

UNIVERSIDAD ESTATAL DE SONORA

UNIDAD ACADEMICA HERMOSILLO

**MAESTRIA EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE
PRODUCCION BIOSUSTENTABLES**



**RESPUESTA DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L) A LA APLICACIÓN
DE ZEOLITA Y COMPOSTAS EN LA COSTA DE HERMOSILLO**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS
DE PRODUCCION BIOSUSTENTABLES**

PRESENTA:

JOSE LUIS BUJANDA YAÑEZ

HERMOSILLO, SONORA

AGOSTO 2015

UNIVERSIDAD ESTATAL DE SONORA

UNIDAD ACADEMICA HERMOSILLO

MAESTRIA EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE
PRODUCCION BIOSUSTENTABLES

TESIS

RESPUESTA DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L) A LA APLICACIÓN
DE ZEOLITA Y COMPOSTAS EN LA COSTA DE HERMOSILLO

COMITÉ REVISOR

Director



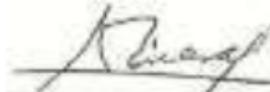
DR. RAFAEL JORDAN HERNANDEZ

Co-Director



DR. NOE ORTIZ URIBE

Asesor



M.C. SERVANDO RIVERA GUDIÑO

Hermosillo, Sonora.

Agosto 2015

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Estatal de Sonora (UES)** y sus autoridades.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**.

A la empresa **Agrícola del Desierto de Sonora, S.A. de C.V.** por apoyar económica, técnica y científicamente este proyecto de investigación.

A los miembros de mi comité de tesis, **Dr. Rafael Jordán Hernández, Dr. Noé Ortiz Uribe y M.C. Servando Rivera Gudiño**, que con humildad, paciencia, profesionalismo, intelectualidad y experiencia, honrosamente me incluyeron en su equipo de trabajo, comprometido con la sustentabilidad, lo que generó la construcción de un gran grupo de amistad.

Al **Lic. Ariel Arellano Romero** por el interés mostrado, por su pleno convencimiento de producir sustentablemente y por su apoyo moral, físico y económico que consintieron llevar a cabo este proyecto.

Al **Ing. Víctor Manuel Sánchez Rascón**, técnico responsable de la agroempresa **Agrícola del Desierto de Sonora, S.A. de C.V.**, y **Sr. Jesús Valenzuela Garrobo**, mayordomo y responsable del cultivo del garbanzo, por su apoyo incondicional.

A mis maestros: **Dra. Carmen Isela Ortega Rosas, Dra. Laura Elizabeth Gayosso García Sancho, Dr. Alberto Macías Duarte, Dra. María Gabriela Romo Figueroa, Dra. Amparo del Carmen Meza Moller, Dr. José Andrés Alvarado Castro** y a todos mis amigos, colegas y compañeros que mostraron un gran interés en este proyecto.

Al **Dr. Ariel Félix Echavarrí Pérez** por su apoyo incondicional a este proyecto.

¡GRACIAS! a todos.....

DEDICATORIA

A mi esposa y compañera, Olivia Catalina, por esa paciencia y cariño que me compartes, por acompañarme en mis proyectos, por motivarme a seguir adelante en los momentos difíciles y ayudarme a ser mejor persona, por todo eso.....te llevo en mi mente y corazón, por siempre.....

A José Luis e Isabel, David Armando y Olivia y Celia de Lourdes y Jesús Gilberto, mis adorables hijos, por su apoyo incondicional y creer en mí.....A mis nietos Ximena Guadalupe, Danna Katalina, Valentina Lourdes, José Luis, Liam Eduardo y Jibran Antonio, por alegrarme la vida e inspirarme a seguir luchando.....los quiero.

A mis finados padres David y Alicia, que cuando estuvieron conmigo me brindaron su confianza y apoyo incondicional para seguir en la lucha cotidiana.....les mando mi cariño dondequiera que se encuentren.

A mis hermanos, Esthela y Jaime Rene, por estar siempre unidos, en las buenas y en las malas, por creer en mis proyectos y apoyarlos.....todo mi afecto.

A mi compadre Vicente Lee por su orientación y colaboración para que este proyecto cristalizara.....todo mi aprecio para ti y Cruz Alba.

INDICE GENERAL

PORTADA	i
CARTA DE APROBACION	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
INDICE DE CONTENIDO	v
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
CAPITULO I. INTRODUCCION	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1 General	5
1.4.2 Específicos	5
1.5. Hipótesis	6
CAPITULO II. MARCO TEORICO	6
2.1. El cultivo del garbanzo	6
2.1.1. Origen	6
2.1.2. Importancia económica	6
2.1.3. Características del cultivo	9
2.1.4. Información nutricional	10

2.2. Tecnología de producción	11
2.2.1. Preparación del terreno	11
2.2.2. Siembra	12
2.2.3. Requerimientos de humedad	12
2.2.4. Requerimientos nutrimentales	13
2.2.5. Inoculación de semillas	13
2.3. Composición de la solución del suelo	15
2.4. La materia orgánica en el suelo	16
2.5. Uso de enmiendas orgánicas y minerales para remediar suelos deteriorados	20
2.5.1. Aplicación de estiércoles y guanos	20
2.5.2. Aplicación de compostas	20
2.5.3. Aplicación de zeolitas	25
2.6. Impacto ambiental por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados	29
CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS	35
3.1. Ubicación de la parcela experimental	35
3.2. Ensayo 1 (macetas)	36
3.2.1. Preparación de la siembra	37
3.2.2. Caracterización de la zeolita	37
3.2.3. Modificación de la zeolita	38
3.2.4. Caracterización de la composta	38
3.2.5. Preparación de la composta líquida	39
3.2.6. Aplicación de tratamientos y siembra	39
3.2.7. Manejo del cultivo	39
3.2.8. Variables a evaluar	40

3.3. Ensayo 2 (prueba en suelo)	40
3.3.1. Actividades realizadas	42
3.3.2. Modificación de zeolita	43
3.3.3. Siembra	43
3.3.4. Manejo del cultivo	44
3.3.5. Variables a evaluar	45
3.4. Análisis estadístico	45
3.5. Análisis económico	45
CAPITULO IV. RESULTADOS	
4.1. Ensayo 1	46
4.2. Ensayo 2	50
4.2.1. Comportamiento de la productividad	51
4.2.2. Comportamiento de los niveles de sodio y nitrógeno	54
4.3. Resultados estadísticos del ensayo 1	59
4.4. Resultados estadísticos del ensayo 2	63
4.5. Resultados económicos del ensayo 2	65
CAPITULO V. DISCUSION	69
CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
6.1. Conclusiones	73
6.2. Recomendaciones	75
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	76
ANEXOS	82

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Sobreprecio por clasificación de calibres.	8
Cuadro 2. Precios de referencia de garbanzo en el mercado internacional.	9
Cuadro 3. Precios de garbanzo pagados al productor (2009 – 2014).	9
Cuadro 4. Contenido nutricional de una porción de 100 g de garbanzo.	10
Cuadro 5. Condiciones óptimas del suelo para el desarrollo del garbanzo. INIFAP. 2013.	11
Cuadro 6. Balance de nitrógeno en el Valle del Yaqui, Sonora 2009-2010.	33
Cuadro 7. Tratamientos evaluados durante el ciclo 2013-2014.	36
Cuadro 8. Análisis químico total de zeolita	37
Cuadro 9. Características de clinoptilolita natural	37
Cuadro 10. Determinación química efectuada a composta sólida.	38
Cuadro 11. Distribución del diseño.	41
Cuadro 12. Resultado del primer análisis de suelo de la muestra compuesta.	42
Cuadro 13. Calendarización de riegos aplicados al cultivo de garbanzo por la empresa agrícola “Los Cuatro” durante el ciclo 2014-2015.	44
Cuadro 14. Efecto de la productividad de los tratamientos.	47
Cuadro 15. Diferencias significativas entre tratamientos en base a número de granos comerciales No. 1, utilizando Prueba de Wald.	59
Cuadro 16. Diferencias significativas entre tratamientos en base a peso y calibres de granos comerciales No. 1.	61
Cuadro 17. Diferencias significativas entre tratamientos en base a peso y calibres de granos comerciales No. 2.	63
Cuadro 18. Suma y media de rendimientos por tratamiento de toda la cosecha.	64
Cuadro 19. Suma y media de rendimiento por tratamiento de calibres > 0.	64
Cuadro 20. Suma y media de rendimiento por tratamiento de calibres ≤ 0.	65
Cuadro 21a. Matriz de cálculo de ingresos por tratamiento.	65
Cuadro 21b. Matriz de cálculo de ingresos por tratamiento.	66

Cuadro 22. Escenario de resultados económicos ajustados al ciclo agrícola 2014-2015.	66
Cuadro 23. Matriz de cálculo para ajuste de resultados proyectados para el ciclo agrícola 2014-2015.	67
Cuadro 24. Relación C/B bajo condiciones actuales.	68
Cuadro 25. Ingreso total y medio (MN) obtenido por tratamiento.	68

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. La lixiviación de nitrato en función de la dosis de fertilizante nitrogenado y del volumen de drenaje en un cultivo de maíz, en California EE. UU. (Pratt, 1984).	31
Figura 2. Efecto de la dosis de (N) fertilizante sobre producción de maíz en California, EE. UU. contenido en la planta y mineralizado el suelo (Broadbent y Carlton 1978).	32
Figura 3. Costos de labranza y fertilización en trigo en el Valle del Yaqui.	33
Figura 4. Ubicación de los Campos Agrícolas “San José” y “Los Cuatro”, Costa de Hermosillo.	35
Figura 5. Ubicación de la parcela experimental Campo Agrícola “Los Cuatro”.	36
Figura 6. Rendimiento en número de granos por tratamiento.	47
Figura 7. Efecto de los tratamientos en el rendimiento y participación porcentual de granos comerciales No. 1.	48
Figura 8. Peso (g) de granos comerciales No.1 por tratamiento.	48
Figura 9. Efecto de los tratamientos en el rendimiento de granos comerciales No.2.	49
Figura 10. Peso (g) de granos comerciales No. 2 por tratamiento.	49
Figura 11. Número y porcentaje de granos desechados.	50

Figura 12. Comportamiento de calibres por tratamiento.	50
Figura 13. Efecto de los tratamientos en el rendimiento total.	52
Figura 14. Efecto de los tratamientos en el rendimiento de calibres ≤ 0 (g).	53
Figura 15. Efecto de los tratamientos en el rendimiento de calibres > 0 (g).	53
Figura 16. Comportamiento comparativo entre la participación de calibres ≤ 0 y > 0 de los tratamientos.	54
Figura 17. Nivel de N-NO ₃ encontrado en la muestra compuesta de suelo tomada de las unidades experimentales.	54
Figura 18. Nivel de Na ⁺ encontrado en la muestra compuesta de suelo tomada de las unidades experimentales.	55
Figura 19. Nivel de materia orgánica encontrado en la muestra compuesta de suelo tomada de las unidades experimentales.	55
Figura 20. Nivel de N total encontrado en las muestras de suelos tomadas de las unidades experimentales de los tratamientos.	56
Figura 21. Nivel de Na ⁺ encontrado en las muestras de suelos tomadas de las unidades experimentales de los tratamientos.	57
Figura 22. Comportamiento de los niveles de Na ⁺ absorbido por los tubos cargados con zeolita modificada químicamente en tratamientos T2 y T4.	57
Figura 23. Diferencia significativa en el número medio de granos No. 1 entre tratamientos T2-T7 y T4-T7.	60

RESUMEN

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.), es de enorme importancia en la alimentación mundial. En el noroeste de México, Sinaloa y Sonora son los principales productores. Sonora ocupa el segundo lugar en producción en la República Mexicana después de Sinaloa con 24,600 Ha⁻¹ anuales. La mayor parte del garbanzo empleado para consumo humano que se produce en México se destina a la exportación.

El objetivo que se persigue con este trabajo de investigación es mejorar la productividad del cultivo del garbanzo mediante el uso de abonos orgánicos y zeolitas naturales en campo agrícola “Los Cuatro”, ubicado en la Costa de Hermosillo.

Los resultados esperados son, evaluar el cambio del contenido del nitrógeno en el suelo en respuesta a la aplicación de zeolita natural (clinoptilolita), compostas sólidas y compostas líquidas, evaluar la respuesta de la planta a la aplicación de clinoptilolita, compostas sólidas y compostas líquidas mediante parámetros de cosecha, así como evaluar la reducción de los niveles de sodio mediante la aplicación de un sistema localizado de adsorción y remoción, a partir de clinoptilolita.

CAPITULO I. INTRODUCCION

1.1. Introducción

Actualmente, existe una amplia investigación sobre el cultivo de garbanzo, sin embargo, en lo que corresponde a nutrición vegetal bajo métodos sustentables, es poca o casi nula la información disponible. El presente estudio de investigación, tiene como objetivo demostrar científicamente que con diferentes métodos de nutrición vegetal sustentable, con bajo impacto ambiental, se pueden obtener rendimientos iguales o mayores a los de una nutrición convencional. Es por ello que se llevó a cabo este proyecto en la Costa de Hermosillo, con la intención de mejorar la productividad del cultivo del garbanzo a través de la aplicación de zeolita y compostas, con un enfoque de biosustentabilidad para demostrar que se puede disminuir la sodicidad del suelo e incrementar rendimientos y calibres de granos.

Las parcelas experimentales se establecieron en el campo agrícola “Los Cuatro”, Propiedad de Agrícola del Desierto de Sonora, S.A., ubicado por la Calle 36 Norte, en el kilómetro 30 de la carretera Hermosillo – Puerto Libertad, Sonora. El experimento masivo se inició en el mes de diciembre de 2014, para recabándose los datos en el mes de junio del presente año.

Es significativo mencionar que este proyecto está apegado a las prioridades para la acción que enmarca el documento: “Estrategia Mundial para la Conservación”, capítulo 14: “Un desarrollo rural basado en la conservación”, donde se especifican los problemas, la acción requerida y la restauración y compensación de los valores nutricionales del suelo. También se alinea con la AGENDA 21, aprobada el 14 de junio de 1992 por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, donde se resalta la armonización de la planificación, conservación, rehabilitación de las tierras, así como el empleo de una nutrición sostenible de las plantas.

No se puede soslayar los acuerdos emanados de la “Conferencia para el Desarrollo Sustentable (RIO+20) del 2012”, donde las Naciones Unidas

reafirmaron los logros obtenidos a partir de la Agenda 21 hasta el 2012, en el marco para la acción y seguimiento de las acciones correctivas, así como los medios de ejecución propuestos para el desarrollo sustentable, particularmente dentro del marco para la acción y seguimiento, donde se sugieren propuestas para una agricultura sustentable. Asimismo hace hincapié de que se requieren tomar medidas para mejorar la investigación agrícola, capacitación y educación con fines de aumentar la productividad y la sostenibilidad de esta mediante el intercambio voluntario de conocimientos y buenas prácticas. Aunado a esto, aumentar la optimización del acceso a la información y a los conocimientos técnicos y prácticos especializados. Reclama fortalecer la cooperación internacional en materia de investigación agrícola para el desarrollo.

Este proyecto también se adhiere a los lineamientos internacionales y nacionales del ISO 14000, que tiene que ver con sistemas de gestión ambiental efectivos; la introducción de las regulaciones ISO 65 como un medio de estandarización de los procedimientos y documentación entre los organismos de certificación y por lo tanto del ambiente del comercio internacional de productos orgánicos; de gran relevancia el estatus de observador oficial que ha recibido la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM) por sus siglas en inglés, por parte de las Naciones Unidas, lo que indica signos claros de que la agricultura y comercio de alimentos orgánicos están en posición de dejar su existencia localizada y convertirse en una opción respetable de agricultura sustentable y ambientalmente armoniosa; LEY DE DESARROLLO RURAL SUSTENTABLE, que promueve el desarrollo rural sustentable del país, propicia un medio ambiente adecuado y garantiza la rectoría del Estado y su papel en la promoción de la equidad y todas aquellas acciones tendientes a la elevación de la calidad de vida de la población rural; LEY DE PRODUCTOS ORGÁNICOS publicada en el Diario Oficial en 2006; REGLAMENTO DE LA LEY DE PRODUCTOS ORGÁNICOS, Publicado en el Diario Oficial de la Federación en 2010; LEY DE DESARROLLO RURAL SUSTENTABLE DEL ESTADO DE SONORA, publicada en 2009, y que tiene como propósito promover el desarrollo rural en el estado, sustentable e incluyente, con el fin de mejorar la calidad de vida

de la sociedad rural, contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria del estado y del país; entre otras afines.

Los insumos naturales utilizados en el cultivo de garbanzo, como es la aplicación de zeolita y composta deben incrementar la retención de nitrógeno y agua en el suelo, aumentar la productividad del cultivo, como consecuencia de la disminución en los niveles de sodicidad del suelo. De la misma forma, la huella de carbono se reduce sustancialmente mediante el uso de zeolita y composta.

No se puede pasar inadvertido que este proyecto de investigación embona en un sistema de PRODUCCION + LIMPIA, debido a que entre las prácticas de producción se desarrollarán: buenas prácticas operativas; sustitución de insumos; mejor control de procesos; cambio de tecnología; reutilización, recuperación y reciclaje in situ; y mejor productividad con menor impacto ambiental.

1.1. Planteamiento del problema

A través del tiempo, desde que los fertilizantes químicos sintéticos aparecieron en la agricultura moderna, popularizándose con la Revolución Verde, paulatinamente han contribuido a deteriorar el medio ambiente. En forma específica, los fertilizantes nitrogenados consistentemente vienen contaminando cuerpos de agua, como son drenajes, ríos, mantos freáticos y mares, impactando en la calidad de este recurso y en los seres vivos que se desenvuelven en estos. Asimismo, en forma indirecta han sido causantes del deterioro de la materia orgánica en los suelos en producción.

En el Campo Agrícola “Los Cuatro”, dedicado a la producción de garbanzo y cítricos presenta suelos con altos niveles de sodio y de nitrógeno, así como bajos contenidos de materia orgánica, lo que refleja bajos rendimientos en la producción. Para contrarrestar este problema tiene que recurrir a mejoradores químicos de suelos y enmiendas, generando un costo mayor a su producción.

Para superar esta situación se le propuso a la empresa la utilización de compostas, compostas líquidas y zeolitas, como alternativas que impacten en una

producción sustentable. El uso de compostas y compostas líquidas tienen el efecto de incrementar gradualmente la materia orgánica del suelo y disminuir el requerimiento de fertilizantes nitrogenados. Las zeolitas, por su alta capacidad de intercambio catiónico, tienen la cualidad de absorber y adsorber sodio, bajando los niveles en el suelo.

La aplicación de las prácticas evaluadas en el presente proyecto tendría un efecto positivo en los costos del cultivo ya que permitirían ahorrar entre y por hectárea.

¿Qué impacto tiene el utilizar compostas y zeolitas en la productividad del cultivo del garbanzo (*Cicer arietinum* L) en el campo agrícola “El Cuatro” como alternativa de producción biosustentable?

1.2. Justificación

En los campos agrícolas de la Costa de Hermosillo, por décadas se han venido sembrando en forma convencional. Los principales problemas que afectan la productividad de los cultivos, específicamente el garbanzo, es el alto potencial químico de sodicidad de los suelos y bajo nivel de materia orgánica. La empresa, en los últimos cuatro años, ha venido aplicando compostas, mejorándose la productividad, pero el problema de sodicidad persiste. En el caso de la zeolita es un material ampliamente disponible en la región y que tiene una gran capacidad de intercambio catiónico para adsorber el sodio del suelo, pudiendo ser este retirado y la zeolita reconstituida para reutilizarse en varios ciclos productivos.

El problema de sodicidad y de bajo niveles de materia orgánica no es exclusivo del campo “Los Cuatro”, es un problema que se manifiesta en diversos distritos de riego de Sonora y del país, por lo que las soluciones propuestas pueden contribuir a mejorar la calidad de los suelos y la productividad, en beneficio de la agricultura estatal y nacional en general.

El presente proyecto de investigación se planteó para buscar resolver los problemas de sodicidad y aumentar niveles de materia orgánica, alentando incrementos en la productividad y rentabilidad de la agroempresa. De no llevarse

a cabo la investigación no se estaría en posibilidades de conocer la efectividad de las compostas y zeolitas. Por lo tanto, es necesario seguir evaluando y mejorando las prácticas sustentables de manejo del suelo.

Hace aproximadamente tres años la empresa “Agrícola del Desierto de Sonora, S.A. de C.V” a través de su representante legal Lic. Ariel Arellano Romero, planteó la necesidad de desarrollar trabajos de investigación sobre manejo y aplicación de compostas y zeolita, con el propósito de bajar dosis de fertilizantes, sodicidad de los suelos y costos de producción. Los que activamente participan en esta empresa cuentan con un alto grado de consciencia y estima por la protección del ambiente, por lo que están motivados a desarrollar y practicar una agricultura sustentable. Ese convencimiento por producir con sustentabilidad, comprometió a la empresa e investigadores a delinear un proyecto de investigación para satisfacer las necesidades planteadas por la organización.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Mejorar la productividad del cultivo del garbanzo mediante el uso de abonos orgánicos y zeolitas naturales en campo agrícola “Los Cuatro”, ubicado en la Costa de Hermosillo.

1.3.2. Específicos

- Evaluar el cambio del contenido del nitrógeno en el suelo en respuesta a la aplicación de zeolita natural clinoptilolita, compostas sólidas y compostas líquidas mediante análisis de suelo.
- Evaluar la respuesta de la planta a la aplicación de clinoptilolita, compostas sólidas y compostas líquidas mediante parámetros de cosecha.
- Evaluar la reducción de los niveles de sodio mediante la aplicación de un sistema localizado de adsorción y remoción, a partir de clinoptilolita.

1.5. Hipótesis

- La aplicación de zeolita y de composta incrementa la retención de nitrógeno en el suelo.
- La aplicación de zeolita reduce la sodicidad del suelo.
- La productividad del cultivo de garbanzo mejora con la aplicación de zeolita y compostas en la empresa "Agrícola del Desierto de Sonora".

CAPITULO II. MARCO TEORICO

2.1. El cultivo del garbanzo

2.1.1. Origen

El cultivo del garbanzo (*Cicer arietinum* L) es una leguminosa nativa del Mediterráneo (Hundrods, 2013). Se origina en el Suroeste de Turquía oriental y se ha cultivado por siglos en la India, África, el Medio Oriente y el Mediterráneo (Oplinger et al., 1997; Berrada et al., 1999). Posteriormente, se extiende hacia Europa y México, Argentina y Chile, así como Australia. Se tienen identificadas 40 especies de garbanzo, a nivel mundial (INFOAGRO, 2012).

2.1.2. Importancia económica

Dentro de la familia de las leguminosas, el garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es de gran importancia económica a nivel mundial, después del frijol (Durón y Morales 2004). Se siembran más de 10 millones de hectáreas, sembrándose el 70% en la India seguido de Turquía, Pakistán y México (INFOAGRO, 2012). De una un total de ocho países evaluados en producción de garbanzo durante 2007-2009, México ocupó el tercer lugar, con 389 mil toneladas de grano; en primer sitio se encontró la India, con un millón 100 mil toneladas; y en segundo lugar Turquía, con 675 mil toneladas. La lista la completaron Canadá (317 mil toneladas), Estados Unidos (122 mil toneladas), Australia (116 mil 900 toneladas), España (76 mil toneladas) y Argentina (37 mil toneladas). En conjunto, los países evaluados sumaron 2

millones 832 mil 900 toneladas de garbanzo (Fundación Produce Sinaloa, 2009). En 2011 se alcanza un volumen de garbanzo de 11.6 millones de toneladas, en 13.2 millones de hectáreas, en el mundo. Esto indica que rinde un promedio mundial de 0.88 ton/ha, según estadísticas de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

A finales de la década pasada, la superficie mundial cosechada de garbanzo fue de 11.98 millones de hectáreas, cifra que registra un aumento del 3.64 % con respecto al año 2009 (FAO, 2010). Las estimaciones de la superficie cosechada y los rendimientos registran una gran variabilidad año con año, como consecuencia de los problemas climáticos que se registran durante el ciclo del cultivo. El principal país exportador durante ese período fue Australia, que participó con el 40% del comercio, México ocupó el tercer lugar con el 9%, después de la India con 14% (Garzón, 2013). A partir de 2006, la India ha tenido mayor penetración en los mercados considerados naturales para el garbanzo mexicano (Gallardo, 2012).

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.), es de enorme importancia en la alimentación mundial. En el noroeste de México, Sinaloa y Sonora son los principales productores. Sonora ocupa el segundo lugar en producción en la República Mexicana después de Sinaloa con 24,597 ha anuales (OEIDRUS, 2014). La mayor parte del garbanzo empleado para consumo humano que se produce en México se destina a la exportación, mercado que genera ganancias importantes para el sector agrícola; sin embargo, debido a que otros países (como Canadá, España e India) han logrado generar nuevos materiales con características similares a las que poseen las variedades producidas en nuestro país, este mercado, que tradicionalmente había pertenecido a México, tiene más competencia (Angulo *et al*, 2009).

En México, se siembran dos tipos de garbanzo, el tipo “Desi” y el tipo “Kabuli”. La siembra de variedades forrajeras (Desi) ocupa menor superficie, mientras que el garbanzo blanco (Kabuli) se siembra en mayor área. En los estados de Jalisco,

Guanajuato y Michoacán, es donde se cultiva el garbanzo forrajero, también llamado “porquero”, mientras que la producción de garbanzo blanco, se cultiva en los estados de Sonora, Sinaloa y Baja California Sur (Palau, 2014).

La producción de garbanzo en el noroeste de México, se destina a los mercados de exportación, por su excelente calidad de grano. Es considerado uno de los cultivos más importantes de la región, después del trigo (Duron, 1986). El 65% del garbanzo blanco que se produce en el Noroeste del País se exporta a países como España, Argelia, Italia, Turquía y Portugal, así como a Israel, donde tiene gran demanda por el tamaño y calidad del grano (Palau, 2014). Este producto agrícola se clasifica por número de granos por 30 g catalogándose tal como se observa en el cuadro 1 (Morales y Ortega, 2004). Eventualmente, calibres mayores tienen un sobreprecio hasta del 30% y son más fáciles de comercializar.

Cuadro 1. Sobreprecio por clasificación de calibres

Calibre	Granos por 30 g	Sobreprecio (%)
XXX	42-44	25.6
XX	44-46	24.4
X	46-48	23.2
0	48-50	22
2	50-52	19.5
4	52-54	7.3
6	54-56	4.8
8	56-58	2.4
10	58-60	Precio base

(Morales y Ortega, 2004).

En el año 2014, los precios en el mercado internacional para el garbanzo mexicano y otros países exportadores se reportaron de acuerdo a como se observan en el cuadro 2 (Palau, 2014).

Cuadro 2. Precios de referencia en el mercado internacional

País exportador	Calibre (oz) española	Precio LAB puerto de embarque USD T ⁻	Tamaño (mm)
México	44/42	1,100.00	11
México	44/46	1,050.00	10
Turquía	44/46	900	10
E.E. U.U.	44/46	1,102.00	10
Canadá	58/60	881	9
Australia	70/80	525	desi

Estos precios de referencia presentan variaciones en función a oferta y demanda, existiendo evidencia de que garbanzo 44/46 se vendió a 960.00 USD/ton LAB puerto de Mazatlán, Sinaloa, cosecha de 2014 (Palau, 2014). Sin embargo, los precios al productor, en los últimos años, han sido bastante altos comparativamente con los precios que se cotizan en el mercado internacional. Los precios al productor se reportan en el cuadro 3 (Palau, 2014).

Cuadro 3. Precios al productor (2009 – 2014)

año	Precios por tonelada (M.N.)
2009	7,000.00
2010	10,000.00
2011	11,000.00
2012	8,000.00 - 9,000.00
2013	13,000.00 - 13,500.00
2014	9,000.00 - 11,000.00

2.1.3. Características del cultivo

Es una planta herbácea anual que alcanza una altura promedio de 60 cm, tiene raíces profundas y tallos ramificados y vellosos. Las hojas pueden ser paripinnadas o imparipinnadas y flores axilares solitarias son de color blanco en el tipo Kabuli, mientras que en el tipo Desi son purpura o violeta. Los frutos se desarrollan en vainas con una o dos semillas que suelen ser algo arrugadas (Miller, 2002). Se conocen tres tipos de garbanzo del género *Cicer arietinum*, siendo estos Kabuli, Gulabi y Desi. El tipo Kabuli presenta granos grandes en un

rango de 38 a 60, de color blanco lechoso a crema. Comparativamente, el tipo Gulabi es de grano mediano, calibre 60, color cremoso, textura redonda y liso muy parecido al chícharo. El Desi presenta granos muy chicos y de color café, presentando gran potencial como materia prima para la formulación de alimentos balanceados para la porcicultura de México (Acosta *et al.*, 2013). A nivel mundial, el tipo más comercial para consumo humano es el Kabuli, mientras que en la India prefieren el tipo Desi, aunque el Kabuli empieza a ganar preferencias entre los consumidores de este país (Gómez, 2014).

2.1.4. Información nutricional

El garbanzo destaca como una fuente importante de proteínas, conteniendo aproximadamente entre el 20 y 30%, 40% de carbohidratos y de 3 a 6% de lípidos tales como el ácido linoleico y oleico, (Gómez 2014; Jukanti *et al.*, 2012); contiene ácidos grasos no saturados por lo que se le considera un alimento ideal para la población de países en desarrollo (Gómez 2014; Rajeev *et al.*, 2013). Nutricionalmente es rico en fibra, y una buena fuente de minerales (fósforo, calcio, magnesio, hierro, sodio, y zinc), así como β -caroteno (Chávez, 2011). El cuadro 4 ilustra la composición nutritiva de una porción de 100 g de garbanzo.

Cuadro 4. Contenido nutricional de una porción de 100 g de garbanzo.

Proteínas (g)	Lípidos (g)	Kcal.	Hidratos de carbono (g)	Fibra (g)	Fosforo (mg)	Magnesio (mg)	Potasio (mg)	Sodio (mg)
20.4	5	335	55	15	375	160	800	30

Fuente: Dirección de Mercados Agrícolas dependiente de la Subsecretaría de Agricultura de la Nación. (2012). *Perfil del mercado del garbanzo*. Córdoba, Argentina.

Otros beneficios que aporta el consumo diario, en favor de la salud, es el valor diurético, su capacidad para favorecer el tránsito intestinal debido al alto nivel de fibras que contiene, así como su alto valor energético. Por el bajo contenido en sodio admite ser incluido en dietas de control de hipertensión (Todo Agro, 2012). Trabajos de investigación efectuados por la Universidad Autónoma de Sinaloa y El Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional,

Unidad Sinaloa, con sede en Culiacán, Sinaloa, determinaron que los péptidos generados por la hidrólisis son capaces de inhibir la acción de la Enzima Convertidora de Angiotensina (ECA), enzima involucrada directamente en la elevación de la presión arterial (Angulo *et al*, 2009).

2.2. Tecnología de producción

El garbanzo puede crecer con éxito en una amplia variedad de suelos, incluyendo los de textura arenosa hasta fina, negros y profundos, los mejores son francos profundos o franco arcillosos con un pH de 6.2 a 7.5, tal como se observa en el cuadro 5 (Padilla, 2013). Suelos salinos y con manto freáticos superficiales, no son los más adecuados. Este cultivo es muy sensible a una aireación pobre del suelo. Suelos compactos limitan la emergencia de las semillas y el crecimiento de las plantas es reducido. Por lo tanto, el suelo debe ser desagregado y con buen drenaje (Lee *et al.*, 2011).

Cuadro 5. Condiciones óptimas del suelo para el desarrollo del garbanzo. INIFAP 2013.

Características del suelo	Condición óptima
Textura	Franco arenosa a Franco arcillosa
Ph	6.2 – 7.5
CE (extracto de saturación, dS/m)	< 2.0
PSI	< 10.0
Materia orgánica (%)	2
Nitrógeno N-NO ₃ (ppm)	30
Fósforo Olsen (ppm)	15
Potasio soluble (ppm)	30
DTPA – Fe (ppm)	2.5
DTPA – Zn (ppm)	1
DTPA – Mn (ppm)	2.5

2.2.1. Preparación del terreno

En la Costa de Hermosillo se encuentran todo tipo de suelos, pesados, medios y ligeros. Suelos pesados requieren de una preparación más intensa basada en subsuelo, barbecho y rastreo. En cuanto a suelos medios con baja compactación y

buena infiltración, con subsuelo y rastreo cruzado es más que suficiente. No es recomendable sembrar en suelos ligeros debido a que no tienen buena retención de humedad (Ortega *et al.*, 2010), al menos que se manejen con un riego eficiente por goteo. El garbanzo también se puede cultivar bajo métodos de mínima labranza (Padilla *et al.*, 2013).

2.2.2. Siembra

La siembra se realiza en plano, en suelo húmedo o en seco, depositando la semilla a una profundidad de 5 a 8 cm. La época de siembra está determinada en base a los trabajos de investigación realizados por INIFAP con las variedades liberadas y en explotación comercial. Para la Costa de Hermosillo, el periodo de siembra es del 25 de noviembre a la primera quincena de enero. El método de siembra en riego por goteo, la sugerencia es colocar los regantes a 1.6 m de separación y una separación entre hileras de 50 cm. La cinta se coloca en medio de las hileras a 20 cm de profundidad. En suelos ligeros se sugiere se coloque a 10 cm o superficialmente. La densidad de siembra varía de 14 a 16 semillas por metro lineal. Variedades recomendadas por INIFAP son Mocorito-88, Blanco Sinaloa 92, Progreso-95, Jamu-96, Suprema-03, Costa 2004, Tequi Blanco 98, Jumbo 2010 y Blanoro (Padilla *et al.*, 2013).

2.2.3. Requerimientos de humedad

Algunos reportes indican que el cultivo de garbanzo es altamente eficiente con el uso de agua de riego. La lamina de riego requerida por este cultivo se encuentra en el rango entre los 40 y 60 cm por hectárea, para producir entre 2 y 3 toneladas (Ortega *et al.*, 2014). En la Costa de Hermosillo, la lámina promedio requerida por el cultivo es de 45 cm. La programación de los riegos de auxilio se puede hacer bajo varios criterios: en base a niveles de humedad del suelo medidos con tensiómetros; utilización de calendarios generados por la investigación; mediante el uso de datos de evaporación de tanques evaporométricos; y relacionando información climática (Valdez, 2004).

2.2.4. Requerimientos nutrimentales

El garbanzo, como todas las plantas superiores, requiere de los mismos nutrimentos. Esta leguminosa vive en simbiosis con organismos del suelo, los cuales le proporcionan nitrógeno y fósforo, mientras que esta les proporciona metabolitos a los microsimbiontes. En la Costa de Hermosillo el nitrógeno es el macro-nutriente que más se aplica. Sin embargo, es recomendable efectuar análisis de suelo para conocer los niveles de este y otros elementos nutrimentales para balancear eficientemente la fertilización (Núñez *et al.*, 2004).

Diferentes trabajos de investigación demuestran que se puede disminuir la dosis de fertilización nitrogenada y fosfórica, al utilizar métodos biológicos mediante inoculaciones o aplicaciones en el riego de microorganismos, mismos que se conocen como bio-fertilizantes.

2.2.5. Inoculación de semillas.

El garbanzo al igual que otras leguminosas no solo puede tomar el nitrógeno del suelo sino que tiene capacidad para fijar nitrógeno atmosférico en simbiosis con bacterias del genero *Rhizobium*.

En un trabajo de investigación con biofertilizantes en garbanzo, realizado en el ciclo otoño-invierno 2005-2006, en el Campo Experimental Valle de Culiacán, se comprobó que con la inoculación de la semilla con la mezcla *Azospirillum*, más micorriza, más 40 kilogramos de nitrógeno por hectárea, se lograron rendimientos de grano de 3,368 kilogramos por hectárea; con micorriza, más 40 kilogramos de nitrógeno por hectárea, se obtuvieron 3,242 kilogramos por hectárea; mientras que con *Azospirillum*, más micorriza, más *Rhizobium etli*, más 40 kilogramos de nitrógeno por hectárea se obtuvieron 3,046 kilogramos por hectárea, lo que representó un aumento promedio de 306 kilogramos respecto a los dos testigos (tratamiento sin fertilizar y tratamiento con 80 kilogramos de nitrógeno por hectárea). Esta diferencia significó un incremento de 9.5% (Gracia, 2009).

En otro trabajo de investigación sobre la aplicación de bio-fertilizantes en el cultivo de garbanzo, llevada a cabo durante el ciclo otoño-invierno 2007-2008, en el Campo Experimental Valle de Culiacán, mostró que los tratamientos de *Azospirillum*, micorriza, y *Rhizobium etli*, *Azospirillum* más *Rhizobium etli* y micorrizas fueron los que sobresalieron en rendimiento de grano, de 2,831 a 3,295 kilogramos por hectárea, comparados a los 2,420 kilogramos por hectárea que rindió el testigo, con 80 unidades de nitrógeno por hectárea (Gracia, 2009).

Trabajos de inoculación con la cepa INIFAT-GR1 de *Mesorhizobium cicerii*, por parte de la variedad de garbanzo N-6 cultivada sobre suelo Ferralítico Rojo, se hace factible la elaboración y aplicación de un bio-preparado a base del microsimbionte, que permita la reducción de hasta el 70% de las necesidades de nitrógeno por parte de la plantación, lo que a su vez se traduce en un ahorro de 70 kg N. Ha⁻¹, equivalente a 152 kg en base a urea, con el consiguiente beneficio económico de 58.00 USD por hectárea cultivable. Estos resultados unidos al impacto ambiental por concepto de la no aplicación de gran parte del fertilizante nitrogenado, es lo que normalmente se recomienda para el cultivo (Dibut *et al*, 2005).

Es de gran importancia recalcar que el garbanzo es mejorador importante de la fertilidad del suelo porque fija el nitrógeno atmosférico. Esta leguminosa se autoabastece de nitrógeno (80%) que necesita ya que fija hasta 140 kilogramos de nitrógeno del aire (Chávez, 2011).

Por otra parte, en estudios efectuados en garbanzo, mostraron el efecto del tratamiento de semilla con Factor de Composta Líquida (LCF) sobre la densidad de la planta, altura de la planta y rendimiento en garbanzo en condiciones de campo. Los tratamientos a la semilla con LCF incrementaron significativamente la densidad de planta, altura de la planta y el rendimiento de garbanzo, mostrando el potencial del LCF para ser empleado como promotor de crecimiento de plantas (Robles-Hernández, 2009).

2.3. Composición de la solución del suelo.

La solución del suelo representa una parte activa y dinámica del suelo. Diferentes procesos químicos y biológicos son parte de él. La composición de la solución del suelo es un factor importante en la nutrición, desarrollo y reproducción de los organismos. También determina la productividad total del suelo (Vysotskii, 1902) comparado con la sangre en animales (Krasilnikov, 2008).

Compuestos minerales, orgánicos, y órgano-minerales dispersos molecular y coloidalmente, se encuentran en la solución del suelo. Algunos compuestos minerales pueden ser detectados en la solución del suelo tales como: sales de amonio, nitritos, nitratos, bicarbonatos, carbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos en formas de sales de calcio, magnesio, sodio y potasio; compuestos de manganeso, fierro, aluminio y sílice; micro-elementos como el zinc, cobre, cobalto, boro, molibdeno, entre otros (Krasilnikov, 2008).

La solución del suelo contiene compuestos orgánicos solubles producidos y liberados por animales, plantas y microorganismos. También se puede encontrar compuestos húmicos, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, aminoácidos, antibióticos y toxinas. Representa el medio nutricional para la población total del suelo y en forma específica para los microorganismos. Entre más rico en nutrientes sea la solución, mayor desarrollo e intensidad en el metabolismo de los microorganismos del suelo. Suelos fértiles o agregados con altas cantidades de humus, cuentan con una alta concentración de nutrientes en su solución. Al contrario, suelos con muy baja fertilidad, los contenidos de humus son bajos, así como la cantidad de nutrientes y por ende el desarrollo de microbios es mínimo (Krasilnikov, 2008).

En pruebas de laboratorio de dos muestras de suelo, una tomada de un jardín edafológicamente bien trabajado, la segunda de suelos fertilizados, los resultados obtenidos fue que las muestras tomadas del jardín mostraban mayor contenido de nutrientes para los microorganismos, que los suelos fertilizados con un bajo contenido de humus (Krasilnikov, 2008).

2.4. La materia orgánica en el suelo

El principal componente del suelo y condicionante de su fertilidad es la materia orgánica. De acuerdo a su composición, los compuestos orgánicos del suelo son complejos y únicos. Se forman principalmente por residuos vegetales y animales como resultado del metabolismo microbiológico (Krasilnikov, 2009). El término comprende los restos de plantas y animales en varios estados de descomposición, células y tejidos de organismos del suelo y sustancias tales como el humus hecho por los mismos organismos (Handreck y Black, 1984).

La materia orgánica del suelo es un elemento clave del flujo de energía y del ciclo de los nutrientes en los agroecosistemas (Piñeiro, 2015). Es parte esencial de un medio de cultivo, sin su presencia no hay suelo. Mejorar la estructura, aumentar la habilidad de proporcionar nutrientes a las plantas y controlar enfermedades son algunos de los beneficios que ofrece al suelo (Handreck y Black, 1984).

En cuanto a los niveles de materia orgánica, la mayoría de las capas superficiales (10 cm) contienen menos de 10%, suelos cultivados con alta frecuencia contienen entre 0.5 y 2.5%, y menos de 1% en áreas desérticas. Se origina de la parte aérea y raíces de la planta. En forma natural, varias partes de la planta caen al suelo durante su ciclo normal de vida, la lluvia lava materia orgánica soluble de hojas y tallos y excretas de animales e insectos que se alimentan de la parte foliar va dándole origen a la materia orgánica del suelo. En otros casos es inducida por los productores al incorporar cultivos verdes, compostas, estiércoles y otros abonos orgánicos. Las raíces de la plantas también son fuente excelente de materia orgánica, ya que en la rizosfera poblada con millones de microorganismos, se generan materiales gelatinosos que ayudan a las plantas a tomar agua y nutrirse del suelo. Conforme las raíces maduran estos materiales se convierten en parte de la materia orgánica. Eventualmente, las raíces mueren y/o sirven de alimento para organismos del suelo, aportando lo mismo o un poco más de materia orgánica que la parte foliar (Handreck y Black, 1984).

La descomposición de la materia orgánica es causada por millones de organismos vivos que usan las partes vegetales para alimentarse. En la cadena alimenticia, de un micro ecosistema, los insectos vegetarianos y pequeños animales mastican parte de plantas dejando residuos y excretas; otros pequeños animales se alimentan de excretas, mientras que otros carnívoros se alimentan de animales vegetarianos, reduciendo con ello el tamaño de las partes de las plantas, mezclándose microorganismos con los residuos. Bacterias, hongos y actinomicetos son responsables de descomponer la materia vegetal en el suelo (Handreck y Black, 1984).

Durante la descomposición se presentan cambios ya que la mitad del material vegetativo seco se compone de carbono (C) derivado de dióxido de carbono (CO_2) del aire. En las plantas se combinan con hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N) y pequeñas cantidades de otros doce elementos esenciales para la planta, generándose primordialmente azúcares, proteínas, celulosa, hemicelulosa y lignina. En el transcurso de este proceso, mucho del C se convierte a CO_2 regresando a la atmósfera para ser reusado por las plantas y el O_2 se convierte en agua. El C consumido por los microorganismos, entre el 20 y 40% es utilizado para su reproducción, otra parte se convierte en humus y el resto se libera como CO_2 (Handreck y Black, 1984).

La materia orgánica se le ha considerado como un medio nutricional de liberación lenta. Los nutrientes en material vegetativo se convierten inicialmente en parte de los cuerpos de los microorganismos. Al ser consumidos por otros, se liberan como “deshechos”, disponibles para reusarse por plantas vivas. Eventualmente, la mayoría de los nutrientes son liberados. Cuando se desea tener un crecimiento vegetativo “vigoroso”, se recurre a aumentar el suministro de nutrientes, utilizando fertilizantes. Al tener un nivel deseado de materia orgánica en el suelo, la cantidad que se descompone cotidianamente puede suplementar los nutrientes suficientes que el cultivo requiere. Para que esto suceda se requieren de grandes volúmenes de insumos orgánicos (Handreck y Black, 1984).

Una parte esencial de la materia orgánica es el humus, generándose durante el proceso de descomposición de la misma. En si viene a ser la excreta de los microorganismos y es considerada la parte más o menos estable de la materia orgánica. Es de color café oscuro o negro, conformada por moléculas grandes que contienen C, H₂, O₂, N₂, Azufre (S) y otros elementos. Una gran proporción de humus, probablemente formado por la lignina de las plantas, tiene efectos especiales en la estructura del suelo. El humus al adicionarse a las arcillas se conforma en coloides, capaz de suplementar nutrientes a las plantas, con la habilidad de mantenerse suspendidos en agua pura por periodos largos. Un incremento en los niveles de humus, simultáneamente incrementará la capacidad de intercambio catiónico, lo que permitirá bajar sodicidad del suelo (Handreck y Black, 1984).

La administración de nutrientes de los cultivos debe ser considerada a escala de agroecosistema y no simplemente según la demanda y respuesta del cultivo tal como se efectúa en la actualidad. Como ya se mencionó anteriormente, la principal fuente de nutrientes de los cultivos es la materia orgánica del suelo. Su desgaste conduce a una baja disponibilidad de nutrientes desde el suelo como nitrógeno (N₂), fósforo (P), azufre (S), entre otros; y a una disminución en la productividad de los cultivos. La pérdida de materia orgánica de suelos agrícolas es un proceso ampliamente conocido (Piñeiro et al., 2015; Álvarez, 2001; Guo y Gifford, 2002). Este detrimento de fertilidad se remedia mediante la adición de fertilizantes sintéticos, considerando los requerimientos y las respuestas a escala de cultivos.

No obstante, si se visualiza la problemática con un enfoque a escala de ecosistema nos preguntaríamos: ¿Qué cantidad de materia orgánica del suelo se necesita para nutrir al cultivo propuesto y su nivel de rendimiento? Esta perspectiva cambia drásticamente el eje de análisis, ya que sienta las bases para un manejo a largo plazo alineadas a nutrir el suelo y alcanzar los niveles de materia orgánica esperados, en vez de mantener solamente al cultivo. Esta visión incorporaría otras ventajas en términos de otros aspectos del ecosistema como

son compactación, retención de agua en el suelo, control de malezas, entre otros. La generalidad de los aspectos de la conducción eficiente deberían ser considerados a escala del ecosistema y no solo a escala de cultivo o vegetal (i.e.: manejo de plagas, enfermedades u malezas) (Piñeiro et al., 2015).

El cambio de tecnologías agrícolas de producción tradicionales (químicas) a las de un manejo más limpio u orgánico (utilizando fuentes de materia orgánica, bioles, composta y lombri-composta líquidas y sólidas), permiten que los procesos de descomposición de las diversas fuentes de materia orgánica virgen a humus, sea más eficiente, al igual que en la acción de las propiedades físicas, químicas y biológicas, forjando un suelo saludable y con una estructura óptima (Lee *et al.*, 2011).

¿Cómo manejar la calidad de un suelo agrícola? Si el suelo presenta buenas características estructurales y de composición, para conservarlo se deben aplicar prácticas de mínima labranza, así como aportarle materia orgánica y paquetes microbiológicos para mantener el estatus del mismo. Por lo contrario, si el suelo presenta compactación se deben implementar prácticas mecánicas sustentables de labranza profunda (subsoleo), así como tomar medidas biológicas mediante el establecimiento de cultivos de cobertura, rotaciones de cultivos y aplicación de materia orgánica (Álvarez y Fernández, 2015).

La descomposición rápida de materia orgánica fresca contribuye eficientemente a acondicionar físicamente los suelos. Alta humedad, nitrógeno y temperaturas cálidas ayudan a acelerar la tasa de descomposición. (Lee *et al.*, 2011).

2.5. Uso de enmiendas orgánicas y minerales para remediar suelos deteriorados

El uso de enmiendas orgánicas y minerales permiten mejorar suelos con materia orgánica deteriorada y altos niveles de sales y sodio, lo que provoca compactación del mismo. Un suelo se degrada en 1 a 2 años y recuperarlo requiere de 5 a 10 años. Para mitigar problemas de degradación y recuperar suelos compactados,

es recomendable agregarle materia orgánica compostada o no compostada como pueden ser estiércoles y guanos (Lee *et al.*, 2011), al igual que arcillas minerales como son las zeolitas (Haro, 2010).

2.5.1. Aplicación de estiércoles y guanos

Las enmiendas orgánicas ejercen un efecto multilateral sobre las propiedades agronómicas de los suelos, observándose un incremento en los rendimientos de cultivos agrícolas (Vásquez *et al.*, 2015). Los estiércoles contienen algunos nutrimentos como son nitrógeno, fósforo, potasio y algunos elementos menores, y son una fuente rica en microorganismos, considerándoseles como una de las adiciones de más alto valor a las pilas de composta (Lee, 2010).

El uso de estiércoles añejados es una buena forma de ir incrementando la materia orgánica y fertilidad del suelo. Aplicaciones conducidas de estiércol para conocer la cantidad de nutrientes que se están aplicando N₂ y P es crucial para el manejo del suelo. Estipular la relación entre el volumen de estiércol y la cantidad de nutrientes es esencial (Downing, 2015).

2.5.2. Aplicación de compostas

El objetivo principal de la aplicación de compostas es mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo para lograr un desarrollo saludable de los cultivos (Lee, 2010). Entre los beneficios que aportan es que mejoran las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados de los suelos agrícolas, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad y aumenta su capacidad de retención de agua. Esto genera suelos más esponjosos y con mayor retención de agua. Por otra parte, mejora las propiedades químicas del suelo, amplificando el contenido de macronutrientes N₂, P, K, y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), convirtiéndolo en fuente y almacén de nutrientes para los cultivos. Es importante destacar que también mejora la actividad biológica del suelo, actuando como soporte y alimento de los

microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización. La población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo.

Las compostas se elaboran con diferentes ingredientes, algunos de los cuales se descomponen más rápidamente que otros lo que facilita la absorción y mayor rendimiento de los nutrientes. Durante el primer año después de la aplicación de la composta, aproximadamente la mitad se descompone en el suelo y algo de nitrógeno, azufre, calcio, magnesio y potasio estarán disponibles para las plantas. Ciertos tipos de materiales como las ligninas y celulosas, se descomponen más lentamente, continuando la liberación de otros nutrimentos para las plantas. La composta continúa contribuyendo hasta que toda la materia orgánica se haya descompuesto y se alcance lo que se conoce como humus estable. La estabilidad se alcanza cuando la descomposición de los materias se hace constante (Lee, 2010).

Un sistema de producción agrícola de cultivos anuales o perennes, cuando se tienen disponibles suficientes materias primas orgánicas como son estiércoles, pajas, residuos de cosecha, harinas de hueso, pescado, cascara de naranja, de nuez, entre otros, y estos materiales estén secos y molidos, es posible preparar las mezclas de acuerdo a lo planificado por árbol o por hectárea, procurando que se tengan buenas condiciones para la actividad de los microorganismos (descomposición), humedad, temperatura, fuente de energía (nitrógeno) (Lee, 2010).

Cuando se producen compostas hasta lograr una buena descomposición, es conveniente aplicar al voleo e incorporar inmediatamente al suelo, lo que implica un gasto de aplicación, el mismo que se hubiera realizado si se hubieran aplicado las mezclas al inicio antes de meterlas al proceso de composteo. Otra alternativa de aplicación, que no implica un gasto adicional, sería aplicarla a través del sistema de riego presurizado (goteo); donde se tendría que lograr una completa disolución del producto, con tamaño de partículas menores al diámetro del orificio del goteo, para evitar taponamientos, y lograr una distribución uniforme de la

humedad en el suelo; condición indispensable para que la M.O. sea eficaz, situación que no es fácil lograr con el sistema de riego por goteo (Lee, 2010).

Otra forma de incorporar materia orgánica al suelo es utilizar lombricompostas, práctica que se ha generalizado entre productores agrícolas de la región. La lombricultura es fácil de desarrollar, es de bajo costo, está al alcance de cualquier productor y es una biotecnología limpia, que permite procesar residuos orgánicos biodegradables como son restos de cosecha, estiércoles, desechos de alimentos, entre otros, para transformarlos en humus. Para desarrollar eficientemente la producción de lombricompostas es vital precompostar las mezclas de materias primas que se utilizan como alimentos para las lombrices. Otros factores a considerar para lograr compostas de calidad son el tamaño de los materiales, condiciones climatológicas, humedad, entre otros (Rivera y Ortiz, 2012).

Una alternativa de aplicación de abonos al suelo es el Bocashi; material fermentado que incrementa poblaciones naturales de microorganismos benéficos y nutrientes. Este abono ofrece grandes ventajas para los productores agrícolas ya que costo de producción es bajo, la receta se puede modificar al utilizarse materiales disponibles y se produce en forma rápida entre 12 y 14 días, no expide malos olores ni tóxicos y se puede utilizar en cuanto se haya formulado (Ortiz, 2012).

En un trabajo experimental en tomate, llevado a cabo en Sinaloa, se utilizó: a) 250 Kg N₂ h⁻¹; b) composta comercial (CC); c) Agroplus; y d) Supermagro. Todos fueron enriquecidos con cepas de *Bacillus* spp. (Bs 44, Bs 32 y Bs 14) y CC sola. En el primer corte, el mayor rendimiento lo obtuvo el tratamiento Bs 44 + Supermagro, presentando diferencias estadísticas significativas con composta comercial y Bs 32 + Agropuls. Al segundo corte, no se presentaron diferencias significativas y en el promedio t h⁻¹ entre todos los tratamientos (Airola, 2010). Estos datos indican que la fertilización química puede ser sustituida con insumos orgánicos.

En otro estudio de investigación efectuado por investigadores de la Universidad Autónoma Indígena de México Mochicahui. se ensayaron diez compostas producidas con diferentes materiales siendo: tomate (*Lycopersium esculentum*) (T), frijol (*Phaseolus vulgaris*) (F), garbanzo (*Cicer arietinum*) (G), neem (*Azadirachta indica*) (N), mezcla de pasto de jardín (*Cynodon dactylon*) (P), neem + garbanzo (NG), frijol + garbanzo (GF), y una mezcla de todas las anteriores (R), lombricompostas de residuos vegetales (LRV) y lombricompostas de cachaza de caña (*Saccharum officinarum*) (LCC). Se establecieron las propiedades microbiológicas (bacterias y hongos totales y degradadores de quitina, celulosa y pectina) de las compostas maduras analizadas, así como la tasa de respiración de las mismas medida como C-CO₂ de la biomasa microbiana de las compostas. Los resultados indicaron que las compostas variaron en sus propiedades en función del material orgánico utilizado, mayor abundancia de bacterias que de hongos, y predominó el pH ácido sobre el neutro. Algunas compostas se caracterizan por estimular la actividad microbiana en función del contenido de los ácidos húmicos y fúlvicos, esto se pudo observar en los tratamientos donde se manejaron mezclas compuestas de materiales y de mezcla de pasto de jardín, las cuales mostraron mayor contenido de ácidos húmicos y fúlvicos, así como una mayor tasa de respiración (carbono de la biomasa microbiana). En base a la abundancia de microorganismos y de su actividad se dedujo que las compostas con altos contenidos de ácidos húmicos son activadores de la flora microbiana del suelo (Félix et al. 2010).

En el desarrollo de otro proyecto se evaluó el efecto de composta en dosis de 3. 4. 5. Y 6 (t h⁻¹) y té de composta a concentraciones de 10, 20, 30, 40 y 50% v/v en la producción bajo condiciones de invernadero de tomate saladet. No se encontraron diferencias significativas en los tratamientos, sin embargo los frutos obtenidos presentaron mayor cantidad de sólidos solubles. Estos resultados demuestran que la composta y té de composta son alternativas para la producción bajo condiciones de invernadero, contribuyendo en la disminución en el uso de fertilizantes químicos convencionales (Vásquez et al., 2015).

En un trabajo experimental llevado a cabo por INIFAP, durante el ciclo 2005-06, en el Campo Experimental La Laguna, se evaluaron siete tratamientos de fertilización en trigo para forraje, a base de estiércol, composta y fertilizantes químicos. La aplicación de estiércol o composta promovió rendimientos más altos comparados con la aplicación de fertilizante. Con la aplicación de estiércol y composta se observó una mayor recuperación aparente de nitrógeno. la materia orgánica del suelo se incrementó más con la aplicación de composta, comparado con la aplicación de estiércol, a dosis iguales de aplicación. Las conclusiones obtenidas indican la posibilidad de sustituir parcial o totalmente la aplicación de fertilizantes químicos con la aplicación de estiércol o composta (Figuroa *et al.*, 2009).

Otro ensayo llevado a cabo en el campo experimental del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), ubicado en terrenos de “El Comitán”, Municipio de La Paz, Baja California, se usaron diferentes dosis de composta en cultivo de chile (*Capsicum annuum* L), con el fin de determinar la más adecuada en suelos con características muy pobres en materia orgánica, textura franco-arenosa y ligeramente salinos. Composta aplicada en dosis de 25 t·ha⁻¹ resultó ser la dosis más adecuada para el cultivo de chile, obteniéndose mejores resultados comparados a la aplicación de mayores dosis. Para la bioremediación de suelos agrícolas, los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de 50t·ha⁻¹, debido a que se demostró que mejora la estructura del suelo y mayor humedad, condición de gran importancia para las zonas áridas (Nieto *et al.*, 2002).

investigaciones realizadas en el ejido San Román, Municipio de Othón Pompeyo Blanco, Quintana Roo, por investigadores del Campo Experimental Chetumal-CIRSE-INIFAP, con el objetivo fue evaluar diferentes estrategias orgánicas para el suministro de nutrientes en chile jalapeño (*Capsicum annuum var. annum* L), los resultados observados indicaron que el tratamiento con fertilización convencional (92-184-00) fue el más productivo de todos con 12.12 t ha⁻¹, seguido por vermicomposta con 10.77 t ha⁻¹, fertilización convencional + potasio (92-184-50)

con 10.54 y el combinado micorriza-Bocashi con 10.42 t ha⁻¹. Dentro de los tratamientos orgánicos la vermicomposta, la combinación micorriza+bocashi y micorriza+vermicomposta, superaron al testigo absoluto. Por otro lado, el rendimiento del tratamiento con fertilización convencional superó en 231% al testigo absoluto y el rendimiento más bajo de los abonos orgánicos lo superó en 123%. La interacción micorriza + abono orgánico fue positiva en Bocashi, ya que el rendimiento incremento un 27% con relación a su aplicación individual (García, 2009)

Estudios efectuados en garbanzo, mostraron el efecto del tratamiento de semilla con Factor de Composta Líquida (LCF) sobre la densidad de planta, altura de la planta y rendimiento en garbanzo en condiciones de campo, mostrando potencial para ser empleado como promotor de crecimiento de plantas (Robles-Hernández, 2009). Esto confirma que lixiviados o compostas líquidas tienen efecto positivo en el desarrollo vegetativo en el cultivo de garbanzo.

2.5.3. Aplicación de zeolitas

Los materiales zeolíticos se forman en el suelo durante los procesos vulcanógenos durante la formación de la tierra. Son aluminosilicatos de estructura de armazón, con cationes interconectados de silicio (Si) y aluminio (Al) y otros cationes de compensación como son el caso del sodio (Na), potasio (K), magnesio (Mg) y calcio (Ca) entre otros (Jordán *et al.*, 2013)

El primer descubrimiento de zeolita en México se realizó en 1972 por Mumpton, a partir de unos depósitos sedimentarios (clinoptilolita y mordenita) en el Valle del río Atoyac, a 3 Km al norte del poblado de Etna, 15 Km del noroeste de la ciudad de Oaxaca. En una gran parte del país, se conoce que existen diferentes depósitos de clinoptilolita, que incluye al estado de Sonora (Olguín, 2009).

En agricultura una de los tipos de zeolita que mayormente se utiliza es la clinoptilolita, por su alta capacidad de intercambio iónico, catálisis, hidratación y

deshidratación (Paredes et al., 2013). Al aplicarse en suelos, libera lentamente nutrientes necesarios para el desarrollo de los cultivos. En México se tienen trabajos con aplicación de zeolita en cultivos como: arroz, sorgo, maíz, palma, plátano, hortalizas, forrajes, café, cacao, sábila, flores, entre otros, con excelentes resultados (Eco Logic Maintenances México, 2013). Se ha evidenciado que a través del reemplazo del 25 a 50% de los fertilizantes nitrogenados por zeolita natural modificada se han reducido en un 5% los costos de fertilización sin afectar rendimientos y calidad de los productos (Paredes *et al.*, 2013; Tarkalson e Ippolito, 2010; Flores, *et al.*, 2007; Pawelczyk y Popowicz, 2006; MacKown y Tucker, 1985)

Las zeolitas del estado de Sonora se encuentran principalmente en forma de clinoptilolita potásica. La clinoptilolita se halla primordialmente en forma sódica, potásica y cálcica. Presenta alta capacidad de intercambio catiónico, del orden de los 200 cmol/kg (200 m.e./100 g) y la propiedad de humedecerse y deshidratarse en forma reversible (Inglesakis *et al.*, 2004). Además, ostenta una selectividad iónica superior a las arcillas presentes en los suelos, determinada principalmente por el diámetro de sus conductos internos (de 3 a 10 nm), mostrando una mayor preferencia por los iones monovalentes como el K^+ , NH_4^+ y Na^+ , que por los divalentes como el Ca^{+2} y Mg^{+2} , debido a su similitud dimensional con los conductos y la necesidad de estabilización de cargas eléctricas. Si bien ha sido ampliamente estudiado su uso en relación a la fertilización nitrogenada y fosforada, poco se ha divulgado el estudio de las clinoptilolitas naturales como correctores y/o portadores de fertilizantes básicos (Millán *et al.*, 2011).

La aplicación de zeolitas ayuda a mejorar suelos degradados. Estas pertenecen a un grupo de minerales aluminosilicatos en forma de armazón, siendo su principal característica formar una estructura tridimensional de canales nanométricos estables. Se estructura por tetraedros de Si, que al ser sustituidos de forma isomórfica por Al, le permiten obtener una alta capacidad de intercambio catiónico. Su interior está formado por cavernas y canales que lo convierten en un cristal hueco con un gran porcentaje de su capacidad volumétrica para almacenar agua,

la cual por procesos de intercambio catiónico, cederá racionadamente a las plantas; posee además, polaridad negativa que le permite atraer todo tipo de cationes, existiendo especial selectividad por K^+ , NH_4^+ , P^{+5} , Ca^{+2} , Mg^{+2} Na^+ , y otros esenciales en la nutrición de los cultivos (Jordán *et al.*, 2013).

La clinoptilolita, como otras zeolitas, tiene una estructura similar a una jaula, consistiendo en tetraedros de SiO_4^{-4} y AlO_4^{-5} unidos por átomos de oxígeno compartidos. Las cargas negativas de las unidades de AlO_4^{-5} se equilibran con la presencia de cationes intercambiables, notablemente calcio, magnesio, sodio y potasio. En la actualidad, las zeolitas tienden a ser utilizadas en el ámbito agrícola como sustrato en producciones hortícolas (cultivos zeopónicos) y como vehículo o acompañante en fertilizaciones nitrogenadas, con el objetivo de disminuir las pérdidas por volatilización y/o lixiviación, permitiendo con esto mitigar el impacto ambiental por esta práctica (Millán *et al.*, 2011; Allen *et al.*, 1996; Babaririck y Pirela, 1984; Postnikov *et al.*, 1996).

Evidentemente, el nitrógeno es un nutriente esencial para todo organismo vivo, pero su presencia excesiva lo convierte en una sustancia tóxica (Rozic *et al.*, 2000; Halbinger *et al.*, 2002). La presencia de nitrógeno en exceso en el ambiente ha provocado serias distorsiones del ciclo natural de nutrientes entre los organismos vivos y los compartimientos suelo, agua y aire. El nitrógeno amoniacal es altamente soluble en agua, lo que significa que puede contaminar aguas subterráneas por mecanismos de lixiviación/infiltración, como ya se describió anteriormente. El nitrógeno amoniacal puede eliminarse por diferentes procesos, entre los que destacan la desorción y el intercambio iónico. La aplicación de resinas comerciales puede ser costosa, sin embargo, es económicamente más viable utilizar materiales más económicos como las zeolitas naturales (Halbinger *et al.*, 2002).

En las pampas de Argentina, la problemática que presentan los suelos es acidificación (Vivas, 2004; González y Gambaudo, 2004; Vázquez, 2005), derivada por diversos procesos naturales y antrópicos. Los correctores frecuentemente

utilizados son calcita (CaCO_3) y dolomita ($\text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$), presentando muy baja solubilidad por lo que se eficiencia se restringe al ser aplicados en el suelo, como ocurre en diferentes siembras directas (Millán *et al.*, 2011).

Por otra parte, en investigaciones realizadas en la región pampeana de Argentina, se observó que las zeolitas (clinoptilolita) cargadas con NH_4^+ incrementaron la masa foliar de ballico (conocido popularmente como ryegrass) *lolium multiflorum*, con respecto a la misma dosis utilizada de urea. Además, el uso de zeolitas cargadas con NH_4^+ permite aumentar la eficiencia de recuperación de fertilizantes al utilizar dosis mayores de las requeridas por la planta. Esto indica que existe una concentración menor de N en el suelo, lo que se refleja en una menor susceptibilidad de lixiviación y volatilización, lo cual resulta en menor impacto ambiental con respecto a la práctica convencional de fertilización nitrogenada (Millán *et al.*, 2011).

Las zeolitas son minerales que liberan nutrientes en forma lenta y natural. Tienen una estructura cargada negativamente que contiene nutrientes como son el potasio y el nitrógeno. Las zeolitas pueden cargarse con estos iones antes de utilizarse como medio de cultivo para después poder liberar los nutrientes cerca del sistema de raíces donde son necesarios para el crecimiento. Esto aminora la lixiviación de nitrógeno, por lo tanto reduce los niveles de contaminación de cuerpos de agua subterráneos y superficiales. Al añadirse en el suelo reduce significativamente la necesidad de riego y el costo en fertilizantes mediante la retención de nutrientes en la zona de las raíces. Las zeolitas forman un depósito permanente de agua, asegurando un efecto de humedad prolongada hasta en épocas de sequía (Paredes *et al.*, 2013).

La aplicación de la zeolita mejora las condiciones físico - químicas de los suelos arenosos, debido a que aumenta su capacidad retenedora de humedad. En suelos pesados mejora las condiciones físicas evitando la compactación de los mismos y mejorando la capacidad de penetración de agua en ellos (Jordán *et al.*,

2013). Por otra parte, entre otros beneficios, la zeolita se encuentra incluida dentro las buenas prácticas agrícolas, así como en prácticas de agricultura orgánica, debido a que es un producto completamente natural. Mejora la producción de una serie de cultivos ya que aumentan los rendimientos en un 30% más cuando crecen en suelos mejorados con zeolitas. Esto se ha observado en cultivos como tomate, pimientos, pepino, maíz, brócoli y sorgo. Este mejorador de suelos es una alternativa para la producción agrícola y pecuaria generando mayor productividad y reduciendo costos de producción (Rolli, 2013).

En Japón, las zeolitas son ampliamente utilizadas como enmiendas para mejorar suelos pobres. Una pronunciada selectividad por clinoptilolita NH_4^+ y K^+ ha sido ampliamente explotada como medio de fertilización química. Al usarse entre 10 y 20 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ como acondicionador de suelos han demostrado incrementos en los rendimientos de varios cultivos como berenjena, trigo, zanahoria y manzana, entre otros (Mumpton, 1999).

2.6. Impacto ambiental por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados

Los fertilizantes químicos provienen de minas como el K-Mag, mineral conocido como langbeinita (sulfato de estructura insular que cristaliza en sistema cúbico cuya fórmula $\text{K}_2\text{Mg}_2[\text{SO}_4]_3$), conocido como sulfato de magnesio y también como sulfato doble de potasio y magnesio, o la urea que se formula a partir de los hidrocarburos. Estas sales cuando se utilizan en forma excesiva e irracional, salinizan los suelos haciendo que cada vez sea más difícil la adsorción de nutrientes por la raíz, lo que se puede corregir con materia orgánica (Castaño, 2008) y zeolitas.

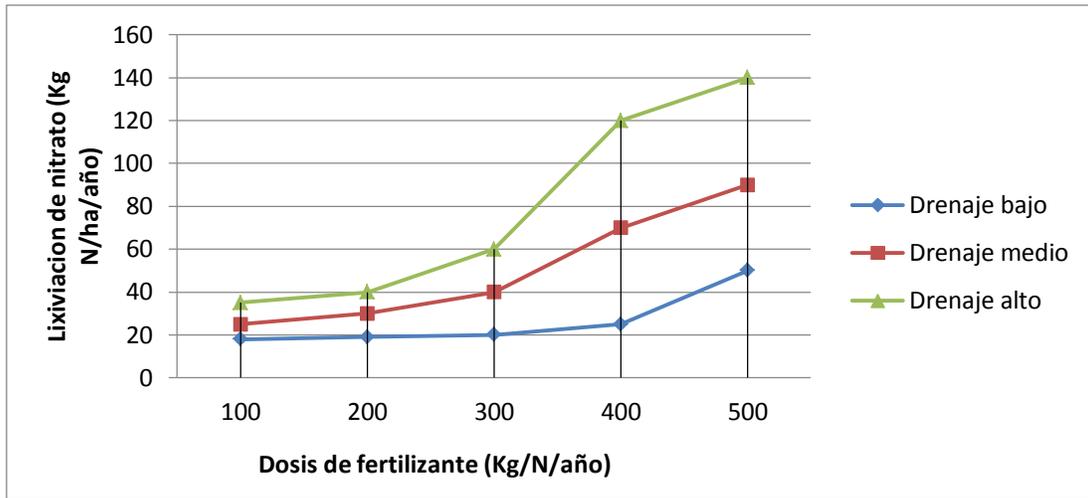
Observaciones efectuadas en cuanto al impacto ambiental que presenta el uso excesivo de fertilizantes químicos sintéticos, así como el deterioro de la materia orgánica del suelo, de acuerdo a estudios efectuados por la Food and Agriculture Organization (FAO), hasta mediados del siglo pasado muestra que el incremento de la producción agrícola se logra sustancialmente por el crecimiento de la superficie cultivada, incorporación de nuevas tierras y costos relativamente bajos,

lo que frena la toma de políticas y medidas de conservación y gestión de suelos. No obstante, al agotarse el contorno agrícola, la tierra arable llegó a sus límites. Desde esas épocas, los aumentos de producción, son consecuencia del aumento de la sobre explotación agrícola. Esto indica que los incrementos de rendimientos por hectárea, se debe a la aplicación de tecnología moderna que combina los avances de la mecanización con los de los insumos químicos: fertilizantes y plaguicidas, conjuntamente con manejo genético varietal de alto rendimiento, sistemas de riego, organismos genéticamente modificados, entre otros (FAO, 1997).

El uso indiscriminado y excesivo de fertilizantes nitrogenados, es causa de discusión ya que su empleo contamina el ambiente por volatilización, lixiviación y desnitrificación. Esto trae como resultado problemas de eutrofización de aguas superficiales y contaminación de aguas subterráneas, así como volatilización al aire. La presencia de compuestos de nitrógeno puede ser índice de serios problemas ambientales, (Gonzales, 2011).

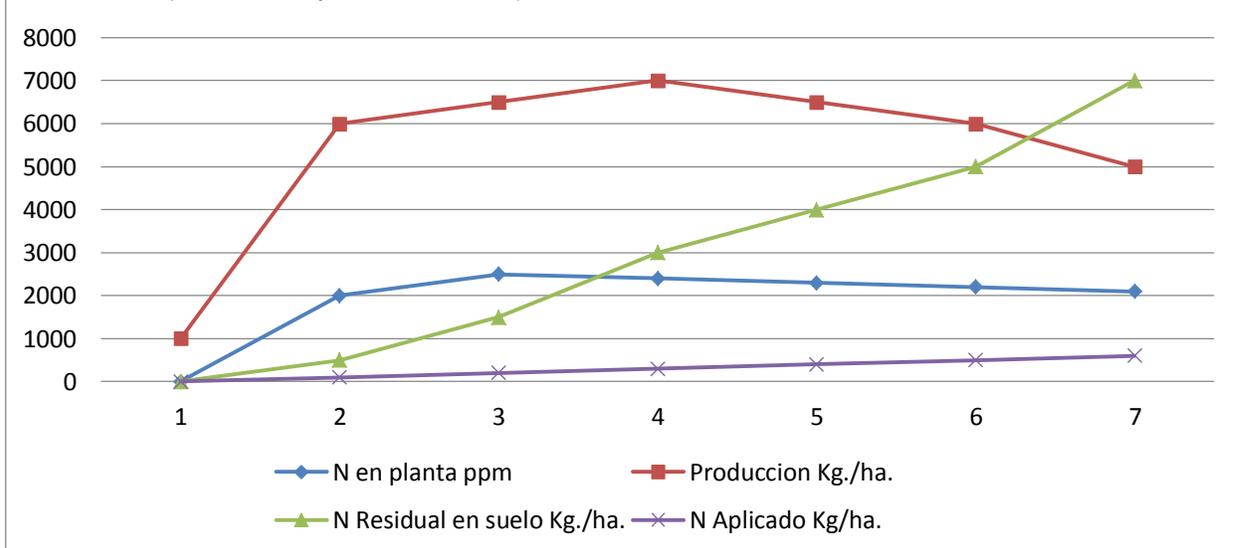
La contaminación de los acuíferos subterráneos ha provocado graves problemas de salud en humanos por la ingestión de aguas contaminadas con nitratos, que al transformarse en nitritos, con la participación de bacterias existentes en el estómago y vejiga urinaria, se convierten en nitrosaminas, compuestos cancerígenos que afectan el estómago e hígado (García y Dorrnsoro, 2000). En la figura 1 se muestra como al aumentar la dosis de fertilizante aumenta la lixiviación de los nitratos, siendo más crítica cuando existen buenos drenajes.

Figura 1. La lixiviación de nitrato en función de la dosis de fertilizante nitrogenado y del volumen de drenaje en un cultivo de maíz en California, EE. UU. (Pratt, 1984).



En la figura 2 se muestra la reacción del cultivo frente a la fertilización con nitrógeno, así como su distribución en la planta y en el suelo. La gráfica explica que la planta únicamente toma el nutriente necesario y demuestra que una sobredosis de fertilizante no incrementa el rendimiento. La concentración excedente no utilizada del fertilizante se mineraliza en el suelo para después lixiviarse y volatizarse. En análisis recientes de suelo en el campo “Los Cuatro”, se pueden observar niveles de nitrógeno muy equilibrados con poca necesidad de aplicar este macronutriente, (véanse reportes de análisis de laboratorio anexos).

Figura 2. Efecto de la dosis de (N) fertilizante sobre producción de maíz en California E.E.U.U., contenido en la planta y mineralizado en el suelo (Broadbent y Carlton, 1978).



En el trabajo “Balance de Nitrógeno en Valle del Yaqui, Sonora (2009/10)”, se analiza el universo de 150,000 hectáreas aplicadas con nitrógeno (ton), el impacto económico, así como los indicadores de aprovechamiento. Se observan pérdidas por volatilización y lixiviación, como en los casos que simultáneamente se analizan. Se encuentra que del total del nitrógeno que se aplica, solamente el 38.0% beneficia al cultivo, el 18.6% se pierde por volatilización, el 6.2% se lixivia y el 37.2% se retiene en el suelo, por lo que se asume que la parte proporcional por pérdidas es del orden de 24.8%, con un costo de 100 millones de pesos, tal como se observa en cuadro 6 (Cortez y Ortiz, 2009).

Cuadro 6. Balance de nitrógeno en el Valle del Yaqui, Sonora 2009-2010

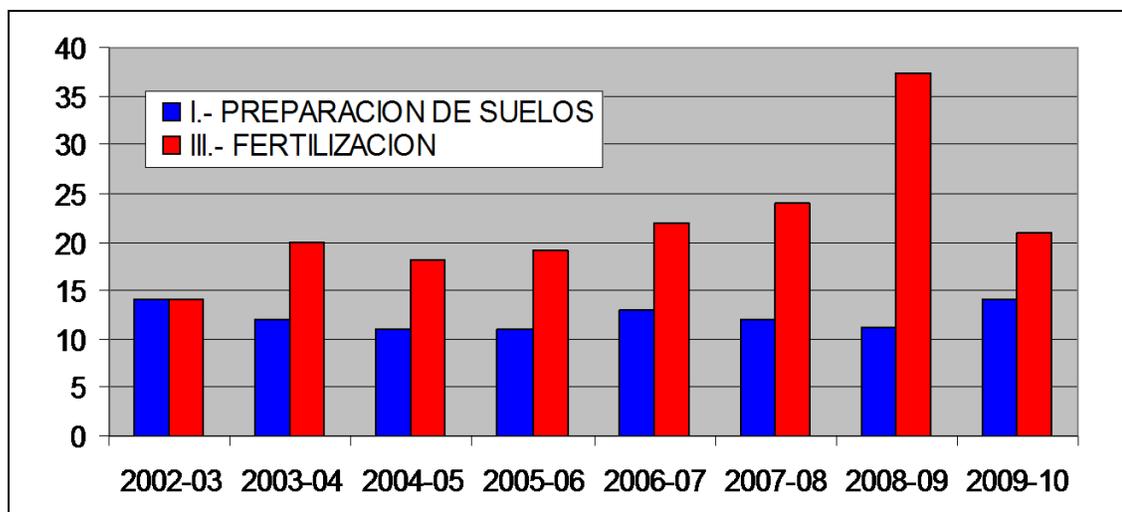
INDICADORES	TON DE NITRÓGENO (150,000 ha)	COSTO (millones de pesos)*	PARTICIPACION (%)
Dosis Total: 263 kg/ha	39,450	403.18	
Recuperado por el cultivo	14,991	153.21	38.0
Perdido por volatilización	7,338	74.99	18.6
Perdido por lixiviación	2,446	24.99	6.2
Retenido por el suelo	14,675	149.98	37.2
TOTAL DE PÉRDIDAS	9,784	100.00	24.8

Fuente: Campo Experimental Valle del Yaqui-CIRNO-INIFAP. (Cortez y Ortiz, 2009).

*En base al costo promedio de urea y NH₃ = \$10.22.

De acuerdo a trabajos de investigación, entre el 2002 y 2010, en el Campo Experimental Valle del Yaqui-CIRNO-INIFAP, en la figura 3 se observa que la preparación de suelos se mantiene estable, entre 10 y 15 por ciento, en cuanto a su participación relativa en el cultivo de trigo. Al observar el comportamiento de fertilización, este tiene un incremento, participando entre el 10 y 40 por ciento del total de los costos, en el mismo período de análisis, con respecto al factor de preparación de suelos. Esto indica que los volúmenes de fertilizantes aplicados, año con año, específicamente los nitrogenados, se incrementan por el deterioro de la fertilidad de los suelos, con el subsecuente incremento en los costos de producción.

Figura 3. Costos de labranza y fertilización en trigo



Fuente: Campo Experimental Valle del Yaqui-CIRNO-INIFAP

En todas las áreas donde se practica agricultura y/o ganadería intensiva, se corre el riesgo de una grave contaminación por nitrógeno. Ignazi (1993) propone las siguientes medidas bio-sustentables:

1. **Aplicación racional del nitrógeno (N₂):** debe calcularse, en función de las necesidades específicas de nitrógeno de los cultivos frente a la cantidad disponible en el suelo.
2. **Cubierta vegetal:** el suelo se debe cubrir con vegetación, lo que evita la acumulación de nitrógeno soluble debido a que las plantas absorben del nitrógeno mineralizado y disminuyen la lixiviación durante las lluvias.
3. **Controlar el período entre cosechas:** Los residuos de cosecha se mineralizan fácilmente convirtiéndose en nitrógeno lixiviable. Se deben incorporar “abonos verdes”, así como la paja, raíces y hojas, mezclándose en el suelo.
4. **Riego racional:** efectuar riegos controlados para disminuir efectos negativos con menor costo del agua aplicada.
5. **Planificación agrícola:** Adoptar técnicas para controlar la erosión, alineadas con las condiciones topográficas y edáficas.
6. **Mejorar técnicas de cultivo:** mejorar las prácticas de cultivo implementando manejos integrales de control para el combate sustentable de malezas, plagas y enfermedades, la utilización equilibrada de fertilizantes minerales, incluidos los oligoelementos, y el uso de compostas como una medida de optimizar la nutrición vegetal de los cultivos, entre otras prácticas.

La aplicación de zeolitas puede contribuir a reducir el uso de fertilizantes nitrogenados y consumo de agua, mejora la Fitosanidad de las plantas, se incrementa la productividad y se reduce el tiempo de producción (Eco Logic Maintenances México, 2014).

CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS

Esta investigación consta de dos ensayos en campo, y diversas pruebas de laboratorio.

3.1 Ubicación de la parcela experimental

La parcela experimental se ubica en el Campo Agrícola “Los Cuatro”, Costa de Hermosillo a 104 km de la Ciudad de Hermosillo, Sonora, por la Calle 36 Norte esquina con la Calle Guerrero. Su posición geográfica es:

latitud	29° 05' 04.84" N
longitud	111° 45' 03.24" O
elevación	44.0 msnm

Figura 4. Ubicación de los Campos Agrícolas “San José” y “Los Cuatro”, Costa de Hermosillo.

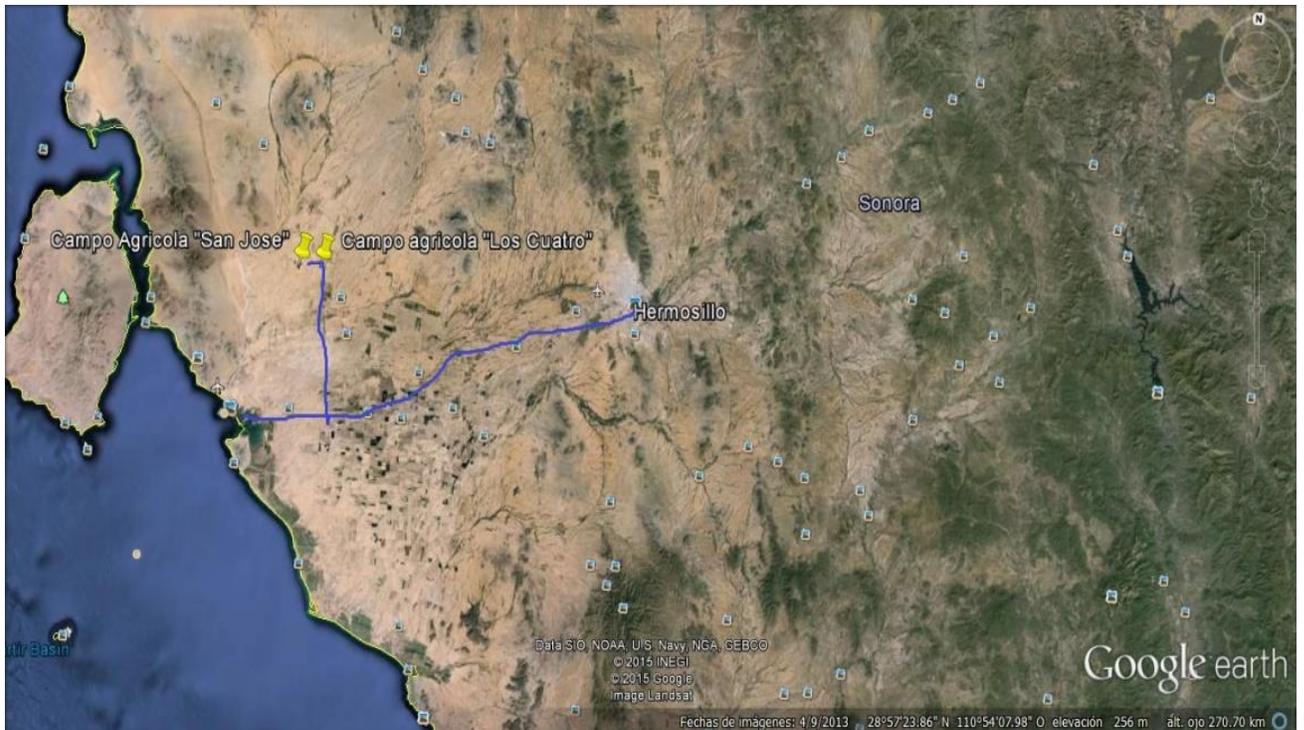


Figura 5. Ubicación de la parcela experimental Campo Agrícola “Los Cuatro”.



3.2 Ensayo 1

Se diseñó un experimento durante el ciclo otoño-invierno 2013-2014 cuyo objetivo fue evaluar el efecto de dosis de compostas, compostas líquidas y zeolitas, mediante el uso de macetas de 7.57 L⁻ de capacidad. Se establecieron 8 tratamientos con 25 macetas cada uno, distribuidos de acuerdo al cuadro 7. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar. Los tratamientos seleccionados fueron en función a la demanda de la agroempresa.

Cuadro 7. Tratamientos evaluados durante el ciclo 2013-2014

Tratamiento	Materiales	Equivalencias (dosis h ⁻¹)
1	composta (C)	500 (kg h ⁻¹)
2	composta líquida (CL)	250 (lt h ⁻¹)
3	Zeolita (Z)	500 (kg h ⁻¹)
4	Z + CL -24 hr	500 (kg h ⁻¹)
5	Z + CL -72 hr	500 (kg h ⁻¹)
6	Testigo fertilizado (120-50)	521 - 96 (kg h ⁻¹) *
7	50% CL + 50% 120-50	125 (L h ⁻¹) + (260 + 48) (kg h ⁻¹)
8	50% (Z + CL 72 hr) + 50% (120-50)	250 (kg h ⁻¹) + (260 + 48) (kg h ⁻¹)

*Sulfato de amonio + fosfato monoamónico

3.2.1. Preparación para la siembra

Acciones realizadas para la preparación de la siembra en enero 2014.

- 200 macetas, con una capacidad de volumen 7.57 lt.
- se lavan con agua y detergente,
- se desinfectan con una solución de 100 ppm de hipoclorito de cloro,
- se llenan las macetas con suelo del campo.

3.2.2. Caracterización de la zeolita

La composición química de la zeolita se describe en el cuadro 8, mientras que las propiedades típicas de una clinoptilolita natural se describen en el cuadro 9, de acuerdo a Información técnica de la empresa ZEO-TEC (2014).

Cuadro 8. Análisis químico total de zeolita

Ph	C.E. ⁻¹ Sdm	CIC ⁻¹ Cmol.kg	PPI (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Ti ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	P ₂ O ₅ (%)
7.64	0.11	93	11.73	62.9	13.1	1.72	0.25	2.04	0.666	0.649	6.83	0.096

Cuadro 9. Características de clinoptilolita natural

Formula Química General	Na ₆ (Al ₆ Si ₃₀ O ₇₂)24H ₂ O
Contenido Clinoptilolita	97%
Capacidad de Intercambio Catiónico(CIC)	93 - 130 meq/g
Forma	Granular y polvo
Configuración	Angular Subarrendondado
Color	Crema - Amarillento
Diámetro de Poro	4.0 - 7.0 Angstroms
Gravedad Especifica	1.9
Densidad Aparente	1.2
Superficie de Área	20 -25 m ² /g
Densidad por Volumen	62 lb/ft ³
pH Natural	8
Estabilidad Alcalina	pH de 7 -10
Estabilidad Acida	pH de 3- 7
Tamaño de Partícula	1.5 mm a finos
Dureza	4.5 Mohs
Índice de Dilatación	Nulo

3.2.3. Modificación de la zeolita

Actividades realizadas para la modificación de zeolita.

- se pesa la zeolita (465 gr)
- se lava en chorro de agua, por 15 minutos, hasta que el agua quedo clara y la zeolita libre de partículas finas y orgánicas.
- Se seca en el horno eléctrico por una hora a 100° C.
- se deposita en un vaso de precipitado
- se modifica con una solución de 0.2 molar de NH₄Cl (la muestra se coloca en un vaso de precipitado con un agitador por una hora a 60° C y 60 rpm)

3.2.4. Caracterización de la composta

En el cuadro 10 se aprecian los resultados de algunas determinaciones químicas efectuadas a una muestra de composta sólida formulada en Campo Agrícola San José, análisis llevado a cabo por el Laboratorio ASAGRI, S.C., de Los Mochis, Sinaloa.

Cuadro 10. Determinación química efectuada a composta solida

Concepto	Cuantificación
Saturación (%)	64
C.E. (dS/m)	43.27
M.O. (%)	11.95
pH	8.14
N ₂ (total) (%)	0.96
C/N	7.2
P (%)	0.42
K (%)	1.58
Ca (%)	1.24
Mg (%)	0.41
Na (%)	0.34
Fe (ppm)	1,720
Mn (ppm)	154
Cu (ppm)	14
Zn (ppm)	1,800
B (ppm)	0.57

3.2.5. Preparación de composta líquida

La composta líquida se formula con composta cernida finamente se mezcla y se agita con agua en una proporción de 5:1, hasta que queda completamente suspendida.

3.2.6. Aplicación de tratamientos y siembra

La aplicación de tratamientos se llevó a cabo el 14 de enero de 2014, bajo las siguientes acciones:

- La semilla se inocula con el hongo *Trichoderma*, spp.,
- se distribuye e incorpora al suelo los materiales de cada tratamiento en forma homogénea
- los tratamientos se sembraron el día 15 de enero de 2014,
- se utilizaron entre tres y cinco semillas por maceta,
- se enterraron las semillas 5 cm de profundidad, efectuándose en seco
- variedad utilizada fue Blanoro
- después de sembrado, se procede a regar con tres litros de agua por maceta.

3.2.7. Manejo del cultivo

- Semanalmente se observa el desarrollo del cultivo
- los riegos de auxilio se realizaron cada tres días, aplicándose un litro de agua por maceta, durante las primeras etapas del desarrollo vegetativo de la planta
- la semilla germina a los ocho días de sembrada
- las plántulas emergen a los doce días
- las primeras hojas verdaderas se manifestaron a principios de febrero
- floración inicia la tercera semana de febrero, generalizándose a finales del mismo mes
- una vez a la semana se efectuó monitoreo fitosanitario
- no se observa presencia de insectos plaga y enfermedades

- principios de abril se notan primeros signos de senescencia (madurez)
- por temperaturas altas se mantiene plantas hidratadas efectuando riegos cada dos días
- a principios de mayo se generaliza senescencia de plantas alcanzando plena madurez
- en junio se recolectan muestras al azar de 10 macetas por tratamiento para evaluar el comportamiento y la productividad de los mismos.

3.2.8. Variables a evaluar

Las variables medidas fueron todas a máximo rendimiento.

- Rendimiento en peso y número de granos
- Calibre de granos de cada tratamiento

3.3. Ensayo 2

En base al mejor comportamiento de rendimiento de granos comerciales y calibres, del ensayo 1, se seleccionan cuatro tratamientos para replicarse en campo con un diseño experimental. Del tratamiento T1 se selecciona por presentar los mejores calibres equivalentes al número 2 en la escala comercial; el tratamiento T3 se selecciona por presentar el mayor rendimiento con un total de 94 granos obtenidos; el tratamiento T5 presenta un comportamiento muy homogéneo en cuanto rendimiento de granos comerciales y calibres; el cuarto tratamiento seleccionado fue el T7 por obtener el mejor rendimiento, en valores absolutos, en cuanto a granos comerciales siendo del orden del 70%, según se valora en el cuadro 7.

Después del análisis de los resultados obtenidos en el ensayo 1, se optó por considerar otros dos tratamientos para un total de seis para compararlos con el testigo comercial. El trabajo de investigación se lleva a cabo en el campo agrícola “Los Cuatro”, ubicado en la Costa de Hermosillo, durante el ciclo Otoño-Invierno 2014-2015.

El experimento se establece con 6 tratamientos y 6 repeticiones en unidades experimentales de 6.4 x 6.4 m, con una dimensión de la parcela experimental de 38.4 x 38.4 m = 1476.56 m², con diseño completamente al azar. Los tratamientos evaluados son:

TRATAMIENTOS

- T1.** 1,000 (Kg h⁻¹) de zeolita químicamente modificada aplicada en banda.
- T2.** 1 tubo de malla, por metro lineal, con zeolita químicamente modificada, enterrado a 10 cm y una separación de 15 cm de las plantas.
- T3.** 1,000 (Kg h⁻¹) de zeolita modificada con composta líquida por 72 horas, aplicada en banda.
- T4.** 1 tubo de malla, por metro lineal, con zeolita modificada 72 horas con composta líquida, enterrado a 10 cm y separado 15 cm de las plantas.
- T5.** 1,000 (L h⁻¹) de composta líquida + fertilizantes convencionales (60-25-00), aplicados en banda.
- T6.** 2,000 (Kg h⁻¹) de composta, aplicado en banda.
- TC.** Testigo comercial.

El diseño se distribuyó mediante sorteo de los 6 tratamientos con sus 6 repeticiones en las 36 unidades experimentales (cuadro 11).

Cuadro 11. Distribución del diseño

T5	T3	T6	T2	T4	T5
T2	T6	T2	T6	T3	T6
T1	T5	T1	T3	T2	T2
T2	T6	T4	T1	T5	T1
T5	T4	T3	T6	T4	T3
T4	T1	T4	T3	T1	T5

3.3.1. Actividades realizadas

A principios de noviembre de 2014, se preparó el suelo con subsuelo y tablonéo. Con anterioridad a la preparación del suelo, en toda la parcela experimental (38.4 x 38.4 m = 1476.56 m²) se tomaron 6 muestras de suelo a una profundidad de 0-60 cm y se mezclaron para hacer una muestra compuesta para su correspondiente análisis en laboratorio. El análisis se lleva a cabo en Grosser Laboratorio, obteniéndose los resultados que se observan en el cuadro 12.

Cuadro 12. Resultado del primer análisis de suelo de la muestra compuesta.

Muestra	Profundidad (cm)	N-NO ₃ (ppm)	Na (ppm)	Na intercambiable (%)	M.O. (%)
Única	0-60	27.1	1,650.0	23.4	0.63
Nivel optimo		30.0	<200.0	15.0	3.0 – 5.0

Extracción cuantitativa de N-NO, método KCl por Cd (Miller y Sonon, 2010).

Estimación de sodicidad mediante el método Richards (1954).

El nivel de N-NO₃ reportado se observa ligeramente por abajo del óptimo, mientras que el de Na se reporta excesivamente por arriba del nivel óptimo, mientras que la materia orgánica se aprecia con un horizonte muy bajo. En consecuencia, no se requiere utilizar fertilizantes nitrogenados, pero por otra parte se deben utilizar insumos que permitan contrarrestar y disminuir los niveles de Na, e incrementar paulatinamente los niveles de materia orgánica.

El 16 del mes de diciembre, se inició la colocación de las cintas de riego a una distancia de 1.60 M. entre líneas y con emisores cada 30 cm, con un gasto de 0.60 lt/hr/emisor, instalándose a 25 cm de profundidad. Una vez concluida su colocación, a principios del mes de enero de 2015, las aplicaciones de los insumos de los tratamientos se incorporaron en presiembra en una sola aplicación, antes del primer riego.

Los fertilizantes convencionales, la zeolita, las compostas y tubos de tela con zeolita modificada con composta liquida fueron proporcionadas por la empresa

participante de este proyecto, así como las parcela experimental. La zeolita se adquirió, de la empresa IMPOLUT, en gránulos con un diámetro de 2 a 3 mm.

3.3.2. Modificación de zeolita

En el campo se pesa la zeolita y se lava con agua, hasta que el agua queda completamente clara, para posteriormente secar al sol. Una vez seca, se vierte en un depósito con mezclador y se modifica con NH_4Cl (0.2 M), agitando por 8 horas a una temperatura de 60°C . Para mantener la temperatura, se utilizaron dos resistencias eléctricas. Cumplido el tiempo de modificación, se retira la solución de NH_4Cl y se pone a secar por 24 horas. Se toma la mitad de la zeolita y se carga con composta líquida y se coloca en el depósito agitador por 72 horas, a la misma temperatura; insumo preparado para los tratamientos 2 y 4. Los tubos se fabrican con malla permeable. Para la fabricación de los tubos, las mallas se cortan a un metro de largo y cinco centímetros de ancho, mismos que se llenaron con zeolita químicamente modificada y zeolita cargada con compostas líquidas con un peso de 80 g cada uno, para posteriormente cerrarlos con grapas. Las mallas con zeolita se instalan a 10 cm de profundidad y 15 cm de distancia paralelos a la línea interior de plantas; se colocaron 24 tubos por unidad experimental.

Simultáneamente, se fabrican bolsas de 5 x 5 cm con zeolita cargada, para medir los cambios en la concentración de sodio en el suelo durante el ciclo del cultivo, mismas que se entierran junto con las mallas, se marcan con estacas para identificar su posición, sepultando cuatro por repetición, para efectos del muestreo mensual. Se tomaron muestras el 28 de febrero, 30 de marzo, 30 de abril y 29 de mayo, para determinar niveles de Na capturados.

3.3.3. Siembra

La siembra se efectuó en seco, depositando la semilla a una profundidad entre 6 y 8 cm. La variedad de semilla sembrada fue Blanoro, sembrándose el 16 de enero

de 2015. La semilla se trata con fungicida DIVIDEND® 150 FS (difenoconazole), a razón de 300 cc por 100 kg de semilla, más 200 cc de Wolstrac Zn y 200 cc de Wolkstrac Fe. El método de siembra fue en camas de 1.60 M., a dos hileras con una separación de 60 cm entre hileras, a 30 cm de la línea de riego y 8.0 cm entre plantas (12.5 plantas por metro lineal). La siembra se lleva a cabo mecánicamente, con sembradora de precisión Monosem.

3.3.4. Manejo de cultivo

El riego de nacencia (germinación) se lleva a cabo el 17 de enero del 2015 con una duración de 40 horas, hasta que se ha formado completamente el bulbo de humedad. Los riegos de auxilio se llevan a cabo de acuerdo al plan de riego de la empresa (Cuadro 13). La lámina total (volumen de agua) utilizada se estima en 50 cm.

Cuadro 13. Calendarización de riegos aplicados al cultivo de garbanzo por la empresa agrícola “Los Cuatro” durante el ciclo 2014-2015.

Riego	Fecha
Riego de nacencia	17 de enero
Primer riego de auxilio	14 de febrero
Segundo riego de auxilio	7 de marzo
Tercer riego de auxilio	23 de marzo
Cuarto riego de auxilio	7 de abril
Quinto riego de auxilio	5 de mayo

En cuanto al manejo fitosanitario, para efecto de insectos plaga y enfermedades se estuvo monitoreando semanalmente. Para el control de malezas, trébol (*Trifolium spp*) y correhuela (*Convolvulus arvensis*) se aplicó de presiembra 1.5 (L h⁻¹) Treflan (trifluralina) y de preemergencia 1.0 (L h⁻¹) de Goal (oxifluorfen). También se efectuaron dos deshierbes manuales y ninguno mecánico, dentro de la parcela experimental.

A mediados de abril, hubo presión de gusano minador (*Liriomyza cicerina*) y presencia de chahuixtle (*Uromyces ciceris-arietini*), por lo que se tuvieron que hacer dos aspersiones terrestres 1 (L h⁻¹) de Security (Fenvalerato) más 1 (L h⁻¹) de Bannen (Avamectina) y 0.5 (L h⁻¹) de Tacora (Tebuconazole).

3.3.5. Variables a evaluar

Las variables medidas son:

- rendimiento total de los tratamientos,
- rendimientos de calibres de grano ≤ 0 y >0 , y
- niveles de Na⁺ y N-NO₃.

3.4. Análisis estadístico

Los datos de productividad obtenidos de los dos ensayos, así como los datos económicos, se someten a un análisis de varianza (ANOVA). La comparación de medias se realiza aplicando la prueba de Tukey HSD ($\alpha = 0.95$) para determinar las diferencias entre los tratamientos ($P = 0.05$). Todos los análisis se realizan utilizando los programas MINITAB 15 y R.

3.5. Análisis económico

- Se determina el paquete tecnológico de producción de garbanzo,
- a través de una memoria de cálculo se estiman los costos de operación por hectárea de cada tratamiento,
- se calcula el costo por m² de producción,

$$\text{Costo/m}^2 = \text{Costo (h}^{-1}\text{)} / 10,000$$

- de la suma de rendimientos obtenidos de las unidades experimentales por tratamiento se determina la producción por m²,

$$\text{Rendimiento kg/m}^2 = \text{Rendimiento del Tratamiento (T}_n\text{)} / 96 \text{ m}^2$$

- se proyecta el rendimiento por hectárea,

$$\text{Rendimiento (h}^{-1}\text{)} = \text{Rendimiento kg/m}^2 \times 10,000$$

- que al multiplicar por el valor promedio en dólares (USD) refleja el ingreso unitario,

$$\text{Ingreso USD (h}^{-1}\text{)} = \text{Precio promedio (kg) USD (0.95367)} \times \text{Rendimiento (h}^{-1}\text{)}$$

- al multiplicar los valores en USD por el tipo de cambio actual, cotizado en 16.50 MN al momento de la evaluación económica, se genera el ingreso unitario en moneda nacional (MN).

$$\text{Ingreso MN (h}^{-1}\text{)} = \text{Ingreso USD (h}^{-1}\text{)} \times 16.50$$

- Se formula un escenario de resultados económicos ajustados al ciclo agrícola 2014-2015, construido por una matriz de cálculo donde:

$$R_{eTN} = R_p m^2_{TN} (K / R_e m^2_{TC}) (10,000 \text{ m}^2)$$

Equivalencias: R_{eTN} = Rendimiento esperado de cada tratamiento; $R_p m^2_{TN}$ = Rendimiento proyecto (kg)/m² de cada tratamiento; K = Constante (Rendimiento esperado (kg)/m² del tratamiento comercial/10,000 = 0.27); $R_e m^2_{TC}$ = Rendimiento esperado del tratamiento comercial.

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1 Ensayo 1

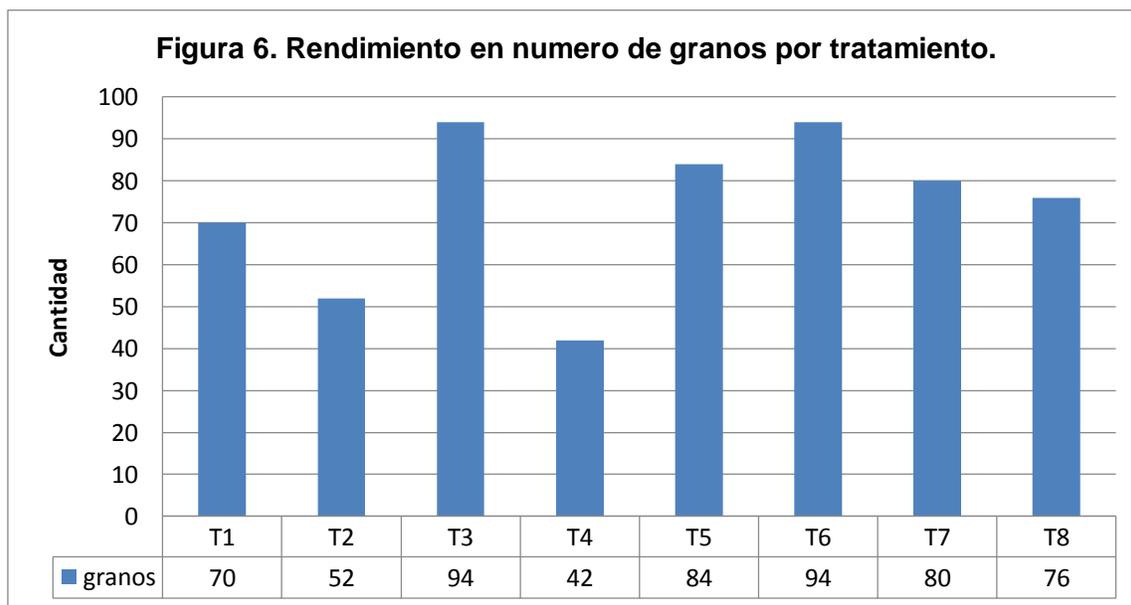
En cuanto a los resultados obtenidos, se analizó el comportamiento de los rendimientos por tratamiento, según se representan en el cuadro 14. Los mejores comportamientos, en cuanto al número de granos y pesos promedio por tratamiento, en orden de importancia fueron: T3 zeolita (Z) con 94 granos; T6 fertilización (120-50-00) con 94 granos; T5 Z + CL 72 hr; T7 50% CL + 50% (120-50-00); y T8 50% (Z + CL 72 hr) + 50% (120-50-00), según se describen en la figura 6.

Cuadro 14. Efecto de la productividad de los tratamientos.

Tratamiento	Total granos	Granos 1	Participación (%)	Granos 2	Participación (%)	Granos desecho	Participación (%)
T1	58	32	55	17	29	9	16
T2	52	27	52	17	33	8	15
T3	94	49	52	38	40	7	7
T4	42	27	64	12	29	3	7
T5	84	47	56	30	36	7	8
T6	94	49	52	38	40	7	7
T7	80	56	70	22	28	2	3
T8	74	33	45	31	42	10	14
SUMA	578	320	55	205	35	53	9

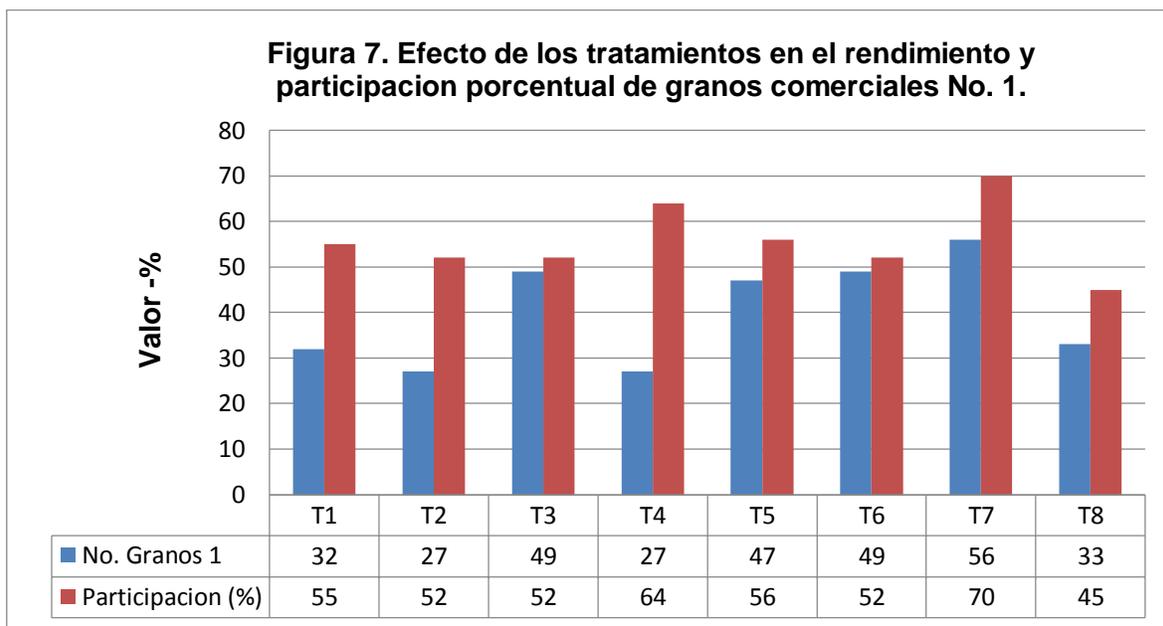
Leyenda: T1. Composta (C); T2. Composta Líquida (CL); T3. Zeolita (Z); T4. Z + CL – 24 hr; T5. Z + CL – 72 hr; T6. Testigo Fertilizado (TF) (120-50-00); T7. 50% CL + 50% (120-50-00); T8. 50% (Z + CL 72 hr) + 50% (120-50-00).

En valores relativos, el tratamiento T7 es el que mejor comportamiento tuvo con 70% de rendimiento de granos comerciales No. 1, seguido por los tratamientos T4 con 64%; T5 con 56%; y T1 con 55%, observándose en estos tratamientos el efecto, composta líquida combinada con fertilización química, zeolita combinada con composta líquida y composta sólida, de acuerdo a lo observado en la figura 7 y cuadro 14.

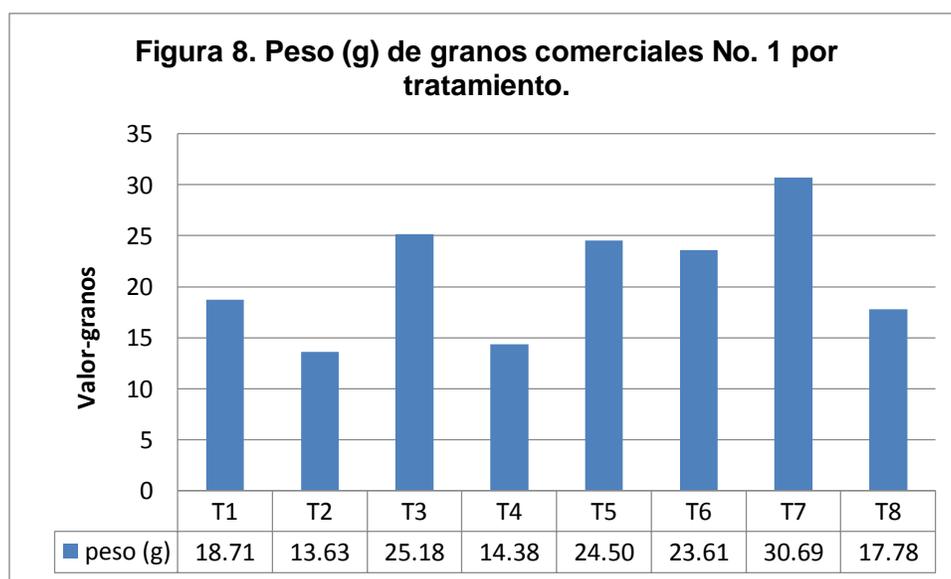


En la figura 7 se aprecia el comportamiento de rendimientos y participación porcentual de granos comerciales No. 1 por tratamiento (mejores granos). Se

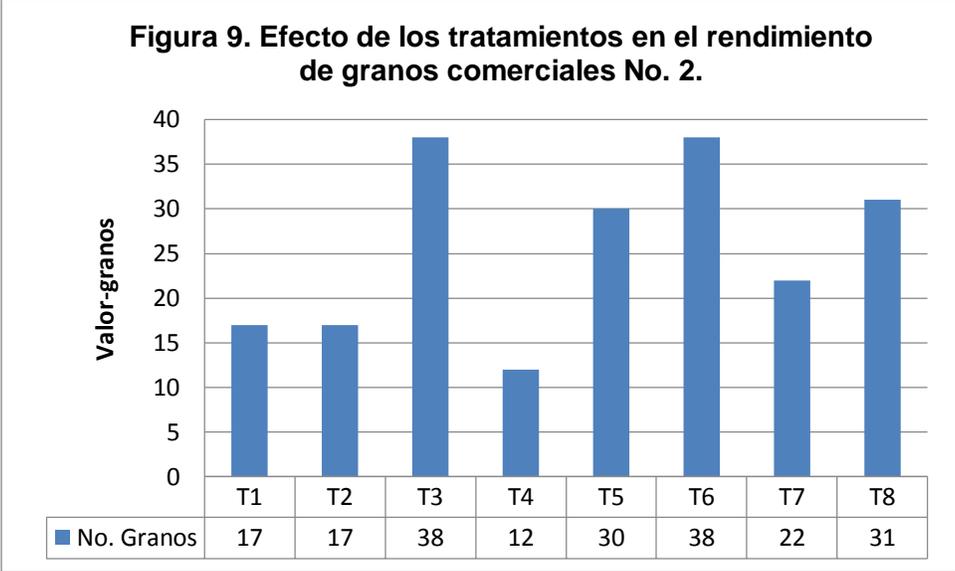
observa que el mejor tratamiento de este ensayo fue el T7 (50% CL + 50% (120-50-00)) alcanzando 70% de participación con 56 granos; seguido por los tratamientos T4 (Z + CL -24 hr) con 64.3% de participación y 27 granos; T5 (Z + CL 72 hr); T3 Z; y T6 fertilización (120-50-00).



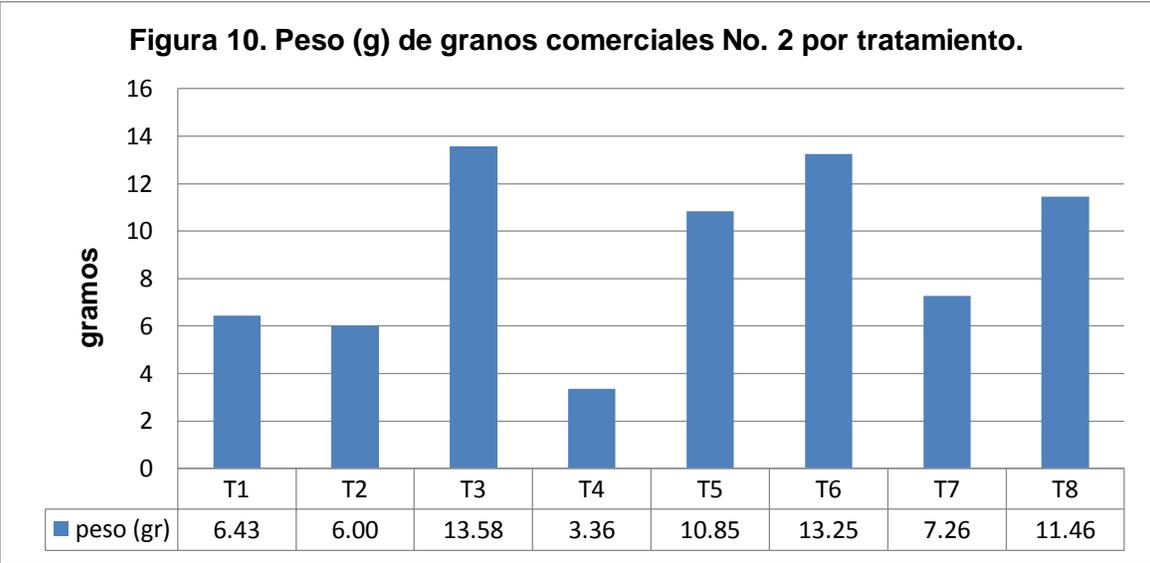
Referente al peso de granos comerciales No. 1 por tratamiento, predomina el tratamiento T7 el cual rindió mayor peso con 30.69 g, seguido por el T3 con 25.18 g, T5 con 24.50 g y T6 con 23.61 g, según se observa en la figura 8.



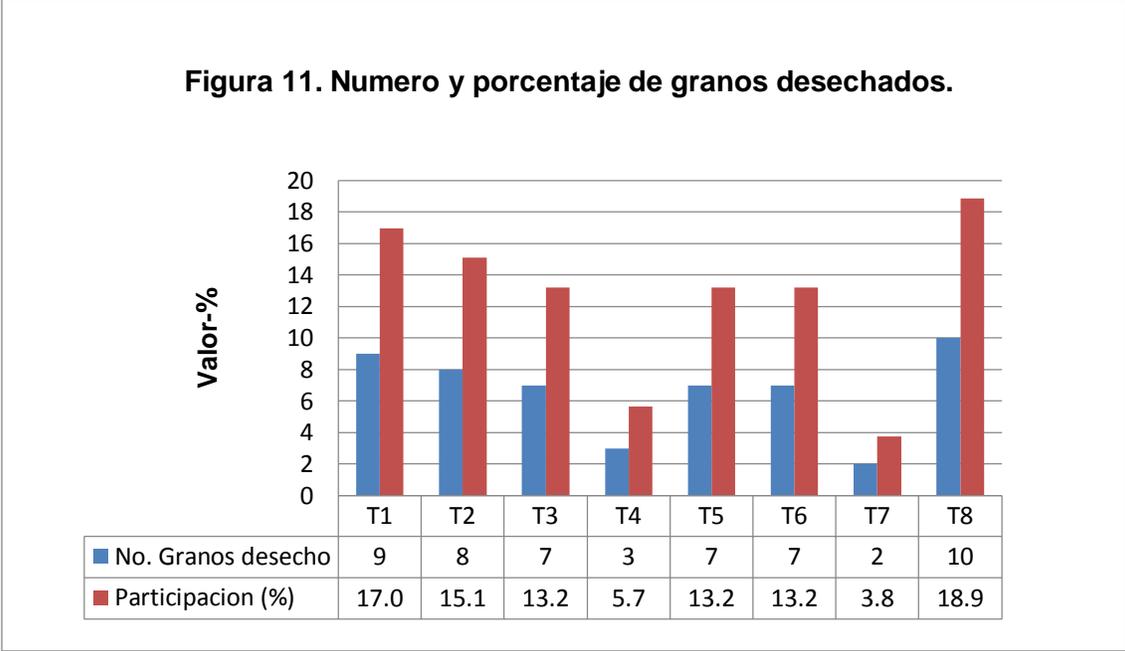
La figura 9 muestra el efecto de los tratamientos en el rendimiento de granos comerciales No. 2. Los tratamientos T3 y T6 fueron los que más produjeron granos No. 2, con 38, seguidos por T8 y T5 con 31 y 30 granos, respectivamente.



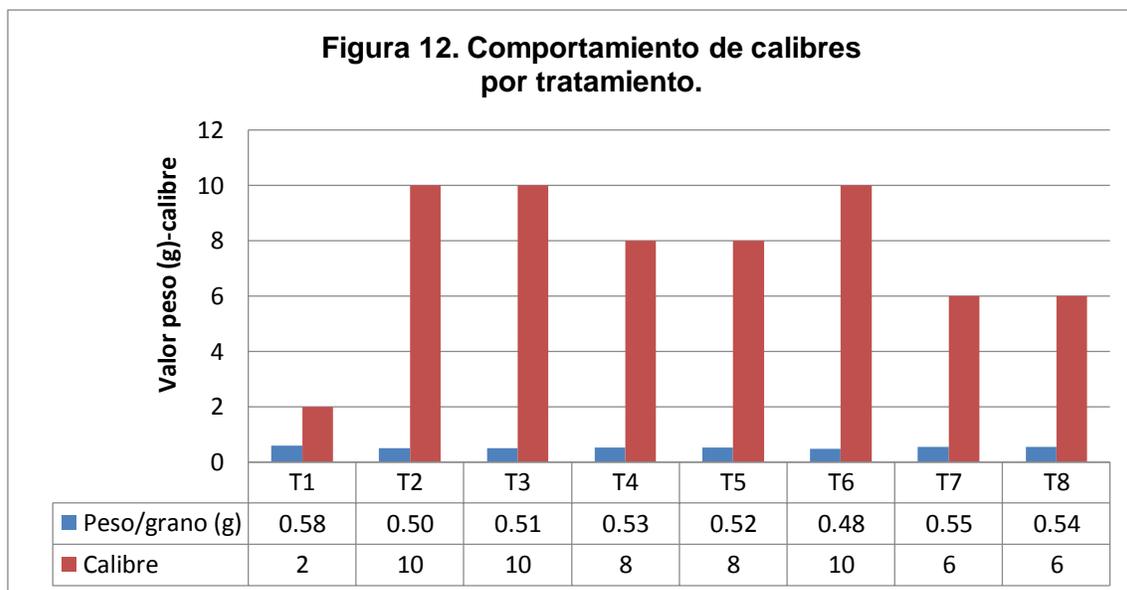
En cuanto al peso en gramos de granos comerciales No. 2, el tratamiento con mejor respuesta fue el T3, con 13.59 g, seguido por T6 con 13.25 g y T8 y T5, respectivamente, según se aprecia en la figura 10.



La figura 11, describe el porcentaje de granos desechados (granos quebrados, dañados por plagas y/o golpes, deformes), predominando el T2 con 15.4% de desechos, seguido por T8 y T1, con 13.2 y 12.9%, respectivamente.



Al analizar el comportamiento de los calibres (grosor del grano) de los tratamientos, el T1 (composta) fue el tratamiento que mejores calibres obtuvo con una clasificación comercial de 2, seguido por T7, 50% CL + 50% (120-50-00), T8 50% (Z + CL 72 hr) + 50% de (120-50-00), T4 (Z + CL -24 hr) y T5 (Z + CL 72 hr), según se observa en la figura 12.



4.2 Ensayo 2

Para excluir efecto de orilla, se eliminan 1.2 m de las orillas y 1.2 m de las cabeceras, de cada unidad experimental (UE), quedando una superficie de parcela útil de 4.0 x 4.0 m = 16.00 m².

La población estimada de la UE está en el rango entre 600 y 640 plantas, mientras que la parcela útil tuvo una población entre 234 y 252 plantas lo que equivale a 39% de la población muestreada/UE.

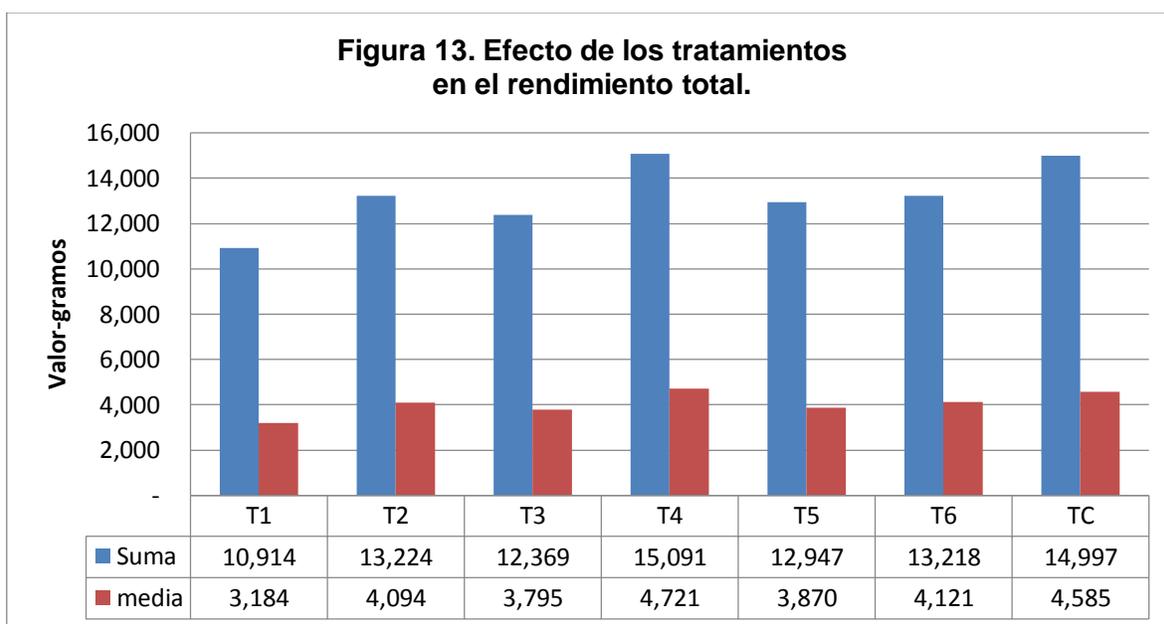
Las variables medidas son: rendimiento de los tratamientos, calibre de grano y niveles de Na⁺ y N-NO₃.

4.2.1. Comportamiento de la productividad

Los muestreos de cosecha se llevan a cabo a los días 3 y 4 de junio de 2015. Durante la cosecha se recolectan las plantas secas de cada una de las UE, se colocan en bolsas de plástico. Posteriormente las capsulas se separan mecánicamente para a la poste limpiar y trillar los granos.

Se trilla y limpia el producto obtenido en cada UE, para posteriormente cribar en una malla de 10 mm, equivalente a calibre 0, separándose en calibres iguales o menores a cero (≤ 0) y mayores a cero (> 0), procediendo a pesar cada lote obtenido para después determinar el peso total del rendimiento ($\leq 0 + > 0 =$ peso total). Una vez obtenidos los datos de todas las UE, se sumaron para determinar el peso total por tratamiento, según se observa en la figura 11. De cada repetición se tomaron cinco muestras ≤ 0 y cinco de > 0 para observar el comportamiento de calibres de cada UE y por tratamiento (véase figuras 12 y 13). Se cuenta el número de granos contenidos en 30 g de muestra, utilizando una báscula analítica marca OHAUS®, con capacidad de 2.160 kg – 5 lb (2 oz).

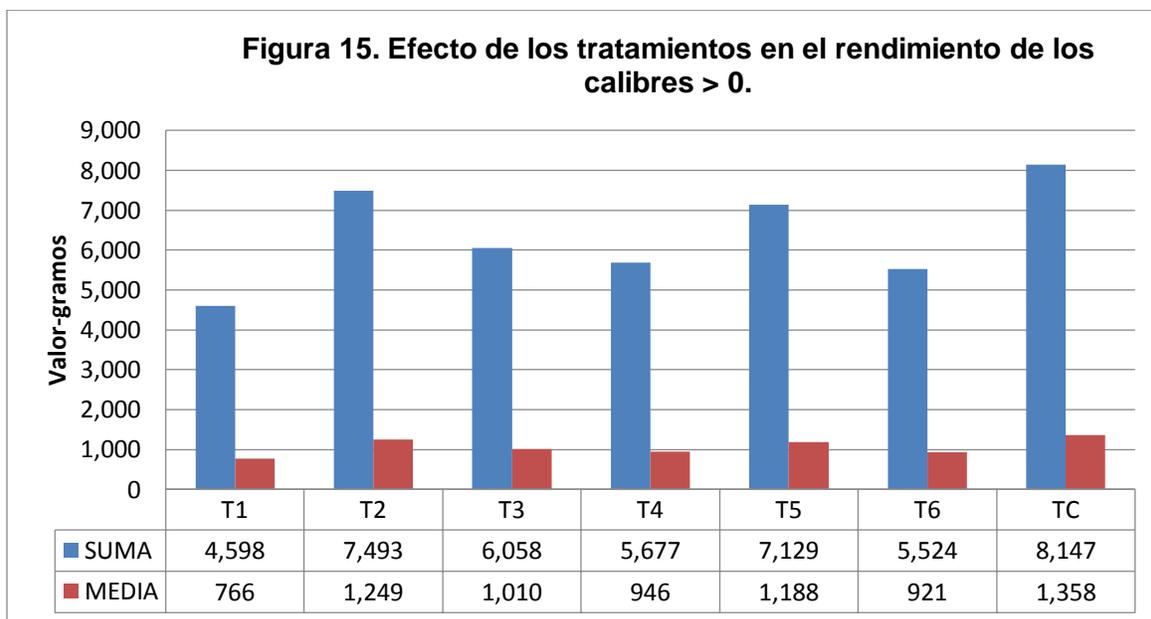
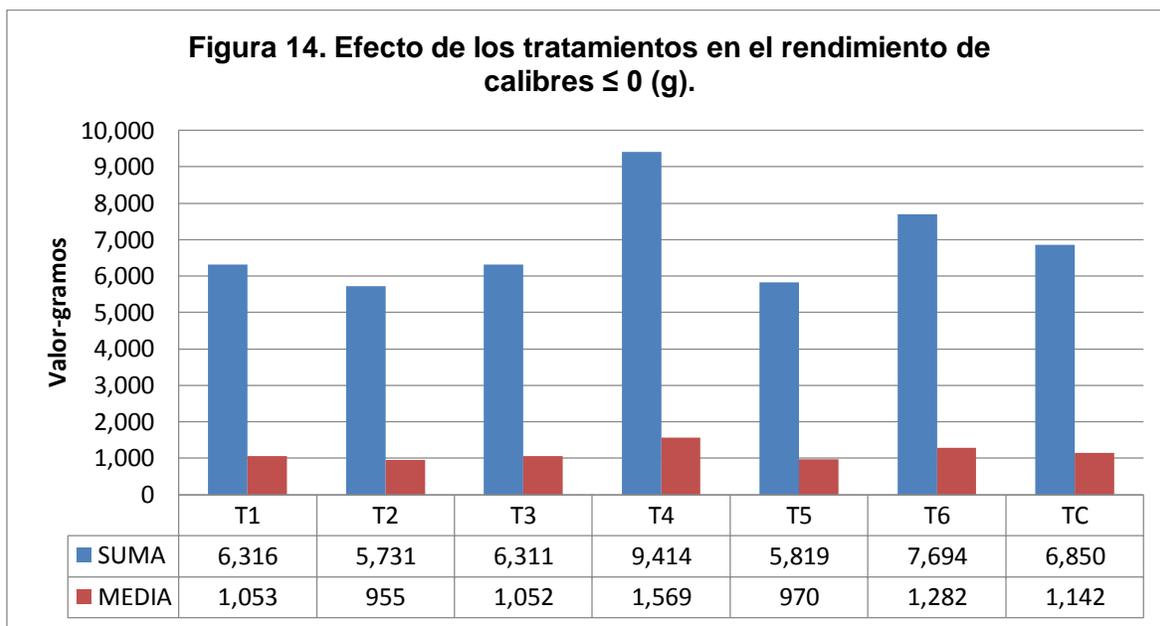
El tratamiento que mejor se comportó, en cuanto a rendimiento total, fue T4 con 15,091 g, seguido de TC con 14,997 g, T2 con 13,224 g y T6 con 13,218 g, según se observa en la figura 13.



Leyenda: T1. Zeolita químicamente modificada; T2. Tubo de malla con zeolita químicamente modificada; T3. Zeolita modificada con composta líquida 72 horas; T4. Tubo de malla con zeolita modificada 72 horas con composta líquida; T5. Composta líquida + fertilizantes convencionales (60-25-00); T6. Composta; TC. Testigo comercial.

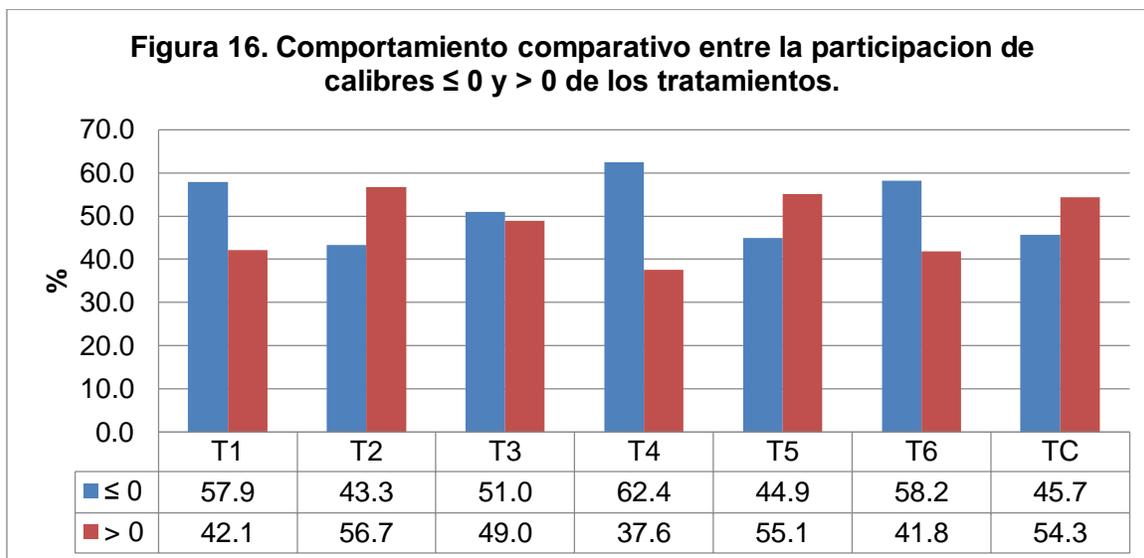
Referente al comportamiento de los tratamientos en el rendimiento de calibres ≤ 0 , la gráfica de la figura 14 muestra que la media del T4 presenta el mayor

rendimiento con 1,569 g, seguido por T6 con 1,282 g y el testigo comercial con 1,142 g. El efecto de los calibres > 0, el TC es el que muestra mejor comportamiento con un rendimiento promedio de 1,358 g, seguido del T2 con 1,249 g y T5 con 1,188 g, según se describe en la gráfica de la figura 15.



En valores relativos, la figura 16 muestra el comportamiento comparativo entre la participación de los calibres $\leq 0 + > 0$, destacando T2 con 56.7% con calibres > 0,

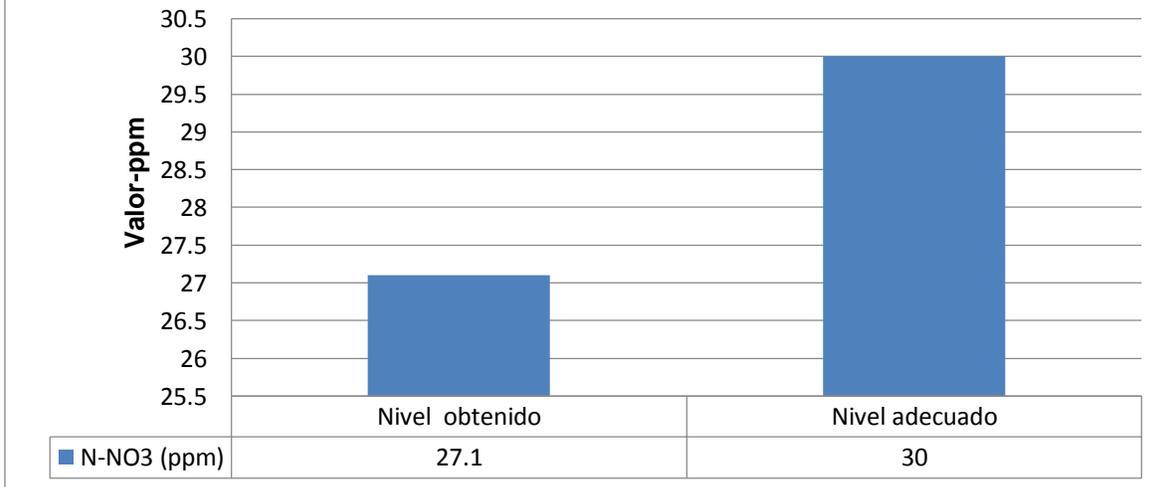
seguido por T5 con 55.1% y TC con 54.3%. El resto de los tratamientos predominaron calibres ≤ 0 .



4.2.2. Comportamiento de los niveles de sodio y nitrógeno.

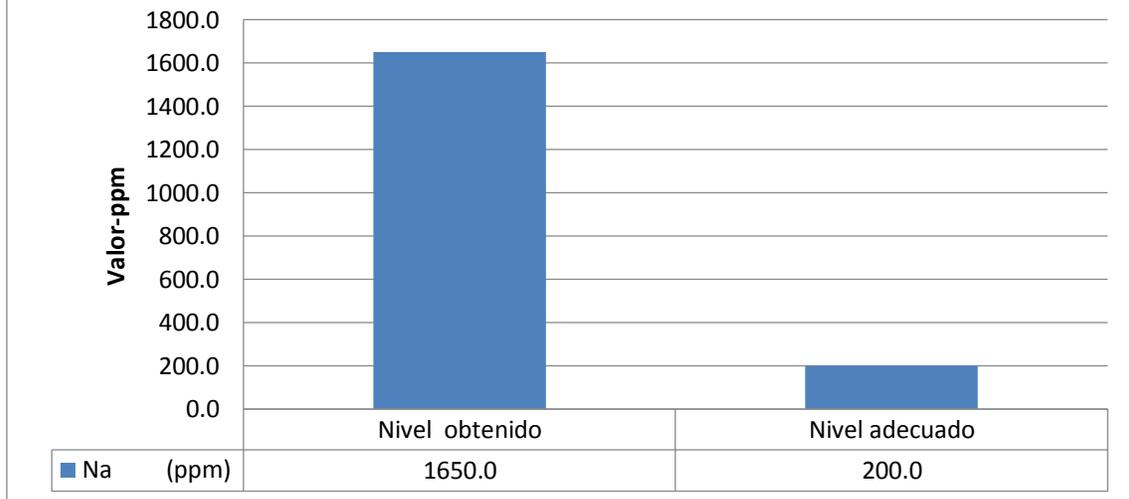
A finales de noviembre de 2013 se tomaron varias muestras de suelo, de 0-40 cm de profundidad, en el área de ubicación de los tratamientos y se mezclaron para generar una muestra compuesta, misma que se envió a laboratorio para su respectivo análisis. Los datos obtenidos se muestran en las figuras 17, 18 y 19 (Gosser Laboratorios 2013).

Figura 17. Nivel de N-NO₃ encontrado en la muestra compuesta de suelo tomada de las unidades experimentales, antes de la siembra.



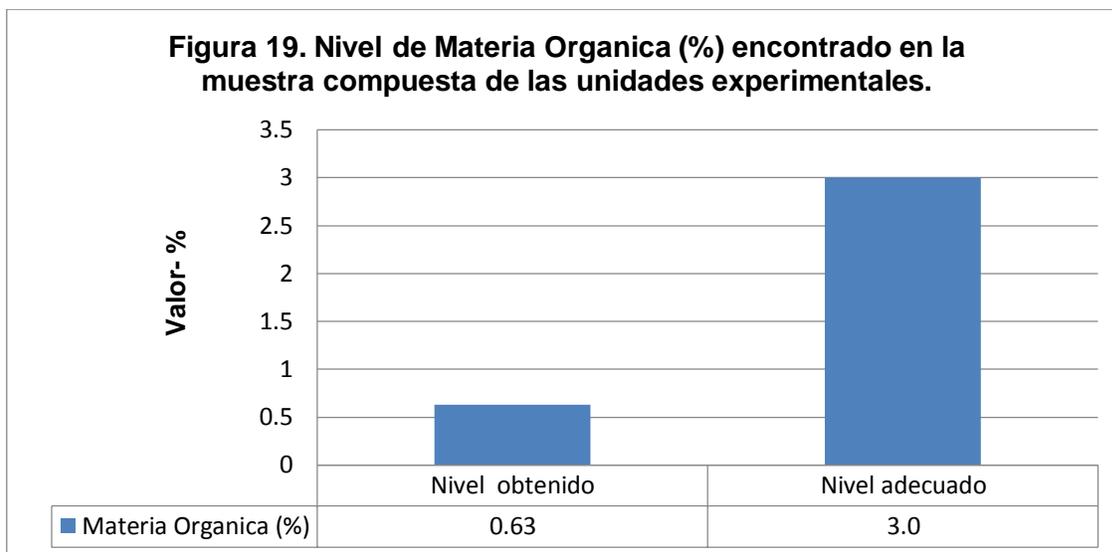
El nivel de N-NO₃ reportado de la muestra compuesta de suelo demuestra que la cantidad obtenida se encuentra cerca del nivel adecuado, por lo que requiere aplicar bajas dosis de nitrógeno.

Figura 18. Nivel de Na encontrado en la muestra compuesta de las unidades experimentales, antes de la siembra.

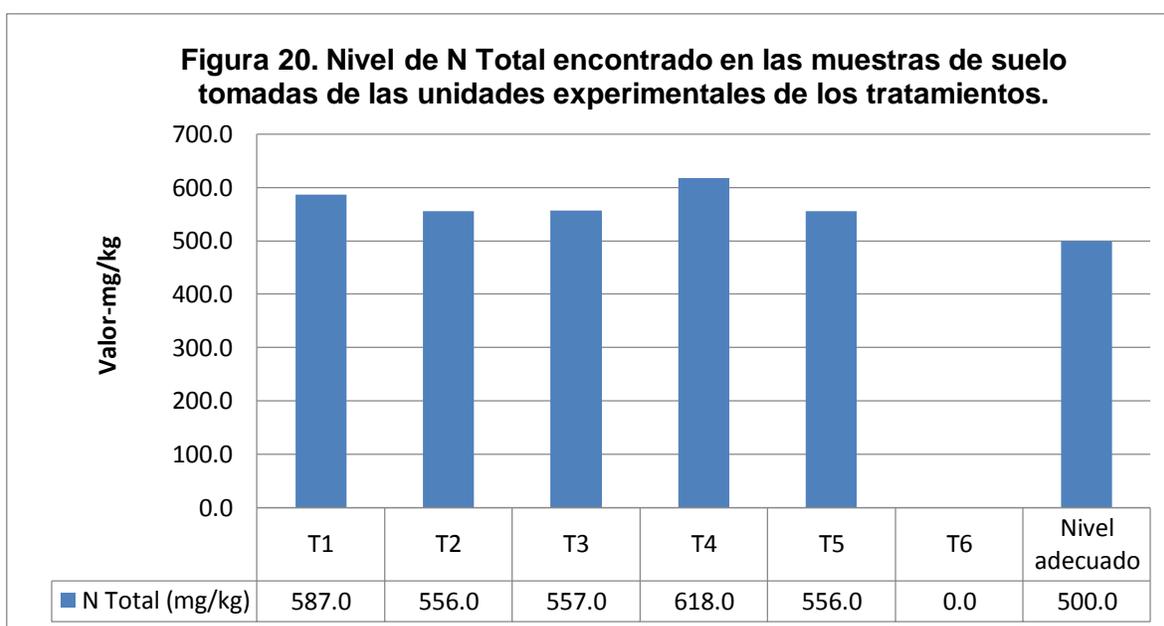


En la figura 18 se observa que el nivel de Na⁺ en el suelo se encuentra excesivamente por arriba del nivel adecuado, por lo que se requiere aplicar insumos mejoradores que disminuyan los niveles. Referente a la materia

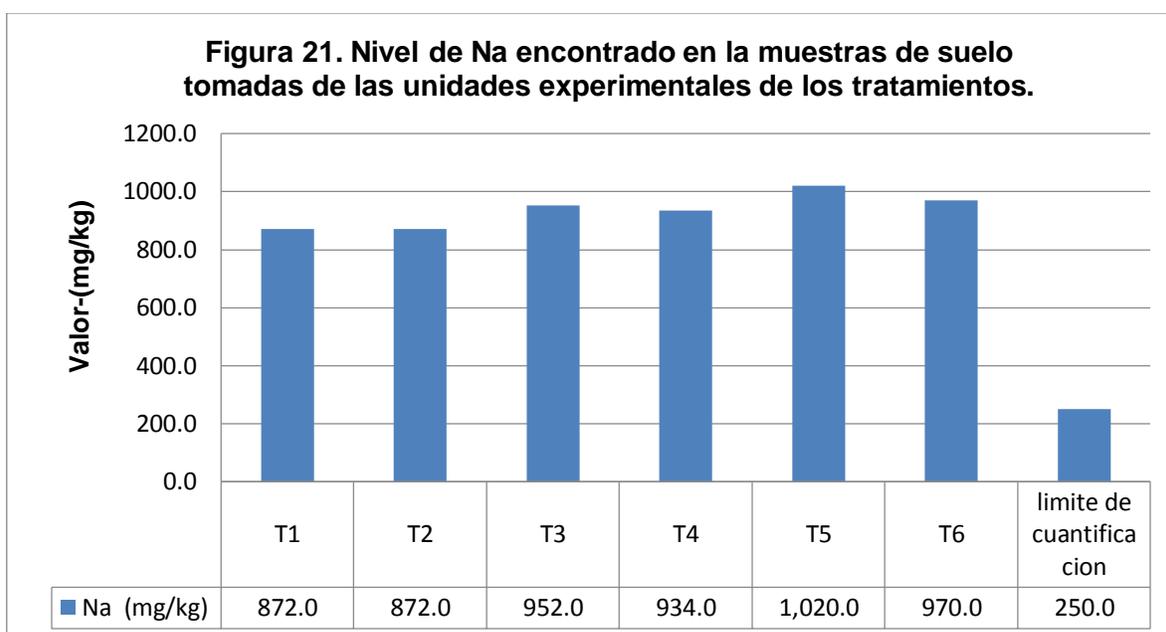
orgánica, se reporta con niveles muy por debajo del nivel deseado según se aprecia en la figura 19.



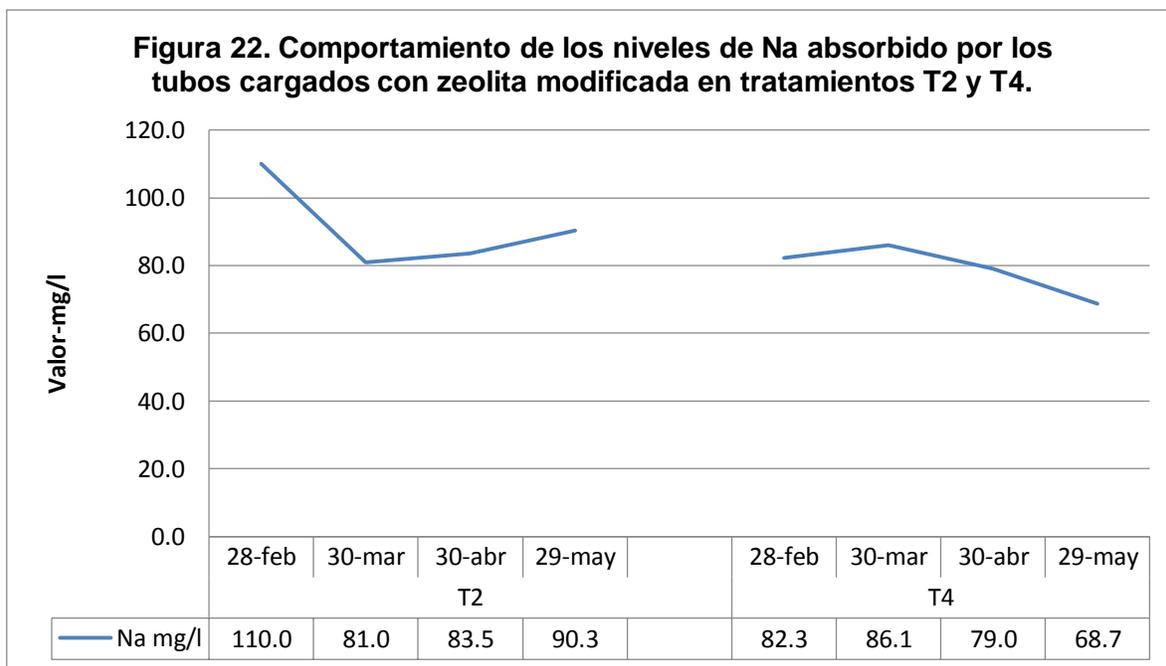
Al término de cosecha, a finales de junio 2015, se tomó una muestra de suelo a una profundidad de 40 cm, de cada unidad experimental, mezclándose las seis muestras para hacer una muestra compuesta por tratamiento, enviándose a laboratorio para su análisis respectivo. Los datos obtenidos se observan en las figuras 20 y 21 (Analítica del Noroeste, S.A. de C.V., 2015).



Al contrastar los resultados del primer análisis de suelo con los de los suelos donde se aplicaron los tratamientos, se observa que la muestra compuesta de suelo inicial expresa un nivel de N-NO₃, 9.7% por abajo del nivel adecuado (figura 17). Al compararse con la muestra final, todos los tratamientos (figura 20) se observan con niveles de N Total ligeramente por arriba del límite adecuado, proyectando T1 con (17.4%), T2 (11.2%), T3 (11.4), T4 (23.6%), T5 (11.2%), y T6 reporta datos no detectables.



El nivel de Na⁺ expresado en la muestra inicial (figura 18), se observa 725% por encima del nivel adecuado, lo que indica que existe una fuerte concentración de catión de Na⁺. Al compararse con los resultados de los análisis de la muestra final, observados en la figura 21, indica que la concentración de Na⁺ se reduce a la mitad para los tratamientos T1 y T2, mientras que el T3 disminuye 42.3%, T4 43.4%, T5 38.2% y T6 41.2%.



En el tratamiento T2 (tubo de zeolita modificada químicamente), en la primera fecha de muestreo (a los 40 días de sembrado). Se observa una absorción importante de cationes sodio con su respectivo desplazamiento de los cationes amonio de la estructura zeolítica. Por ello desde ese momento comienza un proceso que tiende a alcanzar el equilibrio catiónico en el interior de la zeolita, es decir comienza en ese momento el proceso de alcanzar el equilibrio en toda la estructura zeolítica y por tanto el proceso de disminución del potencial químico de sodio en el suelo comienza a desacelerarse. En el caso del tratamiento T4 con composta líquida el mecanismo transcurre de otra forma, pues además de la descationización con cloruro de amonio la zeolita se puso en contacto con composta líquida rica en compuestos amoniacales que pudieron adherirse superficialmente para completar la compensación eléctrica que requiere el retículo cristalino de la zeolita, por lo que a pesar de encontrarse en iguales condiciones del terreno (alto potencial químico de sodio) su respuesta fue más paulatina y el equilibrio químico con los cationes sodio del suelo se alcanza en un intervalo de tiempo mayor que en el caso de la muestra T2. Por ello puede afirmarse, basado en las observaciones que si se desea un proceso de desalinización enérgico a corto plazo, es mejor usar zeolita modificada químicamente con cloruro de amonio,

pero si se desea que este proceso ocurra paulatinamente con una buena adición de cationes amonio debe ser tratada la zeolita adecuadamente con composta líquida.

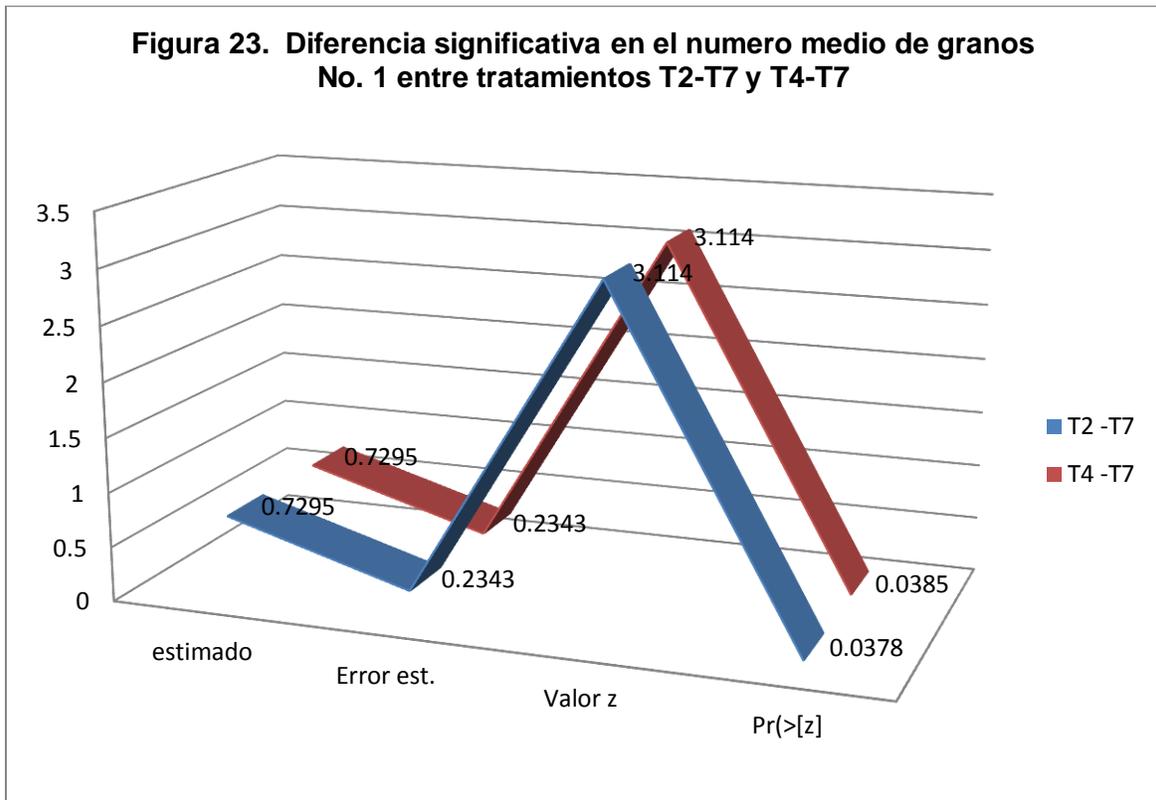
4.3. Resultados estadísticos del ensayo 1

En referencia a los rendimientos obtenidos en los tratamientos, mediante hipótesis lineal, efectuado con el software estadístico de “R”, se analiza la diferencia en base a número de granos comerciales No. 1, utilizando Prueba de Wald. En el cuadro 15 y figura 23, claramente se aprecia la diferencia en el número medio de granos entre el tratamiento 2 y el 7 ($\mu = 0.7295$, $EE=0.2343$) es significativa (Prueba de Wald, $z=3.114$, $p = 0.0378$). De igual forma, la diferencia en el número medio de granos entre el tratamiento 4 y el 7 ($\mu=0.7295$, $EE=0.2343$) es significativa (Prueba de Wald, $z=3.114$, $p = 0.0385$).

Cuadro 15. Diferencias significativas entre tratamientos en base a número de granos comerciales No. 1, utilizando Prueba de Wald.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	3	2	5	2	4	4	6	4
	3	2	4	3	4	2	6	3
	3	3	5	2	4	5	7	3
	4	3	5	2	5	5	6	3
	4	3	4	3	5	7	6	4
	3	4	5	4	5	5	4	4
	3	2	6	2	5	4	5	3
	3	3	5	3	4	7	6	3
	3	2	5	3	5	5	5	3
	3	3	5	3	6	5	5	3
Σ	32	27	49	27	47	49	56	33
μ	3.2	2.7[†]	4.9	2.7[†]	4.7	4.9	5.6[†]	3.3

[†]Indica que existe diferencia significativa La diferencia en el número medio de granos entre el tratamiento 2 y el 7 ($\mu = 0.7295$, $EE=0.2343$) es significativa (Prueba de Wald, $z=3.114$, $P = 0.0378$). De igual forma, la diferencia en el número medio de granos entre el tratamiento 4 y el 7 ($\mu=0.7295$, $EE=0.2343$) es significativa (Prueba de Wald, $z=3.114$, $p = 0.0385$).



El tratamiento T7 (50% de composta liquida + 50% de fertilización convencional) presenta marcada diferencia con T2 (composta liquida sola) y con T4 (zeolita cargada con composta liquida 24 hr). Analizando este resultado puede observarse que en el tratamiento 7 prevalece el alto potencial químico de nutrientes que en el caso de los cationes, el hecho de introducirse junto a la composta líquida favorece su ionización y disponibilidad para ser aprovechados por las plantas. Cuando se observa el experimento T2, ya ese efecto de alto potencial químico se pierde por ello es normal encontrar esa marcada diferencia significativa.

En el caso del experimento T4, el tratamiento de la zeolita se lleva a cabo durante 24 horas, lo que garantiza que se potencialicen adecuadamente los procesos de adsorción/absorción de nutrientes. Se menciona esta diferencia debido a que se conoce que por su elevado peso molecular los elementos y compuestos químicos con tamaños mayores de 10 Å no podrán penetrar en su estructura por los

orificios, pero debido a la peculiaridad del tratamiento o modificación química previa que sufrió la zeolita puede adsorberse en su superficie.

En referencia a calibres y peso medio de granos No. 1 entre tratamientos, el ANOVA indica estadísticamente que si existe diferencia entre más de dos tratamientos ($P, 0.000 < 0.05$) con 95% de confianza. La Prueba de Tukey con intervalos de confianza simultáneos del 95% y un nivel de confianza individual del 99.74%, ($EE = 0.2177$) y ($HSD = 0.29$) indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos T1-T8 ($P(0.00 < 0.093)$); T2-T4 ($P(0.00 < 0.080)$); T3-T5 ($P(0.00 < 0.068)$); T3-T6 ($P(0.00 < 0.157)$); y T5-T6 ($P(0.00 < 0.098)$). Existe diferencia significativa entre las combinaciones de los demás tratamientos debido a que el diferencial entre media de pesos es ($\mu_T > HSD, 0.29$), según se puede apreciar en la cuadro 16.

Cuadro 16. Diferencias significativas entre tratamientos en base a peso y calibres de granos comerciales No. 1

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	1.87	1.37	2.25	1.38	2.48	2.45	3.11	1.78
	1.61	1.11	2.41	1.62	2.41	2.44	3.42	1.65
	1.83	1.33	2.58	1.48	2.53	2.33	3.15	1.84
	1.85	1.45	2.87	1.59	2.31	2.28	3.21	1.65
	1.95	1.15	2.87	1.27	2.45	2.00	3.15	1.76
	1.88	1.68	3.24	1.87	2.49	2.19	2.98	1.64
	1.89	1.23	2.89	1.42	2.55	2.57	2.85	1.91
	1.99	1.26	2.11	1.21	2.53	2.56	3.19	1.87
	1.91	1.51	2.17	1.33	2.40	2.41	2.89	1.96
	1.93	1.54	1.79	1.21	2.35	2.38	2.74	1.72
Σ	18.71	13.63	25.18	14.38	24.50	23.61	30.69	17.78
μ	1.871_d	1.363_e	2.518_{ab}	1.438_e	2.450_{ac}	2.361_{bc}	3.069	1.778_d

Valores con igual literal son estadísticamente iguales. Leyenda: T1. Composta (C); T2. Composta Líquida (CL); T3. Zeolita (Z); T4. Z + CL – 24 hr; T5. Z + CL – 72 hr; T6. Testigo Fertilizado (TF) (120-50-00); T7. 50% CL + 50% (120-50-00); T8. 50% (Z + CL 72 hr) + 50% (120-50-00).

En el análisis de los resultados aprecia que tratamiento T7 predomina el alto potencial químico de nutrientes, que en el caso de los cationes, el hecho de introducirse junto a la composta líquida favorece su ionización y disponibilidad para ser aprovechados por las plantas mejorando los rendimientos. Cuando se

observan los tratamientos T2 y T4, el efecto de alto potencial químico se disipa por ello es normal encontrar esa marcada diferencia significativa.

En el tratamiento T4, la zeolita se modificó con composta líquida durante 24 horas, lo que responde a que se potencialicen debidamente los procesos de adsorción/absorción de nutrientes. Se cita esta diferencia debido a que se conoce que por su elevado peso molecular los elementos y compuestos químicos con tamaños mayores de 10 Å no podrán penetrar en su estructura por los orificios, pero debido a la particularidad del tratamiento o transformación química previa que sufrió la zeolita puede adsorberse en su superficie.

Respecto a calibres y peso medio de granos No. 2 entre tratamientos, el ANOVA indica que si existe diferencia entre más de dos tratamientos ($P, 0.000 < 0.05$) con 95% de confianza. La Prueba de Tukey con intervalos de confianza simultáneos del 95%, ($EE = 0.0920$) y ($HSD = 0.0633$) indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos T1-T2 $P(0.00 < 0.0430)$; T3-T6 $P(0.00 < 0.0330)$; y T5-T8 $P(0.00 < 0.0610)$, concluyendo que existe diferencia significativa entre las combinaciones de los demás tratamientos debido a que el diferencial entre la media de pesos es $> (HSD, 0.06339)$, según se proyecta en el cuadro 17.

Cuadro 17. Diferencias significativas entre tratamientos en base a peso y calibres de granos comerciales No. 2

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	0.64	0.57	1.49	0.42	1.12	1.44	0.81	1.05
	0.63	0.61	1.48	0.25	1.11	1.45	0.72	1.06
	0.65	0.58	1.46	0.4	1.03	1.33	0.73	1.18
	0.68	0.65	1.29	0.25	1.02	1.18	0.84	1.15
	0.59	0.61	1.32	0.41	1.04	1.11	0.62	1.15
	0.61	0.68	1.25	0.42	1.20	1.21	0.74	1.14
	0.57	0.67	1.29	0.34	1.05	1.55	0.81	1.21
	0.61	0.51	1.36	0.24	1.09	1.54	0.63	1.27
	0.68	0.49	1.25	0.28	1.02	1.39	0.65	1.13
	0.77	0.63	1.39	0.35	1.17	1.05	0.71	1.12
Σ	6.43	6.00	13.58	3.36	10.85_a	13.25	7.26	11.46_a
μ	0.643_c	0.600_c	1.358_a	0.336	1.085_b	1.325_a	0.726	1.146_b

Valores con igual literal son estadísticamente iguales. Leyenda: T1. Composta (C); T2. Composta Liquida (CL); T3. Zeolita (Z); T4. Z + CL – 24 hr; T5. Z + CL – 72 hr; T6. Testigo Fertilizado (TF) (120-50-00); T7. 50% CL + 50% (120-50-00); T8. 50% (Z + CL 72 hr) + 50% (120-50-00).

El análisis de resultados del cuadro 17, se aprecia que el tratamiento T3 baja el potencial químico de Na⁺ del suelo y permite que los nutrientes sean mejor asimilados por la planta. El tratamiento T6, por su alto potencial químico de nutrientes, en el caso de los cationes, favorece su ionización y disponibilidad para ser aprovechados por las plantas mejorando los rendimientos de granos comerciales No. 2.

4.4. Resultados estadísticos ensayo 2

Los datos del cuadro 18 puntualizan la suma y media de rendimientos por cada tratamiento evaluado en campo. Al efectuar el ANOVA correspondiente, los resultados obtenidos indican que estadísticamente no existen diferencias significativas entre dos o más tratamientos ($P, 0.24 > 0.05$), y ($\mu = 3,865$, $EE=500.2$).

Cuadro 18. Suma y media de rendimientos por tratamiento de toda la cosecha

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
	2,724.0	1,886.0	1,971.0	1,857.0	2,676.0	1,710.0	2,485.0
	1,568.0	2,250.0	2,288.0	3,926.0	2,302.0	2,627.0	2,624.0
	1,682.0	2,140.0	1,391.0	2,084.0	1,657.0	2,706.0	2,111.0
	1,349.0	2,438.0	2,379.0	2,313.0	1,734.0	1,968.0	2,249.0
	1,640.0	2,191.0	1,679.0	2,108.0	2,063.0	1,718.0	2,015.0
	1,951.0	2,319.0	2,661.0	2,803.0	2,515.0	2,489.0	3,513.0
Σ	10,914.0	13,224.0	12,369.0	15,091.0	12,947.0	13,218.0	14,997.0
μ	1,819.0	2,204.0	2,061.5	2,515.2	2,157.8	2,203.0	2,499.5

Leyenda: T1. Zeolita químicamente modificada; T2. Tubo de malla con zeolita químicamente modificada; T3. Zeolita modificada con composta líquida 72 horas; T4. Tubo de malla con zeolita modificada 72 horas con composta líquida; T5. Composta líquida + fertilizantes convencionales (60-25-00); T6. Composta; TC. Testigo comercial.

Los datos del cuadro 19, especifican la suma y media de rendimientos de calibres mayores a 0 (> 0). Al desarrollar el a ANOVA correspondiente, los resultados obtenidos indican que estadísticamente no existen diferencias significativas entre dos o más tratamientos ($P, 0.10 > 0.05$), y ($\mu=1,063$, $EE=364.1$).

Cuadro 19. Suma y media de rendimiento por tratamiento de calibres > 0

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
	789.0	1,219.0	731.0	507.0	1,187.0	173.0	1,512.0
	509.0	1,070.0	1,505.0	1,201.0	1,033.0	1,379.0	1,245.0
	493.0	1,209.0	562.0	1,377.0	1,010.0	885.0	1,126.0
	907.0	1,624.0	1,457.0	765.0	858.0	617.0	1,311.0
	749.0	1,152.0	814.0	580.0	1,496.0	568.0	1,142.0
	1,151.0	1,219.0	989.0	1,247.0	1,545.0	1,902.0	1,811.0
Σ	4,598.0	7,493.0	6,058.0	5,677.0	7,129.0	5,524.0	8,147.0
μ	766.3	1,248.8	1,009.7	946.2	1,188.2	920.7	1,357.8

Los datos del cuadro 20, describen la suma y media de rendimientos de calibres iguales o menores a 0 (≤ 0). Al desarrollar el a ANOVA correspondiente, los resultados obtenidos indican que estadísticamente no existen diferencias significativas entre uno o más tratamientos ($P, 0.18 > 0.05$), y ($\mu =1,146$, $EE=420.9$).

Cuadro 20. Suma y media de rendimiento por tratamiento de calibres ≤ 0

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
	1,935.0	667.0	1,240.0	1,350.0	1,489.0	1,537.0	973.0
	1,059.0	1,180.0	783.0	2,725.0	1,270.0	1,248.0	1,379.0
	1,189.0	931.0	829.0	707.0	647.0	1,821.0	985.0
	442.0	814.0	922.0	1,548.0	876.0	1,351.0	938.0
	891.0	1,039.0	865.0	1,528.0	567.0	1,150.0	873.0
	800.0	1,100.0	1,672.0	1,556.0	970.0	587.0	1,702.0
Σ	6,316.0	5,731.0	6,311.0	9,414.0	5,819.0	7,694.0	6,850.0
μ	1,052.7	955.2	1,051.8	1,569.0	969.8	1,282.3	1,141.7

4.5. Resultados económicos ensayo 2

Durante este ciclo 2014-2015, en tierras de riego por gravedad en Sinaloa, el costo estimado por ha⁻¹ es de 19,728 pesos, con un rendimiento medio de 2 toneladas por ha⁻¹ (Palau, 2014). En el cuadro 21a, en forma continua se observan los resultados económicos y estimados para la Costa de Hermosillo, hasta determinar el ingreso por venta (MN)/Ha⁻¹, según lo proyectado en el cuadro 21b. Los mejores ingresos los proyectan los tratamientos T4, TC, T2 Y T6, respectivamente. El menor ingreso lo obtiene el T1.

Cuadro 21a. Matriz de cálculo de ingresos por tratamiento.

Tratamiento	Costo (ha ⁻¹)	Costo (MN) m ²	Rendimiento (kg)/96.00 m ²	Rendimiento kg (M ²)
T1	25,630.46	2.56	10.914	0.11369
T2	27,930.46	2.79	13.224	0.13775
T3	25,765.46	2.58	12.369	0.12884
T4	28,065.46	2.81	15.091	0.1572
T5	26,460.46	2.65	12.948	0.13488
T6	23,690.46	2.37	13.218	0.13769
TC	27,874.46	2.79	14.997	0.15622

Cuadro 21b. Matriz de cálculo de ingresos por tratamiento.

Tratamiento	Rendimiento kg (Ha ⁻¹)	Precio promedio (kg) (USD)	Ingreso por venta (USD)/Ha ⁻¹	Ingreso por venta (MN) [†] /Ha ⁻¹
T1	1,136.88	0.95367	1,084.20	17,889.36
T2	1,377.50	0.95367	1,313.68	21,675.73
T3	1,288.44	0.95367	1,228.74	20,274.28
T4	1,571.98	0.95367	1,499.15	24,735.96
T5	1,348.75	0.95367	1,286.26	21,223.33
T6	1,376.88	0.95367	1,313.08	21,665.89
TC	1,562.19	0.95367	1,489.81	24,581.89

[†] El tipo de cambio USD-MN se toma en base al momento que se desarrolla la matriz de cálculo, siendo de 16.50. El precio promedio de por kg: 0.95367 USD x 16.50 = 15.74 pesos.

Al observar los ingresos, en función de los rendimientos del ciclo 2014-2015, en ninguno de los casos se observan beneficios económicos positivos. Los bajos rendimientos obtenidos por la empresa, en términos generales, se deben a condiciones climatológicas y retraso en la siembra, principalmente. Es por ello, que en el cuadro 22 se proyecta un escenario de resultados económicos ajustados para el ciclo 2014-2015, en base a los resultados obtenidos por la empresa en el ciclo 2013-2014.

Cuadro 22. Escenario de resultados económicos ajustados al ciclo agrícola 2014-2015.

Costo actual (Ha ⁻¹) por tratamiento	Rendimiento esperado kg (Ha ⁻¹)	Precio de venta kg (MN)	Ingreso por venta MN (Ha ⁻¹)	Efectivo en caja kg (MN)	Relación C/B	Punto de Equilibrio kg (Ha ⁻¹)
T1. 25,630.46	1,965	15.74	30,920.37	5,289.91	1.21	1,629
T2. 27,930.46	2,381	15.74	37,466.36	9,535.90	1.34	1,775
T3. 25,765.46	2,227	15.74	35,043.08	9,277.62	1.36	1,637
T4. 28,065.46	2,717	15.74	42,753.50	14,688.04	1.52	1,784
T5. 26,460.46	2,331	15.74	36,679.58	10,219.12	1.39	1,682
T6. 23,690.46	2,380	15.74	37,450.62	13,760.16	1.58	1,506
T7. 27,874.46	2,700 [†]	15.74	42,486.00	14,611.54	1.52	1,771

[†] Rendimiento medio obtenido por la empresa durante el ciclo 2013-2014. En el ciclo 2012-2013 obtuvo un rendimiento de 2,600 kg (Ha⁻¹). En este ciclo, se obtuvo un rendimiento medio de 1.4 T (Ha⁻¹). P.E. = punto de equilibrio T (Ha⁻¹).

Para desarrollar matemáticamente el escenario diseñado en el cuadro 22, se utiliza una matriz de cálculo para ajuste de los resultados proyectados que se observa en el cuadro 23. A través del análisis matemático utilizando la fórmula:

$$R_{eTN} = R_p m^2_{TN} (K / R_e m^2_{TC}) (10,000 m^2)$$

se determinan los rendimientos esperados por hectárea, lo que da pauta a la proyección de ingresos, la relación costo beneficio (C/B) y punto de equilibrio (P.E.) de producción unitaria estimados en el cuadro 22.

Cuadro 23. Matriz de cálculo para ajuste de resultados proyectados para el ciclo agrícola 2014-2015.

TN	Rendimiento proyecto (R _p) (kg)/M ² -	K = constante	Rendimiento (R _e) (kg)/M ² -	Rendimiento esperado (R _e) (kg)/Ha ⁻
T1	0.11369	0.27	0.196494047	1,965
T2	0.13775	0.27	0.238077711	2,381
T3	0.12884	0.27	0.222678274	2,227
T4	0.15720	0.27	0.271693765	2,717
T5	0.13488	0.27	0.233117399	2,331
T6	0.13769	0.27	0.237974011	2,380
TC	0.15622	0.27	0.270000000	2,700
Referencias	R _p m ² _{TN}	K=R _e m ² _{TC} /10,000	R _p m ² _{TN} *(K/R _e m ² _{TC})	R _p m ² _{TN} *(K/R _e m ² _{TC})*10,000m ²

El análisis de efectivo en caja, de acuerdo a los observado en el cuadro 22, los mejores resultados se observan en los tratamientos T4 (malla con zeolita adicionada con composta liquida por 72 horas) y TC, con \$14,688.04 y \$14,611.54 pesos, respectivamente. El T6 (composta) también refleja un beneficio bruto de \$13,760.16 pesos, seguido de T5 (composta liquida + fertilizante 60-25-00), con un flujo bruto de \$10,219.12 pesos. Sin embargo, al comparar la relación C/B, se observa que el T6 tiene mayor rentabilidad con un valor de 1.58, seguido de T4 y TC, con 1.52. El resto de los tratamientos presentan un C/B por debajo de 1.39.

Fundamentando la realidad actual, bajo los parámetros en que se evaluaron los tratamientos, y proyectando valores negativos, el C/B mejor posesionado es el de T4, seguido de TC y T6, de acuerdo a los valores mostrados en cuadro 24,

invirtiéndose coincidentemente los valores del escenario visualizado en el cuadro 22.

Cuadro 24. Relación C/B bajo condiciones actuales.

T_n	Costo de producción/kg (MN)	Precio de venta/kg (MN)	Efectivo en caja/(kg) (MN)	Relación C/B
T1	21.87	15.74	-6.13	-0.28
T2	18.25	15.74	-2.51	-0.14
T3	19.40	15.74	-3.66	-0.19
T4	16.08	15.74	-0.34	-0.02
T5	18.01	15.74	-2.27	-0.13
T6	16.58	15.74	-0.84	-0.05
TC	16.56	15.74	-0.82	-0.05

Leyenda: T1. Zeolita químicamente modificada; T2. Tubo de malla con zeolita químicamente modificada; T3. Zeolita modificada con composta líquida 72 horas; T4. Tubo de malla con zeolita modificada 72 horas con composta líquida; T5. Composta líquida + fertilizantes convencionales (60-25-00); T6. Composta; TC. Testigo comercial.

Los datos del cuadro 25, manifiestan la suma y media de ingresos obtenidos por tratamiento.

Cuadro 25. Ingreso total y promedio (MN) obtenido por tratamiento

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
	42.88	29.62	31.02	29.23	42.12	26.92	39.11
	24.68	35.42	36.01	61.80	36.25	41.35	41.30
	26.47	33.68	21.89	32.80	26.08	42.59	33.23
	21.23	38.37	37.45	36.41	27.29	30.98	35.40
	25.81	34.49	26.43	33.18	32.47	27.04	31.72
	30.71	36.50	41.88	44.12	39.59	39.18	55.29
Σ	171.79	208.08	194.69	237.53	203.80	208.05	236.05
μ	28.63	34.68	32.45	39.59	33.97	34.68	39.34

Al someter al ANOVA, los resultados obtenidos indican que estadísticamente no existen diferencias significativas entre dos o más tratamientos ($P, 0.24 > 0.05$), y ($\mu = 35.58, EE=8.06$).

CAPITULO V. DISCUSION

Las prácticas de producción comercial que efectúa la empresa, en la producción de garbanzo, arrojan rendimientos similares con la aplicación de los tubos fabricados con malla permeable y cargados con zeolita modificada químicamente y los modificados químicamente y además con composta líquida. La zeolita utilizada es clinoptilolita potásica, que se emplea por su buena capacidad de intercambio iónico, (Paredes *et al.*, 2013). Al aplicarse en el suelo, libera lentamente nutrientes necesarios para el desarrollo de los cultivos. En México se han efectuado otros trabajos con aplicación de zeolita en cultivos como: arroz, sorgo, maíz, palma, plátano, hortalizas, forrajes, café, cacao, sábila, flores, entre otros, con excelentes resultados (Rolli, 2013).

La aplicación de zeolitas ayuda a mejorar suelos degradados, con altos contenidos de sodio. Estas pertenecen a un grupo de minerales aluminosilicatos en forma de armazón, siendo su principal característica formar una estructura tridimensional de canales nanométricos estables. Se estructura por tetraedros de Si, que al ser sustituidos de forma isomórfica por Al, le permiten obtener una alta capacidad de intercambio catiónico. Su interior está formado por cavernas y canales que lo convierten en un cristal hueco con un gran porcentaje de su capacidad volumétrica para almacenar agua (alrededor del 13% de su peso es agua), posee además, polaridad negativa que le permite atraer todo tipo de cationes, existiendo especial selectividad por K^+ , NH_4^+ , P^{+5} , Ca^{+2} , Mg^{+2} y Na^+ , y otros esenciales en la nutrición de los cultivos (Jordán *et al.*, 2013).

Los suelos arenosos se mejoran con la aplicación de zeolita optimizando sus condiciones físico - químicas, debido a que aumenta su capacidad almacenadora de humedad. En suelos pesados mejora las condiciones físicas evitando la compactación de los mismos y mejorando la capacidad de penetración de agua en ellos (Jordán *et al.*, 2013). Por otra parte, entre otros beneficios, la zeolita se encuentra incluida dentro las buenas prácticas agrícolas, así como en prácticas de

agricultura orgánica, debido a que es un producto completamente natural. Incrementa la producción de una serie de cultivos ya que aumentan los rendimientos en un 30% más cuando crecen en suelos mejorados con zeolitas. Esto se ha observado en cultivos como tomate, pimientos, pepino, maíz, brócoli y sorgo. Este mejorador de suelos es una alternativa para la producción agrícola y pecuaria generando mayor productividad y reduciendo costos de producción (Rolli, 2013).

En Japón, las zeolitas son ampliamente utilizadas como enmiendas para mejorar suelos pobres. Una pronunciada selectividad por clinoptilolita NH_4^+ y K^+ ha sido ampliamente explotada como medio de fertilización química. Al usarse entre 10 y 20 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ como acondicionador de suelos han demostrado incrementos en los rendimientos de varios cultivos como berenjena, trigo, zanahoria y manzana, entre otros (Mumpton, 1999).

Suelos fértiles y con climas favorable producen mayores rendimientos y mejor calidad de grano. En el periodo de formación del grano, el clima incide sobre la calidad. Todas las variedades de garbanzo son de buena calidad, pero son las características genéticas que influyen en el calibre, rendimiento y color del grano (Bellido, 1996). Al producir en suelos con problemas de sodio y bajos niveles de materia orgánica, al adicionar zeolitas y compostas, ya sean solas o combinadas, la expresión genética de las variedades se manifiesta su potencial de productividad.

Estudios efectuados en garbanzo, mostraron el efecto del tratamiento de semilla con Factor de Composta Líquida (LCF) sobre la densidad de planta, altura de la planta y rendimiento en garbanzo en condiciones de campo, mostrando potencial para ser empleado como promotor de crecimiento de plantas (Robles-Hernández, 2009). Esto confirma que lixiviados o compostas líquidas tienen efecto positivo en la productividad del cultivo de garbanzo.

Otras investigaciones realizadas en la Universidad Mustafa Kemal, Facultad de Ciencias Agrícolas, con sede en Turquía, reportan que bajo sistemas de producción orgánica se obtuvieron altos rendimientos de garbanzo, de 2,729 y 3,838 kg h⁻¹, en años correspondientes, respectivamente, aplicando abonos verdes más estiércol (Caliskan, *et al.*, 2012)

Algunas compostas se caracterizan por estimular la actividad microbiana en función del contenido de los ácidos húmicos y fúlvicos, esto se pudo observar en los tratamientos donde se manejaron mezclas compuestas de materiales y de mezcla de pasto de jardín, las cuales muestran mayor contenido de ácidos húmicos y fúlvicos, así como una mayor tasa de respiración (carbono de la biomasa microbiana). En base a la abundancia de microorganismos y de su actividad se deduce que las compostas con altos contenidos de ácidos húmicos son activadores de la flora microbiana del suelo (Félix et al. 2010).

En otro estudio se evaluó composta en dosis de 3. 4. 5. Y 6 (t h⁻¹) y té de composta a concentraciones de 10, 20, 30, 40 y 50% v/v (concentración porcentual en volumen) en la producción bajo condiciones de invernadero de tomate saladet. No se encontraron diferencias significativas en los tratamientos, sin embargo los frutos obtenidos presentaron mayor cantidad de solidos solubles. Estos resultados demuestran que la composta y té de composta son alternativas para la producción sustentable, contribuyendo en la disminución en el uso de fertilizantes químicos convencionales (Vásquez *et al.*, 2015).

Durante el ciclo 2005-06, en el Campo Experimental La Laguna, se evaluaron siete tratamientos de fertilización en trigo para forraje, a base de estiércol, composta y fertilizantes químicos. La aplicación de estiércol o composta promovió rendimientos más altos comparados con la aplicación de fertilizante. Con la aplicación de estiércol y composta se observó una mayor recuperación aparente de nitrógeno. la materia orgánica del suelo se incrementó más con la aplicación de composta, comparado con la aplicación de estiércol, a dosis iguales de aplicación. Las conclusiones obtenidas indican la posibilidad de sustituir parcial o totalmente

la aplicación de fertilizantes químicos con la aplicación de estiércol o composta (Figueroa *et al.*, 2009).

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), ubicado en terrenos de “El Comitán”, Municipio de La Paz, Baja California, se usaron diferentes dosis de composta en cultivo de chile (*Capsicum annuum* L), con el fin de determinar la más adecuada en suelos con características muy pobres en materia orgánica, textura franco-arenosa y ligeramente salinos. Composta aplicada en dosis de 25 t·ha⁻¹ resultó ser la dosis más adecuada para el cultivo de chile, obteniéndose mejores resultados comparados a la aplicación de mayores dosis. Para la bioremediación de suelos agrícolas, los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de 50t·ha⁻¹, debido a que se demostró que mejora la estructura del suelo y mayor humedad, condición de gran importancia para las zonas áridas (Nieto *et al.*, 2002).

Municipio de Othón Pompeyo Blanco, Quintana Roo, por investigadores del Campo Experimental Chetumal-CIRSE-INIFAP, con el objetivo fue evaluar diferentes estrategias orgánicas para el suministro de nutrientes en chile jalapeño (*Capsicum annuum* var. *annuum* L), los resultados observados indicaron que el tratamiento con fertilización convencional (92-184-00) fue el más productivo de todos con 12.12 t ha⁻¹, seguido por vermicomposta con 10.77 t ha⁻¹, fertilización convencional + potasio (92-184-50) con 10.54 y el combinado micorriza-Bocashi con 10.42 t ha⁻¹. Dentro de los tratamientos orgánicos la vermicomposta, la combinación micorriza+bocashi y micorriza+vermicomposta, superaron al testigo absoluto. Por otro lado, el rendimiento del tratamiento con fertilización convencional superó en 231% al testigo absoluto y el rendimiento más bajo de los abonos orgánicos lo superó en 123%. La interacción micorriza + abono orgánico fue positiva en Bocashi, ya que el rendimiento incremento un 27% con relación a su aplicación individual (García, 2009)

En un trabajo de investigación con composta, Supermagro, Agropuls y varias cepas de bacterias de *Bacillus subtilis* (Bs), el mayor rendimiento lo obtuvo el tratamiento Bs 44 + Supermagro, presentando diferencias estadísticas significativas con composta comercial y Bs 32 + Agropuls. Al segundo corte, no se presentaron diferencias significativas y en el promedio $t \cdot h^{-1}$ entre todos los tratamientos (Airola, 2010). Estos datos confirman que la fertilización química puede ser sustituida con insumos orgánicos.

A la luz de los resultados obtenidos en el trabajo pueden observarse una serie de comentarios que resultan vitales cuando se discute con mayor profundidad este trabajo. Los resultados obtenidos en las macetas (ensayo 1) demuestran que la similitud en los tratamientos limitan su grado de significación estadística como puede observarse en el gráfico . Los tratamientos del ensayo 1 demuestran que la confinación a una maceta hace que sea difícil la extrapolación de los resultados a un comportamiento en campo, sin embargo su principal valor estriba en mostrar la tendencia del rendimiento de acuerdo al tratamiento empleado.

En el caso del ensayo 2 donde las muestras se encuentran directamente en campo y donde los tratamientos se encuentran sometidos a igual sistema de riego existe un factor determinante en los resultados y es que se puede alcanzar el equilibrio químico de los cationes de una forma más dinámica lo que no ocurre en el ensayo 1 es decir en las macetas, por ello, la significación estadística para 95% de confianza no muestra diferencias en este ensayo, por lo que es necesario remitirse a los valores reales obtenidos en el análisis de los resultados del cultivo.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones:

Puede concluirse del análisis de los resultados de este trabajo que:

1. En el ensayo 1 (en macetas), la zeolita químicamente modificada T3, zeolita modificada químicamente y con composta líquida adicionada por 72 horas T5, zeolita modificada químicamente y con composta líquida adicionada por 72 horas y

50% de fertilización química T8, muestran buenas perspectivas de manejo sustentable en la producción de garbanzo.

2. La zeolita posee un fuerte mecanismo de absorción/adsorción, que posibilita bajar el potencial químico del sodio del suelo.

3. Los mejores calibres se obtienen con el uso de composta T1, composta líquida y 50% de fertilización convencional T7, 50% de zeolita modificada químicamente y con composta líquida por 72 horas + 50% de fertilización convencional T8, zeolita modificada químicamente y con composta líquida por 24 horas T4 y zeolita modificada químicamente con composta líquida por 72 horas T5, en el ensayo 1.

4. En el ensayo 2, el uso de tubos permeables cargados con zeolita modificada químicamente y con composta líquida por 72 horas T4, y zeolita químicamente modificada, mejoran cuantitativamente el rendimiento del cultivo en forma sustentable.

5. Los métodos y tecnologías de producción de garbanzo de la empresa permiten obtener rendimientos por encima de la media regional y nacional, pero con poca sustentabilidad (composta y composta líquida).

6. El uso de composta líquida combinada con el 50% de fertilización convencional genera buenos rendimientos en forma sustentable.

7. Desde el punto de vista económico, en cuanto a flujo de efectivo en caja, los mejores resultados se obtienen al utilizar malla con zeolita adicionada con composta líquida por 72 horas T4, composta sola T6, composta líquida + fertilizante 60-25-00 T5.

8. El uso de composta presenta muy buena relación de Costo/Beneficio, por mostrar mayor rentabilidad al no utilizar fertilizantes químicos.

9. La utilización de malla con zeolita modificada químicamente y con composta líquida por 72 horas T4, compite en sustentabilidad con la composta empleada en la actualidad por la empresa.

10. La utilización de zeolitas solas o adicionadas con composta líquida, al voleo o en tubos de malla disminuyen la concentración de los cationes de sodio en el suelo.

11. La composta sólida y la composta líquida adicionadas con zeolita equilibran la retención de nitrógeno en el suelo.
12. El uso de la composta líquida + 50% de la fertilización convencional, también son una buena alternativa de solución.

6.2. Recomendaciones

1. Desarrollar a nivel de parcelas demostrativas los mejores tratamientos de esta investigación, siendo:
 - tubos de mallas cargadas con zeolita, en diferentes dosis, con o sin adicionar composta líquida,
 - evaluar dosis de composta líquida con o sin fertilización química en dosis bajas,
 - evaluar dosis de composta, con o sin: zeolita y/o bajas dosis de fertilización química.
2. Investigar la aplicación de estas técnicas de manejo en otros cultivos, específicamente en hortalizas y frutales.
3. Sembrar dentro de las fechas de siembra y utilizar más medios mecánicos y menos químicos para el control de malezas y otras prácticas de control fitosanitario mediante el uso de insumos biológicos.
4. Construir un reactor para la limpieza y reposición de los tubos de zeolita modificada a fin de disminuir los gastos de insumos de la empresa y aumentar la sustentabilidad del proceso de fertilización.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Acosta G., J.A., Salinas P., R.A., Ortega, M., P.F., Padilla, V., I., Fierros L., G.A. y Valenzuela, V. (2013). Programa de investigación de garbanzo en el INIFAP, México Memoria Técnica No. 33. Simposio Nacional de Garbanzo. INIFAP-CIRNO-CECH. Maldonado, N.L.A., Ortega M.P.F., Grajeda G.J. pp. 11-19.
2. AGENDA 21. United Nations Conference on Environment & Development. Rio de Janeiro, Brazil. (1992). United Nations Sustainable Development.
3. Airola G., V.M. (2010). Tesis: *Compostas líquidas con bacterias promotoras de crecimiento en la nutrición de tomate (Solanum lycopersicum)*. Instituto Politécnico Nacional. Unidad Sinaloa. Departamento de Biotecnología Agrícola.
4. Álvarez, C., y Fernández, P.L. (2015) Simposio de Fertilidad 2015. La Compactación de los Suelos bajo Agricultura. Facultad de Agronomía, UBA. Argentina.
5. Angulo M., G. Y., Aréchiga C., J., Fuentes G., C. I., Garzón T., J. A., Medina G., S. Valdez O., A. (2009). *VI Jornada de transferencia de tecnología del cultivo del garbanzo. Propiedades medicinales del garbanzo producido en Sinaloa*. Memoria, Fundación Produce Sinaloa.
6. Bellido L., L. (1996). Nuevas técnicas para determinar la calidad de las legumbres. Resultado de los trabajos realizados en la Universidad de Córdoba sobre la influencia de suelo y clima en la calidad del garbanzo y lentejas. ETSIAM. Universidad de Córdoba.
7. Brady, N.C. (1974). *The Nature and Property of Soils*. 8th Ed. Macmillan Publishing Company, Inc., New York, N.Y.
8. Caliskan S., C. Erdogan, M. Arslan, M.E. Caliskan. (2012). COMPARISON OF ORGANIC AND TRADITIONAL PRODUCTION SYSTEMS IN CHICKPEA (*Cicer arietinum* L.). Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Field Crops Department, Hatay TURKEY Recuperado de: [http://www.researchgate.net/publication/268693694_Comparison_of_organic_and_traditional_production_systems_in_chickpea_\(Cicer_arietinum_L.\)](http://www.researchgate.net/publication/268693694_Comparison_of_organic_and_traditional_production_systems_in_chickpea_(Cicer_arietinum_L.)), el 11 de julio de 2015.
9. Céspedes L., M.C. y Fernandez F., L.Y. (2009). Evaluacion de Te de Compost, como Alternativa Complementaria a la Fertilizacion con Compost sobre Ballica Perenne (*Lolium perenne* L.). Memoria Científica No. 1. PRIMER SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE AGRICULTURA ECOLÓGICA. INIFAP-CIRNO-CEVY. Cortez J., J.M., Fuentes D., G., Ortiz A., A.A., Ortiz E., J.E., Tamayo E., L.M., Padilla V., I., Ramírez A., J.A. Pp. 331-333.
10. Cortés J., J.M. y Ortiz A., A.A. (2009). *Uso de biofertilizantes en la agricultura*. Campo Experimental Valle del Yaqui-CIRNO-INIFAP

11. Dibut, B., T. Shagarodsky, R. Martínez, M. Ortega, Y. Ríosy, L. Fey. (2005). *Biofertilización del garbanzo (Cicer arietinum L.) con Mesorhizobium cicerii cultivado sobre suelo ferralítico rojo*. Cultivos Tropicales, vol. 26, núm. 1, 2005, pp. 5-9, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas Cuba. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal Sistema de Información Científica.
12. Dirección de Mercados Agrícolas dependiente de la Subsecretaría de Agricultura de la Nación. (2012). *Perfil del mercado del garbanzo*. Córdoba, Argentina. Recuperado de <http://www.todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=20293> El 15 de octubre de 2013.
13. Downing, T., Valencia, M. (2015). *Calculo de tasas de aplicación de estiércoles nutrientes de granja lechera*. EM 8768-S. Oregon State University Extension Service.
14. Estrategia Mundial para la Conservación. (1980). UICN. PNUMA. WWF.
15. Félix H., J.A., Serrato F., R., Armenta B., A.D., Rodríguez Q., G., Martínez R., R., Azpiroz R., H.S., Portugal, V.O. (2010). PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DE COMPOSTAS MADURAS PRODUCIDAS A PARTIR DE DIFERENTE MATERIA ORGÁNICA. Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol. 6, Número 1. Universidad Autónoma Indígena de México Mochichahui, El Fuerte, Sinaloa. Pp. 105-113.
16. Figueroa V., U., Cueto W., J.A., Núñez H., G., Trucios C., R. (2009). *Uso de estiércol y composta para sustituir fertilizantes en trigo*. Memoria Científica No. 1. PRIMER SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE AGRICULTURA ECOLÓGICA. INIFAP-CIRNO-CEVY. Cortez J., J.M., Fuentes D., G., Ortiz A., A.A., Ortiz E., J.E., Tamayo E., L.M., Padilla V., I., Ramírez A., J.A. Pp. 375-379.
17. Food and Agriculture Organization (FAO). (1997). *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos*. Departamento de Desarrollo Sostenible.
18. FUNDACION PRODUCE SINALOA (2009). *Ocupa México tercer lugar en producción de garbanzo en el mundo*. Recuperado de: http://www.fps.org.mx/divulgacion/index.php?option=com_content&view=article&catid=37:sinaloa-produce&id=435:ocupa-mexico-tercer-lugar-en-produccion-de-garbanzo-en-el-mundo&Itemid=373 El día 30 de julio de 2015.
19. García I., C. Dorronsoro. (2000). *Contaminación del suelo*. Recuperado de [Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada. España. Unidad docente e investigadora de la Facultad de Ciencias.](http://www.universidaddegranada.es/Departamento%20de%20Edafologia%20y%20Quimica%20Agricola/Unidad%20docente%20e%20investigadora%20de%20la%20Facultad%20de%20Ciencias/) 12 de octubre de 2013.
20. García S., J.A., Nava P., R.J. y Zapata, B.G. (2009). *ESTRATEGIAS ORGÁNICAS PARA EL CONTROL DE PLAGAS Y EL SUMINISTRO DE NUTRIENTES EN CHILE JALAPEÑO EN QUINTANA ROO*. IV Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal Memoria. INIFAP. Cueto W., J.A., Prieto R., J.A., Macías G., L.V. Recuperado de http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/memoria_RNIAF_2009.pdf el 3 de agosto de 2015.

21. Gómez, G.R.M. (2014). Historia del Garbanzo Leguminosa Importante en la Alimentación. Memoria Técnica No. 35. Segundo Simposio Nacional de Garbanzo. INIFAP-CIRNO- CECH. Maldonado N., L.A., Ortega M., P.F., Grajeda G., J. y Fierros L., G.A. pp. 13-23.
22. Gonzales, H. F. (2011). Contaminación por fertilizantes: "Un serio problema ambiental". Recuperado de <http://fgonzalesh.blogspot.mx/2011/01/contaminacion-por-fertilizantes-un.html> El 11 de octubre de 2013.
23. Gracia, A. B. (2009). VI Jornada de transferencia de tecnología del cultivo del garbanzo. Fertilización orgánica en el cultivo de garbanzo. Memoria Fundación Produce Sinaloa.
24. Halbinger C. F., R. Ramírez Z., M. A., Durán M. (2002). Eliminación de amoníaco en aguas residuales clarificadas por el proceso de intercambio iónico con zeolitas. Instituto de Ingeniería, Facultad de Química, UNAM, Ciudad Universitaria, Coyoacán, México, D.F.
25. Handreck K.A., Black N.D. (1984). Growing Media for ornamental plants & turf. New Sales University Press. Kensington NSW Australia.
26. Huntrods, D. (2013). Chickpea profile. AgmRC, Iowa State University. Recuperado de http://www.agmrc.org/commodities_products/vegetables/chickpea-profile/pdated El 16 de enero de 2014.
27. INFOAGRO (2015). El cultivo del garbanzo. Recuperado de: <http://www.infoagro.com/herbaceos/legumbres/garbanzo.htm> El día 30 de julio de 2015.
28. Jordán H., R., Betancourt-Riera, Re., Betancourt-Riera, Ri., Cabrera G., E., y Cabrera G., D. (2013). Mejorador de suelo a partir de una zeolita natural: una propuesta sustentable para la agricultura. Revista electrónica Nova Scientia, No. 11 Vol. 6 (1), ISSN 2007 – 0705 pp: 01-11.
29. Jukanti A.K., Gaur P.M., Gowda C.L.L. and Chibbar R.N. (2012). *Nutritional quality and health benefits of chickpea (Cicer arietinum L.): a review*. British Journal of Nutrition. 1008, 11-26.
30. Laboratorio López SRL y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), investigación conjunta. (2008). *Inoculación de Rhizobium y fisiología de la nutrición nitrogenada en garbanzos*. Recuperado de <http://www.engormix.com/MA-agricultura/cultivos-tropicales/articulos/inoculacion-rhizobium-fisiologia-nutricion-t2162/078-p0.htm> El 14 de enero de 2014.
31. Lee, R. V., J.N.M Lerma, J.M.H. Garza. (2011). *Producción de papaya maradol roja en el Soconusco, Chiapas*. Universidad Autónoma de Chiapas.

32. Lee, R. V., (2010). Preparación y manejo de compostas. Memorias de Diplomado sobre Agricultura Orgánica. Cuarto Modulo. Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora (CESUES).
33. Memoria VIII Jornada del Cultivo de Garbanzo. (2012). SAGARPA, Fundación Produce Sinaloa, Gobierno del Estado de Sinaloa. p. 30.
34. Millán, G., F. Agosto, M. Vásquez, L. Botto, L. Lombardi, L. Juan. (2011). Uso de clinoptilolita-Ca como vehículo de fertilizantes nitrogenados en un suelo de la región pampeana de Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales en colaboración con la Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. Argentina.
35. Miller, P., McKay K., Jenks B., Riesselman J., Neill K., Buschena D. & A. Bussan (2002). "Growing chickpea in the northern great plains." Montana State University Extension Service. Montguide MT200204 AG. P. 2.
36. Milton F. y A. Haro A. (2011). Zeolita natural: triple impacto para el sector agropecuario ecuatoriano. Prodecoagro. Ecuador. Engormix.
37. Morales G., J.A., Duron N., L.J., Martínez D., G., Núñez M., J.H., Fu C., A.A. (2004). El cultivo del garbanzo blanco en Sonora. Libro Técnico No. 6. INIFAP.
38. Mumpton F., A. (1999). La roca mágica; Uses of natural zeolites in agricultura and industry. Proc. Nat. Acad. Sci. 3463-3470.
39. Nieto G., A., Murillo A., B., Troyo D., E., Larrinaga M., J.A., y García H., J. L. (2002). EL uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible de chile (*Capsicum annum* L.) en zonas áridas. Interciencia, versión impresa ISSN 0378-1844. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442002000800006&script=sci_arttext el 3 de agosto de 2015.
40. OEIDRUS. (2014). Estadísticas de la Secretaria de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Recuperado de: <http://www.oeidrus-sonora.gob.mx>. El 14 octubre de 2014.
41. Olguín, G. M. T. (2009). Zeolitas: Características y propiedades. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Depto. de Química, Col. Escandón, Delegación Miguel Hidalgo, C. P. 11801, México, D. F., México.
42. Ortega M., P.F., Fierros L., G.A., Fu C., A.A., Martínez D., G. (2010). Guía técnica para el área de influencia del Campo Experimental Costa de Hermosillo. Guía Técnica No.1. INIFAP-CIRNO-CECH. Pp.58-65.
43. Ortega M., P.F., Fierros L., G.A., Padilla V., I., Acosta G., J.A., Cota R., F., Velarde F., S., Gutiérrez P., E., Aguilar G., B. Z., Valenzuela H., V. (2014). Efecto de láminas de riego sobre el rendimiento y calidad de grano en variedades de garbanzo. Memoria Técnica No. 35. Segundo Simposio Nacional de Garbanzo.

- INIFAP-CIRNO-CECH. Maldonado, N.L.A., Ortega M.P.F., Grajeda G.J. y Fierros L.G.A. pp. 85-91.
44. Ortiz U., N. (2012). Abonos tipo Bocashi. Simposio Regional: Uso de compostas y microorganismos en la agricultura. INIFAP- PRODUCCION PRODUCE.
 45. Padilla V., I., Ortega M., P.F., Fierros L., G.A., Valenzuela H., V., Ortiz E., E.O., Acosta G., J.A., Velarde F., S., Rodríguez C., F.G., Gutierrez P., E. (2013). Manejo agronómico del garbanzo en el noroeste de México. Memoria Técnica No. 33. Simposio Nacional de Garbanzo. INIFAP-CIRNO-CECH. Maldonado N., L.A., Ortega M., P.F., Grajeda G.,J. Pp. 94-111.
 46. Palau B., E.E. (2014). Una reflexión sobre la exportación de gabanzo en siglo XXI. Memoria Técnica No. 35. Segundo Simposio Nacional de Garbanzo. INIFAP-CIRNO-CECH. Maldonado, N.L.A., Ortega M.P.F., Grajeda G.J. y Fierros L.G.A. pp. 24-30.
 47. Paredes M., R., Ramírez M., A., Osuna C., E.S., Alamilla G., P., Mandujano B., A. (2013). Zeolita natural: Alternativa ecológica y económica para la agricultura de temporal en México. INIFAP-CIRCEN-CEB. Folleto Técnico No. 19.
 48. Piñero G., Pinto P., Mazzilli S., Ecclesia R. (2015). *La materia orgánica de los suelos agrícolas: Formación, evolución y manejo*. Simposio de Fertilidad 2015, "Nutriendo los Suelos para Generaciones Futuras". Rosario, Argentina.
 49. Rajeev, KV. (2013). *Draft genome sequence of chickpea (Cicer arietinum) provides a resource for trait improvement*. Nature Biotechnology 1-9.
 50. Ramírez V., J. y Sáinz R., R. A. (2007). Compostaje. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa.
 51. Report of the United Nations Conference on Sustainable Development. (2012). Rio de Janeiro, Brazil. United Nations.
 52. Rivera G., S., Ortiz U., N. (2012). Producción de humus de lombriz a partir de esquilmos agrícolas mediante la lombricultura en la región de San Luis Rio Colorado, Sonora. Simposio Regional: Uso de compostas y microorganismos en la agricultura. INIFAP- PRODUCCION PRODUCE.
 53. Robles-Hernández L, A.C., González-Franco, SO Guy, WC Chun. (2009). *Factor de composta líquida: tratamiento a la semilla con derivado biológico para incrementar la producción de garbanzo*. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chihuahua, México.
 54. Rolli, U. (2013). ¿Qué es Zeolita? Eco Logic Maintenances Mexico. Recuperado de: www.emmexico.com el 14 de octubre de 2013.

55. Stallknecht, G., P. Miller, K. Neill, A. Bussan & J. Riesselman (1999). "Growing chickpea (garbanzo beans) in Montana." Montana State University Extension Service, MT9908 Agriculture.
56. Tejeda Q., E. (2012). Tesis: "*El sistema de producción agrícola más limpia en una plantación de uva de mesa (Vitis vinífera) cv Flame en la región de Pesqueira, Sonora*". Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora (CESUES).
57. Vásquez V., P., García L., M.Z., Navarro C., M. C., García H., D. (2015). Efecto de la composta en el crecimiento y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. Revista Mexicana de Agronegocios. Año XIX Vol. 36. Enero-Junio 2015. Pp. 1351-1356.

ANEXOS

MEMORIA DE CALCULO DE COSTOS DE PRODUCCION

COSTO POR HECTAREA DE SIEMBRA DE GABANZO (Recursos propios)

VARIEDAD: BLANCO SINALOA/BLANORO
CLASE DE SEMILLA: CERTIFICADA
SISTEMA DE SIEMBRA: DIRECTO
NIVEL TECNOLÓGICO: ALTO
PERÍODO VEGETATIVO: ANUAL
FECHA DE COSTEO: JULIO DE 2015
LOCALIDAD: COSTA DE HERMOSILLO
CICLO: OTOÑO - INVIERNO 14-15

ESTIMACION DE COSTOS DE PRODUCCIÓN POR HECTAREA EN EL CAMPO "LOS CUATRO" TRATAMIENTO TC

Categoría	un. medida	costo un. (\$)	costo global (\$)
preparación de terreno 1)			2,350.00
-subsuelo	ha	650.00	
-rastreo cruzado	ha	1,200.00	
-empareje	ha	500.00	
análisis			80.00
-suelo y agua (\$800 por muestra) 2)	2 muestras/10 ha	80.00	
labores de siembra			2,165.00
-semillas (100 kg de semilla a \$15.00 kg) 3)	kg	1,500.00	
-siembra y/o transplante	ha	600.00	
-inoculante (250 ml a \$260 lt) 3)	lt	65.00	
irrigación			6,880.00
-adquisición de cinta de riego (2.05 rollos a \$1,600.00 por rollo) 4)	rollo	3,280.00	
-costo de agua 5 MM ³ x 320 5)	MM ³	1,600.00	
-mano de obra de riegos 1)	10 jornales	2,000.00	
fertilización			3,764.00
-fertilizantes (200 L UAN 32 + 80 kg Ortho Phos) 1)		3,100.00	
-aplicación (mecánica) 1)	ha	280.00	
-enmiendas y mejoradores de suelo (compostas) 1)	240 kg	84.00	
-aplicación (te de composta en riego) 1)	300 lt	300.00	
control de plagas y enfermedades			1,876.00
-control biológico 1)	ha	300.00	
-insecticidas 3)	ha	485.00	
-fungicidas 1)	ha	463.00	
-aplicación fungicidas 3)		314.00	
-aplicaciones de insecticidas 3)	ha	314.00	
-trampas varias			
control de malezas			1,606.00
-cultivos mecánicos 1)	ha	281.00	
-deshierbes manuales (dos jornales por ha) 1)	jornal	400.00	
-deshierbes químicos 1)		925.00	
cosecha y empaque			3,341.00
-corte y enchorizado 3)		401.00	
-volteo de chorizos 3)		450.00	
-trilla 5)		990.00	
-flete de grano 5)		240.00	
-maniobras de criba 3)		1,260.00	
costos de administración			5,812.46
-gastos de administración 3)		672.00	
-asistencia técnica 5)		450.00	
-servicios contables 5)		88.00	
-costo financiero (credito avio 6 meses tasa TIIE + 8 puntos) 3)		1,036.46	
-seguro agrícola 5)		2,066.00	
-imprevistos		1,500.00	
COSTO TOTAL			27,874.46

- 1) Información propia de Agrícola del Desierto de Sonora, S.A. de C.V. (2015)
- 2) Grosser Laboratorios
- 3) Asociación Agrícolas de Productores del Río Fuerte Sinaloa, A.C. (2014-2015)
- 4) Riegos del Pític (2015)
- 5) Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) (2014-2015)

COSTO POR HECTAREA DE SIEMBRA DE GABANZO (Recursos propios)

VARIEDAD: BLANCO SINALOA/BLANORO

CLASE DE SEMILLA: CERTIFICADA

SISTEMA DE SIEMBRA: DIRECTO

NIVEL TECNOLÓGICO: ALTO

PERÍODO VEGETATIVO: ANUAL

FECHA DE COSTEO: JULIO DE 2015

LOCALIDAD: COSTA DE HERMOSILLO

CICLO: OTOÑO - INVIERNO 14-15

ESTIMACION DE COSTOS DE PRODUCCIÓN POR HECTAREA, TRATAMIENTO T1

Categoría	un. medida	costo un. (\$)	costo global (\$)
preparación de terreno 1)			2,350.00
-subsuelo	ha	650.00	
-rastreo cruzado	ha	1,200.00	
-empareje	ha	500.00	
análisis			80.00
-suelo y agua (\$800 por muestra) 2)	2 muestras/10 ha	80.00	
labores de siembra			2,165.00
-semillas (100 kg de semilla a \$15.00 kg) 3)	kg	1,500.00	
-siembra y/o transplante	ha	600.00	
-inoculante (250 ml a \$260 lt) 3)	lt	65.00	
irrigación			6,880.00
-adquisición de cinta de riego (2.05 rollos a \$1,600.00 por rollo) 4)	rollo	3,280.00	
-costo de agua 5 MM ³ x 320 5)	MM ³	1,600.00	
-mano de obra de riegos 1)	10 jornales	2,000.00	
fertilización			1,520.00
-adquisición de zeolita (1 tonelada por ha) 7)	ton	600.00	
-modificación y acondicionamiento		640.00	
-aplicación mecánica		280.00	
control de plagas y enfermedades			1,876.00
-control biológico 1)	ha	300.00	
-insecticidas 3)	ha	485.00	
-fungicidas 3)	ha	463.00	
-aplicación fungicidas 3)		314.00	
-aplicaciones de insecticidas 3)	ha	314.00	
-trampas varias			
control de malezas			1,606.00
-cultivos mecánicos 1)	ha	281.00	
-deshierbes manuales (dos jornales por ha) 1)	jornal	400.00	
-deshierbes químicos 1)		925.00	
cosecha y empaque			3,341.00
-corte y enchorizado 3)		401.00	
-volteo de chorizos 3)		450.00	
-trilla 5)		990.00	
-flete de grano 5)		240.00	
-maniobras de criba 3)		1,260.00	
costos de administración			5,812.46
-gastos de administración 3)		672.00	
-asistencia técnica 5)		450.00	
-servicios contables 5)		88.00	
-costo financiero (credito avio 6 meses tasa TIIE + 8 puntos) 3)		1,036.46	
-seguro agrícola 5)		2,066.00	
-imprevistos		1,500.00	
COSTO TOTAL			25,630.46

1) Información propia de Agrícola del Desierto de Sonora, S.A. de C.V. (2015)

2) Grosser Laboratorios

3) Asociación Agrícolas de Productores del Río Fuerte Sinaloa, A.C. (2014-2015)

4) Riegos del Pitic (2015)

5) Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) (2014-2015)

COSTO POR HECTAREA DE SIEMBRA DE GABANZO (Recursos propios)

VARIEDAD: BLANCO SINALOA/BLANORO
CLASE DE SEMILLA: CERTIFICADA
SISTEMA DE SIEMBRA: DIRECTO
NIVEL TECNOLÓGICO: ALTO
PERÍODO VEGETATIVO: ANUAL
FECHA DE COSTEO: JULIO DE 2015
LOCALIDAD: COSTA DE HERMOSILLO
CICLO: OTOÑO - INVIERNO 14-15

ESTIMACION DE COSTOS DE PRODUCCIÓN POR HECTAREA, TRATAMIENTO T2

Categoría	un. medida	costo un. (\$)	costo global (\$)
preparación de terreno 1)			2,350.00
-subsuelo	ha	650.00	
-rastreo cruzado	ha	1,200.00	
-empareje	ha	500.00	
análisis			80.00
-suelo y agua (\$800 por muestra) 2)	2 muestras/10 ha	80.00	
labores de siembra			2,165.00
-semillas (100 kg de semilla a \$15.00 kg) 3)	kg	1,500.00	
-siembra y/o trasplante	ha	600.00	
-inoculante (250 ml a \$260 lt) 3)	lt	65.00	
irrigación			6,880.00
-adquisición de cinta de riego (2.05 rollos a \$1,600.00 por rollo) 4)	rollo	3,280.00	
-costo de agua 5 MM ³ x 320 5)	MM ³	1,600.00	
-mano de obra de riegos 1)	10 jornales	2,000.00	
fertilización 6)			3,820.00
-adquisición de zeolita (1 tonelada por ha)	ton	600.00	
-modificación y acondicionamiento		640.00	
-adquisición de materiales y fabricación de tubos con zeolita 6)		2,300.00	
-aplicación mecánica		280.00	
control de plagas y enfermedades			1,876.00
-control biológico 1)	ha	300.00	
-insecticidas 3)	ha	485.00	
-fungicidas 3)	ha	463.00	
-aplicación fungicidas 3)		314.00	
-aplicaciones de insecticidas 3)	ha	314.00	
-trampas varias			
control de malezas			1,606.00
-cultivos mecánicos 1)	ha	281.00	
-deshierbes manuales (dos jornales por ha) 1)	jornal	400.00	
-deshierbes químicos 1)		925.00	
cosecha y empaque			3,341.00
-corte y enchORIZADO 3)		401.00	
-volteo de chorizos 3)		450.00	
-trilla 5)		990.00	
-flete de grano 5)		240.00	
-maniobras de criba 3)		1,260.00	
costos de administración			5,812.46
-gastos de administración 3)		672.00	
-asistencia técnica 5)		450.00	
-servicios contables 5)		88.00	
-costo financiero (credito avio 6 meses tasa TIE + 8 puntos) 3)		1,036.46	
-seguro agrícola 5)		2,066.00	
-imprevistos		1,500.00	
COSTO TOTAL			27,930.46

1) Información propia de Agrícola del Desierto de Sonora, S.A. de C.V. (2015)

2) Grosser Laboratorios

3) Asociación Agrícolas de Productores del Río Fuerte Sinaloa, A.C. (2014-2015)

4) Riegos del Pític (2015)

5) Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) (2014-2015)

6) Elaborado con datos propios, incluye materiales y mano de obra (2015)

COSTO POR HECTAREA DE SIEMBRA DE GABANZO (Recursos propios)

VARIEDAD: BLANCO SINALOA/BLANORO
CLASE DE SEMILLA: CERTIFICADA
SISTEMA DE SIEMBRA: DIRECTO
NIVEL TECNOLÓGICO: ALTO
PERÍODO VEGETATIVO: ANUAL
FECHA DE COSTEO: JULIO DE 2015
LOCALIDAD: COSTA DE HERMOSILLO
CICLO: OTOÑO - INVIERNO 14-15

ESTIMACION DE COSTOS DE PRODUCCIÓN POR HECTAREA TRATAMIENTO T 3

Categoría	un. medida	costo un. (\$)	costo global (\$)
preparación de terreno 1)			2,350.00
-subsuelo	ha	650.00	
-rastreo cruzado	ha	1,200.00	
-empareje	ha	500.00	
análisis			80.00
-suelo y agua (\$800 por muestra) 2)	2 muestras/10 ha	80.00	
labores de siembra			2,165.00
-semillas (100 kg de semilla a \$15.00 kg) 3)	kg	1,500.00	
-siembra y/o transplante	ha	600.00	
-inoculante (250 ml a \$260 lt) 3)	lt	65.00	
irrigación			6,880.00
-adquisición de cinta de riego (2.05 rollos a \$1,600.00 por rollo) 4)	rollo	3,280.00	
-costo de agua 5 MM ³ x 320 5)	MM ³	1,600.00	
-mano de obra de riegos 1)	10 jornales	2,000.00	
fertilización			1,655.00
-adquisición de zeolita (1 tonelada por ha) 1)	ton	600.00	
-modificación y acondicionamiento + adición de composta líquida		775.00	
-aplicación mecánica		280.00	
control de plagas y enfermedades			1,876.00
-control biológico 1)	ha	300.00	
-insecticidas 3)	ha	485.00	
-fungicidas 3)	ha	463.00	
-aplicación fungicidas 3)		314.00	
-aplicaciones de insecticidas 3)	ha	314.00	
-trampas varias			
control de malezas			1,606.00
-cultivos mecánicos 1)	ha	281.00	
-deshierbes manuales (dos jornales por ha) 1)	jornal	400.00	
-deshierbes químicos 1)		925.00	
cosecha y empaque			3,341.00
-corte y enchorizado 3)		401.00	
-volteo de chorizos 3)		450.00	
-trilla 5)		990.00	
-flete de grano 5)		240.00	
-maniobras de criba 3)		1,260.00	
costos de administración			5,812.46
-gastos de administración 3)		672.00	
-asistencia técnica 5)		450.00	
-servicios contables 5)		88.00	
-costo financiero (credito avio 6 meses tasa TIIE + 8 puntos) 3)		1,036.46	
-seguro agrícola 5)		2,066.00	
-imprevistos		1,500.00	
COSTO TOTAL			25,765.46

- 1) Información propia de Agrícola del Desierto de Sonora, S.A. de C.V. (2015)
- 2) Grosser Laboratorios
- 3) Asociación Agrícolas de Productores del Río Fuerte Sinaloa, A.C. (2014-2015)
- 4) Riegos del Pític (2015)
- 5) Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) (2014-2015)

COSTO POR HECTAREA DE SIEMBRA DE GABANZO (Recursos propios)

VARIEDAD: BLANCO SINALOA/BLANORO
CLASE DE SEMILLA: CERTIFICADA
SISTEMA DE SIEMBRA: DIRECTO
NIVEL TECNOLÓGICO: ALTO
PERÍODO VEGETATIVO: ANUAL
FECHA DE COSTEO: JULIO DE 2015
LOCALIDAD: COSTA DE HERMOSILLO
CICLO: OTOÑO - INVIERNO 14-15

ESTIMACION DE COSTOS DE PRODUCCIÓN POR HECTAREA TRATAMIENTO T4

Categoría	un. medida	costo un. (\$)	costo global (\$)
preparación de terreno 1)			2,350.00
-subsuelo	ha	650.00	
-rastreo cruzado	ha	1,200.00	
-empareje	ha	500.00	
análisis			80.00
-suelo y agua (\$800 por muestra) 2)	2 muestras/10 ha	80.00	
labores de siembra			2,165.00
-semillas (100 kg de semilla a \$15.00 kg) 3)	kg	1,500.00	
-siembra y/o transplante	ha	600.00	
-inoculante (250 ml a \$260 lt) 3)	lt	65.00	
irrigación			6,880.00
-adquisición de cinta de riego (2.05 rollos a \$1,600.00 por rollo) 4)	rollo	3,280.00	
-costo de agua 5 MM ³ x 320 5)	MM ³	1,600.00	
-mano de obra de riegos 1)	10 jornales	2,000.00	
fertilización 6)			3,955.00
-adquisición de zeolita (1 tonelada por ha) 1)	ton	600.00	
-modificación y acondicionamiento + adición de composta líquida		775.00	
-adquisición de materiales y fabricación de tubos con zeolita 6)		2,300.00	
-aplicación mecánica		280.00	
control de plagas y enfermedades			
-control biológico 1)	ha	300.00	1,876.00
-insecticidas 3)	ha	485.00	
-fungicidas 3)	ha	463.00	
-aplicación fungicidas 3)		314.00	
-aplicaciones de insecticidas 3)	ha	314.00	
-trampas varias			
control de malezas			
-cultivos mecánicos 1)	ha	281.00	1,606.00
-deshierbes manuales (dos jornales por ha) 1)	jornal	400.00	
-deshierbes químicos 1)		925.00	
cosecha y empaque			
-corte y enchorizado 3)		401.00	3,341.00
-volteo de chorizos 3)		450.00	
-trilla 5)		990.00	
-flete de grano 5)		240.00	
-maniobras de criba 3)		1,260.00	
costos de administración			
-gastos de administración 3)		672.00	5,812.46
-asistencia técnica 5)		450.00	
-servicios contables 5)		88.00	
-costo financiero (credito avio 6 meses tasa TIIE + 8 puntos) 3)		1,036.46	
-seguro agrícola 5)		2,066.00	
-imprevistos		1,500.00	
COSTO TOTAL			28,065.46

- 1) Información propia de Agrícola del Desierto de Sonora, S.A. de C.V. (2015)
- 2) Grosser Laboratorios
- 3) Asociación Agrícolas de Productores del Río Fuerte Sinaloa, A.C. (2014-2015)
- 4) Riegos del Pitic (2015)
- 5) Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) (2014-2015)
- 6) Elaborado con datos propios, incluye materiales y mano de obra (2015)

COSTO POR HECTAREA DE SIEMBRA DE GABANZO (Recursos propios)

VARIEDAD: BLANCO SINALOA/BLANORO
CLASE DE SEMILLA: CERTIFICADA
SISTEMA DE SIEMBRA: DIRECTO
NIVEL TECNOLÓGICO: ALTO
PERÍODO VEGETATIVO: ANUAL
FECHA DE COSTEO: JULIO DE 2015
LOCALIDAD: COSTA DE HERMOSILLO
CICLO: OTOÑO - INVIERNO 14-15

ESTIMACION DE COSTOS DE PRODUCCIÓN POR HECTAREA TRATAMIENTO T5

Categoría	un. medida	costo un. (\$)	costo global (\$)
preparación de terreno 1)			2,350.00
-subsuelo	ha	650.00	
-rastreo cruzado	ha	1,200.00	
-empareje	ha	500.00	
análisis			80.00
-suelo y agua (\$800 por muestra) 2)	2 muestras/10 ha	80.00	
labores de siembra			2,165.00
-semillas (100 kg de semilla a \$15.00 kg) 3)	kg	1,500.00	
-siembra y/o transplante	ha	600.00	
-inoculante (250 ml a \$260 lt) 3)	lt	65.00	
irrigación			6,880.00
-adquisición de cinta de riego (2.05 rollos a \$1,600.00 por rollo) 4)	rollo	3,280.00	
-costo de agua 5 MM ³ x 320 5)	MM ³	1,600.00	
-mano de obra de riegos 1)	10 jornales	2,000.00	
fertilización			2,350.00
-(100 kg fosfato monoamónico + 75 kg sulfato amónico)		1,550.00	
-aplicación (mecánica) 1)	ha	280.00	
-te de composta 500 lt	lt	240.00	
-aplicación (mecánica) 1)	ha	280.00	
control de plagas y enfermedades			1,876.00
-control biológico 1)	ha	300.00	
-insecticidas 3)	ha	485.00	
-fungicidas 3)	ha	463.00	
-aplicación fungicidas 3)		314.00	
-aplicaciones de insecticidas 3)	ha	314.00	
-trampas varias			
control de malezas			1,606.00
-cultivos mecánicos 1)	ha	281.00	
-deshierbes manuales (dos jornales por ha) 1)	jornal	400.00	
-deshierbes químicos 1)		925.00	
cosecha y empaque			3,341.00
-corte y enchorizado 3)		401.00	
-volteo de chorizos 3)		450.00	
-trilla 5)		990.00	
-flete de grano 5)		240.00	
-maniobras de criba 3)		1,260.00	
costos de administración			5,812.46
-gastos de administración 3)		672.00	
-asistencia técnica 5)		450.00	
-servicios contables 5)		88.00	
-costo financiero (crédito avío 6 meses tasa TIIE + 8 puntos) 3)		1,036.46	
-seguro agrícola 5)		2,066.00	
-imprevistos		1,500.00	
COSTO TOTAL			26,460.46

- 1) Información propia de Agrícola del Desierto de Sonora, S.A. de C.V. (2015)
- 2) Grosser Laboratorios
- 3) Asociación Agrícolas de Productores del Río Fuerte Sinaloa, A.C. (2014-2015)
- 4) Riegos del Pitic (2015)
- 5) Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) (2014-2015)

COSTO POR HECTAREA DE SIEMBRA DE GABANZO (Recursos propios)

VARIEDAD: BLANCO SINALOA/BLANORO

CLASE DE SEMILLA: CERTIFICADA

SISTEMA DE SIEMBRA: DIRECTO

NIVEL TECNOLÓGICO: ALTO

PERÍODO VEGETATIVO: ANUAL

FECHA DE COSTEO: JULIO DE 2015

LOCALIDAD: COSTA DE HERMOSILLO

CICLO: OTOÑO - INVIERNO 14-15

ESTIMACION DE COSTOS DE PRODUCCIÓN POR HECTAREA TRATAMIENTO T6

Categoría	un. medida	costo un. (\$)	costo global (\$)
preparación de terreno 1)			2,350.00
-subsuelo	ha	650.00	
-rastreo cruzado	ha	1,200.00	
-empareje	ha	500.00	
análisis			80.00
-suelo y agua (\$800 por muestra) 2)	2 muestras/10 ha	80.00	
labores de siembra			2,165.00
-semillas (100 kg de semilla a \$15.00 kg) 3)	kg	1,500.00	
-siembra y/o trasplante	ha	600.00	
-inoculante (250 ml a \$260 lt) 3)	lt	65.00	
irrigación			5,480.00
-adquisición de cinta de riego (2.05 rollos a \$1,600.00 por rollo) 4)	rollo	3,280.00	
-costo de agua 5 MM ³ x 320 5)	MM ³	1,600.00	
-mano de obra de riegos 1)	3 jornales	600.00	
fertilización			980.00
-enmiendas y mejoradores de suelo (compostas) 1)	2 ton	700.00	
-aplicación (mecánica) 1)	ha	280.00	
control de plagas y enfermedades			1,876.00
-control biológico 1)	ha	300.00	
-insecticidas 3)	ha	485.00	
-fungicidas 3)	ha	463.00	
-aplicación fungicidas 3)		314.00	
-aplicaciones de insecticidas 3)	ha	314.00	
-trampas varias			
control de malezas			1,606.00
-cultivos mecánicos 1)	ha	281.00	
-deshierbes manuales (dos jornales por ha) 1)	jornal	400.00	
-deshierbes químicos 1)		925.00	
cosecha y empaque			3,341.00
-corte y enchorizado 3)	un	401.00	
-volteo de chorizos 3)	un	450.00	
-trilla 5)	un	990.00	
-flete de grano 5)	un	240.00	
-maniobras de criba 3)	un	1,260.00	
costos de administración			5,812.46
-gastos de administración 3)	un	672.00	
-asistencia técnica 5)	un	450.00	
-servicios contables 5)	un	88.00	
-costo financiero (credito avio 6 meses tasa TIIE + 8 puntos) 3)	un	1,036.46	
-seguro agrícola 5)	un	2,066.00	
-imprevistos	un	1,500.00	
COSTO TOTAL			23,690.46

1) Información propia de Agrícola del Desierto de Sonora, S.A. de C.V. (2015)

2) Grosser Laboratorios

3) Asociación Agrícolas de Productores del Río Fuerte Sinaloa, A.C. (2014-2015)

4) Riegos del Pídic (2015)

5) Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) (2014-2015)