



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

INSTITUTO DE INGENIERIA

"ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE EL USO DE DESECHOS DE
LAS INDUSTRIAS PROCESADORAS DE JAIBA DE
CONCHA SUAVE (SOFT SHELL CRABS) COMO
FERTILIZANTE ORGANICO"

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERIA AMBIENTAL

PRESENTA:

Ing. Quím. José Gustavo Hernández Hernández

H. VERACRUZ, VER.

JUNIO 1998

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana



UNIVERSIDAD VERACRUZANA
INSTITUTO DE INGENIERIA

H. Veracruz, Ver., a 2 de Junio de 1998
DI285/98

Al candidato al Grado:

ING. QUIM. JOSE GUSTAVO HERNANDEZ HERNANDEZ
PRESENTE:

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a Usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el M.C. Catalino Jorge López Collado, para que lo desarrolle como tesis, para obtener el Grado de Maestro en Ingeniería Ambiental:

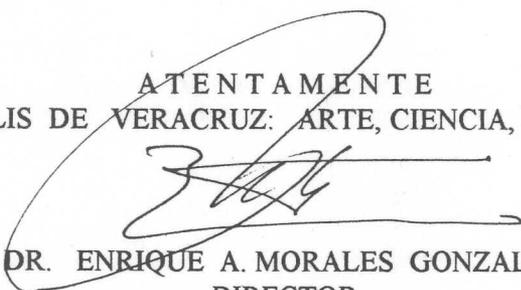
TEMA:

“ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE EL USO DE DESECHOS DE LAS INDUSTRIAS PROCESADORAS DE JAIBA DE CONCHA SUAVE (SOFT SHELL CRABS) COMO FERTILIZANTE ORGANICO”

- I .- Introducción
- II .- Situación Problemática
- III .- Marco de Referencia
- IV .- Marco Teórico y Conceptual
- V .- Objetivos e Hipótesis
- VI .- Metodología
- VII .- Resultados y Discusión
- VIII .- Contrastación de Hipótesis
- IX .- Conclusiones
- X .- Literatura Citada

Sin otro particular, me es grato quedar de Usted como su atento y seguro servidor.

ATENTAMENTE
“LIS DE VERACRUZ: ARTE, CIENCIA, LUZ”


DR. ENRIQUE A. MORALES GONZALEZ
DIRECTOR

EMG/apm*.

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio de Suelos – Aguas y Plantas del Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados por realizar los análisis de las muestras de suelo y del exoesqueleto de jaiba.

Al Laboratorio de Ingeniería Ambiental del Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana por permitir hacer uso del equipo de laboratorio.

A la Unidad de Producción Familiar del Instituto Tecnológico del Mar por hacer la colecta de desecho de exoesqueleto de jaiba para el experimento.

Al Ph. Dr. David Riestra Díaz por el apoyo durante el desarrollo del experimento.

Al M.C. Catalino Jorge López Collado por la colaboración para la realización del experimento.

Al M.C. Ma. Estela Montes Carmona por el apoyo brindado para la realización del experimento.

Al Ing. Quim. José Bernardo Hernández Bernal por el apoyo y la confianza para lograr el experimento.

A toda persona que ayudó hacer desinteresadamente posible la culminación de este experimento.

DEDICATORIAS

A mis abuelos:

Sr. Francisco Hernández Sánchez.
Sra. Blacina Carmona de Hernández.

Por haber apoyado en todo.

A mi madre:

Sra. Ma. Teresa Hernández de Hernández.

Con todo el amor que se merece.

A mis asesores:

Ing. Quim. José Bernardo Hernández Bernal.

Ph. Dr. David Riestra Díaz.

M.C. Catalino Jorge López Collado.

Por la paciencia que me han tenido para hacer la tesis.

INDICE

	Pág.
INDICE DE CUADROS.....	i
INDICE DE FIGURAS.....	iii
RESUMEN.....	v
I INTRODUCCION.....	1
II SITUACION PROBLEMATICA.....	3
III MARCO DE REFERENCIA.....	4
3.1. Exoesqueleto de jaiba.....	4
IV MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL.....	6
4.1. Fertilizantes orgánicos.....	7
4.1.1. Estiércol vacuno.....	7
4.1.2. Gallinaza.....	8
4.1.3. Compost o composta.....	9
4.1.4. Guano de murciélago.....	10
4.1.5. Sangre seca.....	11
4.1.6. Harina de pescado.....	12
4.1.7. Abonos verdes.....	12
4.1.8. Turba.....	13
4.1.9. Cachaza.....	14
4.1.10. Vinaza.....	15
4.1.11. Algas marinas.....	15
4.2. Fertilizantes inorgánicos.....	16
4.2.1. Cianamida de calcio.....	16
4.2.2. Nitrato de amonio.....	16
4.2.3. Urea.....	17
4.2.4. Superfosfato de calcio.....	17
4.2.5. Cloruro de potasio o muriato potásico.....	17
4.2.6. Sulfato de amonio.....	18

Instituto de Ingeniería
 Universidad Veracruzana

	Pág.
V OBJETIVOS E HIPOTESIS	20
5.1. Objetivo general.....	20
5.2. Objetivos particulares.....	20
5.3. Hipótesis general.....	21
5.4. Hipótesis particulares.....	21
VI METODOLOGIA	22
6.1. Preparación del exoesqueleto de jaiba como polvo.....	22
6.2. Muestreo de suelos.....	22
6.3. Establecimiento del experimento.....	23
6.4. Exoesqueleto de jaiba como fertilizante orgánico.....	25
6.5. La mejor relación tipo de suelo/ dosis de exoesqueleto de jaiba.....	31
6.6. Interacción entre tipo de suelo y la aplicación de dosis de exoesqueleto de jaiba.....	32
6.7. Cambios del pH, conductividad eléctrica (C.E.), macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg) y materia orgánica en el suelo con la aplicación de exoesqueleto de jaiba.....	34
VII RESULTADOS Y DISCUSION	35
7.1. Exoesqueleto de jaiba.....	35
7.2. Exoesqueleto de jaiba como fertilizante orgánico.....	35
7.3. La mejor relación tipo de suelo/ dosis de exoesqueleto de jaiba.....	40
7.4. Interacción entre tipo de suelo y la aplicación de dosis de exoesqueleto de jaiba.....	41
7.5. Cambios en el pH y la conductividad eléctrica (C.E.) del suelo con la aplicación de exoesqueleto de jaiba.....	47
7.6. Cambios en el contenido de macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg) y materia orgánica en el suelo con la aplicación de exoesqueleto de jaiba.....	49

INDICE DE CUADROS

	Pág.
VIII CONTRASTACION DE HIPOTESIS.....	55
8.1. Hipótesis general.....	55
8.2. Hipótesis particulares.....	55
IX CONCLUSIONES.....	57
X LITERATURA CITADA.....	59



Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Composición del estiércol vacuno.....	7
Cuadro 2. Composición de la parte líquida y sólida del estiércol de ganado vacuno.....	8
Cuadro 3. Composición de la gallinaza de gallinas ponedoras y de engorda.....	9
Cuadro 4. Composición del guano fresco y seco de murciélago.....	11
Cuadro 5. Composición química de la cachaza.....	14
Cuadro 6. Composición química de fertilizantes orgánicos e Inorgánicos.....	19
Cuadro 7. Determinación física de los tipos de suelos.....	22
Cuadro 8. Tratamientos aplicados en el presente experimento.....	23
Cuadro 9. Análisis químico del exoesqueleto de jaiba para los macronutrientes N, P, K, Ca y Mg.....	35
Cuadro 10. Resultados de las variables evaluadas.....	36
Cuadro 11. Análisis de varianza y contraste ortogonal para todas las variables.....	37
Cuadro 12. Análisis de varianza para las variables RTOPH, PHP, PRAIHZ, ALTURA y LFRUTO. 1.- Fuentes de variación, 2.- Grados de libertad, 3.- Cuadrado medio, 4.- F Calculada, 5.- Significancia.....	40
Cuadro 13. Prueba de Tukey para comparación de las medias de los tratamientos para todas las variables (Nivel de significancia $\alpha = 0.05$).....	41
Cuadro 14. Análisis de varianza e interacción entre tipo de suelo y dosis de exoesqueleto de jaiba. 1.- Fuente de variación, 2.- Grados de libertad, 3.- Cuadrado medio, 4.- F calculada, 5.- Probabilidad a la que F es significativa.....	42
Cuadro 15. Prueba de Tukey para comparación de las medias de las dosis y suelos para las variables.....	46
Cuadro 16. pH y C.E. en los tres tipos de suelos al inicio del experimento.....	48
Cuadro 17. Determinación de C.E. y pH en los tipos de suelos y dosis de aplicación de exoesqueleto de jaiba al final del experimento.....	48
Cuadro 18. Determinación de la materia orgánica al inicio y al final del experimento, en los tres tipos de suelo, con las aplicaciones de exoesqueleto de jaiba.....	50

	Pág.
Cuadro 19. Contenido de macronutrientos, al inicio y al final del experimento, para los tres tipos de suelos a 0 g de exoesqueleto de jaiba.....	52
Cuadro 20. Contenido de macronutrientos en el suelo al final del experimento, con las aplicaciones de exoesqueleto de jaiba (100 g, 400 g y 700 g).....	53



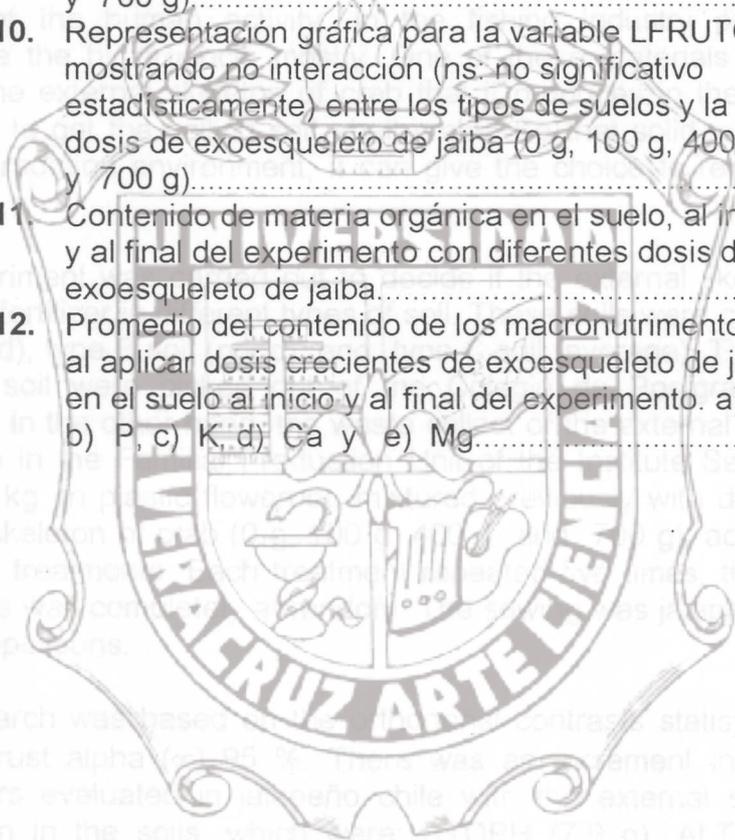
INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Representación del cercado con techo de nylon para la protección del exceso de agua de lluvia.....	24
Figura 2. Representación de longitud del fruto de chile jalapeño.....	30
Figura 3. Medición de la altura de la planta de chile jalapeño.....	31
Figura 4. Promedio de los tratamientos CON la aplicación de exoesqueleto de jaiba ($CON = (T_2 + T_3 + T_4 + T_6 + T_7 + T_8 + T_{10} + T_{11} + T_{12}) / 9$) y SIN aplicación de exoesqueleto de jaiba ($SIN = (T_1 + T_5 + T_9) / 3$) para las variables: a) PHP, b) RTOPH, c) LFRUTO, d) PRAIZH. (*Significativo; **Altamente significativo estadísticamente).....	38
Figura 5. Promedio de los tratamientos CON la aplicación de exoesqueleto de jaiba ($CON = (T_2 + T_3 + T_4 + T_6 + T_7 + T_8 + T_{10} + T_{11} + T_{12}) / 9$) y SIN aplicación de exoesqueleto de jaiba ($SIN = (T_1 + T_5 + T_9) / 3$) para las variables: a) ALTURA, b) PSP, b) PRAIZS. (*Significativo; **Altamente significativo estadísticamente).....	39
Figura 6. Representación gráfica para la variable RTOPH de la no interacción (ns: no significativo estadísticamente) entre los tipos de suelos y las dosis de exoesqueleto de jaiba (0 g, 100 g, 400 g y 700 g).....	43
Figura 7. Representación gráfica para la variable PHP, mostrando la interacción (*Significativa estadísticamente) entre los tipos de suelos y las dosis de exoesqueleto de jaiba (0 g, 100 g, 400 g y 700 g).....	44
Figura 8. Representación gráfica para la variable PRAIZH, mostrando alta interacción (**Altamente significativa estadísticamente) entre los tipos de suelos y las dosis de exoesqueleto de jaiba (0 g, 100 g, 400 g y 700 g).....	44

Hernández H. J.G. "Preliminary Study on The Use of Wastes Processing Industry of Soft Shell Crabs as Organic Fertilizer". Environmental Engineering, Master's Institute of Engineering, University of Veracruz State, Advisor: Ing. Guzmán H. Benítez, J.E., M.C. López Collado C.J. and Ph.D. Ríos Díaz D. Veracruz, Mexico, 1992.

Pág.

Figura 9.	Representación gráfica para la variable ALTURA, mostrando no interacción (ns: no significativo estadísticamente) entre los tipos de suelos y la dosis de exoesqueleto de jaiba (0 g, 100 g, 400 g y 700 g).....	45
Figura 10.	Representación gráfica para la variable LFRUTO, mostrando no interacción (ns: no significativo estadísticamente) entre los tipos de suelos y la dosis de exoesqueleto de jaiba (0 g, 100 g, 400 g y 700 g).....	45
Figura 11.	Contenido de materia orgánica en el suelo, al inicio y al final del experimento con diferentes dosis de exoesqueleto de jaiba.....	51
Figura 12.	Promedio del contenido de los macronutrientes al aplicar dosis crecientes de exoesqueleto de jaiba en el suelo al inicio y al final del experimento. a) N, b) P, c) K, d) Ca y e) Mg.....	54



The research was based on the contrast statistics proof with a level of trust alpha = 0.05. There was a significant increment in physicochemical parameters evaluated, while the application of external skeleton of crab in the soils, which were: RTOPH (7.9 g), ALTURA (34.4 cm), PRAIZS (1.2 g), PRAIZH (2.7 g), LFRUTO (4.0 cm), PSP (3.0 g) and PHP (12.0 g). On the other hand, these same variables decreased in the soils that the external skeleton of crab did not apply, as were: RTOPH (4.5 g), ALTURA (17.1 cm), PRAIZS (0.3 g), PRAIZH (0.8 g), LFRUTO (3.0 cm), PSP (1.0 g) and PHP (0.5 g). Also, the external skeleton of crab application in powder did not indicate a high level of salinity in the soil ($CEC = 0.19 \text{ mS cm}^{-1}$) neither alkalinity ($pH = 7.3$); therefore, the external skeleton of crab can be considered to comply with the essential purpose serving as organic fertilizer without harm at agricultural substrate.

This experiment was done in the University of Veracruz, State Institute of Engineering.

Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana

Hernandez H., J.G.. "Preliminary Study on The Use of Wastes Processing Industry of Soft Shell Crabs as Organic Fertilizer"¹. Environmental Engineering Mastery. Institute of Engineering. University of Veracruz State. Advisor: Ing. Quim. H. Bernal, J.B., M.C. Lopez Collado, C.J. and Ph. Dr. Riestra Diaz, D.. Veracruz, Mexico 1998.

Abstract

In the area Environmental Engineering of the University of Veracruz there is one line of investigation about the reuse of waste materials, which are a by product of the human activity. In the fishing industry pretends to take advantage the by products mostly. One of these materials of waste is the shell of the external skeleton of crab that it produces in the industry, which dedicates to get the calling soft shell crabs. So that solid waste not to be a more degradation environment, it can give the choice to recover as organic fertilizer.

The experiment was carried out to decide if the external skeleton of crab is useful as fertilizer in different types of soil. These soils were classified as: type A soil (bad), type B soil (good) and type C soil (average). The three different types of soil were picked out of the Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz. In the other hand, the waste collect of the external skeleton of crab was done in the Familial Production Unit of the Institute Sea Technologic. Putting 5 kg. in plastic flowerpot, mixtured previously with different doses of external skeleton of crab (0 g, 100 g, 400 g and 700 g), accordingly, it was gotten 12 treatments. Each treatment repeated five times, the design of the treatments was completely at random. The sowing was jalapeño chile seed in the five repetitions.

The research was based on the orthogonal contrasts statistics proof with a level of trust alpha (α) 95 %. There was an increment in physiotechnical parameters evaluated in jalapeño chile with the external skeleton of crab application in the soils, which were: RTOPH (7.9 g), ALTURA (34.4 cm), PRAIZS (1.2 g), PRAIZH (2.7 g), LFRUTO (4.0 cm), PSP (3.0 g) and PHP (19.0 g). On the other hand, these same variables decreased in the soils that the external skeleton of crab did not apply, as were: RTOPH (4.5 g), ALTURA (17.1 cm), PRAIZS (0.3 g), PRAIZH (0.8 g), LFRUTO (3.0 cm), PSP (1.0 g) and PHP (6.5 g). Also, the external skeleton of crab application in powder did not indicate a high level of salinity in the soil (C.E. = 0.198 mS cm⁻¹) neither alkalinity (pH = 7.3); therefore, the external skeleton of crab can be considered to comply with the essential purpose serving as organic fertilizer without harm at agricultural substrate.

¹This experiment was done in the University of Veracruz State, Institute of Engineering.

RESUMEN

En el área de Ingeniería Ambiental se desarrolla una línea de investigación de aprovechamiento de materiales de desecho, los cuales son un subproducto de la actividad humana. En la industria pesquera se pretende aprovechar los subproductos en su mayor totalidad. Uno de estos materiales de desecho se genera en las plantas que se dedican a obtener las llamadas jaibas de concha suave. De éstas se obtiene el exoesqueleto duro del crustáceo que prácticamente está formado principalmente por tres compuestos: proteína (en forma de carne, ligamentos, agallas, etc.), mineral (principalmente carbonato de calcio) y quitina. Para que este desecho sólido no sea una degradación más al medio ambiente, se puede dar la alternativa de rehuso al subproducto como fertilizante orgánico.

El experimento se realizó para determinar si el exoesqueleto de jaiba es útil como fertilizante en diferentes tipos de suelos. Estos suelos se clasifican agrónomicamente como sigue: Suelo tipo A (malo), Suelo tipo B (bueno) y Suelo tipo C (medio).

La colecta de desecho de exoesqueleto de jaiba se realizó en la Unidad de Producción Familiar que el Instituto Tecnológico del Mar, en Boca del Río, Ver., mantiene en operación en la Población de Arbolillo, Ver., a orillas de la Laguna de Alvarado, Ver.; mientras que los tres diferentes tipos de suelo fueron seleccionados del Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados. El experimento se estableció en el Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana.

Se colocaron 5 kg. de suelo en macetas de plástico, previamente mezclado con diferentes dosis de exoesqueleto de jaiba (0 g, 100 g, 400 g y 700 g), con lo que se tuvieron 12 tratamientos. Cada tratamiento se repitió 5 veces, el diseño de los tratamientos fue completamente al azar. En las cinco repeticiones la siembra fue la semilla de chile jalapeño.

La investigación se basó en la prueba estadística de contrastes ortogonales, previo un análisis de varianza con una F calculada y un nivel de confiabilidad alpha (α) del 95 %. En esta prueba los parámetros fisiotécnicos (variables) como son: Peso seco de la planta (PSP), Peso húmedo de la planta (PHP), el

Rendimiento en peso húmedo (RTOPH), la Altura de la planta (ALTURA), Peso seco de la raíz (PRAIZS), Peso húmedo de la raíz (PRAIZH), y Longitud del fruto (LFRUTO), ayudaron a evaluar si el exoesqueleto de jaiba sirve como fertilizante orgánico. Además, la mejor relación tipo de suelo/dosis de exoesqueleto de jaiba se realizó mediante una comparación de medias de acuerdo a la prueba de Tukey con una $\alpha = 0.5$, y por medio de un análisis de varianza se determinó si existe interacción entre tipo de suelo y la aplicación de dosis de exoesqueleto de jaiba, en estas dos pruebas estadísticas se consideraron las variables RTOPH, PHP, ALTURA, LFRUTO y PRAIZ.

Al final del experimento también se realizaron análisis químicos para observar el contenido de macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg) y materia orgánica (M.O.) en el suelo con la aplicación de exoesqueleto de jaiba, así como los cambios de pH y conductividad eléctrica (C.E.), con tal de encontrar un efecto de toxicidad.

Los resultados obtenidos indican que el promedio de los tratamientos testigo es menor al promedio de los tratamientos de que tiene aplicación de exoesqueleto de jaiba, por lo tanto el desecho sólido se puede emplear como fertilizante orgánico para cualquier tipo de suelo. El tratamiento T₆ mostró ser la mejor relación de suelo/exoesqueleto de jaiba, representando al suelo B con una dosis de 100 g de exoesqueleto de jaiba/5 kg suelo. El efecto de la interacción entre los dos factores (suelo y exoesqueleto de jaiba) es no significativo en las variables : RTOPH, ALTURA y LFRUTO, que son consideradas agrónomicamente más importantes.

Posteriormente, el exoesqueleto de jaiba al final del experimento provocó un incremento del pH y conductividad eléctrica conforme aumentaba la dosis; sin embargo, este incremento no registró químicamente ningún efecto de toxicidad en el suelo. También el exoesqueleto de jaiba aportó un nivel de materia orgánica químicamente medio, consecuentemente hubo cambios en el contenido de macronutrientes con el incremento de dosis crecientes del desecho sólido.

Una vez más el hombre ha tenido la necesidad de transformar un subproducto para obtener recursos que son aprovechables en el suelo agrícola.

I INTRODUCCION

El suelo se puede considerar como el suministro de todos los elementos esenciales. Aunque las plantas obtienen hidrógeno, carbono y oxígeno del aire y del agua, el suelo proporciona la capacidad de retención de agua, porosidad suficiente para que haya movimiento de O_2 y CO_2 entre las raíces. En el cumplimiento de las necesidades del hombre, se ha originado una serie de contaminantes los cuales causan alteraciones al aire, agua y suelo; en este último caso, la contaminación originada por desechos sólidos, constituye uno de los problemas que menor atención ha tenido por parte de la ciudadanía y de las autoridades.

La contaminación del suelo es considerada como la degradación de la tierra agrícola y la pérdida de su productividad. Esta degradación se da por el uso de aguas de riego con altos niveles de salinidad o de baja calidad, el mal aprovechamiento de aguas negras para riego, el mal uso de productos químicos agrícolas (fertilizantes, plaguicidas), y los desechos domésticos e industriales (basura, metales pesados, hidrocarburos).

Toda contaminación del suelo con elementos tóxicos, en general, es el resultado de las actividades humanas. Los elementos contaminantes predominantes, de origen antropogénico y sus principales estados de oxidación incluyen a los siguientes elementos, ordenados según su número atómico y no en cuanto a su importancia, al Be (II), F (-1), Cr (III -VI), Ni (II - III), Zn (II), As (III -VI), Cd (II), Hg (0 - I - II) y Pb (II - VI). La contaminación del suelo provocada por las fundidoras, por desechos urbanos e industriales, plaguicidas y el tránsito de vehículos tienen la virtud de aumentar la concentración de los iones antes mencionados hasta niveles tóxicos. Aun así, los problemas con los animales sólo se presentan, por lo general, cuando los vegetales contaminados constituyen el único alimento.

Recientemente se ha aceptado para que la civilización pueda continuar es necesario eliminar de manera segura los desperdicios que hay en el ambiente. Si se quiere reducir la contaminación, los desechos se deben devolver rápidamente a sus ciclos naturales. El suelo constituye un medio sin paralelo de reciclaje. Su capacidad de absorber, intercambiar, oxidar y precipitar la materia es tan importante en la eliminación de desechos como lo es para la nutrición de las plantas. Las sociedades " avanzadas " algunas veces soslayan las funciones del suelo y sólo buscan métodos tecnológicos más caros y sólo parcialmente satisfactorios de producción de alimentos y eliminación de desechos.

El suelo se puede considerar de importancia en el suministro de todos los elementos esenciales. Aunque las plantas obtienen hidrógeno, carbono y oxígeno del aire y del agua, el suelo proporciona la capacidad de retención de agua, porosidad suficiente para que haya movimiento de O_2 y CO_2 entre las raíces de las plantas y la atmósfera del suelo, envía también hacia la atmósfera el CO_2 que se produce al descomponerse la materia orgánica.

Así pues, el suelo es uno de nuestros mayores recursos naturales, ya que soporta la vida y por tanto debe ser cuidadosamente tratado y preservado.

Los desechos urbanos podrían ser una fuente valiosa de nitrógeno, fosfato y agua para los cultivos. Sin embargo, por su manejo descuidado, provocan la contaminación del suelo con indicios metálicos. Parte de la solución es evitar que las empresas importantes contaminen inicialmente con metales tóxicos los desechos urbanos. Donde la contaminación es inevitable, el procedimiento más seguro sería depositar los desechos en terreno boscoso o en un terreno específico para este fin.

En la actualidad se buscan alternativas o soluciones que ayuden a preservar o tratar el suelo, una de ellas es reducir el uso de fertilizantes y plaguicidas, etc., de esta manera, dentro de la utilización de fertilizantes podemos emplear los desechos sólidos de las plantas procesadoras de jaiba de concha suave, ya que estos desechos, el exoesqueleto de jaiba, la mayoría de las veces son depositados en los basureros municipales y en el peor de los casos en la naturaleza misma, ocasionando aún más la contaminación del suelo. Estos desechos son necesarios reutilizarlos y obtener de esta forma el aprovechamiento integral del recurso, considerando que el desecho contiene macronutrientes dando lugar a una alternativa de utilización de los desechos como fertilizante.

II SITUACION PROBLEMATICA

Cada día es más evidente la contaminación del suelo debido a los desechos sólidos. Estos subproductos son generados de una forma ininterrumpida en todos los sitios en los que existen asentamientos humanos, los cuales son depositados en basureros municipales al aire libre, que presentan una diversidad de problemas entre los que destacan: proliferación de insectos y roedores, malos olores, gérmenes patógenos, incendios y contaminación de aire, contaminación de las aguas y sobre todo, contaminación del suelo y degradación del área.

En el caso de los desechos de las plantas procesadoras de jaibas de concha suave, plantean un serio problema ecológico y además una pérdida de materiales de valor económico aprovechable. Aunque este desecho sea una degradación constante al medio ambiente, tiene una fuente riquísima de materias primas recuperables que pueden ser aprovechadas al suelo agrícola.

La producción de jaiba en estas plantas procesadoras va aumentando considerablemente. En 1990 la Secretaría de Pesca reporta una producción de 1 523 437 kg, ya que tan solo en 1995 reporta una producción de 4 043 308 kg, solamente en el Estado de Veracruz. Por lo tanto, los desechos sólidos generados se depositan en los basureros municipales que ocasionan un grave problema de contaminación al medio ambiente y en un futuro muy lejano, una disposición muy costosa de estos desechos.

Como consecuencia, para evitar la contaminación producida por los desechos de crustáceos, surge una alternativa de rehuso del exoesqueleto de jaiba como fertilizante orgánico para mejorar al suelo agrícola, así como otros subproductos son reutilizados para ayudar al hombre como: el cartón, el plástico, el vidrio, el fierro y otros.

Los desechos sólidos tienen un riesgo potencial creciente de contaminación y daños al bienestar y a la salud de la población, por este motivo es necesario crear más alternativas de rehuso y sin descartar la idea de que un desecho puede aprovecharse para un bien productivo.

III MARCO DE REFERENCIA

3.1. Exoesqueleto de jaiba

El caparazón de los crustáceos está formado principalmente por tres componentes: proteína (en forma de carne, ligamentos, agallas, etc.), mineral (principalmente carbonato de calcio) y quitina. La concha de crustáceos generalmente contiene entre 30 y 50 % de materia orgánica, en base seca, dependiendo de la especie y de la fuente de obtención. La materia orgánica de la concha puede representar el 30 ó 40 % de proteína y los minerales principalmente por carbonato y fosfato de calcio, pueden encontrarse en cantidades arriba del 8 a 10 % (Mantilla,1991).

El exoesqueleto de jaiba que se emplea como fertilizante proviene de la especie Callinectes spp.; en general todas las especies habitan en profundidades entre cero y cinco metros, en esteros, bahías o el mar, soportando temperaturas entre 15^o y 35^oC, ya que son organismos típicamente tropicales, que presentan además una capacidad de osmoregularse muy alta que les permite tolerar un amplio rango de salinidad que puede oscilar entre 10 y 65^o/oo. Cuando la salinidad en los esteros disminuye, las jaibas emigran, esta emigración puede también estar íntimamente relacionada con el desove, ya que las larvas al eclosionar requerirán de agua de mar o por lo menos con una salinidad superior a 20^o/oo para completar su desarrollo (Rodríguez,1988; Barnes,1987).

Estos crustáceos son unisexuales, encontrándose las hembras maduras entre mayo y octubre, la mayor incidencia se presenta entre fines de junio y principios de septiembre. De cuatro a nueve días después de la fecundación las hembras desovan, conservando los huevos " prendidos " a sus apéndices abdominales por algunas semanas, generalmente dos, hasta su eclosión (Rodríguez,1988; Barnes, 1987).

Una larva recién eclosionada se denomina " zoea ", estado en el cual permanecen durante algún tiempo antes de transformarse en otra larva denominada " megalopa ", ambas forman parte de plancton hasta que ésta

última se convierte en una jaiba pequeñita que se mueve hacia las bahías y esteros, permaneciendo sobre el fondo el resto de su vida. Aproximadamente un año después adquiere su madurez sexual (Rodríguez, 1988; Barnes, 1987).

Su crecimiento se ha calculado alrededor de 10 milímetros en promedio por mes y siempre como en todos los crustáceos, se realiza a través de mudas. La talla se obtiene de medir la longitud entre punta de una espina y la otra, la especie Callinectes spp. puede alcanzar un tamaño de hasta 25 cm, y en promedio todas las especies viven entre tres y tres años y medio (Rodríguez, 1988).

Posteriormente, de la concha de jaiba molida se tienen varios usos pero a partir de sus productos como son la quitina y quitosana, las cuales se obtienen, la primera por medio de una desproteínación seguida de una desmineralización, y la segunda por medio de una desacetilación de la quitina (Mantilla, 1991). Ambos productos tienen utilidad en el área de alimentos como: emulsificante y espesante, aditivo para enriquecimiento de sabor, recuperación de productos de desecho en plantas procesadoras de productos alimenticios, agente hipocolesterol, desacidificación del café, estabilizadores y glóbulos para simulación de alimentos.

Entre otras utilidades se tienen: a los adhesivos, membranas para ósmosis inversa, agentes floculantes (tratamiento de aguas residuales), formación de fibras y películas, agente quelante, aditivo para papel y textiles, productos fotográficos, acabados textiles, absorción de metales pesados y ácidos orgánicos, acelerador en curaciones y materiales "plásticos" biodegradables.

Los principales Estados productores de la jaiba son: Baja California, Sonora y Colima, en el Pacífico, y Tamaulipas y Veracruz, en el Golfo, éste último es el de mayor importancia. Durante los últimos años específicamente en Estados Unidos, se ha desarrollado un semicultivo para la jaiba, consistente en la obtención de jaibas pequeñas y medianas de la población silvestre, que son mantenidas en acuarios con sistemas de circulación abiertos o cerrados, hasta su muda. Inmediatamente después son refrigeradas y empacadas para su venta. Este producto es conocido como "soft shell crabs" (jaiba suave o "muda"), y tiene gran aceptación en el mercado Estadounidense (Rodríguez, 1988). Este tipo de biotécnica se realiza con gran facilidad en nuestro país en especial en el Estado de Veracruz.

IV MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

La fertilización tiene como finalidad incrementar los rendimientos y mejorar el valor nutritivo de las plantas, al aumentar las reservas de nutrimentos ya existentes en el suelo (Ortíz y Ortíz, 1980). Los fertilizantes se clasifican según distintos puntos de vista:

- * Según su origen. Pueden ser orgánicos o inorgánicos.

Entre los orgánicos voluminosos y concentrados se citan ejemplos: de origen animal como el estiércol vacuno y gallinaza, heces fecales sólidas y líquidas, compost, guano de murciélago, harina de pescado, cieno, tortas de oleaginosas, sangre seca y molida, etc., y cultivos de abonos verdes como la turba, la calabaza, las leguminosas, etc. (Cooke, 1979; Ortíz y Ortíz, 1980).

Entre los inorgánicos comerciales tenemos: sulfato de amonio, urea, nitrato de amonio, superfosfato, cloruro de potasio, cianamida de calcio, etc. (Ortíz y Ortíz, 1980).

- * Según su composición. Podemos distinguir dos grupos principales.

Abonos simples. Son los que solamente contienen uno de dichos elementos, ya sea N, P o K (Fundora et al., 1980).

Abonos compuestos. Son aquellos productos que contienen más de un nutrimento (Fundora et al., 1980).

- * Según el estado en que se presentan. Conforme a esto, se dividen en: sólidos, líquidos y gaseosos (Cooke, 1979; Fundora et al., 1980).

A continuación, se describe en forma detallada algunos fertilizantes orgánicos e inorgánicos.

4.1. Fertilizantes orgánicos

Los fertilizantes orgánicos están formados principalmente por desechos de plantas y animales. Además proporcionan altos niveles de los macronutrientes fundamentales como el nitrógeno, el fósforo y el potasio.

4.1.1. Estiércol vacuno

El estiércol vacuno está formado por una mezcla de cama de los animales y de deyecciones que han sufrido fermentaciones más o menos avanzadas. El estiércol tiene la cualidad física para ser esparcido, o sea, se desmenuza fácilmente (Fundora et al., 1980; Selke, 1968).

La composición varía entre límites muy amplios, según los animales, la naturaleza de la cama, proporción de pajas y deyecciones, alimentación de los animales, procedimientos de fabricación del estiércol, estado de descomposición, etc.. En promedio puede darse el análisis siguiente:

Cuadro 1. Composición del estiércol vacuno.

Composición del estiércol vacuno (en %).	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	0.34	0.13	0.354

En el estiércol fresco casi todo el fósforo se concentra en la parte sólida, y la mayor parte del nitrógeno y casi todo el potasio en la líquida (Fundora et al., 1980).

Cuadro 2. Composición de la parte líquida y sólida del estiércol de ganado vacuno.

Composición de la parte líquida y sólida del estiércol (en %)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Sólidas	0.32	0.21	0.15
Líquidas	0.85	0.01	1.4

La relación de sólidos a líquidos es de 3:1.

Los efectos positivos del estiércol sobre las plantas se atribuyen más que a la influencia sobre las propiedades físicas, a la manera de dar los nutrimentos, a los efectos quelatizantes, al aporte de otros elementos como Mg, Mn, Cu y B. Además contiene sustancias que estimulan el desarrollo. Se aplica esparciéndolo sobre toda la superficie del suelo, debiéndose incorporar inmediatamente pues ocurren pérdidas importantes de nitrógeno (Fundora et al.,1980; Adler y Teuscher,1985).

4.1.2. Gallinaza

Pertenece a la categoría de los estiércoles pero presenta características especiales. Como las aves defecan por una cloaca, sus deyecciones líquidas y sólidas no se producen por separado, por lo que la recogida presenta menos dificultades que con otras. Su contenido de nutrimentos es superior al de otros estiércoles (Fundora et al.,1980).

En las granjas avícolas, la gallinaza se obtiene en dos formas: pura y seca (a veces con cal) y gallinaza con un 50 - 70 % de materiales de cama. En el primer caso ocurren grandes pérdidas de N por la volatilización, está gallinaza es la obtenida de las gallinas ponedoras. La de las aves de engorda esta mezclada con virutas de madera o aserrín, y es de lenta descomposición a causa de la alta relación C/N de la madera (Fundora et al.,1980; Adler y Teuscher,1985).

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

La gallinaza de las aves de engorda se extrae cuando los animales se sacan por estar aptos para el consumo; sin embargo, la gallinaza de gallinas ponedoras se extrae cuando las pilas están grandes, a éstas en lugar de echarles cal mejor es aplicarles superfosfato simple. La composición depende principalmente del tipo de alimentación, de las pérdidas y de las camas que se utilicen. La gallinaza contiene más nutrimentos que el estiércol de ganado vacuno. La edad, raza de las aves, cantidad y clase de alimentación que reciben y el consumo de agua, son los factores que afectan la producción de la gallinaza. La cantidad de materia orgánica que contiene la gallinaza depende de la forma en que haya sido manejada. En un medio sin humedad puede haber 60 - 80 % de materia orgánica. La composición de la gallinaza difiere según se trate de gallinas ponedoras o de engorda (Fundora et al., 1980), por ejemplo:

Cuadro 3. Composición de la gallinaza de gallinas ponedoras y de engorda.

	Humedad (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
Ponedoras	75.0	1.42	1.06	0.47
Engorde	74.1	2.09	1.28	0.88

Para conservar la gallinaza en las mejores condiciones, es necesario usar una sustancia que impida o retarde la descomposición biológica del ácido úrico y la urea o que permita al NH₃ convertirse en un compuesto no volátil. El material más usado es el superfosfato (Fundora et al., 1980).

4.1.4. Compost o composta

Llamado también estiércol artificial, se utiliza cuando no existen suficientes deyecciones para transformar todas las pajas en estiércol natural. Se utilizan varios métodos de fabricación, pero todos se basan en el mismo principio. El estiércol artificial permite la destrucción de semillas de malas yerbas y microorganismos parásitos de los vegetales, aunque proporciona posiblemente menos humus al suelo, que si la paja se enterrara sin fermentar y requiere el empleo de mucha mano de obra (Fundora et al., 1980).

El compost proporciona al jardinero un fertilizante adaptado a sus necesidades. Gran parte de los glúcidos se han descompuesto. Se ha perdido algo de nitrógeno, pero como la disminución de glúcidos ha sido mucho mayor, la concentración final de N en el compost se ha incrementado. Una vez extendido sobre el suelo, el compost se descompone y libera gradualmente los nutrimentos que contiene. La composición nutricional del producto puede modificarse a voluntad, variando los ingredientes y sus proporciones iniciales. Las ventajas del compost como fertilizante seguro y efectivo son reales, pero en algunos casos sus virtudes se han sobrevalorado. Los nutrimentos liberados por el compost no son mejores para las plantas que los suministrados por otras fuentes y, en parte, se han perdido por volatilización. El proceso de elaboración del producto requiere mucho trabajo, en relación con la cantidad de nutrimentos implicados. Por tales motivos, el compost es un material adecuado para jardinería y horticultura de detalle, pero no para el cultivo extensivo (Thompson y Troeh, 1982).

4.1.4. Guano de murciélago

Se encuentra depositado en muchas cuevas que han sido habitadas por estos animales. Está compuesto por las excretas y restos de los cuerpos de los murciélagos que han poblado las cuevas por mucho tiempo, así como por los restos y excretas de otros animales como ratones, aves, insectos, etc., que se han ido combinando con los materiales que arrastran las aguas de infiltración. Pueden presentar diferentes coloraciones. Las cuevas se han formado por acción del agua cargada de H_2CO_3 que actúa sobre la caliza produciendo la disolución de la roca arrastrando el calcio como bicarbonato. Las excretas, por otra parte, son las principales proveedoras del N, P y el K del guano. Los compuestos orgánicos de estas deyecciones contienen nitrógeno, fósforo y azufre, que por descomposición y oxidación forman sulfatos, nitratos y fosfatos de calcio (Fundora et al., 1980; Adler y Teuscher, 1985).

Tiene una composición muy variable que depende de muchos factores como humedad, ventilación y alimentación de los murciélagos, composición de la roca, etc.. Podemos decir que es rico en fósforo y puede serlo en nitrógeno. Si posee más del 4 % de nitrógeno se le llama nitroguano, en caso contrario, fosfogano. Su contenido de potasio es bajo. Es pobre en materia orgánica ya que los murciélagos se alimentan de frutos o de insectos, ambos, pobres formadores de compuestos que resistan la descomposición. El análisis de los

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

distintos extractos también es variable (Fundora et al.,1980). Como ejemplo, a continuación se dan dos análisis de guano.

Cuadro 4. Composición del guano fresco y seco de murciélago.

	Fresco (%)	Seco (%)
N (total)	9.5	0.94
P (total)	7.0	18.8
P (asimilable)	6.0	7.9
K ₂ O (total)	2.5	0.74

Apropiado para suelos ácidos, donde los fosfatos cálcicos se hacen más solubles; incorporado a toda la masa del suelo y aplicando con materia orgánica, se favorece la asimilabilidad del fósforo (Cooke,1979).

4.1.5. Sangre seca

Usualmente la sangre de los animales sacrificados se trata en forma separada. Se lleva por bombeo hasta unos tanques especiales (de coagulación), se calienta hasta que coagula y después de varias horas de reposo ya puede colectarse el líquido acuoso que sedimenta en el fondo. Se continúa el calentamiento para eliminar toda el agua y el residuo sólido se mueve hasta que resulte un polvo de color oscuro. En estas condiciones la sangre seca contiene del 10 - 17 % de nitrógeno total, pero también posee pequeñas cantidades de los demás constituyentes minerales de la sangre como Ca, Mg, Fe, Na, K, P, cloruros y sulfatos; el contenido de fósforo (P₂O₅), por ejemplo, es de 0.3 a 1.5 % y el de potasio (K₂O), de 0.5 a 1.0 %. Por lo tanto, el valor fertilizante de la sangre seca radica principalmente en su riqueza en nitrógeno, el cual fácilmente es aprovechado por las plantas cuando el producto molido se aplica al suelo. Sobre este particular podemos decir que la sangre seca es superior a los demás fertilizantes orgánicos, y su contenido de elementos menores debe ser tomado en consideración. Desafortunadamente su elevado costo impide su empleo en el uso general y la oferta es muy reducida, porque los mejores grados de sangre seca tienen gran demanda para alimentación del ganado mayor (Adler y Teuscher,1985).

4.1.6. Harina de pescado

La harina de pescado (guano de pescado) es un verdadero residuo industrial que proviene de restos de pescado, ya sea animal íntegro que no da el tamaño reglamentario o bien pescado que se desecha. Estos desperdicios se acumulan en las pescaderías o en las fábricas de conservas, y en los puertos pesqueros llegan a las 2.5 - 3.0 toneladas métricas diarias. Industrialmente los residuos se someten primeramente a la cocción con el objeto de esterilizarlos y quitarles casi todo el mal olor; a continuación se deshidratan a vacío en desecadores de operación continua y finalmente se reducen a polvo fino (Adler y Teuscher, 1985).

El contenido de N y P de la harina de pescado varía según haya sido la cantidad de huesos en los desperdicios originales, pero no es raro encontrar un 5 - 10 % de N y de 5 - 15 % de P_2O_5 (Adler y Teuscher, 1985).

Cuando se añade al suelo harina de pescado, se descompone rápidamente, dejando un olor muy desagradable. Su efecto fertilizante se compara al de una cantidad equivalente de abono artificial y esta acción, al igual que la del guano, se limita a una época del año, por lo cual carece de efectos residuales. En la fabricación de alimentos para aves de corral, la harina de pescado es un ingrediente valioso, por lo cual no es posible disponer de ella para emplearlo como fertilizante (Adler y Teuscher, 1985).

4.1.7. Abonos verdes

Los residuos vegetales pueden aplicarse directamente al suelo en vez de hacerlo después de transformados en estiércol de cuadra o artificial, y el método usual consiste en cubrir con una labor un cultivo en desarrollo. Este método de abonado en verde puede tener varios efectos sobre el suelo; dependiendo de las condiciones puede incrementar el contenido de materia orgánica o el nitrógeno asimilable del suelo; puede reducir las pérdidas de nitrógeno mineral por lavado, y puede concentrar nutrimentos probablemente deficientes en la superficie del suelo dejándolos en ella en una forma fácilmente asimilable (Fundora et al., 1980; Cooke, 1979).

Los abonos verdes cuando se utilizan adecuadamente, pueden incrementar el contenido de humus o las reservas de nitrógeno utilizable del suelo, pero raramente suelen tener ambos efectos al mismo tiempo, y por ello difieren del estiércol de cuadra bien hecho (Fundora et al., 1980; Cooke, 1979).

Los abonos verdes pueden ser particularmente valiosos en los suelos salinos, porque en comparación con el barbecho reducen la evaporación de la superficie del suelo, y por ello también reducen su contenido salino, pues absorben el agua del subsuelo y sombrean la superficie. Además, cuando se entierran sus residuos contribuyen a incrementar la asimilabilidad de los fosfatos y elementos vestigiales (o micronutrientes como son: Cl, B, Cu, Mn, Mo, Fe y Zn) para la cosecha siguiente a causa de la disminución del pH del suelo provocada por el CO_2 producido en el proceso de descomposición (Fundora et al., 1980; Cooke, 1979).

Las leguminosas se utilizan comúnmente como abonos verdes porque aumentan las reservas de nitrógeno del suelo. Sin embargo, estos cultivos solo se desarrollarán en forma adecuada y fijarán nitrógeno suficiente para hacer que su cultivo merezca la pena, si el suelo contiene una reserva adecuada de Ca, fósforo y potasio (Fundora et al., 1980).

Los abonos verdes pueden conferir otros beneficios al terreno: desarrollándose en épocas húmedas reducen las pérdidas por lavado, del nitrógeno y de otros nutrientes; pueden utilizar mejor que la cosecha principal las formas poco asimilables de fósforo y Zn, y, por ello, posibilitar la utilización de éstos por aquella; por descomponerse rápidamente liberan grandes cantidades de CO_2 del suelo, el cual puede aumentar la asimilabilidad de los fosfatos en los suelos calizos alcalinos (Fundora et al., 1980; Selke, 1968).

4.1.8. Turba

Es un material generalmente pardo, más o menos oscuro, constituido principalmente por restos de vegetales. Se forma bajo constante exceso de humedad, predominando los procesos anaeróbicos de descomposición. La acumulación años tras año de materia orgánica débilmente humificada forma las turberas (Selke, 1968; Fundora et al., 1980).

Tipos de turberas:

1. **Alta turbera.** Se forma en lugares a alto nivel, la turba es más rica en materia orgánica no descompuesta que las otras; es de pH ácido, rica en celulosa, hemicelulosa y lignina. Relación C/N alrededor de 40 (Selke,1968; Fundora et al.,1980).
2. **Baja turbera.** Se forma en lugares bajos, rica en celulosa. La relación C/N está por debajo de 30 (Selke,1968; Fundora et al.,1980).
3. **Turbera de transición.** Intermedia entre las dos anteriores (Selke,1968; Fundora et al.,1980).

4.1.9. Cachaza

Es un residuo del proceso de clarificación del guarapo, y está integrado por una mezcla de fibras, tierra, sacarosa, cera, compuestos albuminoideos, etc.. Una pequeña cantidad se utiliza para la obtención de cera, una parte se desprecia, acumulándose en pilas donde a veces se quema o se arroja a desagües naturales y el resto se utiliza como abono principalmente en caña. Puede calcularse que se produzca como promedio un 3 % de cachaza de la caña molida (Fundora et al.,1980).

No posee una composición química definida cuantitativamente pues depende de la zona cañera, del proceso seguido para la extracción, etc.. El nitrógeno se presenta principalmente como proteína y compuestos amoniacales y nítricos. El fósforo se presenta en forma de combinaciones orgánicas como fosfolípidos, nucleoproteínas, fosfatos de calcio, etc. (Fundora et al.,1980; Selke,1968). Una comparación entre el fósforo y nitrógeno puede verse en el siguiente ejemplo:

Cuadro 5. Composición química de la cachaza.

Humedad	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
70	3.6	4.1	0.38

4.1.10. Vinaza

La vinaza se ha utilizado como un fertilizante de suelo, por ejemplo, en el Ingenio El Potrero, en los análisis de vinaza obtenidos en su destilería de alcohol y analizados en la Universidad de Texas A and M, en Weslaco, E.U.A., se registra un contenido de kilogramos por hectárea de elementos nutritivos, en 32 m³ de vinaza, es de 30 kg de nitrógeno, 7 kg de fósforo y 220 kg de potasio. La aplicación de vinaza se puede emplear en aquellos terrenos del Ingenio El Potrero que pudieran resultar pobres en potasio. Por otra parte, en el Campo Experimental del IMPA, en Izúcar de Matamoros, Puebla, se han tenido buenos resultados experimentales al aplicar 250 m³·ha⁻¹ de vinaza, aunque no son comparables las dosis de 32 y 250 m³·ha⁻¹ de este material. En volúmenes tan altos de vinaza se requiere de una habilidad muy especial para incorporarlos a la lámina de riego de la caña de 1.20 m (12,000 m³·ha⁻¹) (Rodríguez,1994).

4.1.11. Algas marinas

Las algas marinas constituyen un tipo especial de abono verde y se emplean comúnmente en las zonas costeras con fines de fertilización, siempre y cuando se disponga de este producto en grandes cantidades durante la primavera. Las algas se descomponen rápidamente y como no contienen fibra, deberán enterrarse inmediatamente. No es posible obtener composta con las algas porque pronto se convierte en una masa gelatinosa que dificulta su manejo; en cambio, si puede agregarse al montón de composta que contiene materia orgánica (Adler y Teuscher,1985).

La composición de las algas frescas es aproximadamente la siguiente: agua, 70 - 80 %; materia orgánica, 13 - 25 %; nitrógeno, 0.3 - 1.0 %; potasio (K₂O), 0.8 - 1.8 %; fósforo (P₂O₅), 0.02 - 0.17 %. Según esto, el producto contiene casi tanto nitrógeno como el estiércol de cuadra y a veces el doble; su contenido de potasio es relativamente alto y el fósforo es muy bajo. A veces se aplican hasta más de 30 ton mé³·ha⁻¹ de algas marinas (Adler y Teuscher,1985).

4.2. Fertilizantes inorgánicos

Los fertilizantes inorgánicos están formados principalmente por compuestos químicos elaborados sintéticamente. Estos fertilizantes son aplicados en suelos, donde el nivel de los macronutrientes fundamentales como el nitrógeno, el fósforo y el potasio, son muy bajos.

4.2.1. Cianamida de calcio (CN_2Ca)

La cianamida de calcio generalmente contiene 21 % de nitrógeno. Aplicaciones inmediatamente antes de las siembras puede inhibir la germinación, y por ello se usó como matayerbas antes de la guerra. Esta peligrosa propiedad desaparece tan pronto como se descompone en el suelo para formar N amoniacal; si se aplica antes de las siembras hay que barbechar el suelo con dos o tres semanas de anticipación. La cianamida contiene calcio y no hace a los suelos ácidos. La cianamida cálcica es de color negruzco por la presencia de carbono libre. Puede presentarse en gránulos o en polvo, produciendo este último inflamaciones cutáneas a los obreros que manejan el material (Fundora et al., 1980; Thompson y Troeh, 1982; Cooke, 1979).

4.2.2. Nitrato de amonio (NH_4NO_3)

Se obtiene haciendo reaccionar el ácido nítrico con el amoníaco. Se presenta en cristales, en escamas o en gránulos blancos. Es higroscópico, cuando se fabrica en gránulos recubiertos por un acondicionador como caolín, dolomita, etc., mejora sus propiedades físicas (Cooke, 1979).

Contiene de un 32 - 33.5 % de nitrógeno. Es rico en este elemento y barato. Tiene reacción ácida en el suelo, pues durante la nitrificación se produce HNO_3 . Este fertilizante posee características propias tanto de las sales nítricas como de las amoniacales (Cooke, 1979).

4.2.3. Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$)

La urea es muy concentrada y contiene cerca de 45 % de nitrógeno, todo soluble en el agua. En el suelo, la urea es rápidamente convertida a amoníaco por los microorganismos. Ordinariamente la urea cristalizada es higroscópica y difícil de manejar, aunque si se granula puede almacenarse y aplicarse a voleo o cualquier otra manera en forma satisfactoria. En algunos países se hacen mezclas de urea y caliza granulada que se manejan bien y siendo menos concentradas son fáciles de aplicar (Cooke, 1979).

4.2.4. Superfosfato (Superfosfato de calcio, $(\text{PO}_4)_2\text{H}_4\text{Ca}$)

El superfosfato usualmente contiene alrededor de 18 % de P_2O_5 soluble en agua; este fertilizante se obtiene tratando roca fosfórica molida con ácido sulfúrico. Además del fosfato monocálcico soluble en agua que proporciona el nutriente, el superfosfato contiene sulfato de calcio (yeso) como un residuo de la reacción entre la roca y el ácido. Esta última sustancia es de pequeño valor para la mayoría de los suelos. El superfosfato es adecuado para todos los cultivos (Thompson y Troeh, 1982; Adler y Teuscher, 1985; Cooke, 1979).

El superfosfato de calcio será agregado antes de hacer la siembra para plantas escardadas y para pastizales, cuando empiecen a desarrollar los brotes de primavera. Las aplicaciones de superfosfato de calcio en coberteras, cuando la planta está creciendo, son de muy poco valor (Thompson y Troeh, 1982; Adler y Teuscher, 1985; Cooke, 1979).

4.2.5. Cloruro de potasio o muriato potásico (KCl)

El que se encuentra en el mercado es un producto de refinación de sales potásicas, por ejemplo, por eliminación del cloruro sódico de la silvinita o por extracción del cloruro magnésico de la carnalita. Como cloruro de potasio, utilizable directamente como fertilizante se encuentra en yacimientos en reducida cantidad. Es una sal cristalina que varía de rosado o rojo a blanco, dependiendo de la minería y proceso de refinación utilizado. Puede poseer pequeñas impurezas de NaCl y óxido de hierro, contiene 48 - 62 % de K_2O ; es una sal neutra fisiológicamente ácida, aunque se observa en la práctica que

apenas influye sobre el pH del suelo. De los fertilizantes potásicos el cloruro es el más usado por ser el que se produce y se transporta más económicamente. Es un fertilizante de buenas condiciones físicas, adecuado para mezclas y rico en potasa. La alta concentración de cloruro de potasio en las plantas aumenta la succulencia, el grosor de la cutícula y disminuye las dimensiones de las células epidérmicas. El fertilizante potásico debe ser aplicado en el momento de la siembra o poco tiempo antes; si las cantidades de aplicación son pequeñas se harán en bandas cerca de la planta (Fundora et al., 1980; Cooke, 1979; Thompson y Troeh, 1982).

Los mayores beneficios de las aplicaciones localizadas cerca de las plantas pueden obtenerse en suelos que fijan mucho potasio en forma no cambiante. La aplicación localizada de cloruro produce una concentración alta de sales solubles. De aquí, que si el fertilizante es colocado muy cerca de la semilla, pueden ocurrir daños muy serios. Las aplicaciones con la semilla o directamente encima o debajo de ella, son especialmente inadecuadas. El agua se mueve en dirección vertical y por eso las sales colocadas encima pueden afectar a la semilla o plántula por el movimiento de éstas. La colocación a 5 cm más o menos al lado de las semillas es preferible. Hay que tener en cuenta que normalmente el potasio no se fija tanto como el fósforo, ni se pierde tanto como el nitrógeno (Fundora et al., 1980; Cooke, 1979; Thompson y Troeh, 1982).

4.2.6. Sulfato de amonio ($\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$)

Desde el punto de vista agrícola, el sulfato de amonio es la sal amónica más importante obtenida en esta forma. Una tonelada métrica de carbón produce 2.25 - 4.0 kg de amoniaco anhidro, o bien, 9.0 - 15.0 kg de sulfato de amonio, según sea la riqueza del propio carbón.

El sulfato de amonio es el fertilizante amónico más antiguo que se conoce y se ha empleado durante más de 70 años. Aún en la actualidad se produce y utiliza más que ningún otro fertilizante nitrogenado artificial. La mayor parte se obtiene como subproducto de la coquización y un pequeño porcentaje proviene de las fábricas donde se utiliza el nitrógeno atmosférico (Adler y Teuscher, 1985; Cooke, 1988; Selke, 1968).

A continuación se ilustran las diferentes composiciones de nitrógeno, fósforo y potasio, de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos más importantes mencionados.

Cuadro 6. Composición química de fertilizantes orgánicos e inorgánicos.

Fertilizantes	Composición en %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Orgánicos:			
Estiércol vacuno	0.34	0.13	0.35
Gallinaza (ponedoras)	1.42	1.06	0.47
Gallinaza (engorda)	2.09	1.28	0.88
Sangre seca	0.1 - 0.17	0.3 - 1.5	0.5 - 1.0
Guano de murciélago (fresco)	9.5	7.0	2.5
Harina de pescado	0.05 - 0.1	0.05 - 0.15	-
Abonos verdes:			
Cachaza	3.6	4.1	0.38
Algas marinas (frescas)	0.3 - 1.0	0.02 - 0.17	0.8 - 1.8
Inorgánicos:			
Cianamida del calcio (CN ₂ Ca)	21.0	-	-
Nitrato de amonio (NH ₄ NO ₃)	32.0 - 33.5	-	-
Urea (CO(NH ₂) ₂)	45.0	-	-
Superfosfato de calcio (PO ₄) ₂ H ₄ Ca)	-	18.0	-
Cloruro de potasio (KCl)	-	-	48.0 - 62.0

V OBJETIVOS E HIPOTESIS

5.1. Objetivo general

Determinar si la incorporación de exoesqueleto de jaiba en diferentes tipos de suelos es útil como fertilizante.

5.2. Objetivos particulares

Determinar los contenidos de macronutrientes en diferentes tipos de suelos para observar su nivel de fertilidad.

Determinar el rendimiento, la altura, biomasa aérea y radical del chile jalapeño (Capsicum annuum) con diferentes dosis de exoesqueleto de jaiba para determinar la mejor dosis.

Determinar si el exoesqueleto de jaiba favorece a un tipo de suelo donde se establece el chile jalapeño (Capsicum annuum).

Determinar el pH y la conductividad eléctrica de los diferentes tipos de suelo, con la finalidad de comparar al inicio y al final del experimento; además analizar si existe un efecto residual perjudicial.

5.3. Hipótesis general

La aplicación de exoesqueleto de jaiba incrementa el rendimiento, la altura de la planta y longitud del fruto, del cultivo de chile jalapeño (Capsicum annuum).

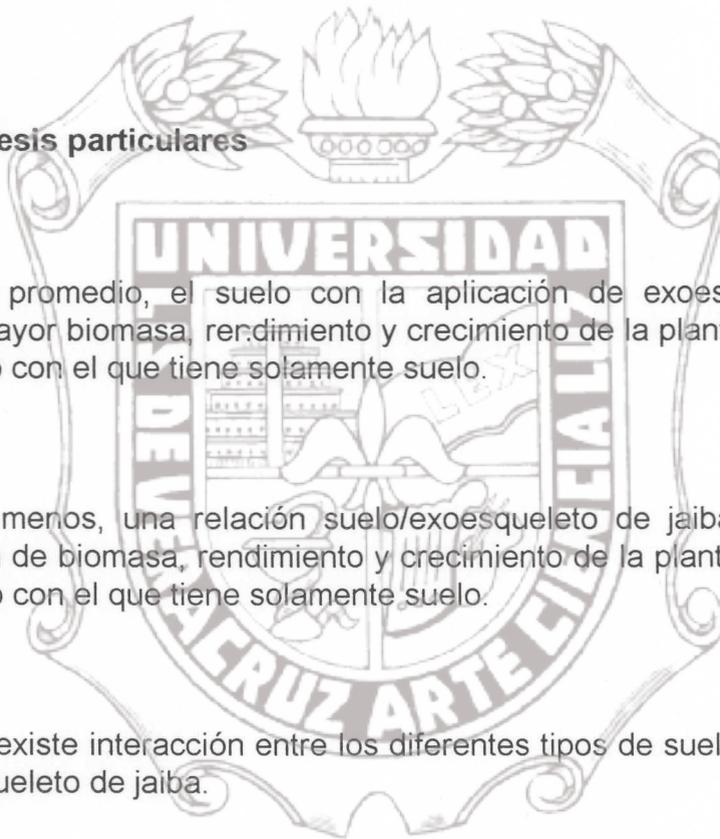
5.4. Hipótesis particulares

H₁. En promedio, el suelo con la aplicación de exoesqueleto de jaiba produce mayor biomasa, rendimiento y crecimiento de la planta (altura), al ser comparado con el que tiene solamente suelo.

H₂. Al menos, una relación suelo/exoesqueleto de jaiba es mejor en la producción de biomasa, rendimiento y crecimiento de la planta (altura), al ser comparado con el que tiene solamente suelo.

H₃. No existe interacción entre los diferentes tipos de suelo y la aplicación de exoesqueleto de jaiba.

H₄. No existe un aumento significativo en el pH y la conductividad eléctrica con la aplicación de exoesqueleto de jaiba que nos indique problemas de alcalinidad y salinidad.



VI METODOLOGIA

6.1. Preparación del exoesqueleto de jaiba como polvo

La colecta de desecho de exoesqueleto de jaiba se realizó en la Unidad de Producción Familiar que el Instituto Tecnológico del Mar, en Boca del Río, Ver., mantiene en operación en la Población de Arbolillo, Ver., a orillas de la Laguna de Alvarado, Ver.. Primero se secó bajo los rayos del sol durante 6 horas, después se molió en un molino de mano. De esta forma se obtuvo 18.3 kg de exoesqueleto de jaiba en polvo, cantidad suficiente para la realización del experimento. De aquí se tomaron 300 g de este mismo polvo para la determinación del contenido de macronutrientes solubles (Ca y Mg) y totales (N, P, K, Ca y Mg).

6.2. Muestreo de suelos

Se seleccionaron tres diferentes tipos de suelos agrícolas dentro del Campo experimental del Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados. Se colectaron 100 kg de cada uno de los tipos de suelo. Estos se secaron a la sombra hasta llegar a un peso constante. De aquí se tomaron muestras representativas, las cuales mediante un análisis previo de su textura dio los siguientes resultados (Cuadro 7).

Cuadro 7. Determinación física de los tipos de suelos.

SUELO	DETERMINACIONES FISICAS			
	ARENA %	ARCILLA %	LIMO %	TEXTURA
Tipo A	64.2	21.6	14.2	Migajón - arcilloso - arenoso
Tipo B	56.2	17.6	26.2	Migajón - arenoso
Tipo C	48.6	25.4	26.0	Migajón - arcilloso - arenoso

Estos suelos tienen un historial que los ubica agrónomicamente como sigue: Suelo Tipo A (malo), Suelo Tipo B (bueno) y Suelo Tipo C (medio).

Los Suelos Tipos A, B y C se analizaron antes del experimento para determinar el contenido de macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg). Los análisis de las muestras de suelo y del exoesqueleto de jaiba se realizaron en el Laboratorio de Suelos - Aguas y Plantas del Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados.

6.3. Establecimiento del experimento

El experimento se estableció en el Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana. Los tres diferentes tipos de suelo fueron transportados y pesados en una báscula con una precisión de ± 1 g.

Se colocaron 5 kg de suelo en macetas de plástico, previamente mezclado con diferentes proporciones de exoesqueleto de jaiba, con lo que se tuvieron 12 tratamientos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Tratamientos aplicados en el presente experimento.

DOSIS (proporción de exoesqueleto de jaiba en polvo)	TIPOS DE SUELO		
	A	B	C
1= 0 g de exoesq. de jaiba/5 kg suelo (testigo)	T ₁ *	T ₅	T ₉
2= 100 g de exoesq. de jaiba/5 kg suelo	T ₂	T ₆	T ₁₀
3= 400 g de exoesq. de jaiba/5 kg suelo	T ₃	T ₇	T ₁₁
4= 700 g de exoesq. de jaiba/5 kg suelo	T ₄	T ₈	T ₁₂

*T₁ = tratamiento 1.

El diseño de los tratamientos fue completamente al azar. Posterior al establecimiento de los tratamientos se realizó la siembra de la semilla de chile jalapeño. Se colocaron 4 semillas por maceta a 2 cm de profundidad (el día 29 de junio de 1995).

Durante el crecimiento y desarrollo de las plantas se requirió de una observación constante, con la finalidad de protegerlas de la lluvia, plagas y enfermedades, para lograr así la obtención del fruto.

Para proteger las plantas del exceso de agua de lluvia, se utilizó un cercado con techo de nylon (mediano) descubierto a los lados, sostenido por palos de madera a una altura de 1 metro. Tres repeticiones se colocaron bajo un mismo techo y dos repeticiones bajo otro techo. De esta forma se tuvieron cinco repeticiones en total (Figura 1).

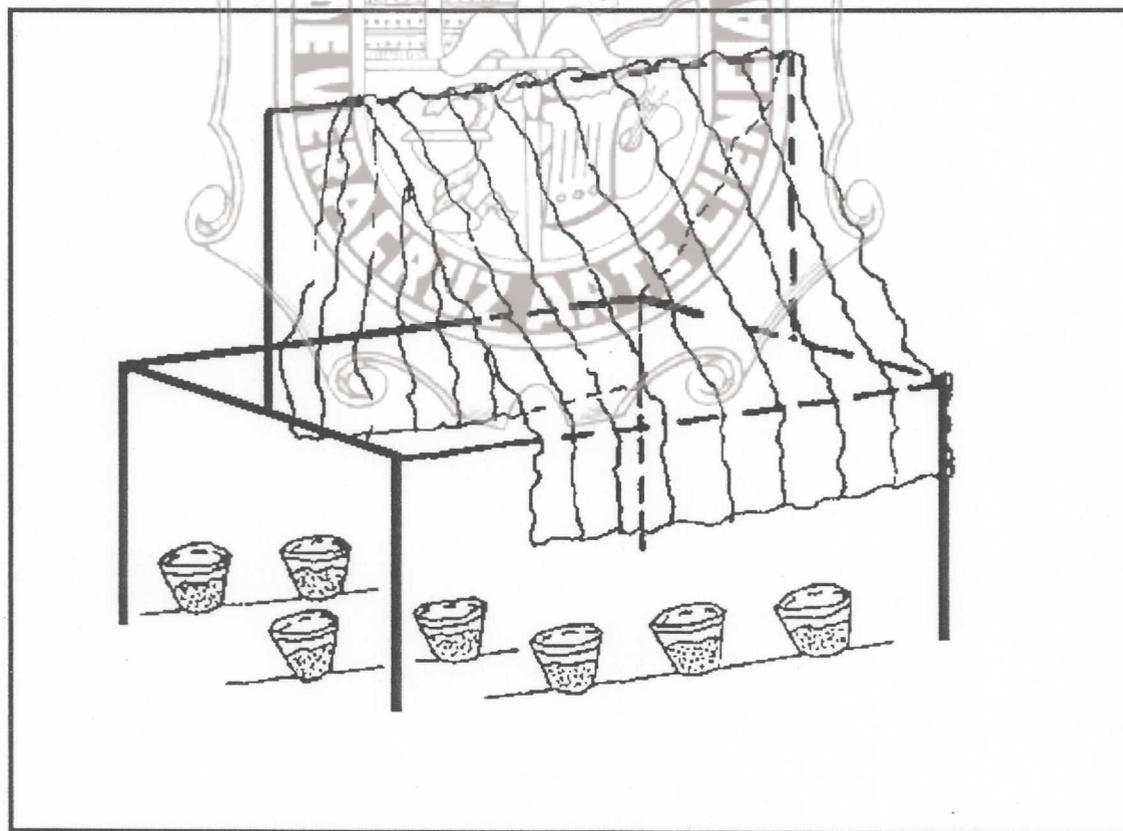


Figura 1. Representación del cercado con techo de nylon para protección del exceso de agua de lluvia.

En el cultivo de chile jalapeño se presentaron diversas plagas y enfermedades como: gusanos trepadores, pulgón, mosquita blanca, damping off y mancha de la hoja. Estas plagas y enfermedades se controlaron con sulfato de cobre al 10 %, paration metílico y sharpa. Las aplicaciones fueron realizadas conforme se presentaron las plagas y enfermedades en las plantas.

6.4. Exoesqueleto de jaiba como fertilizante orgánico.

Para probar la hipótesis de que el exoesqueleto de jaiba sirve como fertilizante orgánico independientemente del tipo de suelo al que se le aplique, se evaluaron los cambios en diferentes parámetros fisiotécnicos en relación a la aplicación de diferentes dosis de exoesqueleto de jaiba. Estos parámetros son: peso seco de la planta (PSP), peso húmedo de la planta (PHP), el rendimiento en peso húmedo (RTOPH), la altura de la planta (ALTURA), peso seco de la raíz (PRAIZS), peso húmedo de la raíz (PRAIZH) y longitud del fruto (LFRUTO). La prueba estadística utilizada fue con contrastes ortogonales, previo un análisis de varianza con una F calculada y un nivel de confiabilidad α del 95 %.

El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico SAS (Statical Analysis System) en su versión 6.0 para microcomputadora, con las siguientes instrucciones como ejemplo.

```
DATA EXOESQ;
INPUT TRAT SUELO DOSIS REP PSP PHP RTOPH PRAIZS PRAIZH
      ALTURA LFRUTO;
```

```
CARDS;
1 1 1 1 0.7 3.4 1.6 0.5 0.7 22 2.35
1 1 1 2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
1 1 1 3 0.2 1.1 0.0 0.1 0.4 11 0.0
1 1 1 4 0.0 5.06 0.0 0.0 0.0 0.0 3.8
1 1 1 5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
2 1 2 1 2.55 12.6 5.4 2.85 5.75 38.5 3.5
```

```
12 3 4 5 1.4 7.02 7.89 0.55 1.32 34.75 4.17
```

```
PROC PRINT;
PROC GLM;
CLASSES TRAT REP;
MODEL RTOPH = TRAT REP;
CONTRAST "CONTRASTES T1";
TRAT -9+3+3+3-9+3+3+3-9+3+3+3;
RUN;
```

El modelo estadístico fue para un diseño de tratamientos completamente al azar con cinco repeticiones y dos plantas de chile como unidades experimentales.

Modelo Estadístico:

$$Y_{ij} = \mu_i + t_i + E_{ij}; \quad i = 1 \dots t$$

$$j = 1 \dots r$$

$$\Sigma_{ij} \approx NI(0, \sigma^2)$$

Y_{ij} = variable a medir

μ_i = efecto de una media general

t_i = efecto de tratamientos

E_{ij} = desviaciones aleatorias que sufren las observaciones del i - ésimo tratamiento y en la j - ésima repetición.

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

Los errores se distribuyen normalmente con media igual a cero y varianza sigma cuadrada (σ^2).

Para los contrastes, el procedimiento fue el siguiente:

Los contrastes se establecen con los estimadores de los μ 's y se estimará el contraste Y con parámetros con el estimador C .

$$C = \lambda_1 Y_1 + \lambda_2 Y_2 + \dots + \lambda_t Y_t = \sum_{i=1}^t \lambda_i Y_i$$

C depende de las Y_i que son variables aleatorias distribuidas normalmente, lo que implica que C se distribuye también normalmente.

varianza $1/c \sum_{i=1}^t \lambda_i^2 \frac{\sigma^2}{n}$

CME (cuadrado medio del error ó S^2)

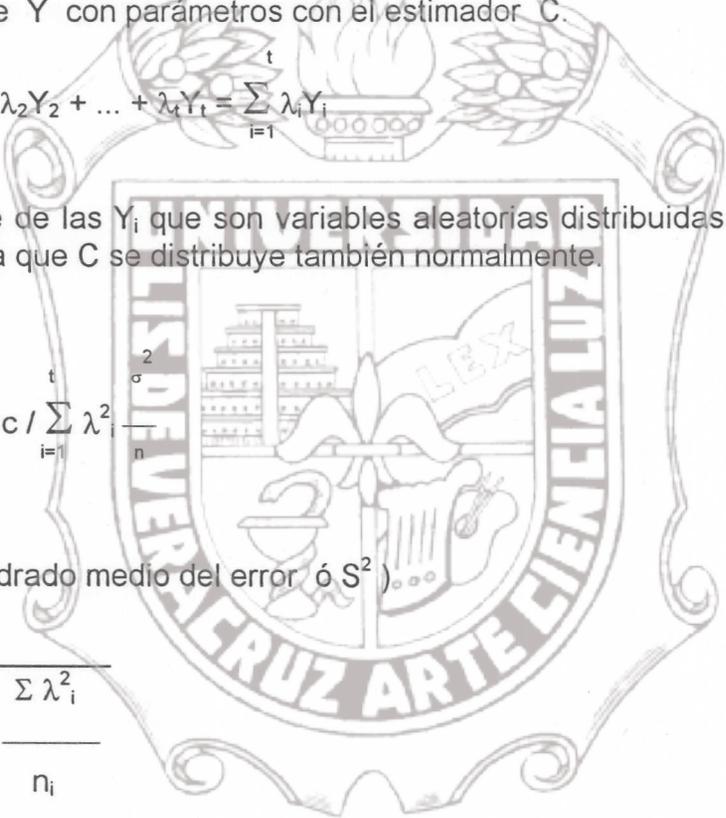
$$S_c = \sqrt{s^2 \frac{\sum \lambda_i^2}{n_i}}$$

La característica fundamental de los contrastes es que son hipótesis que establecen que una función lineal de las medias de tratamientos μ_i es igual a cero.

Llamamos a una función lineal así:

$$\gamma = \lambda_1 \mu_1 + \lambda_2 \mu_2 + \dots + \lambda_t \mu_t = \sum_{i=1}^t \lambda_i \mu_i$$

Instituto de Ingeniería y Universidad Veracruzana



Regla Los λ_i 's son los coeficientes de las medias y no son aleatorios, pues se escogen de acuerdo a la interpretación que se le quiere dar al contraste o función lineal y deben de cumplir la siguiente condición:

$t \geq t_{\alpha, g.l.e.}$ rechazar

$$\sum_{i=1}^t \lambda_i = 0$$

Para representar los λ_i 's de γ se recurre a la conocida relación:

La hipótesis que queremos probar es:

$H_0: \gamma = 0$, para nuestro caso la hipótesis es la siguiente:

$$\frac{T_1 + T_5 + T_9}{3} = \frac{T_2 + T_3 + T_4 + T_6 + T_7 + T_8 + T_{10} + T_{11} + T_{12}}{9}$$

$$0 = -9T_1 + 3T_2 + 3T_3 + 3T_4 - 9T_5 + 3T_6 + 3T_7 + 3T_8 - 9T_9 + 3T_{10} + 3T_{11} + 3T_{12}$$

donde T_1 = tratamiento uno, T_2 = tratamiento dos ... etc..

$$\sum_{i=1}^t \lambda_i Y_i - \sum_{i=1}^t \lambda_i \mu_i$$

$$t_c = \frac{\sum_{i=1}^t \lambda_i Y_i - \sum_{i=1}^t \lambda_i \mu_i}{\sqrt{\text{CME} \frac{\sum \lambda_i^2}{n_i}}}$$

$t_c \approx t_{\alpha, g.l.e.}$

Instituto de Ingeniería.
Universidad Veracruzana



Regla de decisión:

Si

$t_c \geq t_{\alpha}$, g.l.e. rechazar

$H_0: \gamma = 0$

Para representar los valores de t en el ANVA se recurre a la conocida relación:

t^2 g.l.e., $\infty \approx F$ g.l.e.

de donde:

Si

$F_c \geq F$ g.l.e., ∞ rechazamos

$H_0: \gamma = 0$

El valor de F se calcula de la siguiente manera:

$$F \text{ g.l.e.} = \frac{c^2}{s_c^2} = \frac{c^2}{s^2 - \frac{1}{n} \sum_i \lambda_i^2} = \frac{\frac{1}{n} \sum_i \lambda_i^2}{s^2} = \frac{\text{CM contraste}}{\text{CM error}}$$

Los parámetros fisiotécnicos se midieron como se indica a continuación:

Rendimiento en peso húmedo (RTOPH), se pesaron los frutos maduros de cada planta conforme se iban produciendo, en una báscula granataria con una precisión de ± 0.5 g. Los frutos se empezaron a coleccionar desde los 160 días de haberse sembrado el experimento.

Peso húmedo de la planta (PHP), se colectaron las partes aéreas (hojas, tallos, peciolo) de las plantas, una vez que se consideró que ya había ocurrido el tiempo de máxima producción y esto ocurrió 8 meses después de la siembra y 4 meses después de empezar a producir frutos.

Peso seco de la planta (PSP), una vez pesadas las plantas en " húmedo ", éstas fueron metidas en bolsas de papel perforadas y secadas en una estufa de aire forzado por 48 horas y posteriormente pesadas en balanza semianalítica con una precisión de ± 0.01 g.

Peso húmedo de la raíz (PRAIZH), las raíces colectadas se lavaron en agua corriente, luego se determinó el peso de ± 0.5 g.. Las raíces fueron de las plantas que se colectaron para medir el peso húmedo de la planta (PHP).

Peso seco de la raíz (PRAIZS), las raíces fueron de las mismas plantas que se colectaron para medir el peso húmedo de la raíz (PRAIZH). Estas fueron lavadas en agua corriente y secadas en una estufa de aire forzado por 48 horas, finalmente se pesó en balanza analítica.

Longitud del fruto (LFRUTO), cada fruto que era colectado se le midió la longitud con regla graduada en milímetros, desde la base del peciolo hasta la punta (Figura 2).

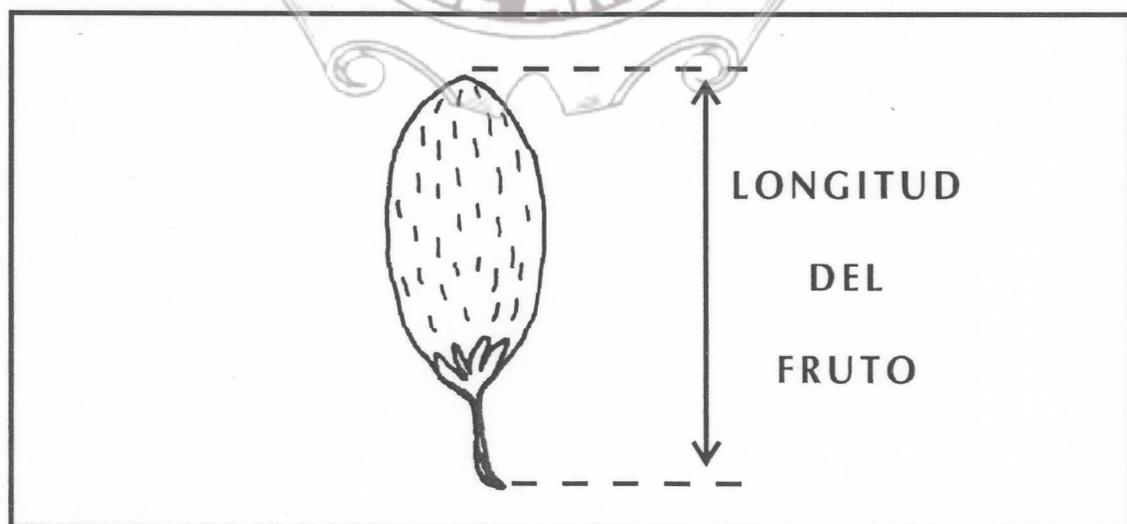


Figura 2. Representación de longitud del fruto de Chile Jalapeño.

Altura de la planta (ALTURA), la altura de la parte aérea se determinó con una cinta métrica, desde el suelo hasta la parte más alta de la planta, considerando hojas, tallos y frutos (Figura 3).



Figura 3. Medición de la altura de la planta de chile jalapeño.

6.5. La mejor relación tipo de suelo/dosis de exoesqueleto de jaiba

La mejor relación suelo/exoesqueleto de jaiba se refiere a la selección del mejor tratamiento por medio de un análisis estadístico. El análisis se realizó mediante una comparación de medias de acuerdo a la prueba de Tukey con una $\alpha (\infty) = 0.05$. Esta prueba ayudó a comparar entre sí a los doce tratamientos, considerando las siguientes variables: LFRUTO; ALTURA; PHP; PRAIZH y RTOPIH.

En esta prueba no se consideró peso seco de la planta (PSP) ni peso seco de la raíz (PRAIZS) porque presentaron una estrecha relación con el peso húmedo de cada fracción correspondiente.

El modelo estadístico fue el mismo que se describió en la sección 6.4, variando las instrucciones que fueron aplicadas al SAS, como ejemplo se muestra la siguiente instrucción.

```

DATA EXOESQ;
INPUT TRAT SUELO DOSIS REP PHP RTOPIH PRAIZH ALTURA LFRUTO;
CARDS;
1 1 1 1 3.4 1.6 0.7 22 2.35
1 1 1 2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
1 1 1 3 1.1 0.0 0.4 11 0.0
1 1 1 4 0.0 5.06 0.0 0.0 3.8
1 1 1 5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
2 1 2 1 12.6 5.4 5.75 38.5 3.5
.
.
12 3 4 5 7.06 7.89 1.32 34.75 4.17
PROC PRINT;
PROC GLM;
CLASSES TRAT SUELO DOSIS REP;
MODEL RTOPIH = TRAT REP;
MEANS TRAT/TUKEY ALPHA = 0.05;
RUN;
    
```

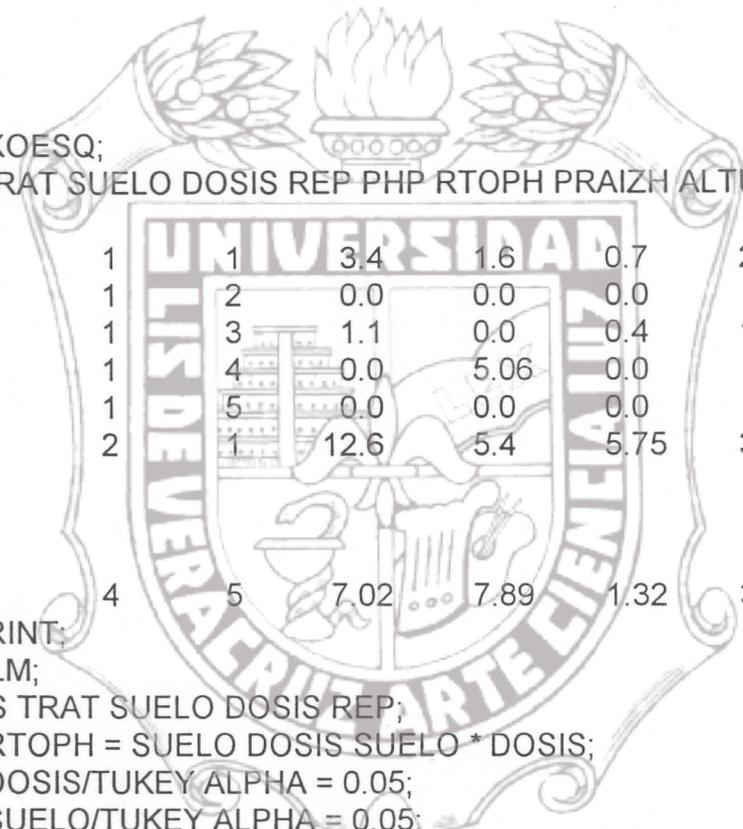
6.6. Interacción entre tipo de suelo y la aplicación de dosis de exoesqueleto de jaiba

En esta sección se probó si existe o no interacción entre el tipo de suelo utilizado y las dosis de exoesqueleto de jaiba.

Si hay interacción se dice que la aplicación de exoesqueleto de jaiba favorece o desfavorece a un tipo de suelo, con lo cual especifica que puede

presentarse un mejor o peor resultado, en cuanto a las variables consideradas como son: RTOPH, PHP, ALTURA, LFRUTO y PRAIZH.

La selección del mejor suelo, de la mejor dosis y de la prueba de interacción entre ellos, se realizó utilizando las instrucciones de SAS siguientes:



```

DATA EXOESQ;
INPUT TRAT SUELO DOSIS REP PHP RTOPH PRAIZH ALTURA LFRUTO;
CARDS;
1 1 1 1 3.4 1.6 0.7 22 2.35
1 1 1 2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
1 1 1 3 1.1 0.0 0.4 11 0.0
1 1 1 4 0.0 5.06 0.0 0.0 3.8
1 1 1 5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
2 1 2 1 12.6 5.4 5.75 38.5 3.5
.
.
12 3 4 5 7.02 7.89 1.32 34.75 4.17
PROC PRINT;
PROC GLM;
CLASSES TRAT SUELO DOSIS REP;
MODEL RTOPH = SUELO DOSIS SUELO * DOSIS;
MEANS DOSIS/TUKEY ALPHA = 0.05;
MEANS SUELO/TUKEY ALPHA = 0.05;
RUN;
    
```

En este tipo de prueba es preferible que no exista el efecto de la interacción para las variables agronómicas principales, como son RTOPH, ALTURA y LFRUTO, porque así la aplicación de la dosis de exoesqueleto de jaiba puede emplearse como fertilizante orgánico para cualquier tipo de suelo considerados.

6.7. Cambios del pH, conductividad eléctrica (C.E.), macronutrientes (N, K, Ca y Mg) y materia orgánica en el suelo con la aplicación de exoesqueleto de jaiba

Para determinar los cambios del pH, C.E. y macronutrientes en los diferentes tipos de suelo, éstos se analizaron al inicio y al final del experimento, como se mencionó en la sección 6.2.

Los análisis de pH y conductividad eléctrica (C.E.) se determinaron por potenciometría y conductimetría, respectivamente. Los macronutrientes se analizaron por los siguientes métodos: Macrokjeldahl para N, Olsen para P, cobaltonitrito en solución Morgan para K, y etilendiaminotetra-acético (EDTA) para Ca y Mg.

La medición del pH y la C.E. tienen importancia porque los problemas de alcalinidad y salinidad pueden ocasionar un decremento en el desarrollo completo de la planta y sobre todo un efecto perjudicial en el suelo. Si el exoesqueleto de jaiba no provoca un aumento significativo de alcalinidad y salinidad en el suelo, entonces indica que éste puede ser aplicado al medio agrícola sin tener cambios desfavorables.

A las muestras de suelo, al inicio y al final del experimento, se les determinó el contenido de materia orgánica (M.O.). Como se sabe, los principales elementos de constitución que posee la materia orgánica son el carbono (C), el hidrógeno (H), el oxígeno (O) y el nitrógeno (N).

La materia orgánica se determinó por el método de Walkey y Black.

El exoesqueleto de jaiba así como todo el material orgánico que se agrega al suelo tiene un proceso de descomposición, donde intervienen los microorganismos del suelo, éste sufre un proceso de mineralización en donde los constituyentes orgánicos pasan a fracciones inorgánicas (iones).

VII RESULTADOS Y DISCUSION

7.1. Exoesqueleto de jaiba

El contenido de macronutrientos de N, P, K, Ca y Mg en el exoesqueleto de jaiba, puede observarse mediante un análisis químico (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis químico del exoesqueleto de jaiba para los macronutrientos N, P, K, Ca y Mg.

Elemento	Composición del exoesqueleto de jaiba en:	
	(%)	(ppm)
Ca	22.18	22 999 ^{M.A.}
Mg	2.86	2 222 ^{M.A.}
N	1.14	
P		11 129
K		1 500

^{M.A.} = muy alto químicamente

Este análisis da una idea de la cantidad de los macronutrientos existentes en el exoesqueleto de jaiba, considerándolo como un abono compuesto y además señalando que la cantidad de Ca y Mg son químicamente muy altos.

Como se expresó en páginas anteriores, el caparazón de los crustáceos está formado principalmente por tres componentes; proteína, mineral y quitina; a esto se atribuye que exista una cantidad considerable de macronutrientos (N, P, K, Ca y Mg).

7.2. Exoesqueleto de jaiba como fertilizante orgánico

El cuadro 10 muestra los resultados de los parámetros fisiotécnicos (variables). Se observan los datos de los doce tratamientos con las cinco repeticiones.

Cuadro 10. Resultados de las variables evaluadas.

OBS	TRAT	SUELO	DOSIS	REP	PSP	PHP	RTOPH	PRAIZS	PRAIZH	ALTURA	LFRUTO
					gramos					centímetros	
1	1	1	1	1	0.70	3.40	1.60	0.50	0.70	22.0	2.35
2	1	1	1	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	1	1	1	3	0.20	1.10	0.00	0.10	0.40	11.0	0.00
4	1	1	1	4	0.00	0.00	5.06	0.00	0.00	0.00	3.80
5	1	1	1	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	2	1	2	1	2.55	12.60	5.40	2.85	5.75	38.50	3.50
7	2	1	2	2	1.70	9.82	9.19	1.32	2.14	31.40	4.10
8	2	1	2	3	0.30	1.35	6.55	0.20	0.35	19.00	3.95
9	2	1	2	4	0.60	3.80	5.50	0.10	0.45	18.00	3.93
10	2	1	2	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	3	1	3	1	0.80	6.10	2.45	0.20	0.90	28.00	3.60
12	3	1	3	2	0.80	5.80	14.80	0.20	1.10	23.00	5.20
13	3	1	3	3	0.45	3.15	0.00	0.05	0.50	16.50	0.00
14	3	1	3	4	1.90	13.20	6.90	0.40	1.90	38.00	4.41
15	3	1	3	5	3.65	22.80	10.25	2.35	4.05	40.50	4.12
16	4	1	4	1	2.25	14.08	6.96	0.65	1.50	41.50	4.20
17	4	1	4	2	0.55	3.80	5.40	0.30	0.65	21.00	3.45
18	4	1	4	3	0.35	1.97	7.96	0.12	0.42	17.50	3.76
19	4	1	4	4	0.70	3.00	7.10	0.40	1.50	18.00	3.85
20	4	1	4	5	0.56	3.63	4.46	0.18	0.96	25.66	3.28
21	5	2	1	1	0.90	8.50	6.18	0.22	0.74	28.00	3.78
22	5	2	1	2	4.05	27.07	10.16	1.50	2.95	39.50	4.47
23	5	2	1	3	2.60	15.20	11.17	0.95	2.25	32.00	4.18
24	5	2	1	4	0.80	6.85	7.25	0.35	0.90	29.00	4.20
25	5	2	1	5	1.00	7.56	8.47	0.40	1.30	27.00	4.51
26	6	2	2	1	2.40	64.80	17.41	4.50	8.40	53.00	5.12
27	6	2	2	2	14.00	70.50	12.84	5.10	10.10	70.00	5.21
28	6	2	2	3	7.05	36.70	7.89	3.85	4.55	53.00	41.14
29	6	2	2	4	5.25	30.80	10.04	2.80	6.40	42.00	4.63
30	6	2	2	5	7.30	39.60	15.71	3.70	8.40	52.00	5.51
31	7	2	3	1	8.25	44.30	8.22	4.15	7.05	54.00	4.41
32	7	2	3	2	8.50	50.40	8.28	1.20	4.20	54.00	4.12
33	7	2	3	3	5.85	32.60	9.66	1.20	2.90	47.50	3.81
34	7	2	3	4	3.85	24.05	12.48	2.25	5.85	39.00	4.42
35	7	2	3	5	2.00	15.70	12.30	0.50	1.70	29.00	5.55
36	8	2	4	1	9.20	42.80	13.66	1.70	4.30	35.00	5.61
37	8	2	4	2	3.82	25.62	6.61	0.72	1.67	43.75	4.15
38	8	2	4	3	3.00	17.26	6.45	0.90	1.76	38.66	4.03
39	8	2	4	4	3.15	19.85	7.58	1.65	4.70	35.00	4.27
40	8	2	4	5	1.10	8.35	5.35	0.15	0.65	32.00	4.50
41	9	3	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
42	9	3	1	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
43	9	3	1	3	1.65	7.95	6.97	0.20	1.10	34.00	3.98
44	9	3	1	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
45	9	3	1	5	3.30	20.00	10.66	0.50	2.00	34.00	4.70
46	10	3	2	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
47	10	3	2	2	2.70	16.50	7.15	0.45	2.20	34.50	4.24
48	10	3	2	3	1.05	6.50	11.10	0.15	0.65	24.00	4.80
49	10	3	2	4	2.90	20.40	6.55	0.50	2.10	39.00	3.75
50	10	3	2	5	6.90	35.30	5.90	0.90	1.90	50.00	4.50
51	11	3	3	1	4.40	29.75	10.47	0.50	1.90	46.00	4.34
52	11	3	3	2	1.83	8.86	8.40	1.16	4.33	34.00	4.57
53	11	3	3	3	4.40	22.20	10.33	1.40	4.00	55.00	4.65
54	11	3	3	4	0.50	3.90	6.75	0.12	0.60	25.00	4.35
55	11	3	3	5	0.40	2.00	6.26	0.12	0.45	19.50	3.60
56	12	3	4	1	1.67	37.40	6.44	1.92	3.15	29.00	3.60
57	12	3	4	2	3.10	16.15	8.45	1.70	3.30	32.00	4.77
58	12	3	4	3	2.10	11.70	10.29	1.70	3.00	34.50	4.70
59	12	3	4	4	1.31	9.33	5.71	1.00	0.46	36.66	3.57
60	12	3	4	5	1.40	7.02	7.89	0.55	1.32	34.75	4.17

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

El análisis de varianza junto con la prueba de contrastes ortogonales, se realizó para cada una de las variables mencionadas (Cuadro 11).

Cuadro 11. Análisis de varianza y contraste ortogonal para todas las variables.

VARIABLE DEPENDIENTE	FV ¹	GL ²	CM ³	FC ⁴	PR>F ⁵
RTOPH	TRAT	11	44.43	3.66	0.0010
	REP	4	2.30	0.19	0.9427
	CONTRASTE	1	136.12	11.20	0.0017*
	ERROR	44	12.15		
PSP	TRAT	11	22.22	4.88	0.0001
	REP	4	4.57	1.01	0.4148
	CONTRASTE	1	45.94	10.10	0.0027*
	ERROR	44	4.54		
PHP	TRAT	11	915.25	8.49	0.0001
	REP	4	256.41	2.38	0.0661
	CONTRASTE	1	1746.33	16.21	0.0002**
	ERROR	44	107.76		
PRAIZS	TRAT	11	5.68	10.53	0.0001
	REP	4	0.91	1.70	0.1682
	CONTRASTE	1	9.66	17.90	0.0001**
	ERROR	44	0.53		
PRAIZH	TRAT	11	19.48	8.46	0.0001
	REP	4	2.81	1.22	0.3157
	CONTRASTE	1	42.18	18.31	0.0001**
	ERROR	44	2.30		
ALTURA	TRAT	11	821.04	5.51	0.0001
	REP	4	65.41	0.44	0.7798
	CONTRASTE	1	3370.30	22.61	0.0001**
	ERROR	44	149.06		
LFRUTO	TRAT	11	6.30	3.26	0.0025
	REP	4	0.31	0.16	0.9556
	CONTRASTE	1	29.22	15.05	0.0003**
	ERROR	44	1.94		

(*Significativo $\alpha = 0.05$, **Altamente significativo $\alpha = 0.01$)

1.- Fuente de variación, 2.- Grados de libertad, 3.- Cuadrado medio, 4.- F calculada, 5.- Significancia.

Cabe recordar, que el contraste que se puso a prueba fue aquel que significaba que en promedio los tratamientos testigo (los que no tenían aplicación de exoesqueleto de jaiba T₁, T₅ y T₉) son similares al promedio de los tratamientos que sí tenían aplicación de exoesqueleto de jaiba (T₂, T₃, T₄, T₆, T₇, T₈, T₁₀, T₁₁ y T₁₂). La prueba de contrastes arrojó que las variables RTOPH y PSP resultaron con diferencias significativas ($\alpha = 0.05$), mientras que las variables PHP, PRAIZS, PRAIZH, ALTURA y LFRUTO, mostraron diferencias altamente significativas ($\alpha = 0.01$).

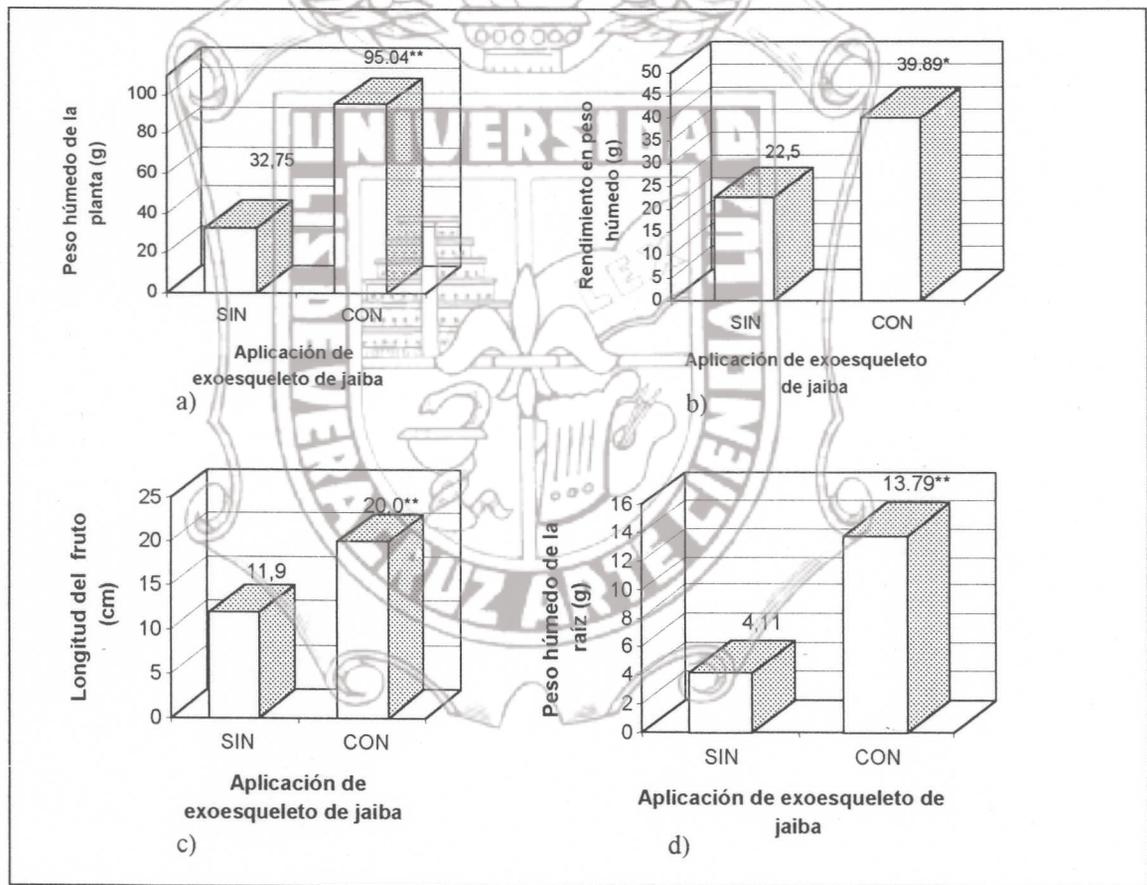


Figura 4. Promedio de los tratamientos CON la aplicación de exoesqueleto de jaiba (CON = (T₂ + T₃ + T₄ + T₆ + T₇ + T₈ + T₁₀ + T₁₁ + T₁₂) / 9) y SIN la aplicación de exoesqueleto de jaiba (SIN = (T₁ + T₅ + T₉) / 3) para las variables: a) PHP, b) RTOPH, c) LFRUTO, d) PRAIZH. (*Significativo $\alpha = 0.05$; **Altamente significativo $\alpha = 0.01$).

Para la prueba de contrastes, no se acepta la hipótesis de que los dos promedios son iguales. De esta forma, podemos afirmar que la aplicación de exoesqueleto de jaiba sirve como fertilizante orgánico para cualquier tipo de suelo. Esto se observa gráficamente (Figura 4a, b, c y d, y Figura 5a, b y c).

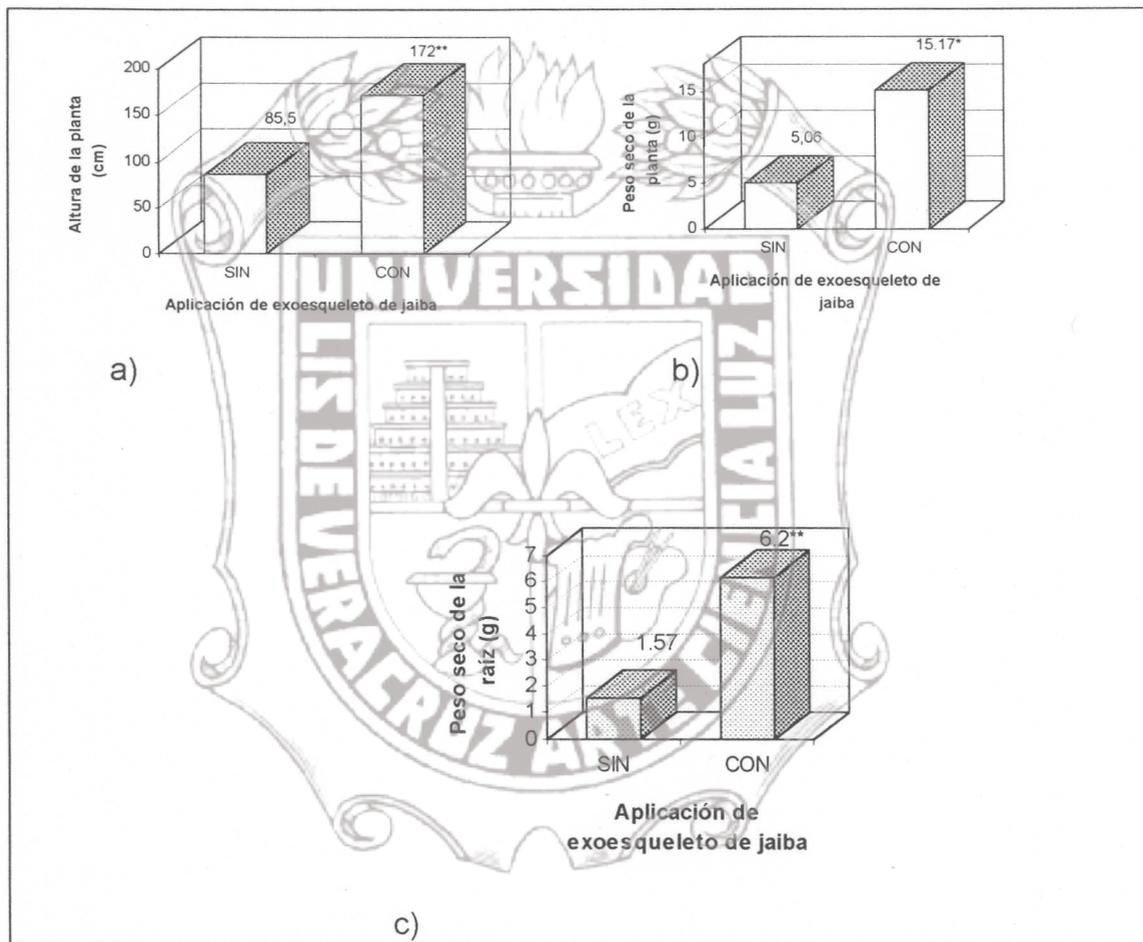


Figura 5. Promedio de los tratamientos CON la aplicación de exoesqueleto de jaiba ($CON = (T_2 + T_3 + T_4 + T_6 + T_7 + T_8 + T_{10} + T_{11} + T_{12}) / 9$) y SIN la aplicación de exoesqueleto de jaiba ($SIN = (T_1 + T_5 + T_9) / 3$) para las variables: a) ALTURA, b) PSP, c) PRAIZS. (*Significativo $\alpha = 0.05$; ** Altamente significativo $\alpha = 0.01$ estadísticamente).

7.3. La mejor relación tipo de suelo/dosis de exoesqueleto de jaiba

Basándose en los resultados obtenidos de la parte experimental y considerando las variables RTOPH, PHP, PRAIZH, ALTURA y LFRUTO, todas mostraron por medio del análisis de varianza un comportamiento significativo ($\alpha = 0.05$) y altamente significativo ($\alpha = 0.01$, Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de varianza para las variables RTOPH, PHP, PRAIZH, ALTURA y LFRUTO.

VARIABLE DEPENDIENTE	FV ¹	GL ²	CM ³	FC ⁴	PR>F ⁵
RTOPH	TRAT	11	44.43	3.66	0.0010*
	REP	4	2.30	0.19	0.9427
	ERROR	44	12.15		
PHP	TRAT	11	915.25	8.49	0.0001**
	REP	4	256.41	2.38	0.0661
	ERROR	44	107.76		
PRAIZH	TRAT	11	19.48	8.46	0.0001**
	REP	4	2.81	1.22	0.3157
	ERROR	44	2.30		
ALTURA	TRAT	11	821.04	5.51	0.0001**
	REP	4	65.41	0.44	0.7798
	ERROR	44	149.06		
LFRUTO	TRAT	11	6.32	3.26	0.0025*
	REP	4	0.31	0.16	0.9556
	ERROR	44	1.94		

(* Significativo $\alpha = 0.05$, ** Altamente significativo $\alpha = 0.01$)

1.- Fuentes de variación, 2.- Grados de libertad, 3.- Cuadrado medio, 4.- F calculada, 5.- Significancia.

Las variables RTOPH y LFRUTO registraron diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) para el tratamiento T₆, mientras que las variables PHP, PRAIZH y ALTURA registraron diferencias altamente significativas para el mismo tratamiento.

Instituto de Ingeniería
 Universidad Veracruzana

De acuerdo a lo anterior, la comparación de las medias estadísticas indicaron que el tratamiento T_6 predominó en todas las variables (Cuadro 13).

Cuadro 13. Prueba de Tukey para comparación de las medias de los tratamientos para todas las variables (nivel de significancia $\alpha = 0.05$).

VARIABLE DEPENDIENTE									
RTOPH (g)		PHP (g)		PRAIZH (g)		ALTURA (cm)		LFRUTO (cm)	
Media	Trat.	Media	Trat.	Media	Trat.	Media	Trat.	Media	Trat.
12.77	6	48.48	6	7.57	6	54.00	6	4.92	6
10.18	7	33.41	7	4.34	7	44.70	7	4.51	8
8.64	5	22.77	8	2.61	8	36.88	8	4.46	7
8.44	11	16.32	12	2.25	11	35.90	11	4.30	11
7.93	8	15.74	10	2.24	12	33.38	12	4.22	5
7.75	12	13.34	11	1.73	2	31.10	5	4.16	12
6.88	3	13.16	5	1.69	3	29.50	10	3.70	4
6.37	4	10.21	3	1.62	5	29.20	3	3.46	3
6.14	10	5.59	9	1.37	10	24.73	4	3.45	10
5.32	2	5.51	2	1.00	4	21.38	2	3.09	2
3.52	9	5.29	4	0.62	9	13.60	9	1.73	9
1.33	1	0.90	1	0.22	1	6.60	1	1.23	1

En resumen, el tratamiento T_6 (Cuadro 13) mostró ser la mejor relación de suelo/exoesqueleto de jaiba, representando al suelo B con una dosis de 100 g de exoesqueleto de jaiba/5 kg suelo. Por otra parte, el tratamiento T_1 (Cuadro 13) presentó las medidas estadísticas más bajas para todas las variables, agrónomicamente este tratamiento representa al peor suelo (Suelo A) aunado a que no se le agregó exoesqueleto de jaiba.

7.4. Interacción entre tipo de suelo y la aplicación de dosis de exoesqueleto de jaiba

El Cuadro 14 muestra los resultados del análisis de varianza y de la interacción entre tipo de suelo y dosis de exoesqueleto de jaiba, encontrándose que la significancia es diferente para cada variable.

Cuadro 14. Análisis de varianza e interacción entre tipo de suelo y dosis de exoesqueleto de jaiba. 1.- Fuente de variación, 2.- Grados de libertad, 3.- Cuadrado medio, 4.- F calculada, 5.- Probabilidad a la que F es significativa.

VARIABLE DEPENDIENTE	FV ¹	GL ²	CM ³	FC ⁴	PR>F ⁵
RTOPH	SUELO	2	126.59	10.41	0.0002
	DOSIS	3	48.75	4.01	0.0131
	SUELO*DOSIS	6	14.89	1.23	0.3119 ^{ns}
	ERROR	44	12.15		
PHP	SUELO	2	3023.03	28.05	0.0001
	DOSIS	3	760.50	7.05	0.0006
	SUELO*DOSIS	6	290.03	2.69	0.0259*
	ERROR	44	107.76		
PRAIZH	SUELO	2	47.70	20.71	0.0001
	DOSIS	3	20.48	8.89	0.0001
	SUELO*DOSIS	6	9.57	4.15	0.0022**
	ERROR	44	2.30		
ALTURA	SUELO	2	2304.76	15.46	0.0001
	DOSIS	3	1186.59	7.96	0.0002
	SUELO*DOSIS	6	143.69	0.96	0.4606 ^{ns}
	ERROR	44	149.06		
LFRUTO	SUELO	2	14.26	7.35	0.0018
	DOSIS	3	10.00	5.15	0.0039
	SUELO*DOSIS	6	1.84	0.95	0.4705 ^{ns}
	ERROR	44	1.94		

(*Significativo $\alpha = 0.05$, **Altamente significativo $\alpha = 0.01$, ^{ns} no significativo)

El análisis de varianza junto con la prueba de Tukey con una alpha (α) = 0.05 mostró diferencias significativas existentes en todas las variables RTOPH, PHP, PRAIZH, ALTURA y LFRUTO, para los tipos de suelo y las dosis (Cuadro 15).

Las variables RTOPH, ALTURA y LFRUTO presentaron diferencias no significativas en la interacción. Esto significa que no se favorece a un tipo de suelo al aplicar el exoesqueleto de jaiba. A su vez, esto implica que la mejor dosis de exoesqueleto de jaiba se puede aplicar a cualquier tipo de suelo.

Las variables PHP y PRAIZH presentaron diferencia significativa y altamente significativa, respectivamente, en la interacción.

Esto indica que se favorece a un tipo de suelo con respecto a la aplicación de al menos una dosis de exoesqueleto de jaiba.

En general, el efecto de la interacción entre los dos factores (suelo y exoesqueleto de jaiba) es no significativo en tres de las cinco variables consideradas, y no hubo interacción en las variables que se consideran agrónomicamente más importantes, como es el rendimiento en peso húmedo (RTOPH), la altura de la planta (ALTURA) y longitud del fruto (LFRUTO).

El tipo de interacción entre el tipo de suelo y las dosis de exoesqueleto de jaiba para cada una de las variables evaluadas (RTOPH, PHP, PRAIZH, ALTURA, LFRUTO) puede observarse gráficamente (Figura 6, 7, 8, 9 y 10).

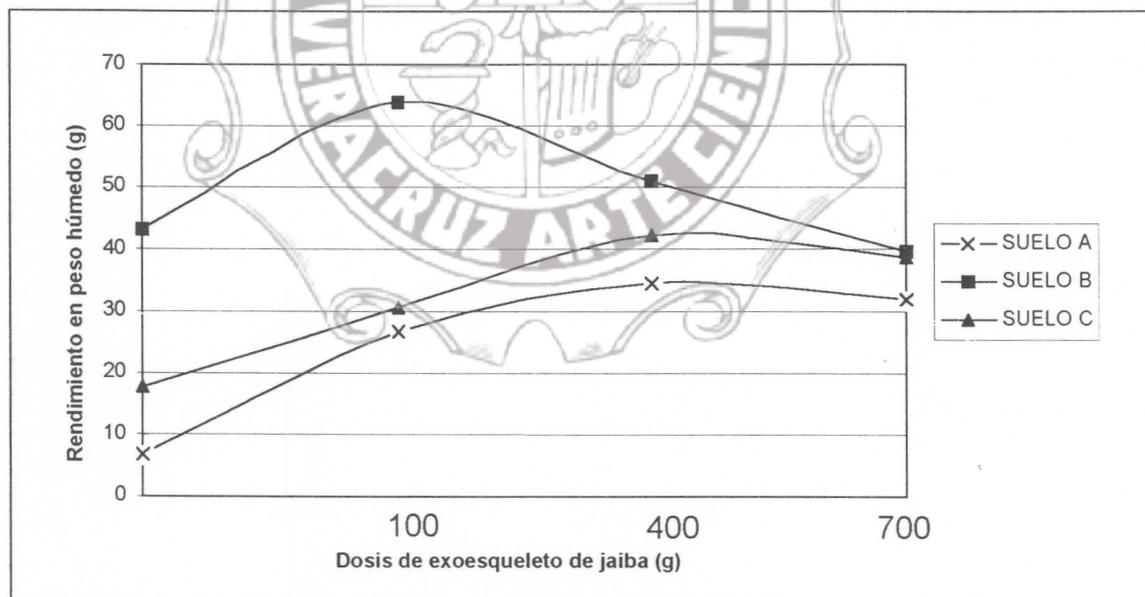


Figura 6. Representación gráfica para la variable RTOPH de la no interacción (ns: no significativo estadísticamente) entre los tipos de suelos y las dosis de exoesqueleto de jaiba (0, 100, 400 y 700 g).

Instituto de Ingeniería
 Universidad Veracruzana

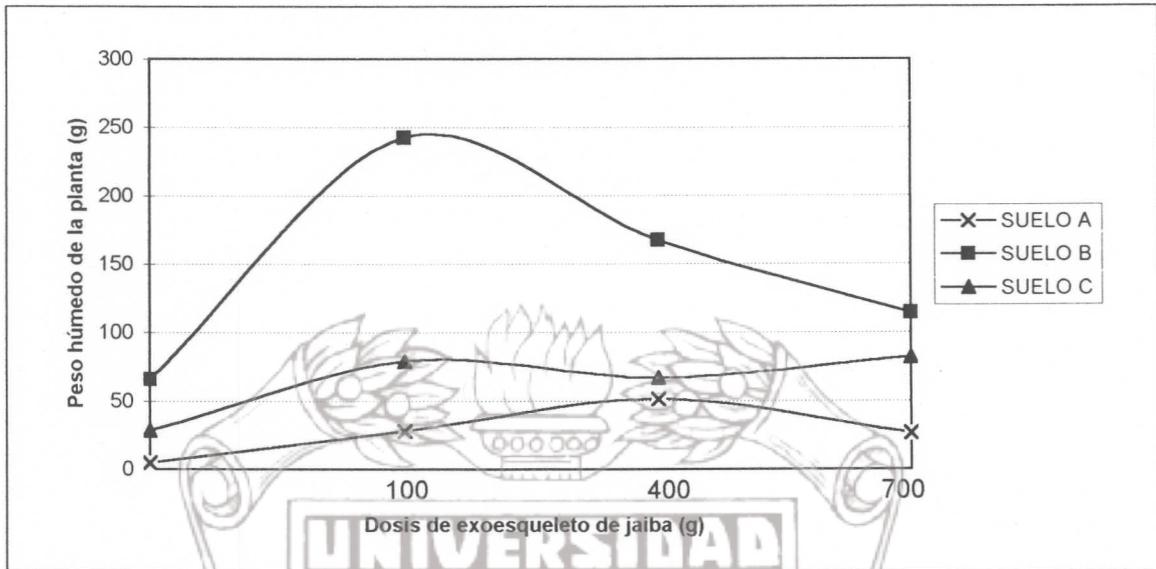


Figura 7. Representación gráfica para la variable PHP, mostrando la interacción (*Significativa estadísticamente) entre los tipos de suelos y las dosis de exoesqueleto de jaiba (0, 100, 400 y 700 g).

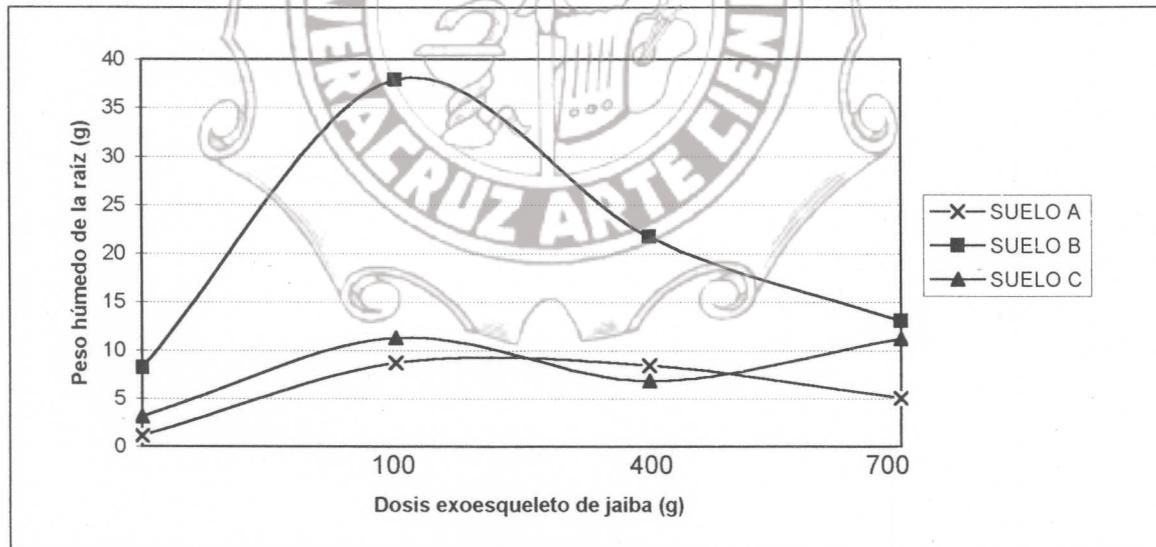


Figura 8. Representación gráfica para la variable PRAIZH, mostrando alta interacción (**Altamente significativa estadísticamente) entre los tipos de suelos y las dosis de exoesqueleto de jaiba (0, 100, 400 y 700 g).

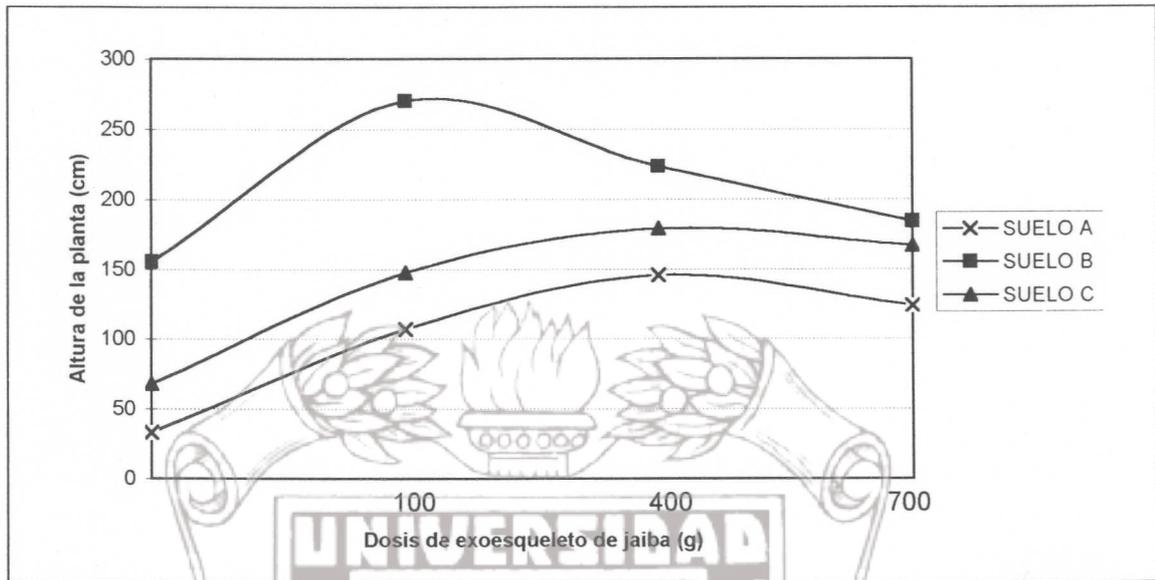


Figura 9. Representación gráfica para la variable ALTURA, mostrando no interacción (ns: no significativo estadísticamente) entre los tipos de suelos y las dosis de exoesqueleto de jaiba (0, 100, 400 y 700 g).

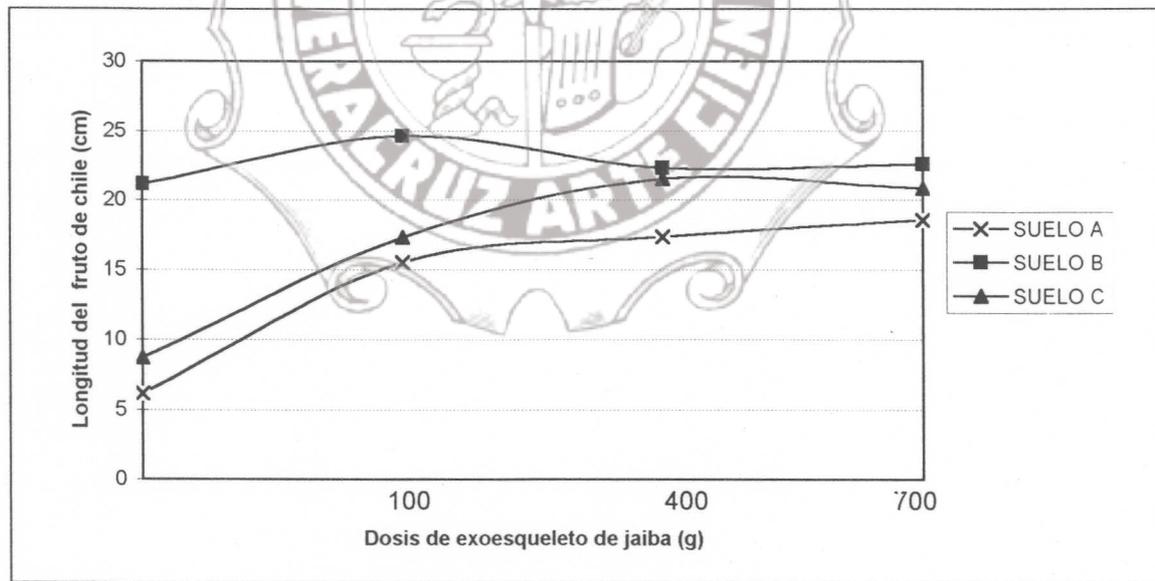


Figura 10. Representación gráfica para la variable LFRUTO, mostrando no interacción (ns: no significativo estadísticamente) entre los tipos de suelos y las dosis de exoesqueleto de jaiba (0, 100, 400 y 700 g).

En la representación gráfica de las variables PHP y PRAIZH se observó la interacción existente. Como se ilustra en la Figura 7 y 8, se observa que al aplicar la dosis 4 (700 g de exoesqueleto de jaiba) se beneficia el tipo de suelo C, ya que el tipo de suelo A y B se ven disminuidos con esta dosis para las variables consideradas.

En la Figura 6, 9 y 10, se observa el efecto de la interacción no existente con el fin de establecer que la dosis de exoesqueleto de jaiba no favorece a un tipo de suelo específico, por lo tanto el comportamiento gráfico fue similar para las variables RTOPH, ALTURA y LFRUTO; aunque al aplicar la dosis 3 (400 g de exoesqueleto de jaiba) se beneficia el tipo de suelo A y C, mientras que el tipo de suelo B se ve disminuido con esta dosis para las variables RTOPH y ALTURA, sin embargo estadísticamente esta disminución se considera no significativa. Para la variable LFRUTO los tres tipos de suelo se ven beneficiados con diferentes aplicaciones de la dosis de exoesqueleto de jaiba, pero estadísticamente es no significativo para considerarse que existe interacción.

Posteriormente, en el análisis estadístico se desarrolló la comparación de las medias para resaltar, independientemente una de otra, la mejor dosis de exoesqueleto de jaiba y el mejor tipo de suelo (Cuadro 15).

Cuadro 15. Prueba de Tukey para comparación de las medias de las dosis y suelos para las variables.

VARIABLE DEPENDIENTE									
RTOPH		PHP		PRAIZH		ALTURA		LFRUTO	
MEDIA	DOSIS	MEDIA	DOSIS	MEDIA	DOSIS	MEDIA	DOSIS	MEDIA	DOSIS
8.5a*	3	23.2a	2	3.5a	2	36.6a	3	4.1a	4
8.0a	2	18.9ab	3	2.7ab	3	34.9a	2	4.0a	3
7.3ab	4	14.7ab	4	1.9bc	4	31.6a	4	3.8a	2
4.5b	1	6.5b	1	0.8c	1	17.1b	1	2.3b	1
MEDIA	SUELO	MEDIA	SUELO	MEDIA	SUELO	MEDIA	SUELO	MEDIA	SUELO
9.8a	2	29.4a	2	4.0a	2	41.6a	2	4.5a	3
6.4b	3	12.7b	3	1.6b	3	28.0b	3	3.4b	2
4.9b	1	5.4b	1	1.1b	1	20.4b	1	2.8b	1

(Nivel de significancia $\alpha = 0.05$, *Categoría estadística; Suelo: A = 1, B = 2, C = 3; Dosis: 1 = 0 g, 2 = 100 g, 3 = 400 g, 4 = 700 g)

En todas las variables predominó en promedio el suelo B como el mejor, por su parte el suelo A resultó una vez más con una media estadística baja. Hay que recordar que desde " el inicio " del experimento se caracterizó al suelo B como " bueno ", el suelo C como " medio " y al suelo A como " malo ", lo que indica que aun después de la aplicación de los tratamientos esta clasificación no cambió.

Las variables PHP y PRAHZ mostraron que en promedio la mejor dosis es a 100 g de exoesqueleto de jaiba.

En las variables RTOPI y ALTURA se observó que la mejor dosis es a 400 g de exoesqueleto de jaiba.

En la variable LFRUTO presentó la mejor dosis a 700 g de exoesqueleto de jaiba.

En resumen, cualquier dosis de exoesqueleto de jaiba, para todas las variables, son significativamente mejor en relación a la dosis del testigo (dosis: 1 = 0 g de exoesqueleto de jaiba), la cual mostró que para cualquiera de los tres tipos de suelo, una producción menor en todas las variables.

7.5 Cambios en el pH y la conductividad eléctrica (C.E.) del suelo con la aplicación de exoesqueleto de jaiba

El Cuadro 16 muestra los datos obtenidos del pH y conductividad eléctrica (C.E.) en los tipos de suelos al inicio del experimento.

Cuadro 16. pH y C.E. en los tres tipos de suelos al inicio del experimento.

Tipo de suelo	pH	C.E. (mS·cm ⁻¹)
A	5.8 ^{M.A.C.}	0.080 ^{N.S.}
B	5.8 ^{M.A.C.}	0.140 ^{N.S.}
C	5.8 ^{M.A.C.}	0.060 ^{N.S.}

Químicamente:

M.A.C. = Moderadamente ácido

N.S. = no salino

Los resultados finales del experimento de C.E. y pH, de los tres tipos de suelo y de las diferentes dosis de exoesqueleto de jaiba, se muestra en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Determinación de C.E. y pH en los tipos de suelos y dosis de aplicación de exoesqueleto de jaiba al final del experimento.

Tipo de suelo	pH	C.E. (mS·cm ⁻¹)
Tipo de suelo A		
0 g	6.0 ^{M.A.C.}	0.090 ^{N.S.}
100 g	6.7 ^N	0.150 ^{N.S.}
400 g	7.4 ^{M.A.L.}	0.170 ^{N.S.}
700 g	7.4 ^{M.A.L.}	0.190 ^{N.S.}
Tipo de suelo B		
0 g	6.3 ^{M.A.C.}	0.140 ^{N.S.}
100 g	6.8 ^N	0.180 ^{N.S.}
400 g	7.2 ^N	0.250 ^{N.S.}
700 g	7.6 ^{M.A.L.}	0.310 ^{N.S.}
Tipo de suelo C		
0 g	6.9 ^N	0.100 ^{N.S.}
100 g	7.4 ^{M.A.L.}	0.140 ^{N.S.}
400 g	7.7 ^{M.A.L.}	0.170 ^{N.S.}
700 g	7.7 ^{M.A.L.}	0.230 ^{N.S.}

Químicamente:

M.A.C. = Moderadamente ácido

N = Neutro

M.A.L. = Moderadamente alcalino

N.S. = No salino

El pH en los tres tipos de suelo a 0 g de exoesqueleto de jaiba al inicio y al final del experimento, fue moderadamente ácido, como se observa en el Cuadro 16 y 17, excepto el suelo C que llegó a un pH neutro (pH = 6.9) al final del experimento.

El exoesqueleto de jaiba al final del experimento provocó un incremento del pH conforme aumentaba la dosis.

La conductividad eléctrica (C.E.) para los tres tipos de suelo a 0 g de exoesqueleto de jaiba al inicio y al final del experimento, se mostraron completamente no salinos, como se observa en el Cuadro 16 y 17.

La dosis de exoesqueleto de jaiba (100 g , 400 g y 700 g) al final del experimento, mostraron un aumento de la C.E. en forma ascendente, como se observa en el Cuadro 17, sin embargo no hay problemas de salinidad.

La comparación de las aplicaciones de exoesqueleto de jaiba (100 g, 400 g y 700 g) con los tres tipos de suelo que no tenían exoesqueleto de jaiba, ayudó a determinar que no existe un efecto perjudicial de la incorporación del exoesqueleto de jaiba sobre el pH y la conductividad eléctrica, por lo tanto, el exoesqueleto de jaiba puede ser considerado como una alternativa del reciclaje de materiales de desecho al utilizarse como fertilizante orgánico.

7.6 Cambios en el contenido de macronutrientos (N, P, K, Ca y Mg) y materia orgánica en el suelo con la aplicación de exoesqueleto de jaiba

En el Cuadro 18 puede observarse el contenido de materia orgánica al inicio y al final del experimento, en los tres tipos de suelo, con las aplicaciones de exoesqueleto de jaiba.

Cuadro 18. Determinación de la materia orgánica al inicio y al final del experimento, en los tres tipos de suelo, con las aplicaciones de exoesqueleto de jaiba.

Tipo de Suelo	MATERIA ORGANICA (%)				
	Al inicio del experimento	Al final del experimento			
		0 g	0 g	100 g	400 g
A	1.7 ^B	1.4 ^B	1.4 ^B	1.4 ^B	1.6 ^B
B	3.4 ^A	2.9 ^M	3.0 ^M	2.8 ^M	2.6 ^M
C	2.4 ^M	2.4 ^M	2.4 ^M	2.6 ^M	2.7 ^M

Químicamente: ^B = bajo, ^M = medio, ^A = alto.

El contenido de materia orgánica (M.O.) a 0 g de exoesqueleto de jaiba, para el tipo de suelo A, químicamente fue bajo al inicio y al final del experimento, mientras que el tipo de suelo B, químicamente fue alto al inicio y medio al final del experimento.

El contenido de materia orgánica (M.O.) a 0 g de exoesqueleto de jaiba, para el tipo de suelo C, químicamente fue medio al inicio y al final del experimento.

Al final del experimento, el contenido de materia orgánica químicamente fue baja para el tipo de suelo A, en las tres aplicaciones de exoesqueleto de jaiba (100 g, 400 g y 700 g), mientras que para el tipo de suelo B y C químicamente fue medio en las tres aplicaciones de exoesqueleto de jaiba mencionadas.

Como todo fertilizante orgánico, el exoesqueleto de jaiba aportó un nivel de materia orgánica al final del experimento. Esto significa que la descomposición de este residuo orgánico produce diferentes nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas, los cuales son liberados y satisfacen las necesidades de las plantas.

En promedio, la materia orgánica fue químicamente medio al inicio y al final del experimento con las aplicaciones de exoesqueleto de jaiba. Gráficamente se puede observar en la Figura 11.

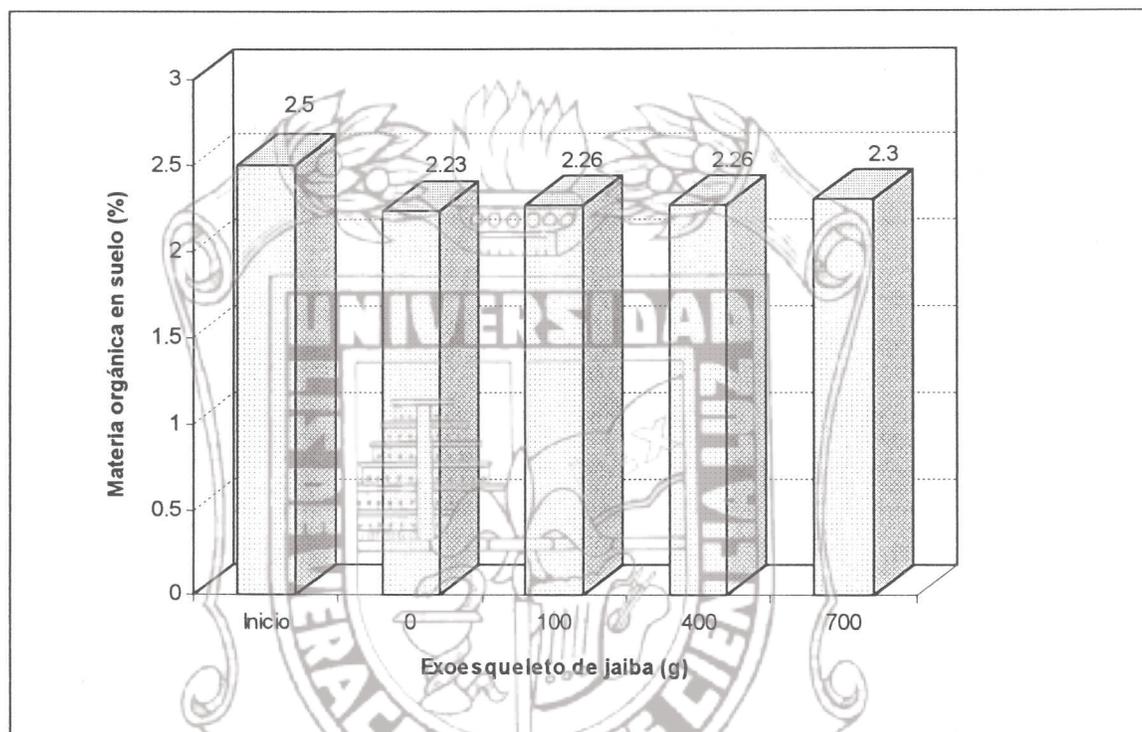


Figura 11. Contenido de materia orgánica en el suelo, al inicio y al final del experimento con diferentes dosis de exoesqueleto de jaiba.

Las determinaciones químicas de los macronutrientes para los tres tipos de suelo a 0 g de exoesqueleto de jaiba al inicio y al final del experimento, se muestran en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Contenido de macronutrientos, al inicio y al final del experimento, para los tres tipos de suelo a 0 g de exoesqueleto de jaiba.

Macronutrientos	Tipo de Suelo					
	Al inicio del experimento			Al final del experimento		
	A	B	C	A	B	C
N (%)	0.08 ^B	0.17 ^A	0.12 ^M	0.0660 ^B	0.1351 ^M	0.0885 ^B
P (ppm)	17.8 ^M	78.7 ^{MA}	6.09 ^M	21.72 ^A	68.9 ^A	17.8 ^A
K (ppm)	337.5 ^{MA}	356.2 ^{MA}	112.5 ^A	328.1 ^{MA}	362.5 ^{MA}	134.0 ^{MA}
Ca (ppm)	1809 ^{MA}	2000 ^{MA}	2381 ^{MA}	1801 ^{MA}	3333 ^{MA}	2522 ^{MA}
Mg (ppm)	405 ^{MA}	162 ^{MA}	567 ^{MA}	1531 ^{MA}	2234 ^{MA}	1652 ^{MA}

Químicamente: ^B = bajo, ^M = medio, ^A = alto, ^{MA} = muy alto.

El N químicamente en promedio, fue medio al inicio y bajo al final del experimento para los tres tipos de suelo a 0 g de exoesqueleto de jaiba.

El P químicamente en promedio, fue alto al inicio y al final del experimento para los tres tipos de suelo a 0 g de exoesqueleto de jaiba.

El K, Ca y Mg, químicamente en promedio fueron muy altos al inicio y al final del experimento, para los tres tipos de suelo a 0 g de exoesqueleto de jaiba.

El promedio de los macronutrientos de los tres tipos de suelo, al inicio y al final del experimento, se pueden observar gráficamente (Figura 12).

Las determinaciones químicas de los macronutrientos en el suelo con las aplicaciones de exoesqueleto de jaiba (100 g, 400 g y 700 g) al final del experimento, se pueden observar en el Cuadro 20.

Instituto de Ingeniería
 Universidad Veracruzana

Cuadro 20. Contenido de macronutrientos en el suelo al final del experimento, con las aplicaciones de exoesqueleto de jaiba (100 g, 400 g y 700 g).

	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)
Suelo A					
100 g	0.0810 ^B	96.0 ^A	315.6 ^{MA}	5043 ^{MA}	818 ^{MA}
400 g	0.0990 ^B	250.1 ^A	196.8 ^{MA}	20360 ^{MA}	893 ^{MA}
700 g	0.1036 ^B	388.8 ^A	153.1 ^{MA}	26036 ^{MA}	702 ^{MA}
Suelo B					
100 g	0.1141 ^M	137.6 ^A	353.1 ^{MA}	5045 ^{MA}	829 ^{MA}
400 g	0.1531 ^M	266.8 ^A	165.6 ^{MA}	23603 ^{MA}	2042 ^{MA}
700 g	0.1591 ^A	437.6 ^A	153.1 ^{MA}	28468 ^{MA}	1468 ^{MA}
Suelo C					
100 g	0.0945 ^B	66.7 ^A	97.5 ^M	6846 ^{MA}	1659 ^{MA}
400 g	0.1006 ^B	144.4 ^A	71.8 ^M	23423 ^{MA}	2553 ^{MA}
700 g	0.1276 ^M	228.7 ^A	62.5 ^M	34234 ^{MA}	4723 ^{MA}

Químicamente: B = bajo, M = medio, A = alto, M.A. = muy alto.

El N en promedio, químicamente al final del experimento se clasificó como: bajo a 100 g de exoesqueleto de jaiba, medio a 400 g y 700 g de exoesqueleto de jaiba.

El P en promedio, químicamente al final del experimento se clasificó como alto, para las dosis de 100 g, 400 g y 700 g de exoesqueleto de jaiba.

El K, Ca y Mg en promedio, químicamente al final del experimento, se clasificó como muy alto para las dosis de 100 g, 400 g y 700 g de exoesqueleto de jaiba.

El promedio de los macronutrientos en el suelo con las aplicaciones de exoesqueleto de jaiba al final del experimento, se pueden observar gráficamente (Figura 12), ya que los macronutrientos muestran un mismo comportamiento y además, se observan cambios producidos por las dosis de exoesqueleto de jaiba. El contenido de los macronutrientos al final del experimento se debe al proceso de descomposición del exoesqueleto de jaiba durante 9 meses aproximadamente (tiempo del establecimiento del experimento). Este proceso de descomposición se conoce como mineralización.

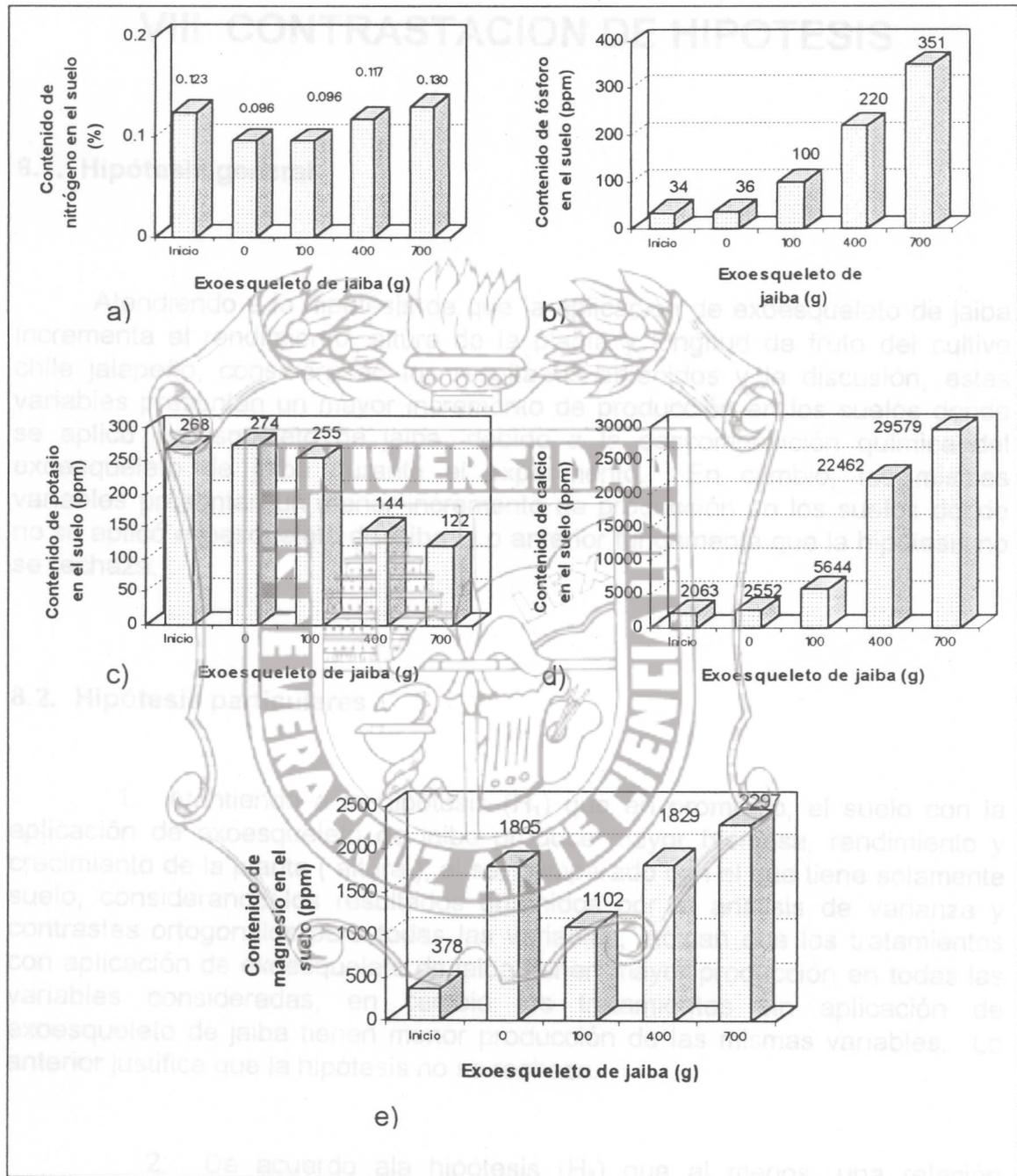


Figura 12. Promedio del contenido de los macronutrientos al aplicar dosis crecientes de exoesqueleto de jaiba en el suelo al inicio y al final del experimento. (a) N, (b) P, (c) K, (d) Ca y (e) Mg.

VIII CONTRASTACION DE HIPOTESIS

8.1. Hipótesis general

Atendiendo a la hipótesis de que la aplicación de exoesqueleto de jaiba incrementa el rendimiento, altura de la planta y longitud de fruto del cultivo chile jalapeño, considerando los resultados obtenidos y la discusión, estas variables presentan un mayor incremento de producción en los suelos donde se aplicó exoesqueleto de jaiba, debido a la descomposición química del exoesqueleto de jaiba durante el experimento. En cambio, las mismas variables presentan un menor incremento de producción en los suelos donde no se aplicó exoesqueleto de jaiba. Lo anterior fundamenta que la hipótesis no se rechaza.

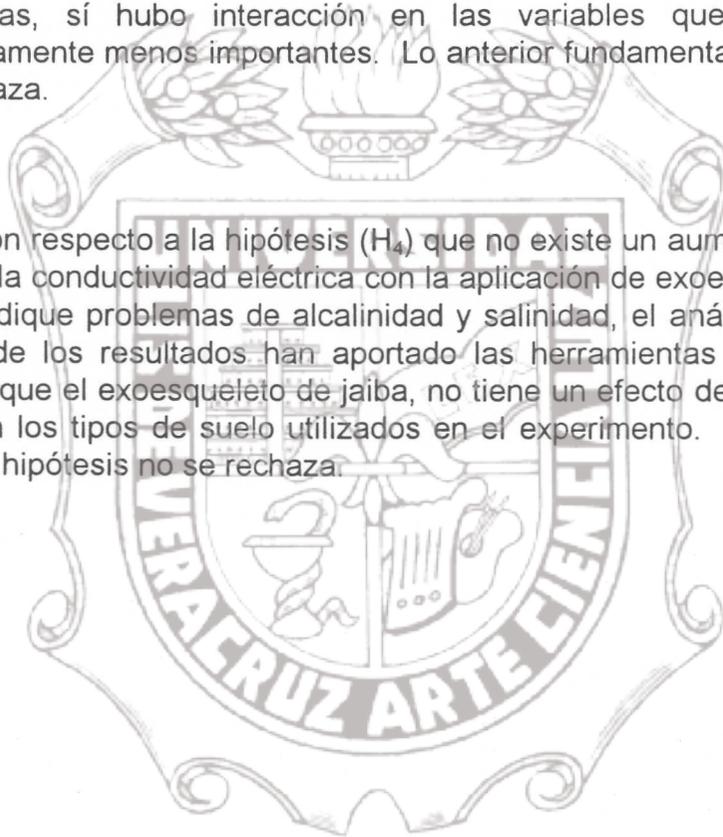
8.2. Hipótesis particulares

1. Atendiendo a la hipótesis (H_1) que en promedio, el suelo con la aplicación de exoesqueleto de jaiba produce mayor biomasa, rendimiento y crecimiento de la planta (altura), al ser comparado con el que tiene solamente suelo, considerando los resultados obtenidos por el análisis de varianza y contrastes ortogonales para todas las variables, indican que los tratamientos con aplicación de exoesqueleto de jaiba tienen mayor producción en todas las variables consideradas, en cambio los tratamientos sin aplicación de exoesqueleto de jaiba tienen menor producción de las mismas variables. Lo anterior justifica que la hipótesis no se rechaza.

2. De acuerdo a la hipótesis (H_2) que al menos, una relación suelo/exoesqueleto de jaiba es mejor en la producción de biomasa, rendimiento y crecimiento de la planta (altura), al ser comparado con el que tiene solamente suelo, considerando los resultados obtenidos por el análisis de varianza y la prueba de Tukey, indican que el tratamiento T_6 es la mejor relación de suelo/exoesqueleto de jaiba, en cambio el tratamiento T_1 es la peor relación. Lo anterior justifica que la hipótesis no se rechaza.

3. El análisis de varianza junto con la prueba de Tukey y la discusión de resultados, en relación a la hipótesis (H_3) de que no existe interacción entre los diferentes tipos de suelo y la aplicación de exoesqueleto de jaiba, los elementos de juicio obtenidos establecen que en tres de las cinco variables consideradas, no hubo interacción en las variables que se consideran agronómicamente más importantes. En cambio, en dos de las cinco variables consideradas, sí hubo interacción en las variables que se consideran agronómicamente menos importantes. Lo anterior fundamenta que la hipótesis no se rechaza.

4. Con respecto a la hipótesis (H_4) que no existe un aumento significativo en el pH y la conductividad eléctrica con la aplicación de exoesqueleto de jaiba que nos indique problemas de alcalinidad y salinidad, el análisis químico y la discusión de los resultados han aportado las herramientas necesarias para establecer que el exoesqueleto de jaiba, no tiene un efecto de alteración ácida o salina en los tipos de suelo utilizados en el experimento. De acuerdo a lo anterior, la hipótesis no se rechaza.



IX CONCLUSIONES

1. Se acepta la hipótesis (H_1) por medio de una prueba estadística de contrastes ortogonales con un nivel de confiabilidad α del 95 %, porque en promedio, hubo un incremento en los parámetros fisiotécnicos evaluados en chile jalapeño con la aplicación de exoesqueleto de jaiba al suelo con respecto a los suelos en que no se aplicó. De ésta forma aumentó el rendimiento (7.9 g), el peso seco y peso húmedo de la planta (3.0 g y 19.0 g, respectivamente), peso seco y húmedo de la raíz (1.2 g y 2.7 g, respectivamente), altura de la planta (34.4 cm) y longitud del fruto (4.0 cm). Por el contrario, éstas mismas variables disminuyeron en los suelos en que no se aplicó el exoesqueleto de jaiba, como son el rendimiento (4.5 g), el peso seco y húmedo de la planta (1.0 g y 6.5 g respectivamente), peso seco y húmedo de la raíz (0.3 g y 0.8 g, respectivamente), altura de la planta (17.1 cm) y longitud del fruto (3.0 cm). Esto implica que el exoesqueleto de jaiba puede ser utilizado como fertilizante orgánico.

2. Por medio de un análisis de varianza y de una comparación de medias con Tukey al 95 % de confiabilidad, el tratamiento T_6 que es 100 g de exoesqueleto de jaiba aplicado en el tipo de suelo B registró los mayores aumentos en las variables: rendimiento (12.7 g), peso húmedo de la planta (48.4 g), peso húmedo de la raíz (7.5 g), altura de la planta (54.0 cm) y longitud del fruto (4.9 cm). El tratamiento con los valores mas bajos en las variables analizadas fue donde se aplicó 0 g de exoesqueleto de jaiba en el tipo de suelo A (tratamiento T_1), donde las variables tuvieron los siguientes valores: rendimiento (1.3 g), peso húmedo de la planta (0.9 g), peso húmedo de la raíz (0.2 g), altura de la planta (6.6 cm) y longitud del fruto (1.2 cm). Por lo tanto, la hipótesis H_2 se acepta.

3. La hipótesis H_3 se acepta por medio del análisis de varianza junto con la prueba de Tukey con un α igual al 0.05, porque mostró que no hubo interacción para las variables agronómicamente más importantes: rendimiento (7.9 g), altura de la planta (34.4 cm) y longitud del fruto (4.0 cm), pero las variables: peso húmedo de la planta y peso húmedo de la raíz presentaron interacción. A pesar de éstas dos variables, agronómicamente menos importantes, se concluye que el exoesqueleto de jaiba puede ser utilizado en cualquier tipo de suelo.

4. La hipótesis H_4 se acepta por medio de un análisis químico de suelos, porque en promedio, la aplicación de exoesqueleto de jaiba en polvo no registró un alto índice de salinidad en el suelo (conductividad eléctrica = 0.198 miliSiemens cm^{-1}) ni de alcalinidad (pH = 7.3), por lo tanto se puede considerar como un desecho orgánico que no provoca problemas de salinidad ni de alcalinidad al sustrato agrícola.

5. Al realizar el análisis químico de suelo al final del experimento, el exoesqueleto de jaiba aportó niveles altos de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, y aun cuando su aplicación - a dosis crecientes - produce un aumento de estos elementos en el suelo, no se llega a provocar niveles de toxicidad de macronutrientes en el suelo. Consecuentemente, ésta aportación de macronutrientes hacen que la mayoría de las hipótesis sean aceptables y cumplan con la finalidad esencial de que el exoesqueleto de jaiba sirva como fertilizante orgánico.



X LITERATURA CITADA

- Adler, R. y H. Teuscher. 1985. El suelo y su fertilidad. Edit. C.E.C.S.A. 9a. Ed. México. pp. 303 - 379.
- Barnes, R.D. 1987. Zoología de los invertebrados. Edit. Interamericana. 5a. Ed. México. pp. 634 - 680.
- Cody, R.P.; J.K. Smith. 1987. Applied Statistics and the SAS Programming Language. Elsevier Science Publishing. Amsterdam, The Netherland. 280 pp.
- Cooke, G.W. 1988. Fertilización para rendimientos máximos. Edit. C.E.C.S.A. 4a. Ed. México. pp. 49 - 101.
- Cooke, G. W. 1979. Fertilizantes y sus usos. Edit. C.E.C.S.A. 8a. Ed. México. pp. 1 - 38.
- Fundora, H.O.; N. Arzola P. y J. Machado de A. 1980. Agroquímica. Edit. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. pp. 101 - 146, 182 - 198.
- Gómez, K.A. y A.A. Gómez. 1984. Statistical procedures for agricultural research. Edit. John Wiley and Sons. 1a. Ed. Philippines. pp. 13 - 100.
- Infante G., S. y G.P. Zárata de Lara. 1986. Métodos estadísticos. 1a. Ed. Trillas. D.F., México. 643 p.
- López - Collado, C.J. 1997. Interpretación de los resultados de los análisis químicos de suelos agrícolas. Campus Veracruz. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. M.F. Altamirano, Ver. México. 45 p.
- Mantilla R., Ma. de los A. 1991. Diseño de planta para la elaboración de quitina y quitosana a partir de desechos crustáceos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Veracruzana. Veracruz, Ver. pp. 6 - 24.
- Martínez G., A. 1988. Diseños experimentales, métodos y elementos de teoría. 1a. Ed. Trillas. D.F. México. 756 p.

- Martínez G., A. 1983. Introducción al SAS. Statistical Analysis System. Sistema para Análisis Estadístico. 2a. Ed. Colegio de Postgraduados, Centro de Estadística y Cálculo. Chapingo, México. 167 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1970. Los fertilizantes y su empleo. 2a. Ed. Roma, Italia. pp. 1 - 48.
- Ortiz – Solorio, C.A. y C.J. López – Collado. 1997. Los Suelos del Campus Veracruz. Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Naturales. Campus Veracruz, Mpio. de Manlio Fabio Altamirano, Veracruz. México. 84 pp.
- Ortiz V., B. y C.A. Ortiz S. 1980. Edafología. Universidad Autónoma Chapingo. 3a. Ed. México. pp. 288 - 294, 313 - 323.
- Rodríguez C., R. 1994. El cultivo de la caña de azúcar en México. Universidad Autónoma Chapingo. 1a. Ed. México. pp. 88 - 90.
- Rodríguez de la C., Ma. C. 1988. Los recursos pesqueros de México y sus pesquerías. Secretaría de Pesca. 1a. Ed. México. pp. 56 - 87.
- Rodríguez S., F. 1982. Fertilizantes. Edit. C.E.C.S.A. 1a. Ed. México. pp. 47 - 84.
- Reinmuth, J.E. y Mendenhall. 1978. Estadística para administración y economía. Edit. Iberoamericana. Massachusetts. U.S.A. pp. 162 - 496.
- Ruiz F., J.F. 1991. Causas y consecuencias de la contaminación del suelo. Universidad Autónoma Chapingo. 1a. Ed. México. pp. 4, 5, 11, 17, 46 - 52.
- SAS Institute Inc. 1985. SAS Introductory Guide for Personal Computers, Version 6 Edition. Cary, NC.; SAS Institute Inc., 111 pp.
- SAS Institute Inc. 1988. SAS Language Guide for Personal Computers, Release 6.03 Edition. Cary, NC.; SAS Institute Inc., 558 pp.
- SAS Institute Inc. 1988. SAS Procedures Guide, Release 6.03 Edition. Cary, NC.; SAS Institute Inc., 441 pp.
- Thompson, L. M. y F.R. Troeh. 1982. Los suelos y su fertilidad. Edit. Reverté. 4a. Ed. Madrid, España. pp. 285 - 296.

Selke, W. 1968. Los abonos. Edit. Academia. 4a. Ed. Madrid, España. pp. 58 - 74.

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

