la liberación de nutrientes que esta posee puede estar mayormente disponible para la planta en proporción de periodos más largos de tiempo, como se observa en la Figura 5, es en los últimos cortes cuando se produce los rendimientos más altos para estos tratamientos, mientras que el tratamiento D los momentos de aplicación fueron al momento de la siembra, 25 y 45 días después de la siembra, al tratarse de abonos sintéticos estos son más solubles y pueden estar disponible para la planta casi de inmediato, en la curva de producción de este tratamiento se observa que desde el primer corte se obtienen los mejores rendimientos en contraste con los otros tratamientos en estudio y debido a que las aplicaciones fueron aplicadas conforme a las etapas fenológicas del cultivo, lo cual repercute en que la producción de cada corte sea más estable.

C. Longitud de vaina (cm)

El análisis de varianza para la longitud de vaina (cm) se observa en el Cuadro 13, determinando que existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, debido a que la p-valor resultó menor que el 0.05 de significancia, por lo que se procedió al cálculo de la prueba de comparación múltiple de medias Tukey.

Cuadro 13. Análisis de varianza para la longitud de vainas (cm) de Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud vaina (cm)	25	1.00	1.00	1.18

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F	P-valor
Tratamientos	4	41.6965	10.4241	1419.0204	<0.0001
Error	20	0.1469	0.0073		
Total	24	41.8434			

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al Cuadro 14 el tratamiento D con una media de 9.25 cm y el tratamiento B con una media de 8.11 cm obtuvieron las vainas con mayor longitud, por lo que se determina que los tratamientos con fertilización orgánica superaron al testigo absoluto, dentro de las características genotípicas de la variedad de Arveja China en estudio indica que puede producir vainas de 8 a 10 centímetros de longitud, no obstante, esta pudo haber estado influenciada por factores externos como los programas de fertilización aplicados en cada tratamiento, en el caso del testigo al que no se aplicó abonos orgánicos ni químicos se evidencia que produjo vainas con más irregularidades y sufrió de mayor incidencia de mosca minadora, la variabilidad es de 1.18% es muy bajo y el efecto de los programas de fertilización en la longitud de vaina fue es homogéneo.

Cuadro 14. Prueba Tukey para la longitud de vaina (cm) de Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.16221

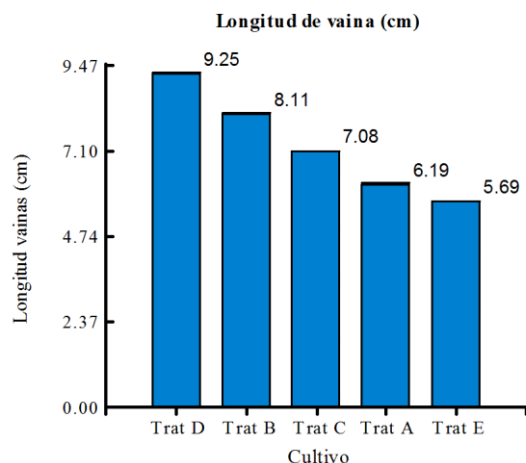
Error: 0.0073 gl: 20

Tratamientos	Medias	n	E.E					
Trat D	9.25	5	0.04	A				
Trat B	8.11	5	0.04		B			
Trat C	7.08	5	0.04			C		
Trat A	6.19	5	0.04				D	
Trat E	5.69	5	0.04					E

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6 se observan las medias obtenidas de forma gráfica en cuanto a la longitud de vainas por cada tratamiento evaluado.

Figura 6. Longitud de vainas de Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.



Fuente: Elaboración propia.

D. Numero de granos por vaina

En el Cuadro 15 se muestra los datos correspondientes al análisis de varianza para el numero de granos por vaina, de los efectos producidos por cinco programas de fertilización tanto de fuentes sintéticas como orgánicas, con el cual se determinó que si existían diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Cuadro 15. Análisis de varianza número de granos por vaina (cm) de Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de granos por vaina	25	1.00	1.00	1.31

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F	P-valor
Tratamientos	4	49.3282	12.3321	1342.1920	<0.0001
Error	20	0.1838	0.0092		
Total	24	49.5120			

Fuente: Elaboración propia.

Para conocer que tratamiento fue mejor, se realizó la prueba de comparación múltiple de medias Tukey (0,05), mostrando que el tratamiento D con abonado químico obtuvo una media de 9.44 granos por vaina, en comparación con los tratamientos con fertilización orgánica que mostraron menor cantidad de granos por vaina, sin embargo, fueron mayor que el testigo, esta variable se encuentra altamente ligada al rendimiento y depende del buen desarrollo de la etapa de floración, cuando se utilizan abonos químicos las formulaciones están ya establecidas y por lo general aportan solo macro nutrientes, en contraparte el compost tiene la cualidad de no solo aportar macro sino también micro nutrientes que son importantes para cada una de las etapas fenológicas del cultivo, en el caso de elementos como el boro y cinc estos contribuyen a la formación del polen, por ende a la buena floración y cuaje de los frutos, así mismo el molibdeno promueve la fijación de nitrógeno atmosférico el cual puede estar muy limitado sin la presencia de materia orgánica en el suelo debido a que los microorganismos no tienen una fuente de energía por lo que no pueden intervenir en el

proceso de absorción de nutrientes, la variabilidad es de 1.31% es muy bajo y el efecto de los programas de fertilización en el número de granos por vaina fue muy homogéneo.

Cuadro 16. Prueba Tukey para número de granos por vaina de Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.18141

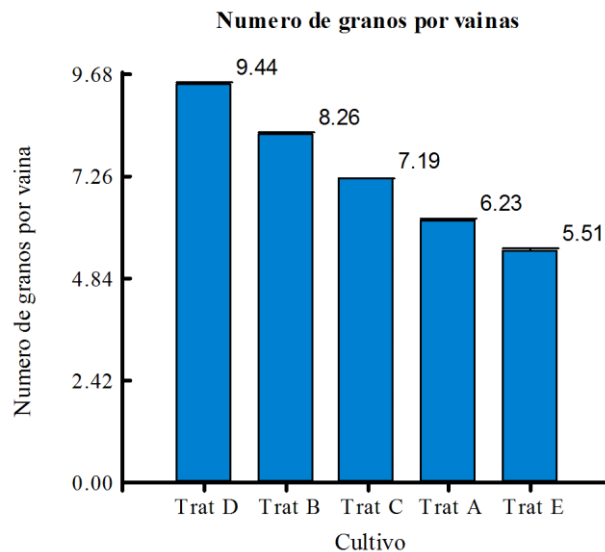
Error: 0.0092 gl: 20

Tratamientos	Medias	n	E.E.					
Trat D	9.44	5	0.04	A				
Trat B	8.26	5	0.04		B			
Trat C	7.19	5	0.04			C		
Trat A	6.23	5	0.04				D	
Trat E	5.51	5	0.04					E

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 7 se observan las medias de forma gráfica obtenidas en cuanto al número de granos por vaina por cada tratamiento evaluado.

Figura 7. Número de granos por vaina de Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.



Fuente: Elaboración propia.

E. Análisis económico

Con los rendimientos obtenidos de cada uno de los programas de fertilización evaluados se continuó con el análisis económico, para ello se realizaron una serie de presupuestos por cada tratamiento, los costos que tuvieron variaciones en las inversiones fueron causados por los montos generados por los análisis de laboratorio, cantidad de mano de obra, rafia y abono utilizado, en cuanto al resto de costos estos fueron los mismos para todos los programas de fertilización evaluados, la estructura del presupuesto puede observarse de forma detallada en (anexos, 8), se proyectó que para un productor local bajo las condiciones en la que se desarrolló la investigación es posible que pueda obtener dos ciclos de producción al año, por ende los presupuestos empleados en el análisis económico corresponden al total obtenido por cada año, los flujos de caja pueden verificarse en (anexo, 9), se estableció un precio de venta por tonelada de Q.8,818.48 para

mercado local fundamentado en el reporte de precios del (MAGA, 2020) para la semana del 16 al 22 de abril del 2020 como referencia, para determinar la relación beneficio costo se efectuó un flujo de caja programado para cinco años a una tasa de actualización del 8.7% fijado con base a una media anual de inflación del año 2019 (BANGUAT, 2019) siendo esta una tasa del 3.7% de inflación, más un 5% de impuesto al valor agregado, para completar el estudio económico también se calculó el valor actual neto, la tasa interna de rentabilidad y por último se calculó la relación beneficio costo como se muestra a continuación para cada uno de los tratamientos.

Cuadro 17. Resumen del análisis económico de la evaluación Arveja China producida con 5 programas de fertilización en el municipio de Sololá, 2020.

Tratamientos	Programa de fertilización	Valor actual neto	Tasa interna de rentabilidad	Flujos actualizados	Relación costo/beneficio
A	4.9 t/ha de compost	-Q 119,143.63	-----	-Q 44,682.93	-Q0.60
B	6.6 t/ha de compost	Q 51,852.61	32%	Q 128,820.61	Q1.67
C	8.3 t/ha de compost	-Q 98,482.84	-----	-Q 16,956.34	-Q0.21
D	Abonado químico	Q 96,914.16	49%	Q 176,846.16	Q2.21
E	Sin abono orgánico ni químico	-Q 106,567.01	-----	-Q 45,319.01	-Q0.74

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 17 se muestra el análisis económico correspondiente a cada uno de los tratamientos en estudio, la cual comprueba que el programa de fertilización más rentable es el tratamiento D (abono químico) lo que se evidencia en el Valor Actual Neto el cual es mayor a cero indicando que es rentable, la tasa interna de rentabilidad es de hasta el 49% la cual podría amortiguar algunos desfases económicos como cambios en la inflación en el transcurso del tiempo, la relación beneficio costo de Q2.21 revela que por cada quetzal invertido se obtiene Q1.21 de ganancia neta, no obstante, el tratamiento B es el segundo programa de fertilización más rentable con una relación beneficio costo que indica que por cada Q1.00 invertido se obtienen Q0.67 de ganancia neta y en cuanto a la tasa interna de retorno esta puede alcanzar una tasa de hasta el 32% teniendo un menor margen para amortiguar desfases económico que puedan afectar la rentabilidad, para los tratamientos C, A y E se determinó que los programas de fertilización evaluados no son rentables esto puede observarse en el valor actual neto el cual es negativo para todos los tratamientos mencionados, de igual forma en la tasa interna de rentabilidad y en la relación beneficio costo en donde se evidencian cifras negativas que indican que los egresos son mayores a los ingresos, por lo tanto no es viable invertir.

Es importante señalar que los programas de fertilización orgánica demandan mayor cantidad de compost y al obtener rendimientos menores afectan su rentabilidad, sin embargo, puede existir un costo de oportunidad al considerar que los abonos orgánicos pueden mejorar las propiedades tanto físicas como químicas del suelo (Izquierdo, 2008) conservando de esta forma por más tiempo la fertilidad en contraste con un abono químico, la agricultura convencional actualmente está provocando la pérdida de la fauna microbiana, incremento de plagas y enfermedades, y desequilibrios ecológicos vinculados al mal manejo de los suelos, de continuar con las mismas prácticas se estaría ganando suelos descubiertos e improductivos (Kolmans, *et al*, 1999).

De acuerdo con la encuesta dirigida a 18 productores hortícolas del departamento de Sololá revela que la frecuencia de aplicación de los abonos orgánicos por parte de los productores se distribuye de la siguiente manera, el 33% lo utiliza al año, el 44% cada semestre y el 22 % en los inicios de la siembra y generalmente en los meses de mayo y junio, así mismo se establece que, la mayoría de agricultores están utilizando una dosis de 0.55 a 15.59 tonelada por hectárea (Pro Atitlán, 2017), tomando estos datos como referencia, el 44% de los agricultores aplican abono orgánico en cada semestre o ciclo de producción por lo que existe un potencial para promover el uso continuo del compost evaluado en la presente investigación con la dosis utilizada en el tratamiento B de 6.6 t/ha la cual obtuvo los mejores resultados.

VIII. CONCLUSIONES

1. El compost evaluado demostró tener potencial como abono orgánico para incrementar rendimientos en el cultivo de Arveja China (*Pisum sativum L.*) lo cual se refleja en la curva de producción del tratamiento B con una dosis de 6.6 t/ha de compost, en el corte número 6 produce el rendimiento más alto al obtenido por el resto de tratamientos evaluados.

2. La utilización de compost como abono orgánico si puede ser una alternativa para evitar aplicar abono químico en el cultivo de Arveja China (*Pisum sativum L.*), todos los rendimientos obtenidos con programas de fertilización orgánica superaron al tratamiento testigo en las condiciones climáticas y edáficas en la que se desarrolló la investigación.

3. El programa de fertilización del tratamiento B con una dosis de 6.6 t/ha de compost demostró ser el mejor entre los tratamientos de abonado orgánico con un rendimiento de 5.89 toneladas/hectárea evaluado en el cultivo de Arveja China (*Pisum sativum L.*).

4. El análisis económico demuestra que la rentabilidad del cultivo de Arveja China fue influenciada por los programas de fertilización implementados en cada tratamiento, el tratamiento D y B obtuvieron la mayor rentabilidad, en cuanto al resto de tratamien0tos ninguno fue económicamente rentable.

IX. RECOMENDACIONES

1. Desarrollar evaluaciones que aporten la presente investigación en cuanto a determinar el potencial del abono orgánico en estudio, evaluar el compost en otros cultivos de importancia económica y con distintos tipos de suelo, realizar variaciones en los momentos y métodos de aplicación, comprobar si el uso continuo del compost puede superar en rendimiento a la producción obtenida en cultivos manejados únicamente con fertilización química, asimismo evaluaciones que tengan como finalidad adecuar parámetros como la relación C/N y el ph durante el proceso de elaboración del abono para mejorar su calidad al momento de ser comercializado.

2. Se sugiere aplicar el compost evaluado en producciones orgánicas de Arveja China (*Pisum sativum L.*) sin la necesidad del uso de abonos de origen sintético.

3. Se recomienda utilizar una dosis de 6.6 t/ha de compost aplicado 15 días antes de la siembra como se determinó en las condiciones climáticas y edáficas en que se desarrolló la investigación, no obstante, para otras condiciones edáficas se sugiere realizar un programa de fertilización acorde al área de producción y con base a los requerimientos del cultivo a implementar.

4. Se recomienda contemplar invertir en el tratamiento B de abonado con una dosis de 6.6 t/ha de compost considerando que es posible acceder a mercados que demanden de productos manejados de forma orgánica lo cual puede mejorar los ingresos.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Agrequima Asociación del Gremio Químico Agrícola. 2012. *Impacto social y económico del sector agrícola guatemalteco sobre la economía nacional*. Guatemala. 108 págs.
- BANGUAT Banco de Guatemala. (2019). Recuperado el 28 de mayo de 2020, *Ritmo inflacionario anual 1980-2019*: <http://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/imm/imm01&e=569>
- De León, Humberto. 2014. *Efecto de cinco programas de fertilización sobre el rendimiento y calidad de Arveja de Grano, San Lucas Sacatepequez, Sacatepequez*. Tesis Universidad Rafael Landívar. Guatemala. 57 págs.
- Domínguez Vivancos, Alonso. 1997. *Tratado de fertilización*. Madrid:España. Mundi-Prensa. 587-606 págs.
- FAO. 2009. *Glosario de Agricultura Orgánica*. (<http://www.fao.org/3/a-as989t.pdf>). Consultado (01/09/2019).
- FAO. 2013. *Manual del compostaje del agricultor*. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. 106 págs.
- Garro, Jorge. 2016. *El suelo y los abonos orgánicos*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria INTA. Costa Rica: San José . 106 págs.
- Hirzel, Juan. 2016. *Guía de manejo y buenas prácticas de aplicación de enmiendas orgánicas en agricultura*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chile: Chillán. 56 págs.
- Izquierdo, Carlos. 2008. *Enmiendas orgánicas para suelos basadas en residuos orgánicos*. Academia de Ciencias de la Región de Murcia. España:Murcia. 91 págs
- ICTA Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. 2010. *Manual de pre inscripción para la producción de Arveja china y dulce en Guatemala*. Guatemala. 31 págs.
- Kolmans, Enrique; D. Vásquez. 1999. *Manual de Agricultura Ecológica*. 2ª ed, ACTAF. Cuba:La Habana. 157 págs.
- MAGA Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. 2014. *Perfil Comercial Arveja China*. Guatemala. 9 págs.
- MAGA Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. 2013. *Estudio Semidetallado de los Suelos del Departamento de Sololá, Guatemala*. Guatemala:Sololá. 756 págs.
- MAGA Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. 2015. *El Agro en cifras 2015*.
- MAGA Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. 2020. Informe semanal de precios. 25 págs.
- Méndez, José. 2009. *Evaluación de tres dosis de fertilización con abono orgánico y sintético en la producción de zapallo (Cucurbita pepo)*, Tesis Zamorano. Honduras. 17 págs.
- Morales, Imelda. 2011. *Diagnóstico Socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión para el municipio de Sololá*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala. 86 págs.
- Ozores, Mónica. 2016. *Guía para la utilización exitosa del Compost en la producción de Hortalizas*. Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida (UF/IFAS). Florida. 6 págs.
- Pro Atilán. 2016. *Informe cuantificación, caracterización de residuos y desechos sólidos en el municipio de Sololá*. Proyecto Fortalecimiento del Sistema de Gestión de los Desechos Sólidos en la Cuenca del Lago de Atilán. Guatemala:Sololá. 34 págs.
- Pro Atilán. 2015. *Estudio de Mercado de Abonos Mejoradores de Suelos*. Proyecto Fortalecimiento del Sistema de Gestión de los Desechos Sólidos en la Cuenca del Lago de Atilán Guatemala: Sololá. 95 págs.

- Pro Atilán. 2017. *Diagnostico Municipal del Manejo de Desechos Sólidos, Aldea de San Jorge la Laguna, Sololá*. Centro de Estudio y Cooperación Internacional CECI. Guatemala:Sololá. 19 págs.
- Pro Atilán. 2018. *Estudio de Caso Gestión Integral de Residuos Sólidos Aldea San Jorge la Laguna Municipio de Sololá*. Centro de Estudio y Cooperación Internacional CECI. Guatemala: Sololá. 19 págs.
- Rodríguez, Gabriel; G. Soto. 1999. *Horticultura orgánica: una guía basada en la experiencia en Laguna de Alfaro Ruiz*. Centro de Investigaciones Agronómicas. Costa Rica. 267-275 págs
- Urbano Terrón, Pedro. 2002. *Fitotecnia. Ingeniería de la Producción Vegetal*. Madrid:España. Mundi-Prensa. 528 págs.
- Vázquez, Pedro; García, Martina; Navarro, Merle; García, David. 2015. «Efecto de la composta y te de compost en el crecimiento y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill.) en invernadero» *Revista Mexicana de Agronegocios*. Torreón, México. 36: 1351-1356

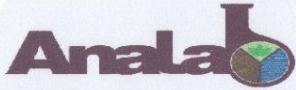
XI. ANEXOS

Anexo 1. Cronograma de actividades.

No.	ACTIVIDADES	FECHA DE EJECUCIÓN	MESES Y SEMANAS																											
			Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio							
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Limpieza del terreno	23/01/2020																												
2	Preparación del suelo, arado	27/01/2020																												
3	Recolección y envío de muestras de suelo y abono	30/01/2020																												
4	Recepción resultados análisis de suelo y abono	10/02/2020																												
5	Montaje de la parcela experimental	11/02/2020																												
6	Primer abonado orgánico	12/02/2020																												
7	Primer abonado químico	26/02/2020																												
8	Siembra	26/02/2020																												
9	Germinación	5/03/2020																												
10	Primera aplicación Insecticida Monarca 11,25 SE	16/03/2020																												
11	Segundo abonado químico	22/03/2020																												
12	Primer Aporque	26/03/2020																												
13	Segunda aplicación insecticida Muralla Delta 190 OD	27/03/2020																												
14	Instalación de tutores	31/03/2020																												
15	Segundo aporque y desmalezado	7/04/2020																												

Anexo 2. Análisis de laboratorio del compost producido en San Jorge la laguna realizado en el año 2015.

Orden: 23 - 50
 Cliente: PEQUEÑOS PRODUCTORES,
 Finca: CECI-GUATEMALA en Jurisdicción de: San Pedro La Laguna SOLOLA

AnaLab 

Análisis de Abono Orgánico

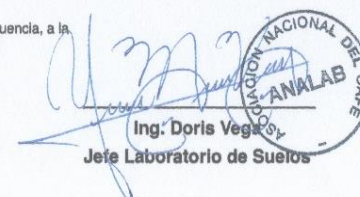
No.	Identificación de la muestra Niveles Adecuados ---->	%							ppm				%		
		pH	*C/N	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	*C.O.	*M.O.	Ceniza
		7.3-9.1	9.5-16.5	0.8-2.8	0.3-1.7	0.5-1.9	0.8-6.9	0.4-1.4	8.9-35.9	1470-9123	58-997	23-180	11-34	37-78	21-62
134	COMPOST CECI #1	10.04	8.99	2.04	0.80	3.85	3.26	0.75	27.64	13,980.12	219.68	90.09	18.33	33.00	67.00
135	COMPOST CECI #2	9.60	17.78	1.50	1.44	2.35	7.31	0.85	25.28	8,152.60	252.60	199.45	26.67	48.00	52.00
136	COMPOST CECI #3	9.78	23.04	1.35	1.03	2.96	4.27	0.86	26.86	7,124.81	219.15	281.47	31.11	56.00	44.00
137	COMPOST CECI #4	9.24	11.47	1.84	1.67	2.26	6.54	0.93	45.02	10,927.86	277.43	266.61	21.11	36.00	62.00
138	COMPOST CECI #5	10.08	15.77	1.55	1.56	2.57	4.82	1.13	26.98	7,047.80	218.10	174.84	24.44	44.00	56.00
139	COMPOST CECI #6	10.46	18.85	0.56	0.71	2.09	4.82	0.95	32.68	14,249.15	284.78	153.38	10.56	19.00	81.00
140	COMPOST CECI #7	10.41	25.97	0.77	1.53	3.79	9.17	1.53	38.97	7,516.62	234.68	279.94	20.00	36.00	64.00

● = Bajo
● = Adecuado
● = Alto


*N = Nitrogeno
 *P = Fósforo
 *K = Potasio
 *CaO = Calcio
 *MgO = Magnesio
 *C.O. = Carbono Orgánico
 *M.O. = Materia Orgánica
 *C/N = Relación Carbono-Nitrógeno

Observaciones: Dichos niveles son por lo tanto, extremadamente generales, y en consecuencia, a la hora de usarlos para interpretar hay que considerarlos como tales.

Fecha de ingreso: 08/10/2015
 Fecha de ejecución:
 Fecha de Impresión: 28/10/2015



Ing. Doris Vega
 Jefe Laboratorio de Suelos



Los resultados de este informe son validos únicamente para las muestras recibidas en el laboratorio y en su Impresión original
 El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe
 La reproducción parcial o total de este informe debera ser autorizada por escrito por ANALAB

5a. calle 05-50, zona 14 Guatemala, Guatemala, C.A. e-mail: analab@anacafe.org www.laboratorioanalab.com telefono y fax: (502) 23374173. pbx: (502) 24213700 ext.193,194,195,196,197

Anexo 3. Análisis de laboratorio del compost producido en San Jorge la laguna realizado en el año 2017.

Orden: 24 - 3249

Cliente: ASOC. DE D. NIMAJUYU SAN PEDRANO. ADENISA

Finca: ADENISA en Jurisdiccion de: San Pedro La Laguna SOLOLA



Análisis de Abono Orgánico O-1

Identificación de la muestra		%								ppm					%		
		pH	*C/N	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Azufre	Boro	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	*C.O.	*M.O.	Ceniza
No.																	
11199	LOTE ADENISA 1	8.57	9.35	1.96	2.02	3.26	9.09	1.08	0.45	18.89	98.21	16,834.79	501.97	357.95	18.33	33.00	67.00
11200	LOTE ADENISA 2	8.58	9.49	1.99	1.67	6.50	8.79	2.12	0.52	31.94	48.58	13,774.53	502.57	508.08	18.89	34.00	66.00
11201	LOTE ADENISA 3	10.52	13.51	1.11	1.99	5.70	12.42	2.24	0.42	50.01	40.64	13,136.68	421.17	451.00	15.00	27.00	73.00
11202	LOTE ADENISA 4	9.64	12.31	1.76	2.75	7.03	8.54	1.81	0.60	33.58	50.17	10,819.72	451.03	360.85	21.67	39.00	61.00
11203	LOTE ADENISA 5	9.82	10.67	2.03	2.95	4.33	16.66	1.26	0.62	27.99	51.74	9,566.35	380.43	298.75	21.67	39.00	61.00
11204	LOTE ADENISA 6	6.03	7.17	3.10	2.59	0.29	5.47	0.35	1.19	0.10	25.28	8,706.26	327.01	1,363.23	22.22	40.00	60.00

- = Bajo
- = Adecuado
- = Alto

- *N = Nitrogeno
- *P₂O₅ = Fósforo
- *K₂O = Potasio
- *CaO = Calcio
- *MgO = Magnesio
- *C.O. = Carbono Orgánico
- *M.O. = Materia Orgánica
- *C/N = Relación Carbono-Nitrógeno

Observaciones: Dichos niveles son por lo tanto, extremadamente generales, y en consecuencia, a la hora de usarlos para interpretar hay que considerarlos como tales.

Fecha de ingreso: 26/04/2017

Fecha de ejecución:

Fecha de Impresión: 05/05/2017


Ing. Doris Vega
 Coordinador de Analab

Los resultados de este informe son validos únicamente para las muestras recibidas en el laboratorio y en su impresión original

El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe

La reproducción parcial o total de este informe debera ser autorizada por escrito por ANALAB

Anexo 4. Análisis de laboratorio del compost producido en San Jorge la laguna realizado en el año 2020.

Orden: 27 - 1161
 Cliente: GUILLERMO RODOLFO POCOP TUY,
 Finca: PARCELA en Jurisdicción de: Sololá SOLOLA



Análisis de Abono Orgánico O-1

Identificación de la muestra		%							ppm					%			
		pH abonos	*C/N	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Azufre	Boro	Cobre	Hierro	Manganeso	Cinc	*C.O.	*M.O.	Ceniza
No.																	
3636	LOTE MUESTRA UNICA	10.29	9.21	2.05	2.81	9.25	14.50	2.28	0.96	96.54	101.50	12,270.00	669.10	625.50	18.89	34.00	66.00

- *N = Nitrogeno
- *P₂O₅ = Fósforo
- *K₂O = Potasio
- *CaO = Calcio
- *MgO = Magnesio
- *C.O. = Carbono Orgánico
- *M.O. = Materia Orgánica
- *C/N = Relación Carbono-Nitrógeno

Fecha de ingreso: 30/01/2020
 Fecha de ejecución: 7/02/2020
 Fecha de Impresión: 7/02/2020



Licda. Carmen Álvarez
 Especialista de Plantas y Esp.

Los resultados de este informe son validos únicamente para las muestras recibidas en el laboratorio y en su impresión original
 Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los Criterios de Aceptación establecidos por Analab.

El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe

La reproducción parcial o total de este informe debera ser autorizada por escrito por ANALAB

Todo documento fuera del servidor Control_Documentos(\lanagua05) y de la carpeta \Publicados se considera una copia no controlada

Anexo 5. Análisis de suelo de la parcela experimental realizado en el año 2020.

ORDEN: 27 - 1160 ANÁLISIS: AS-1
 CLIENTE : GUILLERMO RODOLFO POCOP TUY,
 UNIDAD PRODUCTIVA: PARCELA
 LOCALIZACIÓN: SOLOLÁ SOLOLA
 CULTIVO: MAIZ
 Fecha de Ingreso: 30/01/2020 Fecha de Ejecución: 10/02/2020 08:32



Escanear para validar autenticidad



Informe de Análisis de Suelos

Identificación de la Muestra	mg/L		Cmol(+)/L				mg/L		Cmol(+)/L		mg/L		%
	pH	Boro	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Cobre	Índice Intercal	Hierro	Manganeso	Cinc	Materia Orgánica
No. Niveles Adecuados -->	5.5-6.5	1-5	30-75	0.18-0.38	5-10	0.82-2.05	10-100	1-10	0.3-1.5	40-250	10-250	2-25	3-6
3635 LOTE GUILLERMO RODOLFO POCOP TUY	8.22	0.27	61.50	3.22	31.70	5.51	4.83	5.03	0.05	183.30	27.44	23.20	0.04

Identificación de la Muestra	Porcentaje de Saturación en la CICE					Equilibrio de Bases			
	**CICE	K	Ca	Mg	A.I.	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	(Ca+Mg)/K
Muestra Niveles Adecuados >	10-15	4-5	34-40	12-15	0-24.9	5-25	2.5-15	2-5	10-40
3635 LOTE GUILLERMO RODOLFO POCOP TUY	40.48	7.95	78.31	13.61	0.12	9.84	1.71	5.75	11.56

**CICE=Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo

Nomenclatura	Color	Significado
Al = Aluminio	Rojo	= Bajo o Fuera de
Mg = Magnesio	Verde	= Adecuado
Ca = Calcio	Azul	= Alto
K = Potasio		

Fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso y cinc: solución extractante Mehlich III y determinación por ICP-OES

Materia orgánica (M.O.): método de Walkley y Black

pH: método de potenciometría, relación 1:2.5 - suelo:agua

Solución extractante para acidez intercambiable (A.I.) con: KCl 1 Normal, metodología por volumetría.

Solución extractante para azufre y boro: fosfato ácido de calcio, metodología Espectrofotometría visible

*Análisis acreditado Coguanor NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-087-18

- 1.- Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio y en su impresión ORIGINAL
- 2.- Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los Criterios de Aceptación establecidos por Analab.
- 3.- El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe
- 4.- La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.
- 5.- Todo documento fuera del servidor Control_Documentos(\\ancgua05) y de la carpeta \Publicados se considera una copia no controlada



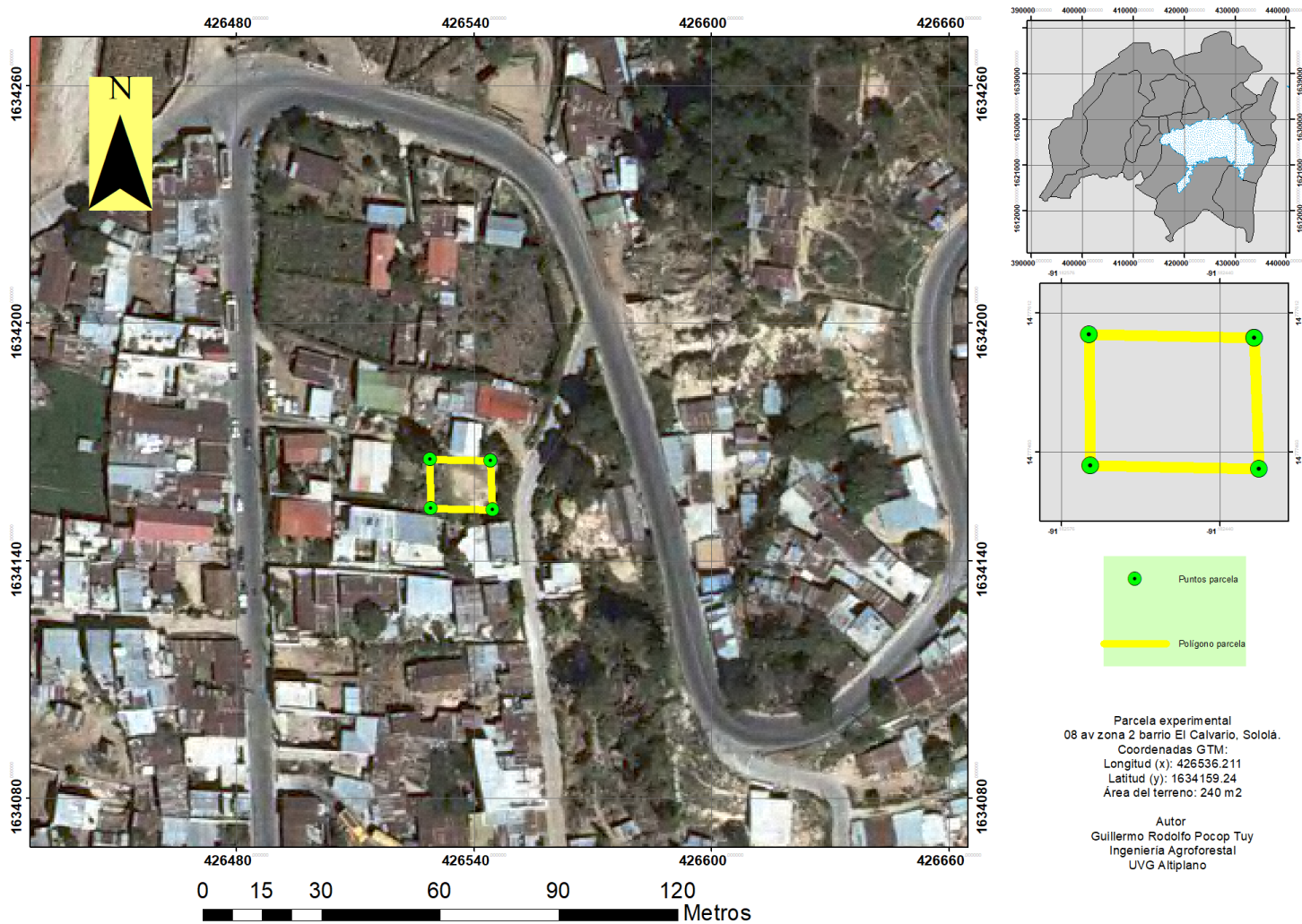
Anexo 6. Croquis de la ubicación de la planta de manejo de desechos sólidos de San Jorge la laguna en donde se produce el compost.



x

Anexo 7. Croquis de la ubicación de la parcela experimental en donde se desarrolló la investigación.

Ubicación de la parcela experimental, 08 av zona 2 barrio El Calvario, Sololá, Sololá.



Anexo 8. Presupuesto con los costos directos e indirectos.

Actividad	Unidad	Unidad/ha	Costo Unidad/ha	Costo Total/ha
Costos directos				
Muestreo y análisis suelos	Estudio	1	Q 550.00	Q 550.00
Muestreo y análisis de abono orgánico	Estudio	1	Q 345.00	Q 345.00
Sub-total				Q 895.00
Preparación del suelo				
Limpieza del terreno	Persona/Día	10	Q 60.00	Q 600.00
Arado	Persona/Día	42	Q 90.00	Q 3,780.00
Compost orgánico de San Jorge la Laguna	Saco de 50 kg	98.03	Q 45.00	Q 4,411.35
Aplicación Abonado orgánico	Persona/Día	14	Q 60.00	Q 840.00
Sub-total				Q 9,631.35
Siembra				
Semillas	Libra	112	Q 25.00	Q 2,800.00
Siembra	Persona/Día	28	Q 60.00	Q 1,680.00
Sub-total				Q 4,480.00
Controles fitosanitarios				
Insecticida Monarca 11,25 SE	100 ml	22	Q 35.00	Q 770.00
Muralla Delta 190 OD	100 ml	22	Q 50.00	Q 1,100.00
Aplicación insecticida	Persona/Día	46	Q 60.00	Q 2,760.00
Sub-total				Q 4,630.00
Control de malezas				
Desmalezado	Persona/Día	22	Q 60.00	Q 1,320.00
Sub-total				Q 1,320.00
Prácticas culturales				
Aporque	Persona/Día	18	Q 60.00	Q 1,080.00
Implementación de tutores	Persona/Día	16	Q 60.00	Q 960.00
Rafia	Rollo 10 lb	45	Q 90.00	Q 4,050.00
Colocación de rafia	Persona/Día	60	Q 60.00	Q 3,600.00
Nylon amarillo y azul	Unidad	7	Q 2.00	Q 14.00
Implementación de trampas	Persona/Día	1	Q 60.00	Q 60.00
Sticker Agrícola	Unidad	1	Q 110.00	Q 110.00
Sub-total				Q 9,874.00
Cosecha				
Cosecha	Persona/Día	95	Q 60.00	Q 5,700.00
Sub-total				Q 5,700.00

Total costos directos				Q 36,530.35
Costos indirectos				
Arrendamiento	Cda 32 Var	14	Q 100.00	Q 1,400.00
Total costos indirectos				Q 1,400.00
Costos totales				Q 37,930.35

Anexo 9. Flujos de caja y parámetros financieros de los tratamientos en estudio.

Flujo de caja tratamiento A (4.9 ton/ha de compost).						
Conceptos/ Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Ciclo 5
Ingresos totales	Q -	Q 56,614.64	Q 56,614.64	Q 56,614.64	Q 56,614.64	Q 56,614.64
Costos directos	Q 73,060.70	Q 63,170.70	Q 73,060.70	Q 62,260.70	Q 72,150.70	Q 62,260.70
Costos indirectos	Q 1,400.00	Q 1,400.00	Q 1,400.00	Q 1,400.00	Q 1,400.00	Q 1,400.00
Costos totales	Q 74,460.70	Q 64,570.70	Q 74,460.70	Q 63,660.70	Q 73,550.70	Q 63,660.70
(=) Saldo Final	-Q 74,460.70	-Q 7,956.06	-Q 17,846.06	-Q 7,046.06	-Q 16,936.06	-Q 7,046.06
Rentabilidad del proyecto						
Tasa %	VAN	TIR	Flujos actualizados		Relación costo/beneficio	
8.7%	-Q 119,143.63	-----	-Q 44,682.93		-Q0.60	

Flujo de caja tratamiento B (6.6 ton/ha de compost).						
Conceptos/ Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Ciclo 5
Ingresos totales	Q -	Q 103,881.69	Q 103,881.69	Q 103,881.69	Q 103,881.69	Q 103,881.69
Costos directos	Q 75,568.00	Q 65,678.00	Q 75,568.00	Q 65,678.00	Q 75,568.00	Q 65,678.00
Costos indirectos	Q 1,400.00	Q 1,400.00	Q 1,400.00	Q 1,400.00	Q 1,400.00	Q 1,400.00
Costos totales	Q 76,968.00	Q 67,078.00	Q 76,968.00	Q 67,078.00	Q 76,968.00	Q 67,078.00
(=) Saldo Final	-Q 76,968.00	Q 36,803.69	Q 26,913.69	Q 36,803.69	Q 26,913.69	Q 36,803.69
Rentabilidad del proyecto						
Tasa %	VAN	TIR	Flujos actualizados		Relación costo/beneficio	
8.7%	Q 51,852.61	32%	Q 128,820.61		Q1.67	

Flujo de caja tratamiento C (8.3 ton/ha de compost).						
Conceptos/ Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Ciclo 5
Ingresos totales	Q -	Q 71,253.32	Q 71,253.32	Q 71,253.32	Q 71,253.32	Q 71,253.32
Costos directos	Q 80,126.50	Q 70,236.50	Q 80,126.50	Q 70,236.50	Q 80,126.50	Q 70,236.50
Costos indirectos	Q 1,400.00	Q 1,400.00	Q 1,400.00	Q 1,400.00	Q 1,400.00	Q 1,400.00
Costos totales	Q 81,526.50	Q 71,636.50	Q 81,526.50	Q 71,636.50	Q 81,526.50	Q 71,636.50
(=) Saldo Final	-Q 81,526.50	-Q 383.18	-Q 10,273.18	-Q 383.18	-Q 10,273.18	-Q 383.18
Rentabilidad del proyecto						
Tasa %	VAN	TIR	Flujos actualizados		Relación costo/beneficio	
8.7%	-Q 98,482.84	-----	-Q 16,956.34		-Q0.21	

Flujo de caja tratamiento D (abonado químico).						
Conceptos/ Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Ciclo 5
Ingresos totales	Q -	Q 118,696.74	Q 118,696.74	Q 118,696.74	Q 118,696.74	Q 118,696.74
Costos directos	Q 78,532.00	Q 68,242.00	Q 78,132.00	Q 68,242.00	Q 78,132.00	Q 68,242.00
Costos indirectos	Q 1,400.00	Q 1,400.00	Q 1,400.00	Q 1,400.00	Q 1,400.00	Q 1,400.00
Costos totales	Q 79,932.00	Q 69,642.00	Q 79,532.00	Q 69,642.00	Q 79,532.00	Q 69,642.00
(=) Saldo Final	-Q 79,932.00	Q 49,054.74	Q 39,164.74	Q 49,054.74	Q 39,164.74	Q 49,054.74
Rentabilidad del proyecto						
Tasa %	VAN	TIR	Flujos actualizados		Relación costo/beneficio	
8.7%	Q 96,914.16	49%	Q 176,846.16		Q2.21	

Flujo de caja tratamiento E (testigo).						
Conceptos/ Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Ciclo 5
Ingresos totales	Q -	Q 43,739.66	Q 43,739.66	Q 43,739.66	Q 43,739.66	Q 43,739.66
Costos directos	Q 59,848.00	Q 49,958.00	Q 59,848.00	Q 49,958.00	Q 59,848.00	Q 49,958.00
Costos indirectos	Q 1,400.00	Q 1,400.00	Q 1,400.00	Q 1,400.00	Q 1,400.00	Q 1,400.00
Costos totales	Q 61,248.00	Q 51,358.00	Q 61,248.00	Q 51,358.00	Q 61,248.00	Q 51,358.00
(=) Saldo Final	-Q 61,248.00	-Q 7,618.34	-Q 17,508.34	-Q 7,618.34	-Q 17,508.34	-Q 7,618.34
Rentabilidad del proyecto						
Tasa %	VAN	TIR	Flujos actualizados		Relación costo/beneficio	
8.7%	-Q 106,567.01	-----	-Q 45,319.01		-Q0.74	

Anexo 10. Fotografías de la fase de campo.

Figura 8. Recolección de muestras del compost de la Aldea San Jorge la Laguna para su análisis de laboratorio.



Figura 9. Montaje de la parcela experimental.



Figura 10. Abonado con compost por surco a 20 cm de profundidad, 15 días antes de la siembra.



Figura 11. Abonado químico a la siembra, tratamiento D.



Figura 12. Identificación de mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) 15 días después de la siembra.



Figura 13. Abonado químico a los 25 días después de la siembra, tratamiento D.



Figura 14. Desarrollo del cultivo a los 35 días después de la siembra.



Figura 15. Aporque y deshierbe en el cultivo.



Figura 16. Desarrollo del cultivo a los 55 días después de la siembra.



Figura 17. Medición de variables por tratamiento durante cada corte.



Figura 18. Conteo de granos por vaina.



Figura 19. Medición de longitud de vaina en centímetros.



Figura 20. Medición de pesos por vaina en gramos.



Figura 21. Primer corte del cultivo de Arveja China.

