AGR
0219
1999

EFECTO DE TRES SISTEMAS DE LABRANZA SOBRE LOS MICROORGANISMOS HETERÓTROFOS DEL SUELO EN UN CULTIVO DE MAIZ
(Zea mayz)

EDGAR AMADO OSPINA HERRERA
JHON ALBERTO MARIN ROMERO

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERIA AGRONOMICA
VILLAVICENCIO
1997

020216

EFECTO DE TRES SISTEMAS DE LABRANZA SOBRE LOS MICROORGANISMOS HETERÓTROFOS DEL SUELO EN UN CULTIVO DE MAIZ
(Zea mayz)

EDGAR AMADO OSPINA HERRERA
JHON ALBERTO MARIN ROMERO

Trabajo de tesis para optar el título de INGENIERO AGRONOMO

Director
ROBERTO RAMIREZ CARVAJAL
Agrologo

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERIA AGRONÓMICA
VILLAVICENCIO
1997

NOTA DE ACEPTACIÓN

Aprobada

DIRECTOR

JURADO

JURADO

DIRECTIVAS

GUILLERMO LEON RUIZ

Rector

WERNER DANIEL CARDENAS

Vice rector Academico

RUTH CHAVES AVILA

Secretaria General

LUIS FERNANDO CORREDOR

Decano

LUIS JORGE CASTRO CASTILLO

Director de la Escuela

La Universidad de los Llanos, el director de la tesis y los jurados examinadores no se hacen responsables de las ideas expuestas por los autores de la misma

(Articulo 24 resolucion 04 de 1974)

A mis padres por su constante apoyo durante mi formacion profesional

A Nidia Quintero mi compañera y a mi futuro hijo

EDGAR OSPINA

A Dios por permitirme ser

Al recuerdo de mi madre ELSA JULIA ROMERO ROZO y de mi abuela materna BALVINA ROZO quienes fueron todo para mi

A las personas a quienes este trabajo de grado pueda aportar para su conocimiento o investigaciones

JOHN MARIN

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
SISTEMA DE BIBLIOTECAS
HEMEROTECA
Villavicencio - Meta

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN **1**

1 OBJETIVOS **3**

1 1 GENERAL 3

1 2 ESPECIFICOS 3

2 JUSTIFICACION **5**

3 PRESENTACION DEL PROBLEMA **8**

4 MARCO TEÓRICO **10**

4 1 HISTORIA DE LA MICROBIOLOGIA DEL SUELO 10

4 2 GENERALIDADES 11

4 3 POBLACIÓN MICROBIAL DEL SUELO 13

4 4 ACTIVIDAD BIOGEOQUIMICA DE LOS MICROORGANISMOS DEL SUELO 16

4 5 RELACIONES ENTRE LAS PLANTAS Y LOS MICROORGANISMOS 32

4 6 EFECTO DE LOS MICROORGANISMOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS 35

4 7 ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE EL TEMA 36

5 MATERIALES Y MÉTODOS **39**

5 1 LOCALIZACIÓN 39

5 2 MATERIALES 39

5 3 TRATAMIENTOS 40

5 4 METODOLOGIA 40

6 DISEÑO EXPERIMENTAL 45

7 RESULTADOS Y DISCUSION 46

7 1 BACTERIAS 46

7 2 POBLACIÓN MICROBIANA HETEROTROFA 63

7 3 ACTIVIDAD GLOBAL 78

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Comparacion de medias para la interaccion entre franjas y tratamientos segun poblacion de bacterias en el primer muestreo	48
Figura 2	Comparacion de medias para la interaccion entre franjas y tratamientos segun poblacion de bacterias en el segundo muestreo	49
Figura 3	Comparacion de medias de M O de acuerdo a las franjas y tratamientos	51
Figura 4	Comparacion de medias de pH de acuerdo a las franjas y tratamientos	52
Figura 5	Comparacion de medias de Porcentaje de Humedad de acuerdo a las franjas y tratamientos	53
Figura 6	Comparacion de medias para la interaccion entre franjas y tratamientos segun poblacion de bacterias en el tercer muestreo	56
Figura 7	Comparacion de medias para la interaccion entre franjas y tratamientos segun poblacion de bacterias en el cuarto muestreo	58
Figura 8	Comparacion de medias para la interaccion entre franjas y tratamientos segun poblacion microbiana heterotrofa en el primer muestreo	65

Figura 9 Comparacion de medias para la interaccion entre franjas y tratamientos segun poblacion microbiana heterotrofa en el segundo muestreo 66

Figura 10 Comparacion de medias para la interaccion entre franjas y tratamientos segun poblacion microbiana heterotrofa en el tercer muestreo 73

Figura 11 Comparacion de medias para la interaccion entre franjas y tratamientos segun poblacion microbiana heterotrofa en el cuarto muestreo 74

Figura 12 Comparacion de medias para la interaccion entre franjas y tratamientos segun la actividad global en el primer muestreo 80

Figura 13 Comparacion de medias para la interaccion entre franjas y tratamientos segun la actividad global en el segundo muestreo 84

Figura 14 Comparacion de medias para la interaccion entre franjas y tratamientos segun la actividad global en el tercer muestreo 88

Figura 15 Comparacion de medias para la interaccion entre franjas y tratamientos segun la actividad global en el cuarto muestreo 91

RESUMEN

Durante años se ha considerado al suelo como un sustrato inerte y se ha ignorado la compleja dinámica del ecosistema que se desarrolla en su interior, sin tener en cuenta el papel fundamental que cumple en la vida del hombre al determinar la producción de alimentos vegetales de manera directa y de alimentos animales indirectamente A finales de este milenio se ha revaluado este concepto y se ha creado conciencia sobre la importancia de realizar trabajos de investigacion que permitan conocer el comportamiento y la funcion especifica de los distintos componentes del suelo, entre ellos, los microorganismos, que determinan el ciclaje de los nutrientes, gracias a su capacidad de degradar y sintetizar compuestos organicos e inorganicos La dinámica poblacional microbiana (hongos, actinomicetes y bacterias) y la poblacion de bacterias fue cuantificada en unidades formadoras de colonias/gramo de suelo (Log UFC/g de suelo), sin identificar los microorganismos aislados, la Actividad Global (evaluacion de la respiracion de los microorganismos aerobios del suelo), se realizo a las 24 48 y 72 horas de cada muestreo y se cuantifico en gramos de CO_2 Los tres procedimientos se hicieron segun la metodologia del Instituto Geografico Agustin Codazzi (1990) Se hicieron las tres evaluaciones en un cultivo de maiz establecido en la Universidad de los Llanos, a tres profundidades diferentes (Franja 1 0 10 cm, Franja 2 10 20 cm y Franja 3 20 30 cm) con tres tratamientos (Labranza convencional, labranza reducida y siembra directa) y durante cuatro épocas del cultivo (14 dias antes de establecer los tratamientos, 14 dias despues de establecer los tratamientos, 14 dias antes y 14 dias despues de la cosecha) En la dinamica poblacional microbiana heterotrofa hubo diferencias altamente significativas entre las profundidades, los tratamientos y su interaccion para los cuatro muestreos realizados En los tratamientos, las mayores medias en ambas evaluaciones se hallaron en la labranza convencional y para las profundidades en la franja 1 En la actividad global en la fase inicial

del experimento hubo variaciones, para las profundidades donde las mayores medias se obtuvieron en la franja 1 y para los tratamientos en la siembra directa, indicandonos que la intensidad de mecanizacion tiene un efecto negativo sobre la tasa de respiracion de las poblaciones microbiologicas aerobias del suelo En conclusion, las mayores poblaciones microorgánicas heterotrofas y bacterianas se encontraron en los sistemas de labranza convencional invirtiéndose la relacion, posiblemente por la incorporacion y redistribucion de la materia orgánica, acumulada en la superficie, a traves de los primeros centimetros de profundidad y que pudo haberla puesto a disposición de un mayor numero de microorganismos presentes en la franja más superficial, y en las franjas 1, 2 y 3 respectivamente, donde hay mayor disposicion y presencia de nutrientes a traves de la materia orgánica y los fertilizantes quimicos aplicados y por la mayor aireacion en la cercania de la superficie La mayor tasa respiratoria se hallo en la franja 1, por las mismas razones anteriores

RESUMEN

Durante años se ha considerado al suelo como un sustrato inerte y se ha ignorado la compleja dinamica del ecosistema que se desarrolla en su interior sin tener en cuenta el papel fundamental que cumple en la vida del hombre al determinar la produccion de alimentos vegetales de manera directa y de alimentos animales indirectamente A finales de este milenio se ha revaluado este concepto y se ha creado conciencia sobre la importancia de realizar trabajos de investigacion que permitan conocer el comportamiento y la funcion especifica de los distintos componentes del suelo entre ellos, los microorganismos ellos determinan el ciclaje de los nutrientes, gracias a su capacidad de degradar y sintetizar compuestos organicos e inorganicos que finalmente suministran la fertilidad requerida por las plantas En el piedemonte llanero los suelos son de origen aluvial reciente con un grado intermedio de fertilidad que paulatinamente se ha venido disminuyendo como consecuencia del uso intensivo y de las incorrectas practicas agricolas tradicionales Algunas de las multiples consecuencias, han sido la erosion *la compactacion,*

la perdida de fertilidad del suelo que han obligado a ampliar la frontera agricola mediante la tala de bosques naturales

Con el fin de generar informacion local sobre la respuesta de los microorganismos del suelo ante los tres sistemas de mecanizacion implementados en nuestra region en la Escuela de Ingenieria Agronomica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad de los Llanos se ha propuesto una serie de trabajos de grado El presente es el primero que ha arrojado resultados concretos estuvo dirigido por el Agrologo Roberto Ramirez Carvajal y fueron sus jurados la Investigadora y Docente Maria del Rosario Silva y el Entomologo Carlos Mantilla

La dinamica poblacional microbiana (hongos actinomicetes y bacterias) y la poblacion de bacterias fue cuantificada en unidades formadoras de colonias/gramo de suelo (Log UFC/g de suelo) sin identificar los microorganismos aislados, la Actividad Global (evaluacion de la respiracion de los microorganismos aerobios del suelo) se realizo a las 24 48 y 72 horas de cada muestreo y se cuantifico en gramos de CO_2 Los tres procedimientos se hicieron segun la metodologia del Instituto Geografico Agustin Codazzi (1990) Se hicieron las

tres evaluaciones en un cultivo de maiz establecido en la Universidad de los Llanos, a tres profundidades diferentes (Franja 1 0 10 cm Franja 2 10 20 cm y Franja 3 20 30 cm) con tres tratamientos (Labranza convencional, labranza reducida y siembra directa) y durante cuatro epocas del cultivo (14 dias antes de establecer los tratamientos, 14 dias despues de establecer los tratamientos, 14 dias antes y 14 dias despues de la cosecha) Se aplico al analisis estadistico de ANAVA y la prueba de Tukey para comparar medias

En la dinamica poblacional microbiana heterotrofa y en las bacterias hubo diferencias altamente significativas entre las profundidades, los tratamientos y su interaccion para los cuatro muestreos realizados En los tratamientos las mayores medias en ambas evaluaciones se hallaron en la labranza convencional y para las profundidades en la franja 1 En la actividad global, de acuerdo con el analisis de varianza y las pruebas de Tukey, en la fase inicial del experimento hubo variaciones, para las profundidades donde las mayores medias se obtuvieron en la franja 1 y para los tratamientos en la siembra directa, indicandonos que la intensidad de mecanizacion tiene un efecto negativo sobre la tasa de

respiracion de las poblaciones microbiologicas aerobias del suelo

Se comprobo que las bacterias son el 90% de la poblacion microbiologica heterotrofa al comparar las medias correspondientes en cada evaluacion realizada para cada tratamiento y cada profundidad

En conclusion las mayores poblaciones microorganicas heterotrofas y bacterianas se encontraron en los sistemas de labranza convencional invirtiendose la relacion, posiblemente por la incorporacion y redistribucion de la materia organica acumulada en la superficie a traves de los primeros centimetros de profundidad y que pudo haberla puesto a disposicion de un mayor numero de microorganismos presentes en la franja mas superficial y en las franjas 1 2 y 3 respectivamente donde hay mayor disposicion y presencia de nutrientes a traves de la materia organica y los fertilizantes quimicos aplicados y por la mayor aireacion en la cercania de la superficie La mayor tasa respiratoria se hallo en la franja 1 por las mismas razones anteriores

INTRODUCCION

En la ultima decada ha tomado gran auge el estudio de los microorganismos del suelo como protagonistas de la compleja dinamica que se da en el Existen muchos parametros y metodos de laboratorio para evaluar su actividad metabolica La actividad respiratoria de los aerobios es indice para medir como evolucionan estas poblaciones en el tiempo El aislamiento de colonias de bacterias heterotrofas y de la poblacion microorganica heterotrofa en medio solido es util para determinar el numero aproximado de unidades formadoras de colonias que hay en un gramo de suelo

El presente trabajo de grado es el resultado de una investigacion realizada para determinar como se ven afectadas las poblaciones microorganicas heterotrofas las bacterias heterotrofas y la actividad respiratoria aerobia al establecerse en un terreno los tres sistemas de mecanizacion mas empleados en la actualidad en la Orinoquia Colombiana la labranza convencional la

labranza reducida y la siembra directa Para ello se establecieron los tratamientos en bloques al azar con tres repeticiones y se evaluaron tres profundidades (0 10 10 20 y 20 30 cm) en cuatro epocas diferentes de un cultivo de maiz

Se busca dejar resultados que puedan ser punto de partida para otras tesis o proyectos de investigacion local sobre la relacion microorganismos – suelo desde la optica de la Conservacion de Suelos y la Agricultura Sostenible como medio de subsistencia de especie humana sobre el planeta

INTRODUCCIÓN

A partir de la aparicion del hombre sobre la tierra, la consecucion del alimento ha pasado por diversas etapas desde la recoleccion hasta la agricultura moderna

Este desarrollo produjo patrones mecanizados de explotacion agricola de alta intensidad en el numero de labores realizadas que estan siendo cuestionados a nivel mundial por motivos tecnicos, ecologicos y economicos

Se ha hecho enfasis principalmente en el deterioro fisico y quimico de los suelos, pero se ha olvidado el efecto de dichas actividades sobre las poblaciones de microorganismos presentes en el Su actividad determina en gran parte la dinamica de los procesos fisicos, biologicos y quimicos que suceden en este medio Este concepto esta siendo reconsiderado y se han planteado interrogantes que deben ser respondidos con base en investigaciones que estan en mora de iniciarse y que para suministrar informacion exacta al respecto, deben ser fruto

de ensayos y practicas cientificas realizadas en cada zona particular del pais por las caracteristicas unicas que posee

Esta informacion proporcionara valiosas herramientas para diseñar nuevas practicas agricolas y sistemas de labranza adecuados a las necesidades existentes

1 OBJETIVOS

1 1 GENERAL

Evaluar el efecto de varios sistemas de labranza sobre las poblaciones de microorganismos en el suelo

1 2 ESPECIFICOS

1 2 1 Investigar la relacion causa efecto entre los sistemas de labranza y las poblaciones de microorganismos del suelo en un cultivo de maiz (*Zea mayz*)

1 2 2 Determinar por conteo directo la variacion de las poblaciones de bacterias la dinamica poblacional heterotrofa (hongos bacterias y actinomicetos) y la actividad global microorganica en el suelo, al aplicarse diferentes sistemas de labranza

1 2 3 Generar recomendaciones que ayuden a desarrollar futuras investigaciones relacionadas con el tema

2 JUSTIFICACION

Uno de los problemas derivados de la excesiva mecanizacion extendida a lo largo y ancho de todo el pais es la formacion de capas endurecidas en la subsuperficie del suelo entre los 0 y los 50 cms Esto ocasiona pesimo anclaje de las plantas, deficiente absorcion de nutrientes y agua y mala retencion de estos en el suelo, por otra parte el excesivo numero de pases de los implementos agricolas causa degradacion estructural, sellamiento superficial y encostramiento por la alternancia entre humedecimiento y secado

A nivel de las poblaciones de los microorganismos el grado de afeccion sobre ellos causado por los diferentes sistemas de labranza debe ser evaluado para determinar la forma en que estas practicas afectan su numero y su actividad La fertilidad del suelo depende en gran parte de sus componentes asociados como agregados estables, ya que nos permiten un mayor anclaje de la raiz mayor aireacion, rapida difusion del agua y de los solutos, aumento en la

Capacidad de Intercambio Cationico y mayor cantidad de materia organica Estos factores estan estrechamente relacionados con la variedad y cantidad de microorganismos presentes (Castro Leida 1992)

La estabilidad del suelo depende en gran parte de los cambios fisicoquimicos que se generan a partir de la actividad microbiana, es asi como la estructura filamentosa de hongos y actinomicetos sirven como redes para atrapar particulas de suelo y formar agregados estables Mediante la formacion de mucilagos tanto de hongos como de actinomicetes se da la formacion de macroporos y de microporos (Ehrlich H 1978)

Al realizar en el suelo los microorganismos sus procesos vitales, dejan como residuos un conjunto de elementos que las plantas necesitan para su crecimiento, entonces un suelo fertil es aquel que contiene una adecuada reserva de elementos nutritivos asimilables por la planta o una poblacion microbiana activa que este liberando sustancias nutritivas acorde con el desarrollo de la planta (Haynes 1994) Este a su vez es un punto de partida fundamental para determinar de que manera se ve afectada su dinamica en los diferentes procesos en que continuamente participan

en el suelo para evitar resultados agricolas y ecologicos indeseables

Por lo anterior se pretende con este trabajo de tesis obtener informacion sobre el efecto que causan los tres principales sistemas de labranza que actualmente se efectuan en la region orinocense colombiana, para dejar un precedente y base para futuras investigaciones que puedan derivarse de ella y que esta en mora de cambiar la mentalidad que existe en este momento con respecto al manejo del suelo y su relacion con los microorganismos que en el habitan

3 PRESENTACION DEL PROBLEMA

Actualmente es de comun conocimiento que la sobremecanizacion de los suelos difundida en el pais tiene efectos negativos sobre la estructura la retencion de humedad, la capacidad de infiltracion, el anclaje de las plantas la absorcion de nutrientes la conservacion de la capa arable entre otros aspectos Igualmente la mayoria de los suelos cultivados del pais presentan problemas por compactacion subsuperficial

En nuestro medio no se ha evaluado el efecto real que estas practicas tienen sobre las poblaciones de microorganismos del suelo a pesar de saberse que estos juegan un papel fundamental en la dinamica de los procesos de descomposicion de la materia organica y el reciclaje de los nutrientes que se realizan en el y por ello tambien inciden en el desarrollo y la productividad de las plantas en los cultivos

La inadecuada mecanizacion de los suelos se refleja en la baja productividad de los terrenos, en la deficientes producciones de los cultivos y en las perdidas economicas que le ocasionan al campesino Socialmente esto promueve su emigracion hacia las ciudades y el correspondiente acrecentamiento de los cordones de miseria e inseguridad

4 MARCO TEORICO

4 1 HISTORIA DE LA MICROBIOLOGIA DEL SUELO

Dos de los primeros bacteriologos del suelo fueron el holandes Martin W Beijerinck y el ruso Sergio Winogradsky quienes figuran al lado de Pasteur y Koch en la historia de la microbiologia (Pelczar J 1988)

Winogradsky y Beijerinck dirigieron sus investigaciones a explicar la funcion de los microorganismos en los procesos naturales Desarrollaron la tecnica del cultivo enriquecido y lograron aislar y caracterizar nuevos tipos fisiologicos de bacterias Winogradsky descubrio el tipo autotrofico de vida entre las bacterias y dilucido el papel de las bacterias como transformadoras de los compuestos nitrogenados y del azufre que hay en el suelo (Pelczar J 1988)

La relacion entre la nodulacion de las leguminosas y la fijacion del nitrogeno fue establecida por Hellriegel y

Wilforth en 1886 Beijerinck en 1888, consiguio aislar por primera vez en cultivo puro, bacterias de los nodulos de las leguminosas y demostrar que eran capaces de producir nodulos Tambien hizo otras contribuciones fundamentales en relacion con la microbiologia del suelo que incluyen el aislamiento de Azotobacter un fijador no simbiotico de nitrogeno, el descubrimiento de otros organismos y las reacciones que originan al transformar los compuestos del azufre (Pelczar J 1988)

4 2 GENERALIDADES

En el suelo medio natural para el desarrollo de las plantas habita una comunidad heterogenea de algas, bacterias y hongos Estos microorganismos junto con los virus y los componentes de la microfauna (amebas, artropodos flagelados, nematodos y otros), forman la microbiota del suelo Y aunque se estima que existen unas 30 000 especies de bacterias y 1'500 000 de hongos, solo se han identificado un 8% y un 1% respectivamente

En la superficie de las particulas, en el interior de los agregados o asociados a las raices los microorganismos

encuentran un nicho adecuado para desarrollarse Este conjunto queda inmerso en la atmosfera del suelo y en su solucion acuosa (Barea, 1997)

La actividad metabolica de los microorganismos del suelo es de incuestionable importancia en relacion con las condiciones de fertilidad que este pueda presentar ya que el sustrato organico, por accion de la poblacion microbial influye directamente en la disponibilidad de elementos tales como el nitrogeno el fosforo y el azufre Procesos tan importantes como la fijacion del nitrogeno atmosferico la accion de las micorrizas en la dinamica de algunos nutrientes, la degradacion de los pesticidas que llegan al suelo, entre otros ejemplos demuestran que los microorganismos son de vital importancia para el mantenimiento y mejoramiento de la fertilidad y productividad del suelo (Pelczar J 1988 Silva Francisco 1988)

La revolucion tecnologica en la agricultura conduce a un alto y frecuente consumo de fertilizantes Pero en paises subdesarrollados como el nuestro los altos precios de estos insumos , no permiten su utilizacion en las cantidades indicadas Una alternativa es el estudio de los ciclos

biologicos de los principales nutrientes que principalmente realizan los microorganismos del suelo para poder emplearlos en beneficio de la produccion de alimentos y la economia del hombre de campo el equilibrio ecologico del entorno y la salud del consumidor final gracias a la produccion mas natural y un incremento en la calidad y cantidad de las cosechas obtenidas

4 3 POBLACION MICROBIANA HETEROTROFA DEL SUELO

Una de las caracteristicas importantes del suelo es la de poseer una poblacion muy compleja de organismos que le proporcionan vida activa Sin embargo resaltan mayor importancia los microorganismos en razon de que las plantas 'viven a expensas' de los productos de la actividad microbiana (Parisi V 1979)

4 3 1 Bacterias

Las bacterias son estructuras unicelulares que superan en numero y clase a todos los habitantes del suelo proliferan en suelos poco acidos y ricos en nitrogeno y abundan alrededor del sistema radicular o rizosfera de leguminosas y

gramineas La mayoria de ellas son heterotrofas y saprofitas descomponedoras de celulosa y azucares como fuente de energia mineralizan el CO_2 Las bacterias proteoliticas hidrolizan las proteinas del protoplasma para liberar aminoacidos que sufren a su vez la amonificacion (IGAC 1995)

Las colonias de bacterias sobre agar presentan bordes lisos y aspecto lustroso (IGAC 1990)

4 3 2 Hongos

Son talofitas de estructura generalmente filamentosa y ramificada sin clorofila, con nucleo y pared celular Su reproduccion es sexual o asexual Los filamentos se llaman hifas y el conjunto de ellas conforma el micelio (IGAC 1995)

En el suelo los hongos desempeñan funciones muy variadas pero importantes en la fase de descomposicion de la materia organica fresca que precede a la humificacion Resisten la acidez y la deficiencia de agua y no proliferan en medios mal aireados (IGAC 1995 Silva, F 1988)

Juegan un papel muy importante en la estabilizacion de los agregados del suelo (Ehrlich H 1978)

4 3 3 Actinomicetos

Son bacterias heterotrofas con micelio mas delicado que la de los hongos En los actinomicetos no se encuentra quitina ni compuestos de celulosa caracteristicos de las paredes celulares de los hongos verdaderos

Los generos Streptomyces y Nocardia son los generos mas frecuentes en el suelo con la capacidad para degradar sustancias organicas recalcitrantes y de producir vitaminas y antibioticos

- Los actinomicetos son heterotrofos y su presencia esta condicionada a la disponibilidad de sustratos organicos Ellos utilizan fuentes de carbon incluyendo complejos moleculares simples y elaborados desde acidos organicos y azucares hasta polisacaridos lipidos proteinas e hidrocarburos alifaticos

UNILLANOS
UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
SISTEMA DE BIBLIOTECAS
HEMEROTECA
Villavicencio - Meta

El orden actinomycetales tiene especial interes por su capacidad para sintetizar metabolitos toxicos (IGAC 1995 Pelczar J 1988)

4 4 ACTIVIDAD BIOGEOQUÍMICA DE LOS MICROORGANISMOS DEL SUELO

El conjunto de reacciones quimicas transformaciones enzimaticas y su aprovechamiento por plantas y animales origina los diferentes ciclos biogeoquimicos de los diferentes elementos de la naturaleza, que comprende N aparte y perdida del suelo y las transformaciones intermedias con las cuales N completa el ciclo

El papel mas importante de los microorganismos en el suelo es su funcion de agentes biogeoquimicos para la mineralizacion del carbono organico, nitrogeno azufre fosforo y otros compuestos Este proceso es vital para el mantenimiento de la vida en el planeta (Pelczar 1988)

Para que se realicen normalmente las actividades de los microorganismos en el suelo poco fertil solo es necesario prudentes y necesarias labores agricolas para mejorar la nutricion de las plantas y disminuir los costos de

produccion Un ejemplo de ello es el aprovechamiento de la celulosa por algunas bacterias y su transformacion en glucosa que a su vez es empleada por otros microorganismos para fijar el nitrogeno atmosferico en compuestos asimilables por las plantas

4 4 1 Transformacion de los compuestos nitrogenados el ciclo del nitrogeno

El ciclo del nitrogeno es de gran importancia en los procesos globales de la nutricion razon por la cual ha llamado la atencion a los microbiologos agricolas El nitrogeno de los nitratos es la forma mas accesible a las plantas A traves de una secuencia de reacciones microbianas el nitrogeno organico se transforma en nitratos La sucesion de cambios a partir del nitrogeno atmosferico libre a nitrogeno inorganico fijo luego a compuestos organicos simples a compuestos organicos complejos en los tejidos de plantas animales y microorganismos y la puesta en libertad de este constituyen el Ciclo del Nitrogeno

La forma mas simple del nitrogeno encontrada en las transformaciones biologicas es el nitrogeno gaseoso

elemental Las transformaciones en la que participan microorganismos oscilan desde el gas nitrogenado hasta proteinas (Pelczar 1988 Silva F 1988)

El Nitrogeno tiene un gran valor bioedafologico al ser vital para la vida de las plantas y fundamental en las transformaciones organicas del suelo Esta dotado de gran movilidad y despues del carbon es el elemento con mayor numero de formas en que se presenta Posee a su vez una desventaja para el control en su permanencia en el suelo es muy volatil y se pierden grandes cantidades en forma de elemento libre que pasa a la atmosfera y en sales solubles que se pierden en el agua del subsuelo y en los drenajes de los cultivos

En compensacion el suelo recibe grandes cantidades de este elemento de manera natural a traves de diversas sustancias nitrogenadas

La labor de los cientificos se centra en calcular las necesidades de las plantas y la cantidad que debe haber en el suelo para suplir estos requerimientos para regular los procesos que se dan para mantener adecuados volumenes

de este nutriente disponible para el cultivo y evitar las excesivas perdidas de este elemento

Algunos cambios bioquimicos en los cuales los microorganismos juegan un papel primordial son

4 4 1 1 Proteolisis

El nitrogeno en las proteinas no se halla disponible como alimento para las plantas Para que este nitrogeno pueda ser usado el primer proceso que debe ocurrir es la hidrolisis enzimatica de las proteinas (proteolisis)

Esta la efectuan microorganismos capaces de elaborar proteinasas extracelulares que transforman las proteinas a unidades mas pequeñas (peptidos)

Estos peptidos son atacados posteriormente por peptidasas dando como productos finales la liberacion de aminoacidos individuales

Proteina ——proteinasa—— peptido —peptidasas— aminoacido

4 4 1 2 Degradacion de aminoacidos amonificacion

Los productos finales de la proteolisis son los aminoacidos Estos son utilizados como alimentos por los microorganismos o degradados por el ataque de microbios Aunque los microorganismos presentan muchas variaciones en la desaminacion, uno de los productos finales siempre es amoniaco NH_3 Un ejemplo de desaminacion especifica es

$$CH_3CHNH_2COOH + \tfrac{1}{2}O_2 \xrightarrow{\text{Planina desaminasa}} \underset{\text{Acido piruvico}}{CH_3COCOOH} + \underset{\text{Amoniaco}}{NH_3}$$

Esta reaccion se clasifica como desaminacion oxidativa

El destino del amoniaco es variable dependiendo de las condiciones del suelo sin embargo si se solubiliza se forma NH_4 Otras posibilidades son la acumulacion y utilizacion por las plantas y microorganismos los cuales bajo condiciones favorables la oxidan a nitratos (Pelczar J 1988 Madsen E 1995)

4 4 1 3 Nitrificacion

La oxidacion del amoniaco a nitratos se llama nitrificacion Es una de las actividades mas importantes de algunas

bacterias autotrofas Las reacciones de oxidacion proporcionan a los microorganismos la energia necesaria para los procesos celulares Teniendo en cuenta la fertilidad del suelo el producto de la reaccion (nitratos) es la forma de nitrogeno mas accesible a las plantas La nitrificacion la efectuan las bacterias especificas en 2 pasos

a Oxidacion de amoniaco a nitritos por Nitrosomonas

$$2NH_3 + 3O_2 \longrightarrow 2HNO_2 + 2H_2O$$

b Oxidacion de nitritos a nitratos por Nitrobacter

$$HNO_2 + \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow HNO_3$$

4 4 1 4 Reduccion de nitratos a amoniaco

Varias bacterias heterotrofas son capaces de convertir nitratos a nitritos o amoniaco Esto ocurre en condiciones de anaerobiosis en el suelo y en aguas estancadas El oxigeno de los nitratos sirve como aceptor de electrones del hidrogeno

$$HNO_3 + 4H_2 \longrightarrow NH_3 + 3H_2O$$

Esta reaccion no es la principal en los terrenos agricolas de poca humedad que estan bien aireados y que contienen solo cantidades moderadas de nitrogeno de nitratos organicos (Ehrlich, H 1978 Pelczar J 1988)

4 4 1 5 Desnitrificacion

Se le llama asi al proceso que pueden realizar algunos microorganismos de transformar nitratos a nitrogeno gaseoso u oxido nitroso La desnitrificacion no se efectua mucho en suelos bien aireados que tienen cantidades moderadas de M O y nitratos

Las reacciones que intervienen en la desnitrificacion se resumen como

$$NO_3 \longrightarrow NO_2 \longrightarrow N_2O \longrightarrow N_2$$

4 4 1 6 Fijacion del nitrogeno

Uno de los procesos mas importantes la fijacion biologica, logra cubrir un 50% del nitrogeno requerido por la planta permitiendo disminuir compra de fertilizantes quimicos y abaratar la produccion agricola

Es un proceso por el cual muchos microorganismos son capaces de transformar el nitrogeno molecular de la atmosfera a compuestos nitrogenados En este proceso estan implicados dos grupos de microorganismos

a Microorganismos no simbioticos que viven libre e independientemente en el suelo
b Microorganismos simbioticos que estan en las raices de plantas leguminosas (Pelczar J 1988 Smith E 1990)

4 4 2 Transformacion de los compuestos del carbono el ciclo del carbono

4 4 2 1 Fijacion del dioxido de carbono

El dioxido de carbono de la atmosfera o disuelto en el agua es la fuente principal para la sintetizacion en la naturaleza de los compuestos organicos de carbono Si bien las plantas verdes y las algas son los agentes fijadores mas importantes de este compuesto las bacterias tambien son capaces de sintetizar la M O a partir del carbono

inorganico Ejemplo de la transformacion del dioxido de carbono o su incorporacion a compuestos organicos es

a Utilizacion del dioxido de carbono por bacterias autotrofas, el dioxido de carbono representa la fuerte de carbono exclusiva de estos microrganismos y es transformado por una reaccion de reduccion a carbohidratos (Parisi V 1979 Pelczar J 1988)

La reaccion general es

$$CO_2 + 2H_2 \longrightarrow (CH_2O) + H_2O$$

b Fijacion del dioxido de carbono por microorganismos neterotrofos es comun entre las bacterias Un ejemplo especifico de este tipo de reaccion es

$$CHCOCOOH + CO_2 \longrightarrow HOOCCH_2 + COCOOH$$

Acido piruvico Acido oxaloacetico

4 4 2 2 Degradacion de los compuestos organicos del carbono

Los compuestos organicos que se depositan en el suelo son degradados por la actividad microbiana, el dioxido de carbono se desprende en el aire y en el suelo Las

bacterias y hongos son los principales microorganismos que degradan los compuestos organicos del carbono

Celulosa Es el principal material de las plantas y es atacada rapidamente por muchas especies de bacterias y hongos El procedimiento se resume como sigue

1 Celulosa $\xrightarrow[\text{Celulosa}]{\text{enzima}}$ Celobiosa

2 Celobiosa $\xrightarrow[\text{Betaglucosidasa}]{\text{enzima}}$ Glucosa

3 Glucosa $\xrightarrow[\text{de muchos microorganismos}]{\text{Sistema enzimatico}}$ dioxido de carbono agua y otros productos finales

4 4 3 Transformacion de los compuestos de azufre el ciclo del azufre

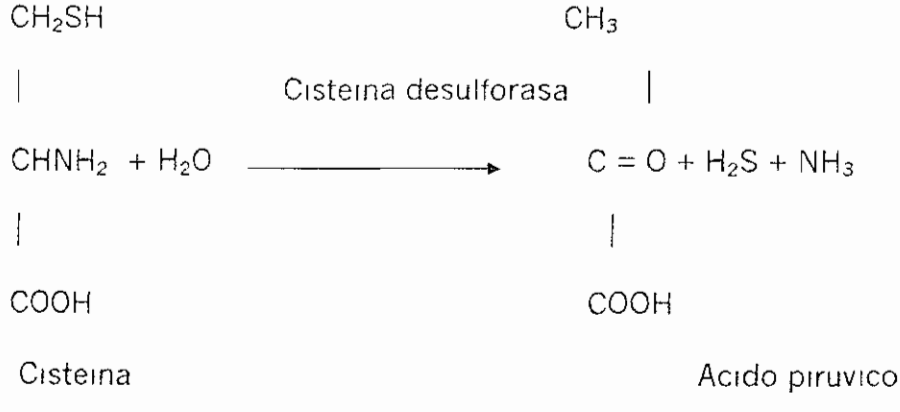
Algunos cambios bioquimicos que realizan los microorganismos participantes en este ciclo se resume asi

1 El azufre en su forma elemental no puede ser utilizado por las plantas o animales Ciertas bacterias sin

embargo son capaces de oxidar el azufre y convertirlo en sulfatos La reaccion es

$$2S + 2H_2O + 3O_2 \longrightarrow 2H_2SO_4$$

2 Los sulfatos son asimilados por las plantas incorporados a aminoacidos que contienen azufre, y despues a proteinas La degradacion de las proteinas (proteolisis) libera aminoacidos algunos de los cuales contienen azufre Este azufre es liberado de los aminoacidos por la accion enzimatica de muchas bacterias heterotrofas Ejemplo



3 Los sulfatos tambien son reducidos a acido sulfhidrico por los microorganismos del suelo La reaccion es

$$4H_2 + CaSO_4 \longrightarrow H_2S + Ca(OH)_2 + 2H_2O$$

4 El acido sulfhidrico resultante de la reduccion del sulfato y de la descomposicion de los aminoacidos es oxidado hasta azufre elemental Esta reaccion es caracteristica de ciertas bacterias pigmentadas (fotosinteticas) y se expresa como

$$CO_2 + 2H_2S \xrightarrow{\text{Luz}} (CH_2O) + H_2O + 2S$$

Carbohidrato

5 Inmovilizacion del Azufre en el suelo la mineralizacion del Azufre organico es el proceso mediante el cual las formas organicas del Azufre son transformadas a formas inorganicas como resultado de la accion microbiana y de algunos procesos quimicos

La mineralizacion del Azufre solo sucede cuando el contenido de Azufre de la materia organica es superior a 0 15% (Stewart 1 996)

El Azufre organico de los componentes celulares (proteinas, peptinas lipidos y otros compuestos) son espolimerizados hasta aminoacidos tiosulfatos y tiourea y finalmente a acido sulfhidrico En presencia de O2 el H2S so oxida a SO4 por accion de bacterias aerobicas

Cuando existe menos Azufre que el requerido para la proliferacion microbiana se produce inmovilizacion o sea la asimilacion del Azufre organico para sus procesos metabolicos dentro del citoplasma microbial (Barrow 1 961)

4 4 4 Transformacion de los compuestos de otros elementos

Como resultado de la actividad metabolica de los microorganismos (produccion de acidos) se solubilizan fosfatos insolubles de calcio, hierro y aluminio Los fosfatos son liberados de los compuestos organicos, como los acidos nucleicos por degradacion microbiana Las bacterias cambian oxidos insolubles de hierro y manganeso a sales de hierro y manganeso solubles Tambien es posible la reaccion inversa (Pelczar J 1988)

Los procesos de oxidacion reduccion son realizados en su totalidad por microorganismos Las bacterias que oxidan los compuestos inorganicos son autotrofas obligadas o facultativas aunque ciertos hongos y bacterias heterotrofas pueden llevar a cabo este proceso Los microorganismos

relacionados con la reduccion de los sulfatos son bacterias del genero Desulfovibrio (Novo 1 991)

4 4 5 Transformacion del Hierro

En el ciclo biologico del Hierro participan microorganismos que son capaces de efectuar transformaciones, degradaciones y formaciones de compuestos organicos del Hierro , asi como oxidar o reducir compuestos minerales

De esta manera, tenemos que hay bacterias que oxidan el hierro ferroso a estado ferrico otras que reducen las formas ferricas a estado ferroso otras producen acidos que llevan a cabo la solubilizacion del Hierro y otras atacan sus sales organicas, por ejemplo los citratos y por ultimo otras ocasionan la precipitacion del Hierro

4 4 6 Transformacion de los compuestos del Fosforo el ciclo del Fosforo

Los microorganismos llevan a cabo algunas transformaciones de estos compuestos tales como

1 Alteracion en la solubilidad de los compuestos inorganicos

2 Mineralizacion de los compuestos organicos

3 Inmovilizacion

4 Oxidacion reduccion de los compuestos inorgánicos

En el proceso de mineralizacion los fosfatos organicos son degradados por hongos y bacterias produciendose liberacion de ortofosfato en el de inmovilizacion, los microorganismos toman fosfato para satisfacer sus demandas de asimilacion en forma similar a la inmovilizacion del Nitrogeno y finalmente, en el proceso de solubilizacion los fosfatos insolubles pasan a formas asimilables por las plantas La via principal de solubilizacion es la produccion de acidos organicos asi como los de acido citrico y sulfurico

En los suelos acidos existe otro mecanismo de solubilizacion, en este caso del fosfato ferroso insoluble Aqui, ciertas bacterias liberan H2S que reacciona con el Hierro, dando sulfuro ferroso insoluble y fosfatos

4 4 7 Ciclo de los elementos traza

El ciclo biologico de estos elementos es de gran importancia para las investigaciones sobre rendimientos El Silicio en forma de anhidrido silicico es un componente de importancia en las plantas especialmente en paja y heno Segun investigaciones los componentes acidos del humus o los acidos que se originan en los procesos microbiologicos son especialmente responsables de la movilizacion del Silicio

Con respecto al Zinc, encontramos que el acido sulfurico formado por las bacterias del Azufre oxida el sulfuro del Zinc a sulfato

$$ZnS + H_2SO_4 \qquad ZnSO_4 + H_2S$$

Por otra parte, el Zinc es un elemento necesario para el crecimiento de los microorganismos

El Molibdeno es un elemento de gran actividad biologica debido a la importancia de este elemento en la fijacion del nitrogeno atmosferico, y en la reduccion de nitratos

Ha sido reconocido en el suelo la funcion biologica del Boro Entre otras cosas este elemento favorece la formacion de nodulos por las leguminosas y la fijacion del nitrogeno por Azotobacter, ademas, estimula el crecimiento de bacterias anaerobicas, nitrificantes, algunos hongos y hasta algas

La relación del Cobalto con los microorganismos parece radicar solo en la sintesis de la vitamina B 12 proceso en el cual el Cobalto toma parte Esta vitamina es sintetizada por diferentes bacterias actinomicetos y algas del suelo

4 5 RELACIONES ENTRE LAS PLANTAS Y LOS MICROORGANISMOS

El termino RIZOSFERA, se emplea para definir aquella porcion del suelo sobre la cual influye fisica quimica y biologicamente las raices de las plantas Esta zona reviste gran interes desde el punto de vista agricola, pues en ella se producen las interacciones de los microorganismos y las plantas superiores

En la zona radical las plantas de cultivo producen un efecto sobre los microorganismos, no solo de caracter

cuantitativo sino tambien cualitativo Por consiguiente, la cantidad y calidad de las raices, determina la calidad y cantidad de los microorganismos en la zona radical Por eso, pronto se conocio que el efecto es especifico para cada planta y se demostro que las leguminosas ricas en nitrogeno, muestran mayor efecto rizosferico que las gramineas (Novo 1 991)

4 5 1 Factores que influyen sobre el efecto rizosferico

La edad de la planta tiene un significado importante, encontrándose un mayor estimulo de las raices sobre los microorganismos en los periodos mas intensos del crecimiento de la planta En los primeros estadios del crecimiento se puede apreciar un aumento gradual de microorganismos en la cercania de las raíces, con un pico maximo en la etapa de formacion del fruto, al pico maximo sigue una caida brusca en los ultimos estadios del crecimiento

Tambien las propiedades del suelo modifican el efecto rizosferico En los suelos muy fertiles, abundantes en microorganismos, el efecto es mucho menor que en los suelos poco fertiles Segun unos autores el pH del suelo

nfluye sobre el efecto rizosferico que por otra parte, en suelos secos tiende a crecer En relacion con la temperatura del suelo esta parecer ejercer su influencia de acuerdo al cultivo Para soya se observo un aumento del efecto rizosferico con el aumento de la temperatura, mientras que para el trigo se obtuvieron efectos contrarios Sobre la accion de la luz se ha encontrado que cuando disminuye esta, se produce una reduccion del efecto rizosferico

4 5 2 Importancia agricola de la rizosfera

La importancia agricola de la rizosfera se basa en las transformaciones de la estructura del suelo, en la influencia sobre la nutricion de las plantas y en la elevacion de la resistencia de esta contra agentes patogenos radicales

La estructura del suelo es modificada tanto por las raices como por la microflora de la zona radical

La influencia de los microorganismos sobre la nutricion de las plantas se manifiesta en su nutricion mineral y nitrogenada (Novo 1 991)

4 6 EFECTO DE LOS MICROORGANISMOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS

Debido al tamaño semejante de los microorganismos, (principalmente de las celulas bacterianas) con las particulas de arcilla, existe una posibilidad de adhesion entre ellas La naturaleza de esa adhesion es principalmente quimica y por medio de sustancias de tipo gomas o muscilaginosas (Cardoso 1 992)

Los polisacaridos producidos por microorganismos tambien interactuan con las particulas de arcilla teniendo influencia en la estabilizacion de agregados del suelo (Burges et al 1 971)

La rizosfera de gramineas principalmente es mas rica en microorganismos sintetizadores de gomas Su crecimiento radicular, es de tipo fibroso favorece la distribucion de los productos formados en el perfil del suelo (Cardoso 1 992) En los hongos filamentosos, que se multiplican cuando se añade materia organica degradable al suelo hay especies cuyos micelios ligan arcillas o particulas de suelo a su superficie y pueden estabilizar las superficies de los poros del suelo sobre los que crecen (Swaby 1 950)

Se ha encontrado que muchos microorganismos del suelo son capaces de producir polisacaridos extracelularmente observando por el microscopio electronico como se asocian con particulas de arcilla (Chenue 1993)

4 7 ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE EL TEMA

Efecto del tipo de labranza y la adicion de abono verde sobre la biomasa microbiana en un ultisol de Costa Rica

Se evaluaron dos sistemas de labranza labranza convencional consistente en arado y rastrillado a treinta cms de profundidad, y labranza minima donde se realizaron labores para incorporar la leguminosa Se evaluo durante dos periodos de cuatro meses durante dos años consecutivos utilizando como cultivo el maiz Se evaluo la biomasa microbiana, empleando como indicador el contenido de N microbiano

Los resultados obtenidos durante los dos primeros años no mostraron diferencias entre los tratamientos en cuanto a la biomasa microbiana Transcurridos dos años se observo un aumento significativo en los contenidos del suelo tratado

con labranza minima con respecto al sometido a labranza convencional (Castro Leida 1992)

Dinamica poblacional de los microorganismos rizosfericos en diferentes sistemas de produccion en la Orinoquia colombiana El experimento se desarrollo en suelos de la Altillanura plana y en el piedemonte orinocense colombiano Se aplicaron tres sistemas de labranza (Convencional consistente en dos pases de rastra y un pase de pulidor, Vertical consistente en un pase de cincel vibratorio y uno de pulidor y Minima consistente en un pase de pulidor) Y diferentes sistemas de produccion La dinamica poblacional microbiana se cuantifico en unidades formadoras de colonias viables (Log UFC/g suelo rizosferico) y se identificaron los hongos aislados

En los suelos del piedemonte se obtuvo la mayor poblacion microbiana (5,71 UFC/g de Suelo) en comparacion con el de Altillanura (2,71 UFC/g de Suelo) por las mejores condiciones edafoclimaticas y la mejor calidad del sustrato organico de suelos aluviales recientes que propician mayor actividad bioquimica de los microorganismos de la rizosfera Se obtuvieron incrementos en la poblacion microorganica en los sistemas de produccion con respecto a

la sabana nativa por la aireacion del suelo tras aplicar los sistemas de labranza y los fertilizantes

La mayor produccion de arroz paddy se logro con el sistema arroz caupi arroz, con un rendimiento promedio de 3 382 Hg/Ha en comparacion con los 1987 Kg/Ha obtenidos en la sabana nativa Se presento aumento de las poblaciones microorganicas en los sistemas de produccion donde hubo rotacion graminea leguminosa con respecto a los graminea graminea

En la Altillanura la poblacion bacteriana nativa inactiva de la rizosfera se estimulo con la introduccion de los sistemas de produccion por su habilidad de descomponer sustratos organicos de facil degradacion provenientes del Caupi incorporado y de la rotacion Arroz Soya

La poblacion de hongos (4 12 UFC/g de suelo) y actinomicetos (6,21 UFC/g de suelo) fue mayor en el piedemonte que en la Altillanura (3,17 UFC/g de suelo y 4,71 UFC/g de suelo respectivamente) y fue mas estable debido a la capacidad para descomponer compuestos organicos de lenta degradacion como celulosa hemicelulosa y lignina (Navas, Et al 1998)

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5 1 LOCALIZACION

El trabajo de campo se realizo en el lote numero siete de la granja de la Universidad de Los Llanos ubicada a 440 m s n m con una precipitacion anual promedio de 2700 mm, una temperatura media diaria de 27 grados centigrados y una HR de 80% El suelo es Oxic distropept

5 2 MATERIALES

Tractor

Rastra

Arado de cinceles

Pulidor

Desbrozadora

Materiales de laboratorio

Sembradora para labranza minima

Herbicidas quimicos

5 3 TRATAMIENTOS

T1 = Siembra directa(Desbrozada quema quimica y siembra)

T2 = Labranza reducida (Desbrozada, quema quimica, 1 pase de cincel vibratorio y siembra)

T3 = Labranza convencional (Desbrozada 2 pases de rastra 2 pases de pulidor y siembra)

5 4 METODOLOGIA

5 4 1 Metodologia de campo

Se establecieron tres bloques con los tres tratamientos repartidos al azar De cada uno de estos ultimos se tomo una muestra de suelo entre 0 y 10 cms de profundidad (franja 1), una segunda entre 10 y 20 cms (franja 2) y la ultima entre 20 y 30 cms (franja 3) Luego se mezclaron y homogenizaron para obtener asi una muestra representativa de cada profundidad en cada tratamiento Se cuantifico en cada muestra la actividad global de los microorganismos en gms de CO_2/gm de suelo, y la microflora total y las poblaciones de bacterias contenidas en cada una de esas

muestras de suelo en Unidades Formadoras de Colonias/gm de suelo (ufc/gm de suelo)

Se aplico el analisis estadistico de ANAVA y el metodo de Tukey para comparar las medias

6 4 2 Metodologia de laboratorio

6 4 2 1 Poblacion Bacteriana heterotrofa Se utilizo como medio de cultivo 15 grs de agar y extracto de suelo hasta completar a volumen 1000 ml Se estirilizo en autoclave durante 25 minutos a 120 C y 15 libras de presion / pulgada^2

Inoculacion

- Se estirilizaron las cajas de petri en autoclave con 120 C y 15 libras de presion / pulgada ^{2} durante 25 minutos
- Se mantuvo el medio de cultivo en baño de maria a 45°C para conservarlo liquido
- Se inoculo en cajas de petri un mililitro de las suspensiones diluciones del suelo problema desde 10^4 hasta 10^7,y se vertio 15 mls del medio de cultivo, utilizando tres cajas por dilucion

- Se hizo conteo visual de colonias en las cajas de petri al tercer y quinto dia de la inoculacion (IGAC 1990)

6 4 2 2 **Bacterias** Se utilizo como medio de cultivo la solucion constituida por 100 ml de extracto de suelo, 0 5 gm de K_2HPO_4, 1 gm de glucosa 15 gm de agar y agua hasta completar a volumen 1000 ml Se ajusto el pH a 6 8 y se estirilizo durante 25 minutos en autoclave a 15 libras de presion / pulgada^2 y 120 C

Pasos para la inoculacion

- Se estirilizaron las cajas de petri en autoclave a 120 C y 15 libras de presion / pulgada^2 durante 25 minutos
- Se mantuvo el medio de cultivo en baño de maria a 45 C
- Se preparaion las suspensiones diluciones del suelo problema
- Se inoculo por triplicado las cajas de petri con un ml de las suspensiones diluciones desde 10^4 a 10^7
- Se vertio aproximadamente 15 ml del medio en las cajas previamente inoculadas
- Se hizo conteo visual de colonias en cada caja de petri al tercer y quinto dia de inoculacion (IGAC 1990)

La cuantificacion de las celulas viables de microorganismos del suelo para la dinamica poblacional microbiana heterotrofa y para las bacterias (colonias/g de suelo seco), se realizo segun metodologia descrita por IGAC (1990)

No Germenes/g de suelo seco= $L^{\wedge}10^{n}/Pm*ml$ inoculo

Donde

L= Lectura (numero de colonias promedio en caja/dilucion)

n= Exponente de dilucion considerado

Pm= Peso muestreo/base seca (g)

ml= ml de inoculo

Los datos se transformaron en numero logaritmico con base en 10

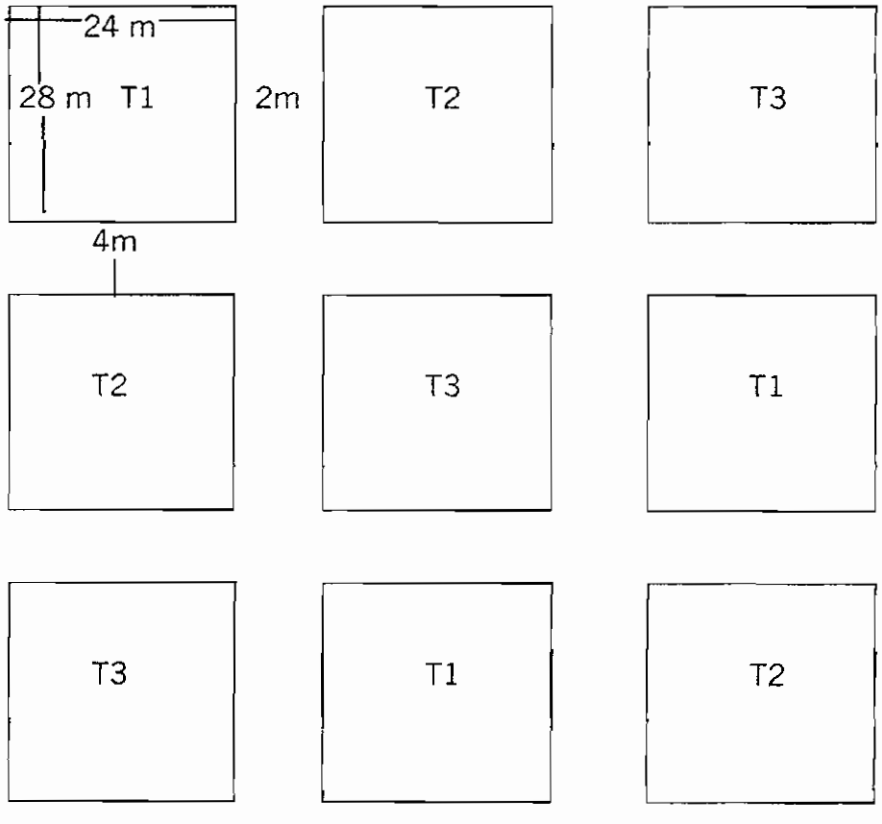
6 4 2 3 **Actividad global** Se cuantifico el CO_2 liberado en los procesos metabolicos de los microorganismos aerobios presentes en el suelo Se empleo NaOH de concentracion conocida que fijo el dioxido de carbono producido, luego por titulacion con HCl se cuantifico la soda consumida en cada muestra de suelo, evaluando por triplicado a las 24, 48 y 72 horas de la instalacion Se promediaron las tres

lecturas y se hallo los gm de CO_2 que se produjeron en un gramo del suelo muestreado para cada profundidad y cada tratamiento (IGAC 1990)

6 DISEÑO EXPERIMENTAL

En este trabajo se empleo el diseño de bloques al azar, cada uno con los tres tratamientos descritos Se establecieron tres repeticiones Las dimensiones de las parcelas fueron de 24 x 28 metros cuadrados y hubo calles de 2 metros entre tratamientos y de 4 metros entre bloques

Diseño de campo



7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cada resultado en cada profundidad y cada tratamiento, se comparó con el inmediatamente anterior

El primer muestreo se realizo 14 dias antes de la siembra, el segundo 14 dias despues de la siembra, el tercero se realizo ı14 dias despues de la siembra y el cuarto 140 dias despues de la siembra

Se estratifico el muestreo de las capas de suelo asi

Franja 1 0 10 cm de profundidad

Franja 2 10 20 cm de profundidad

Franja 3 20 30 cm de profundidad

7 1 BACTERIAS

Las pruebas de analisis de varianza mostraron diferencias altamente significativas entre las profundidades, los tratamientos y su interaccion para todos los muestreos (Ver

anexo 1) Las pruebas de Tukey mostraron que para todos los muestreos las mayores medias de poblaciones en los tratamientos se presentaron en la labranza convencional, labranza reducida y siembra directa respectivamente y para las profundidades en la franja 1, franja 2 y franja 3 respectivamente

Primer muestreo Segun la prueba de Tukey, para esta cuantificacion, el tratamiento de labranza convencional presento el mayor numero de bacterias con una poblacion media de 6,51 unidades formadoras de colonias / gramo de suelo (ufc / g suelo) seguida de la labranza reducida con 6,34 ufc / g suelo y la siembra directa con 6,12 ufc / g suelo (Figura 1), mostrando diferencias significativas entre dichas cifras (Anexo 1) Se ha considerado que estas diferencias se deben a las condiciones resultantes de los cultivos y las labores anteriores realizadas en el lote

La prueba de Tukey para las profundidades mostro que el numero de ufc / g suelo en cada franja fue 6 55 en la primera, 6 40 en la segunda y 5 60 en la tercera (Figura 2) Hubo diferencias significativas entre dichos valores que se atribuyen a la mayor disponibilidad de nutrientes a traves de

Figura 1 COMPARACION DE MEDIAS PARA LA INTERACCION ENTRE FRANJAS Y TRATAMIENTOS SEGUN POBLACION DE BACTERIAS EN EL PRIMER MUESTREO

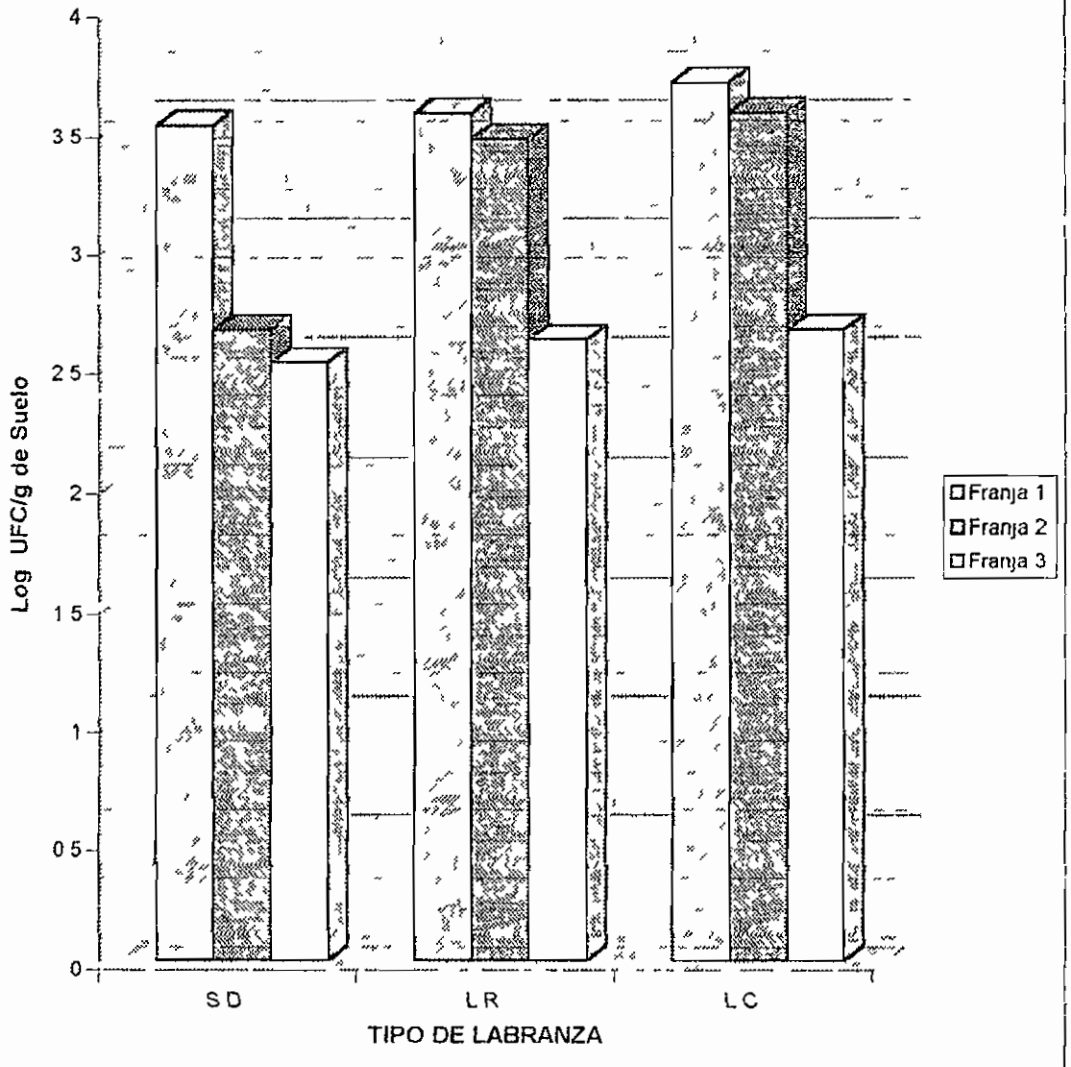
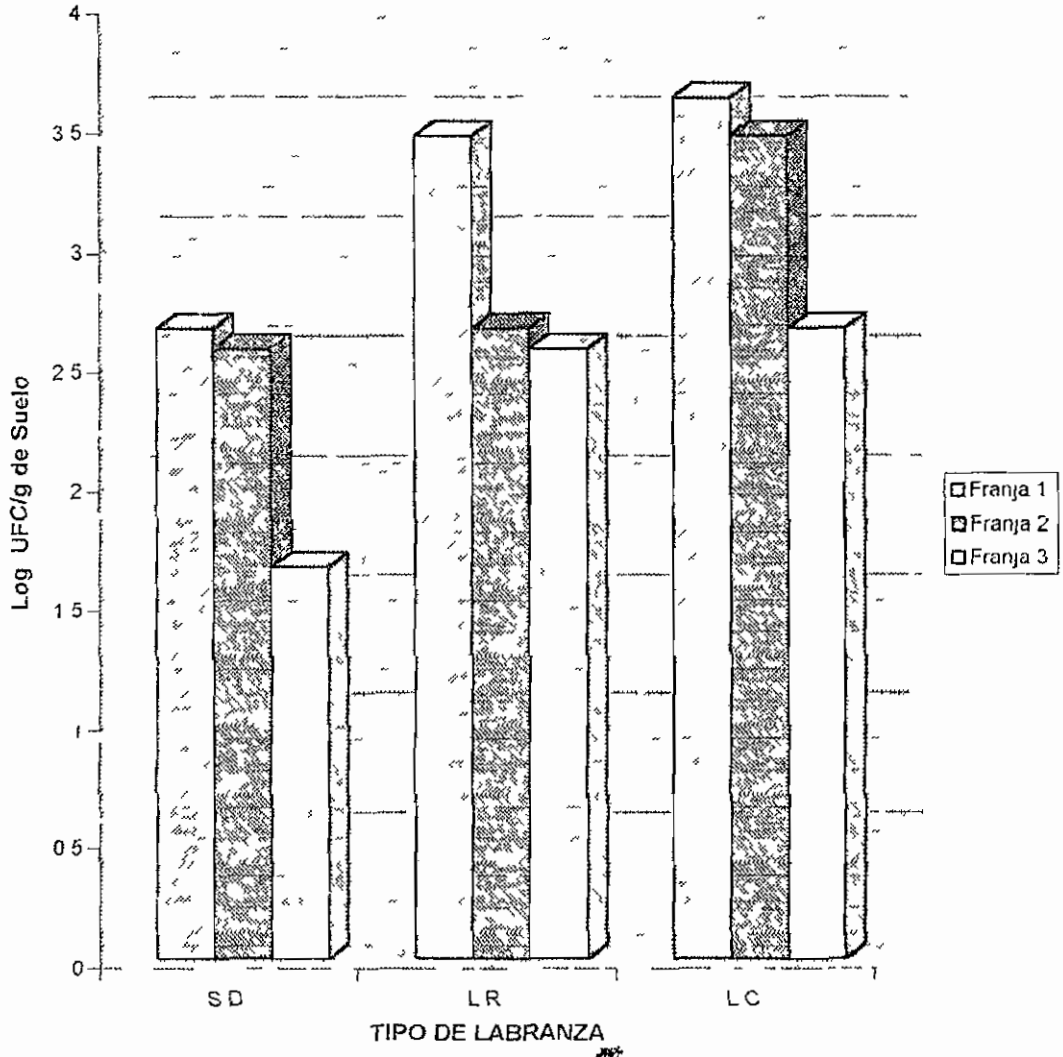


Figura 2 COMPARACION DE MEDIAS PARA LA INTERACCION ENTRE FRANJAS Y TRATAMIENTOS SEGUN POBLACION DE BACTERIAS EN EL SEGUNDO MUESTREO



UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
SISTEMA DE BIBLIOTECAS
HEMEROTECA
Villavicencio - Meta

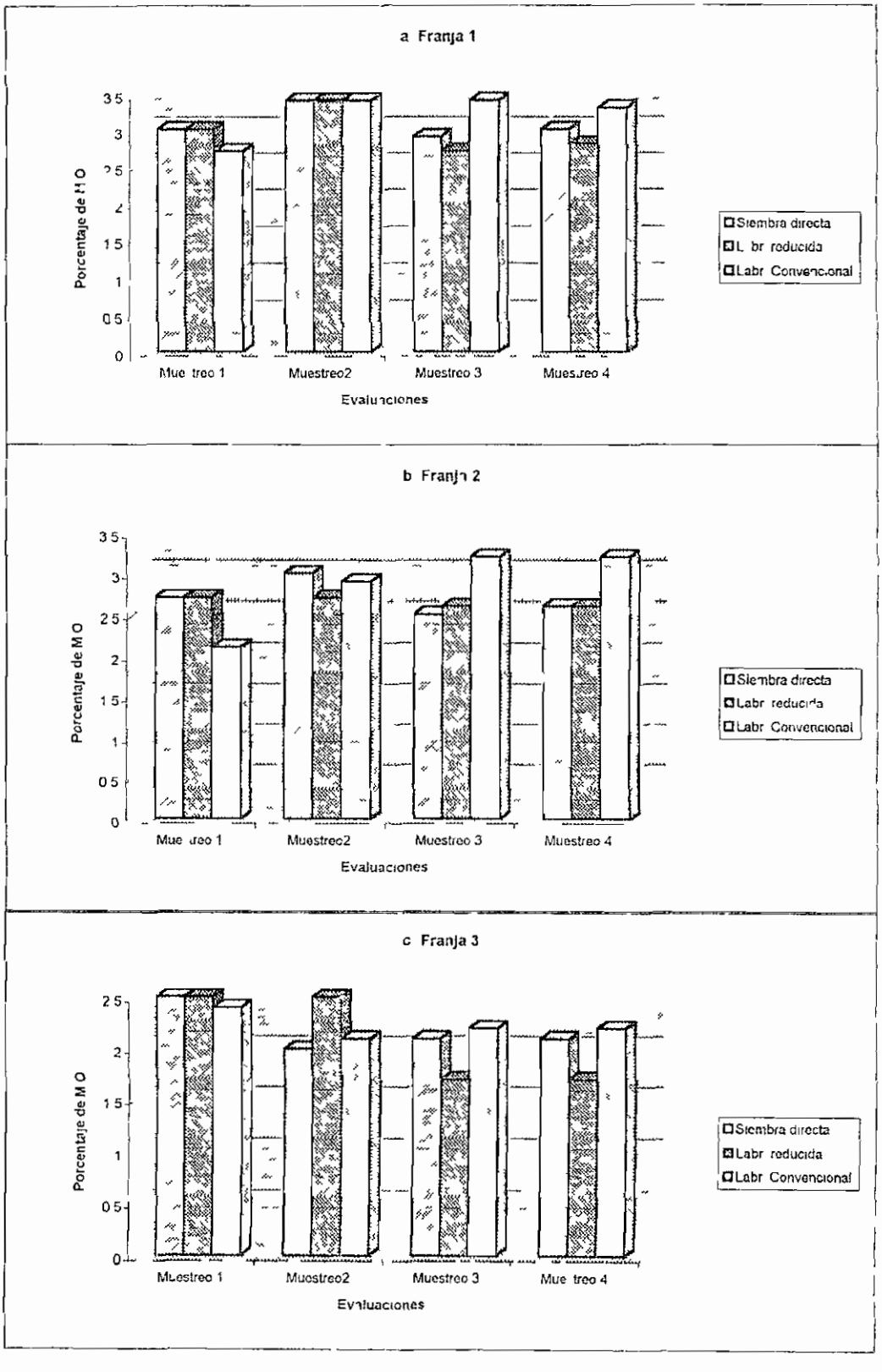
la materia organica (Figura 3) y los mayores valores de pH (Figura 4) que se registraron en los primeros centimetros de profundidad en el suelo Adicionalmente los porcentajes de humedad hallados son moderados y relativamente homogeneos concentrandose las cifras mas altas en las capas mas profundas del suelo (Figura 5), pudiendo justificarse por la cobertura vegetal existente en el terreno

Segundo muestreo Hubo una disminucion generalizada en las poblaciones medias de bacterias en los tratamientos y en las franjas evaluadas con respecto al muestreo inicial De acuerdo con las pruebas de Tukey se hallaron diferencias significativas en ambos casos (Anexo 1)

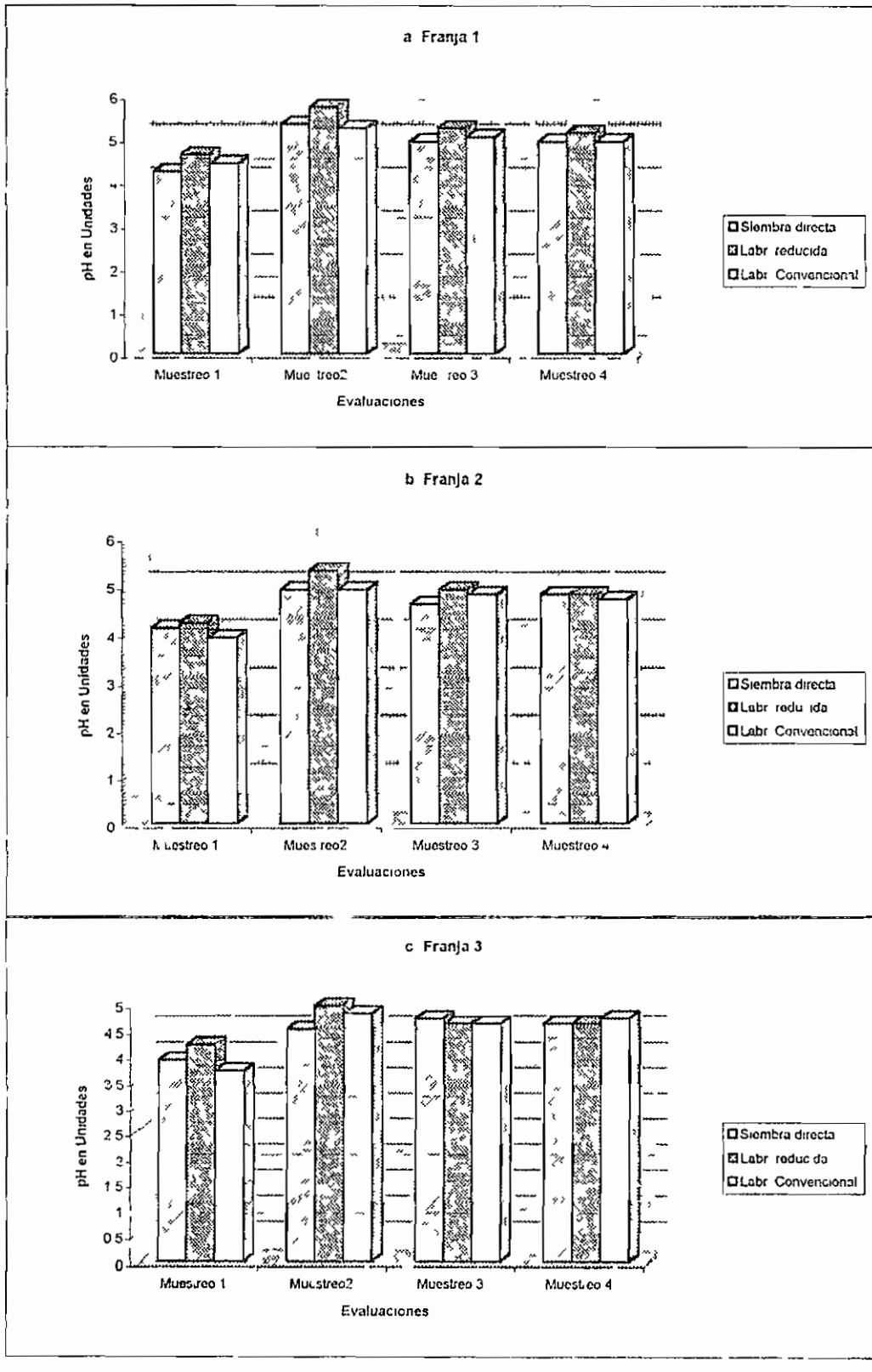
Para los tratamientos se registraron las siguientes disminuciones en el numero promedio de individuos 32 9% en la labranza convencional 46 6% en la labranza reducida y 76 4% en la siembra directa

Para las franjas se hallaron las siguientes disminuciones con respecto al primer muestreo 35 9% en la franja 1 56 4% en la franja 2 y 26 5% en la franja 3 Globalmente se nota el

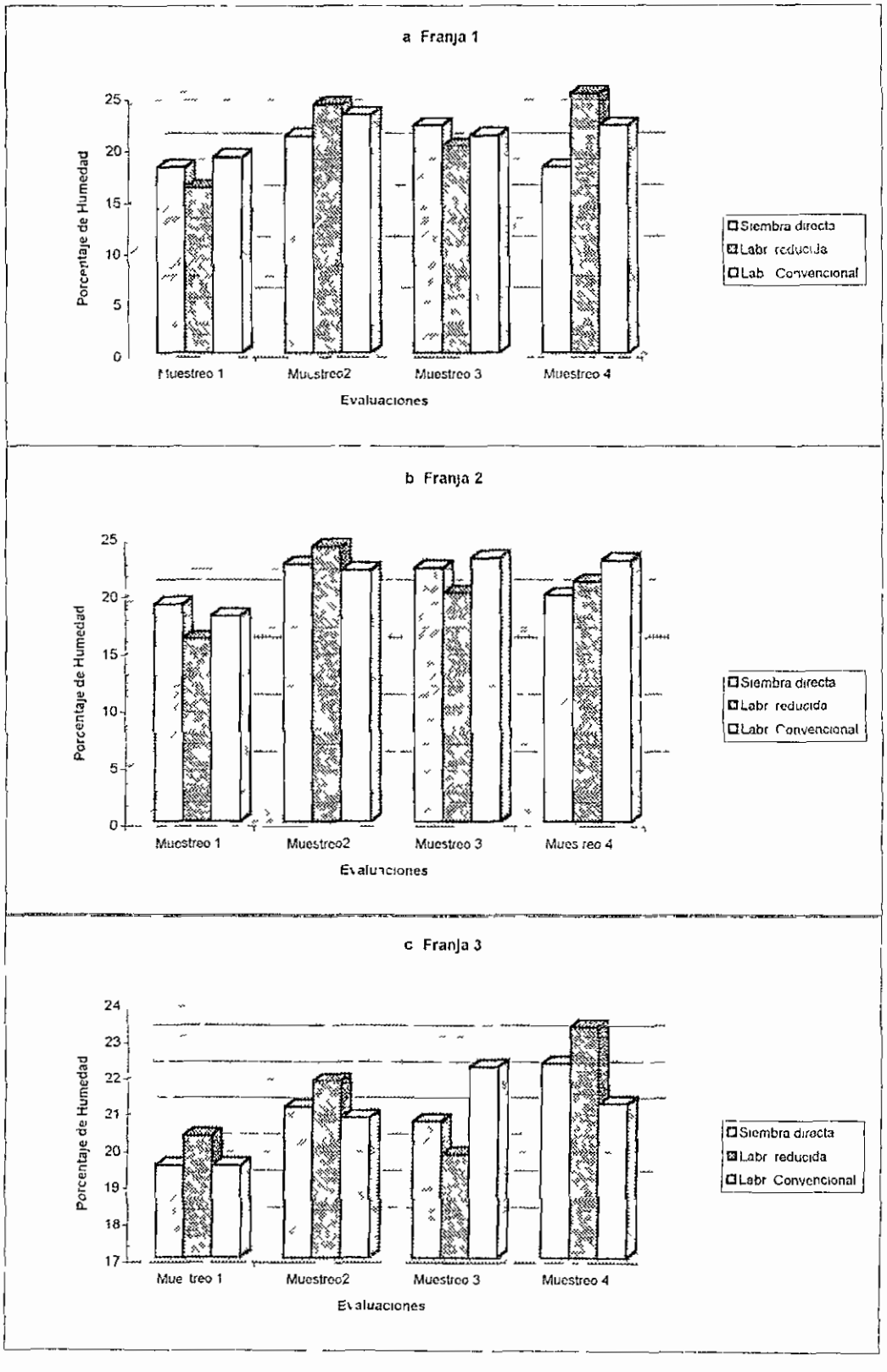
Grafica 3 Comparacion de medias de M O De acuerdo a las franjas y tratamientos



Grafica 4 Comparacion de medias de pH de acuerdo a las franjas y tratamientos



Grafica 5 Comparacion de medias de % Humedad de acuerdo a las franjas y tratamientos



posible daño causado en las poblaciones transcurridos 14 dias de la instalacion de los tratamientos

Para los tratamientos se cree que la disminucion registrada en este segundo muestreo con respecto al primero en cada caso se vio amortiguada por la poblacion original de bacterias siendo la labranza convencional con la poblacion inicial mas alta, el tratamiento que menos disminucion porcentual registro presentando 6,34 ufc/g suelo seguida por la labranza reducida con 6 07 ufc/g suelo, y la siembra directa con 5,49 ufc/g suelo Para las profundidades se conservo el orden inicial de poblaciones/franja del primer muestreo Hubo 6,36 ufc/g suelo en la primera franja, 6,04 ufc/g suelo en la segunda y 5 46 ufc/g suelo en la tercera

Posiblemente la disminucion poblacional registrada en la segunda franja fue causada por la aplicacion de los tratamientos principalmente por el volteo del suelo en la labranza convencional donde se localizo el mayor numero inicial de bacterias

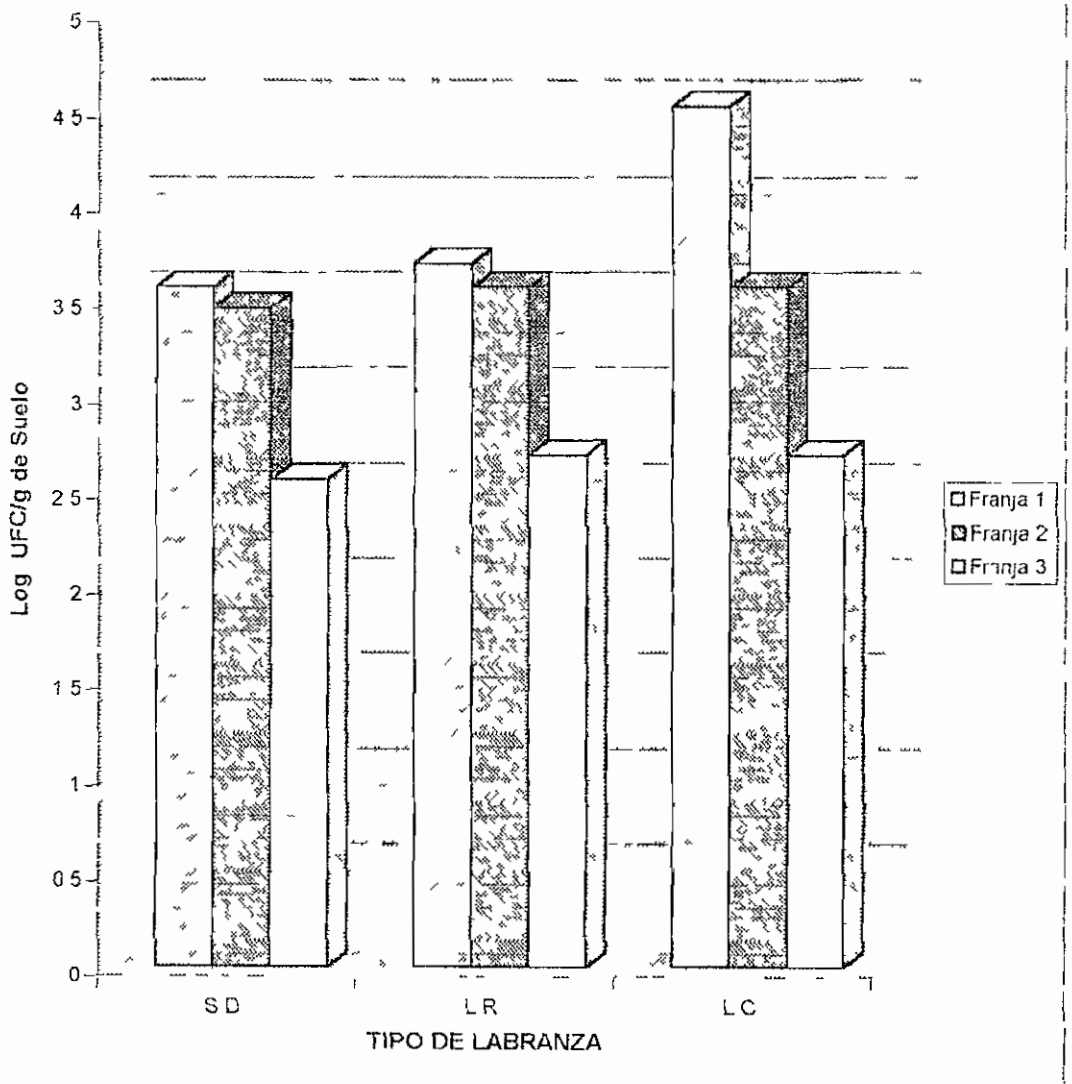
Tercer muestreo Hubo un aumento en las poblaciones de bacterias en los tres tratamientos y en las tres franjas de

profundidad evaluadas con respecto al segundo muestreo En los valores registrados en ambas pruebas de Tukey, se hallaron diferencias significativas (Figura 6) El logaritmo promedio de ufc/g suelo para los tratamientos fueron 7 12 para la labranza convencional, 6 58 para la labranza reducida y 6 36 para la siembra directa Los incrementos porcentuales con respecto al segundo muestreo para cada tratamiento fueron los siguientes 499% para la labranza convencional 228% para la labranza reducida y 641% para la siembra directa

A nivel global se puede considerar que el presente aumento en el número de ufc/g suelo en los tratamientos, con respecto al segundo muestreo se debio a la recuperacion de las bacterias, al superar la disminucion inicial causada posiblemente por la instalacion de los tratamientos El mayor numero actual de bacterias registrado en la labranza convencional pudo deberse a la descomposicion de la materia organica al mecanizar el suelo con los discos del arado invirtiendo las dos franjas superficiales

Las bacterias evaluadas en la labranza reducida registran el menor incremento porcentual de los tres tratamientos,

Figura 6 COMPARACION DE MEDIAS PARA LA INTERACCION ENTRE FRANJAS Y TRATAMIENTOS SEGUN POBLACION DE BACTERIAS EN EL TERCER MUESTREO

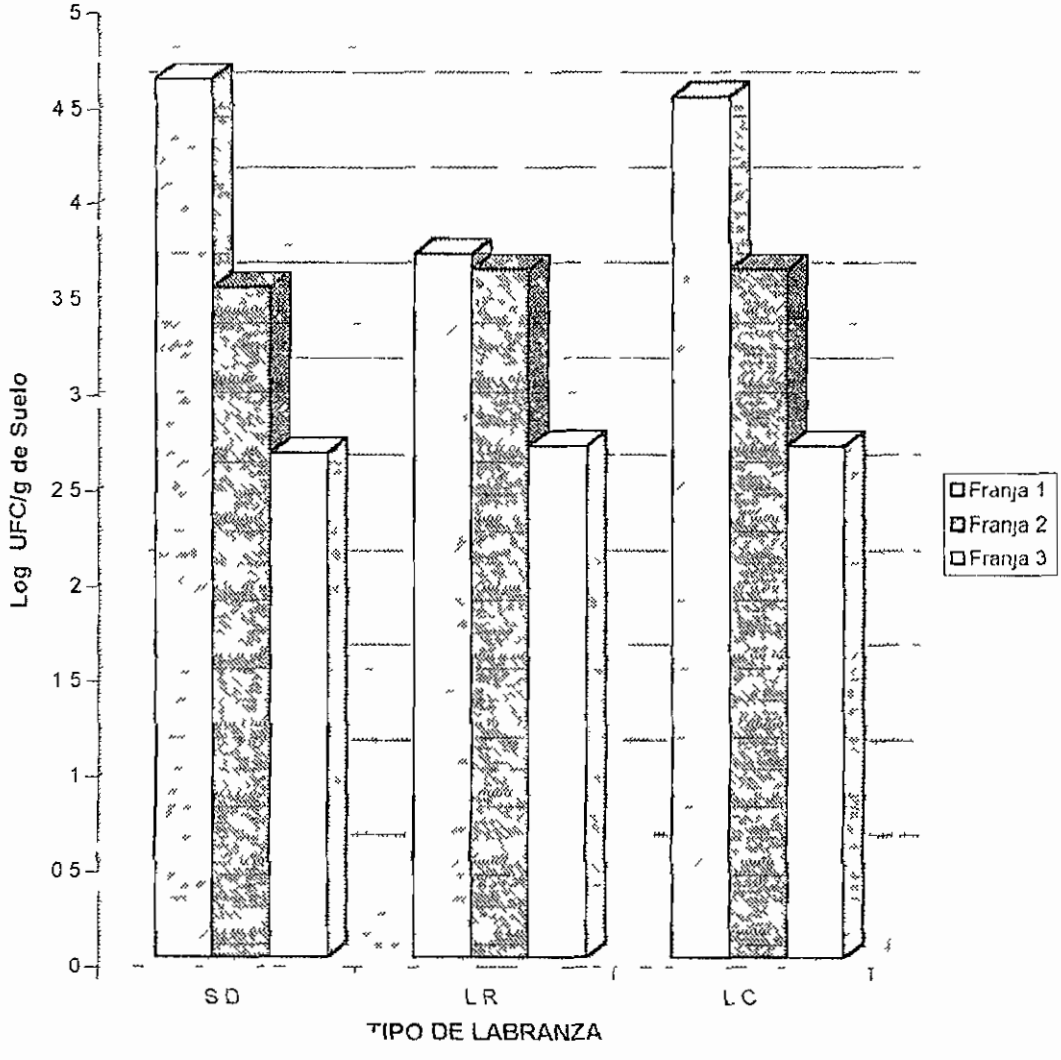


indicando que posiblemente se crearon unas condiciones mas estables en el tiempo para estos microorganismos que en la labranza convencional En la siembra directa posiblemente la menor disturbacion del terreno y la cobertura vegetal presente pudieron favorecer el aumento de la poblacion proveniente del segundo muestreo registrando el mayor incremento porcentual de los tres sistemas

El logaritmo promedio de ufc/g suelo para las profundidades fue 7 16 en la franja 1 6 52 en la franja 2 y 6 16 en la franja 3 Estas cifras con respecto a las registradas en el segundo muestreo presentan un incremento de 538% para la franja 1 200% para la franja 2 y 395% para la franja 3 La mayor poblacion cuantificada en las franjas 1 2 y 3 pueden justificarse por la mayor concentracion de materia organica fuente de alimento para las bacterias (Figura 3) y la mejor aireacion cerca de la superficie en todos los tratamientos durante los 100 dias transcurridos desde el segundo muestreo ademas se registro una disminucion en el pH a medida que aumentaba la profundidad (Figura 4)

Cuarto muestreo De acuerdo con la prueba de Tukey, hubo diferencias significativas entre las franjas (Figura 7) Para

Figura 7 COMPARACION DE MEDIAS PARA LA INTERACCION ENTRE FRANJAS Y TRATAMIENTOS SEGUN POBLACION DE BACTERIAS EN EL CUARTO MUESTREO



los tratamientos hubo diferencias en la labranza convencional con respecto a los otros dos tratamientos, sin presentarse diferencias significativas entre la siembra directa y la labranza reducida (Anexo 1)

Las poblaciones medias de bacterias para los tratamientos cuantificadas en log ufc/g suelo, fueron 7,12 en la labranza convencional 6,49 en la labranza reducida y 6,41 en la siembra directa Estos valores –con respecto a los registrados en el tercer muestreo no presentaron variacion para la labranza convencional, para la labranza reducida hubo una disminucion de 20% y para la siembra directa hubo un incremento de 11%

Ello permite analizar que la siembra directa a mediano plazo podria favorecer el mayor desariollo de las bacterias del suelo con respecto a los otros dos tratamientos, transcurridos 140 dias desde su implementacion al producir un aumento mas lento y gradual pero tal vez mas estable en el tiempo En este sentido y con base en las cuatro cuantificaciones realizadas en la labranza convencional se podria deducir que la poblacion establecida en este tratamiento parece estabilizar su desarrollo despues de

haberse incrementado sucesivamente en los anteriores muestreos Deben hacerse posteriores evaluaciones para conocer como evolucionan las colonias bacterianas con los tres sistemas de labranza despues de cosecharse el maiz Puede sin embargo pensarse que el conjunto de poblaciones beneficas y perjudiciales para el cultivo podrian estar estabilizandose al llegar a la madurez o meseta de su desarrollo en la actualidad En la labranza reducida hubo disminucion de la poblacion registrada en el tercer muestreo probablemente por el mayor contenido de humedad que hubo en los tres horizontes en relacion con los otros sistemas evaluados esto pudo perjudicar a las bacterias aerobias que fueron las mas activas en el suelo evaluado Se puede concluir que un contenido de humedad cercano al 20% es el mas apropiado para favorecer un desarrollo de estos microorganismos (Figura 5)

Hubo un valor promedio de pH de 4 9 en los tres horizontes y fue relativamente homogeneo para las tres franjas de profundidad en cada tratamiento (Figura 4) La mayor concentracion de materia organica se registro en la labranza convencional y ello podria haber favorecido el incremento de

la poblacion en las dos primeras franjas al voltear la capa arable por la accion de los arados de discos

El numero medio de log ufc/g suelo registrado en las tres profundidades fue 7,13 en la franja 1, 6 57 en la franja 2 y 5,67 en la franja 3 Es el mismo comportamiento que se registro en los tres muestreos anteriores y puede justificarse como resultado de mejores condiciones de nutricion a partir de las mayores porcentajes de materia organica (Figura 3) y de aireacion que presentaron los tres tratamientos en las franjas 1 y 2 respectivamente Hubo homogeneidad en los valores de pH entre las respectivas franjas de los tres tratamientos presentandose en la primera un valor promedio de 5 1, seguido de 4 8 en la segunda y 4 7 en la tercera franja (Figura 4), como posible efecto de los tratamientos aplicados al terreno

Ademas y aunque no se evaluo la rizosfera de las plantas presentes en el terreno podrian haber favorecido la proliferacion bacterial asociada en los primeros centimetros del suelo Tambien la mesofauna que habita la franja 1 principalmente, pudo incidir en el desarrollo de las bacterias en los tres tratamientos

Las fluctuaciones en terminos porcentuales de poblacion bacteriana en las franjas fueron las siguientes hubo una disminucion de 7% en la franja 1 un incremento de 12% en la franja 2 y una disminucion de 67% en la franja 3

La labranza convencional fue el tratamiento con mayor numero de bacterias en esta investigacion e incidio sobre las medias obtenidas en las pruebas de Tukey para las profundidades Sin embargo se puede considerar que de acuerdo con estos resultados se puede decir que la franja 1 presenta una estabilizacion o meseta en el desarrollo de la poblacion bacterial que la habita tras haber transcurrido 140 dias desde la instalacion de los tratam entos siendo este estrato superficial el mas afectado Para la franja 2 las condiciones han sido mas estables a traves del tiempo al no recibir directamente el efecto de dichas labores, permitiendo decir que podria haberse beneficiado el incremento moderado de la poblacion bacterial que la habita enmarcada en una relativa conservacion de las variables evaluadas (pH, materia organica y contenido de humedad) durante el tercero y cuarto muestreo La franja mas profunda si sufrio una drastica disminucion de la poblacion bacterial que la

habita, pudiendo deberse principalmente al efecto de los bajos porcentajes de materia organica (Figura 3), y a un ligero aumento en el contenido de humedad del suelo (Figura 5), creando condiciones adversas para el escaso numero de bacterias aerobias principalmente

Dentro de la microflora total son las bacterias las mas numerosas y activas ello se obseiva en el siguiente analisis de resultados

7 2 POBLACION MICROBIANA HETEROTROFA

El comportamiento de los resultados fue similar al de las bacterias Las pruebas de analisis de varianza mostraron al igual que en la discusion de resultados de bacterias, que hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos las franjas de profundidad y su interaccion para los cuatro muestreos realizados (Ver Anexo 2)

Las pruebas de Tukey mostraron que para todos los muestreos, las mayores poblaciones promedio se encontraron en la labranza convencional, la labranza reducida y siembra directa respectivamente Para las profundidades las mayores

poblaciones microbianas heterotrofas se localizaron en la primera segunda y tercera franja respectivamente, durante las cuatro evaluaciones Este comportamiento es similar al que sucedio para bacterias

Primer muestreo En la prueba de Tukey para el primer muestreo hubo diferencias significativas entre los valores de poblacion para los tratamientos y se obtuvieron los siguientes logaritmos de ufc / g de suelo 7,15 en la labranza convencional 6,55 en la labranza reducida y 6,21 en la siembra directa Se considero que estas cifras fueron producto de las condiciones provenientes del cultivo anterior, pues no se habian instalado aun los tratamientos (Figura 8)

Segundo muestreo Hubo diferencias significativas entre los resultados de los tres tratamientos y se registran las siguientes disminuciones de la poblacion microbiana heterotrofa del primer muestreo en todos ellos 81 4% en la labranza convencional, 57 6% en la labranza reducida y 33 1% en la siembra directa Las medias de logaritmo ufc/g de suelo fueron, 6,42 en la labranza convencional, 6,18 en la labranza reducida y 6,04 en la siembra directa (Figura 9)

Figura 8 COMPARACION DE MEDIAS PARA LA INTERACCION ENTRE FRANJAS Y TRATAMIENTOS SEGUN LA POBLACION MICROBIANA HETEROTROFA EN EL PRIMER MUESTREO

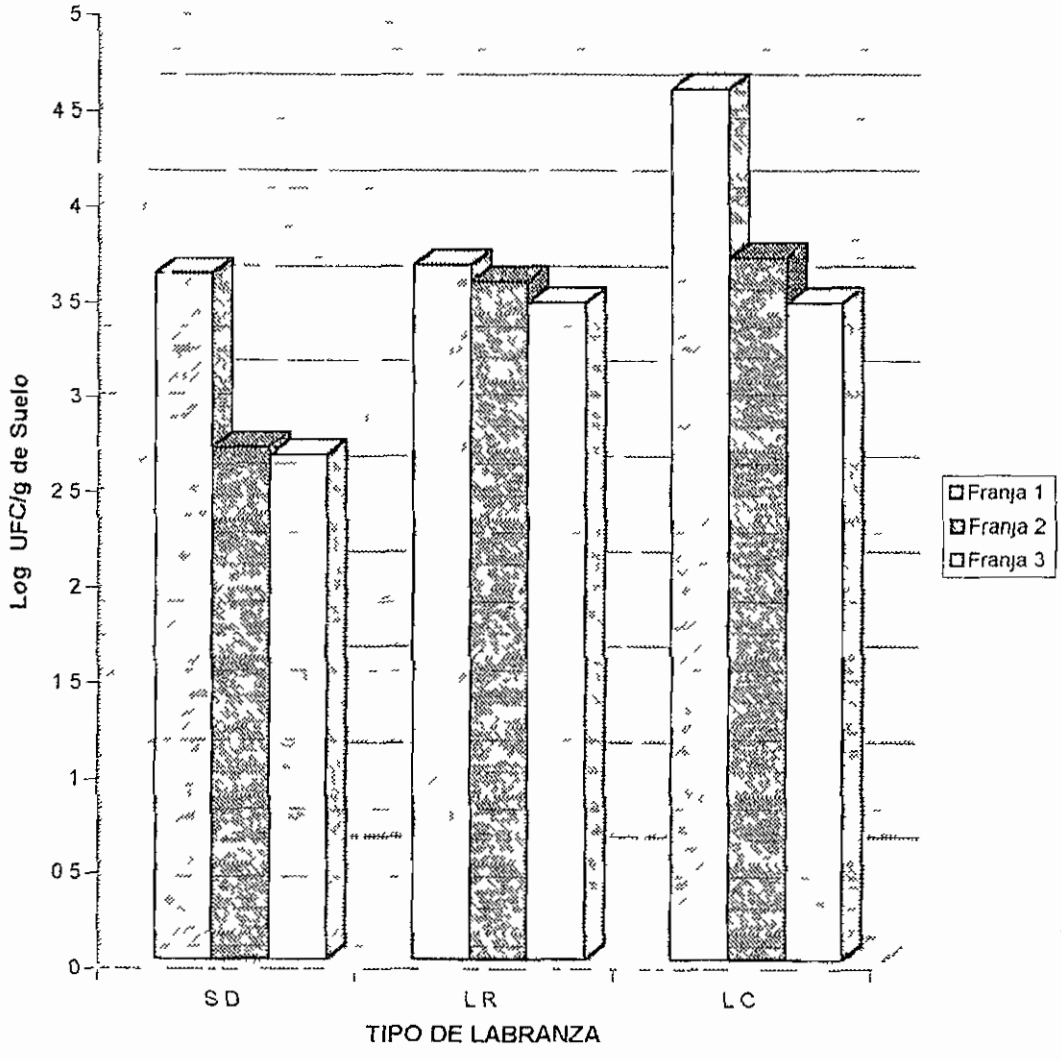
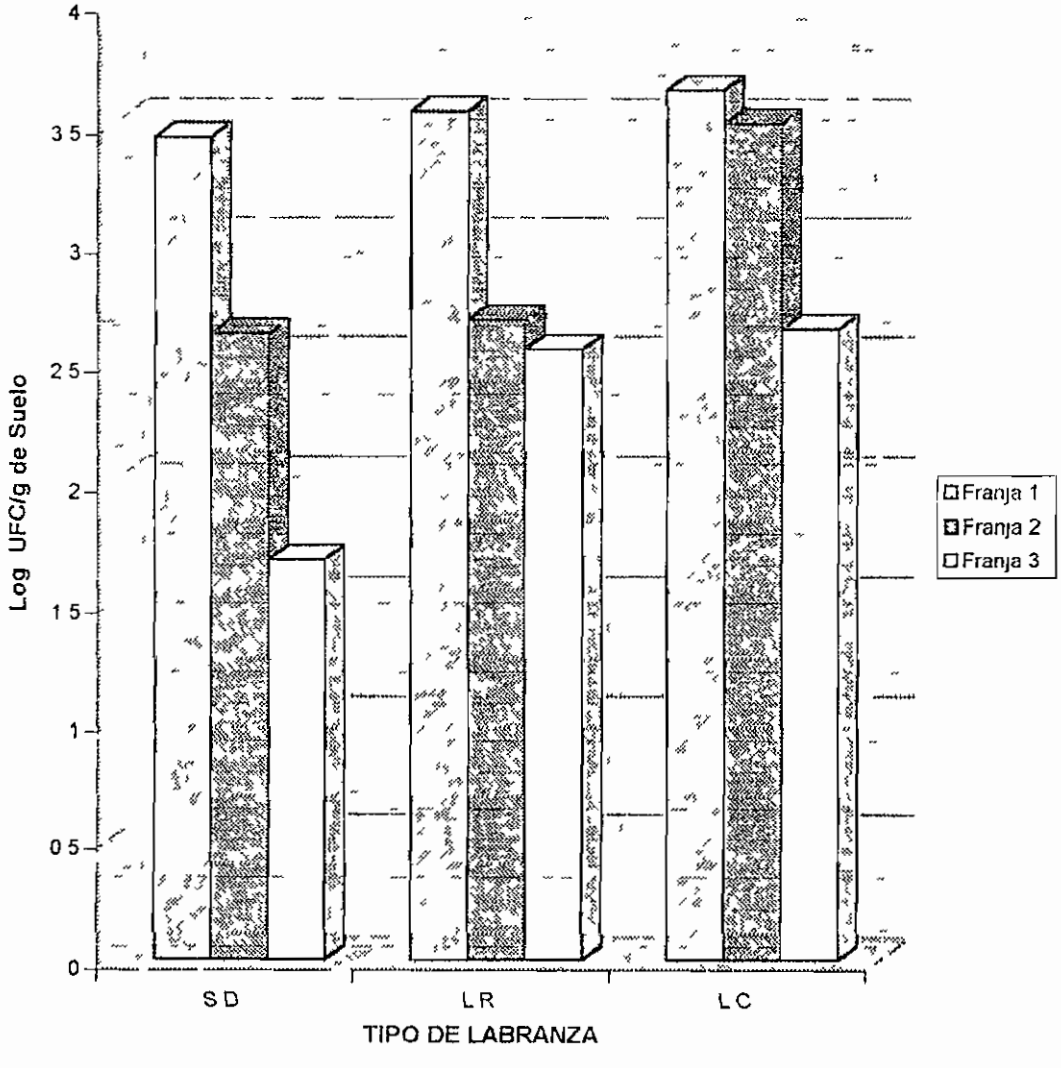


Figura 9 COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA LA INTERACCION ENTRE FRANJAS Y TRATAMIENTOS SEGUN LA POBLACION MICROBIANA HETEROTROFA EN EL SEGUNDO MUESTREO



La marcada disminucion en la labranza convencional se atribuye principalmente al posible daño causado en los microorganismos por la mecanizacion, al voltear las capas de suelo con los discos de los implementos La poblacion microbiana heterotrofa ubicada en los primeros centimetros de profundidad pudo quedar bruscamente expuesta a los rayos solares disminuyendo su desarrollo poblacional El pH tuvo un incremento promedio de una unidad en este segundo muestreo con respecto al primero para las tres franjas (Figura 4) El porcentaje de materia organica tuvo un incremento promedio de 0 7% en las dos franjas superiores, una disminucion de 0 3% en la franja mas profunda (Figura 3) Hubo un incremento de 4 unidades en el porcentaje de humedad para la primera franja 2 5 para la segunda y 1 2 para la franja 3 (Figura 5) Con base en lo anterior se puede llegar a pensar que la disturbacion del suelo en la labranza convencional principalmente, pudo distribuir la materia organica superficial en las dos primeras franjas y tambien causar disminuciones en la poblacion de la microbiana heterotrofa y en el consumo de materia causando la acumulacion registrada El incremento del porcentaje de humedad pudo disminuir la aireacion de los poros y la

actividad de los microrganismos aerobios principalmente de las bacterias En los tratamientos los correctivos aplicados pudieron incrementar el pH (Figura 4)

Para la labranza reducida se puede ver que la mecanizacion moderada pudo ser la causa de la disminucion de la poblacion de microbiana heterotrofa, cuantificada en el primer muestreo, aunque fue relativamente menor que en la labranza convencional En este tratamiento los porcentajes de humedad del primer muestreo se incrementaron a 24 1% en la franja 1 a 23 7% en la franja 2 y a 21 8% en la franja 3, probablemente por la presencia de los residuos vegetales sobre la superficie del terreno, que pudo disminuir la evaporacion del agua del suelo Y aunque pudo atenuar el efecto nocivo de los rayos solares sobre las colonias microorganicas tambien pudo crear condiciones de anaerobiosis que obstaculizaron el normal desarrollo de las poblaciones de microorganismos aerobios El incremento promedio de pH en una unidad en las dos primera franjas pudo deberse a las enmiendas aplicadas en el tratamiento

En la siembra directa hubo la menor disminucion porcentual en la poblacion microbiana heterotrofa de los tres

tratamientos Pudo deberse a la minima modificacion de las condiciones del suelo teniendo un bajo impacto sobre los microorganismos que lo habitan

El comportamiento de las variables fue el siguiente el pH tuvo un incremento promedio en las tres franjas de 0 8 atribuible a la adicion de las enmiendas del tratamiento (Figura 4) La materia organica se incremento en 0 2% promedio en las tres profundidades posiblemente por la acumulacion resultante del bajo consumo al disminuir la poblacion total de microorganismos (Figura 3) El porcentaje de humedad se incremento en las tres profundidades en un 2% promedio alcanzando un valor ponderado de 21 3% como posible consecuencia de la presencia de cobertura vegetal en el terreno que permitiria una baja tasa de evaporacion del agua contenida en el suelo (Figura 5)

Tercer muestreo De acuerdo con las pruebas de Tukey para los tratamientos hubo diferencias significativas en las poblaciones de la labranza convencional con respecto a la labranza reducida y la siembra directa, sin presentarse diferencias significativas entre estas ultimas sin embargo en todas ellas hubo un incremento asi 398% en labranza

convencional, 143% en la labranza reducida y 130% en la siembra directa Este hecho es atribuible a la recuperacion de la poblacion microbiana heterotrofa, transcurridos 114 dias desde la instalacion de los tratamientos El mayor incremento poblacional en la labranza convencional pudo deberse a la redistribucion de nutrientes en las dos primeras franjas donde hubo contenidos promedios de 3 3% en materia organica, como consecuencia del volteo durante la mecanizacion Las otras variables mantuvieron valores estables con respecto al segundo muestreo, las fluctuaciones fueron el pH descendio 0 2 promedio (Figura 4), y el porcentaje de humedad promedio se incremento en 0 2% en las tres franjas (Figura 5)

En la labranza reducida el incremento poblacional se atribuye a que la poblacion microbiana heterotrofa haya podido readaptarse a las condiciones del suelo a 114 dias de haber establecido el tratamiento Posiblemente una moderada mecanizacion favorece un aumento constante y estable de las poblaciones a traves del tiempo en relacion con la labranza convencional Hubo las siguientes disminuciones en los valores de las tres variables evaluadas para las franjas asi en 2 9% en el contenido de humedad

que se atribuye a disminucion en las precipitaciones 0 3 en el pH y 0 5% en el contenido de materia organica con respecto al segundo muestreo consecuencia atribuible al consumo realizado por la poblacion microbiana heterotrofa

En la siembra directa se atribuye el incremento del 130% en relacion con el segundo muestreo a que los microorganismos heterotrofos hayan podido recuperarse de la instalacion del tratamiento 114 dias atras Sin embargo fue el menor incremento de los tres tratamientos posiblemente porque es aquí donde se dan las condiciones mas estables y moderadas a traves del tiempo para las poblaciones La disminucion de la materia organica en las dos franjas superficiales puede justificarse por el mayor consumo derivado del mayor numero y actividad de las poblaciones microorganicas heterotrofos favorecida tambien por la mayor aireacion que hay en la cercania de la superficie El pH promedio de las tres franjas para este tratamiento no tuvo variaciones apreciables y se mantuvo relativamente estable, al igual que el contenido de humedad

Los promedios de log ufc / g de suelo obtenidos mediante la prueba de Tukey fueron 7,12 en la labranza convencional,

6,56 en la labranza reducida y 6,40 en la siembra directa (Figura 10)

Cuarto muestreo Hubo diferencias significativas en las poblaciones de los tratamientos de acuerdo con la prueba de Tukey (Figura 11) Se registro una poblacion similar a la del tercer muestreo Se puede llegar a pensar en general que las poblaciones de los tres sistemas se estabilizan tras 140 dias de haberse implementado dichos tratamientos en el terreno, llegando a la etapa de meseta o madurez en su desarrollo Asi, su numero tiende a ser constante en este momento con respecto al tercer muestreo y hubo los siguientes incrementos 2% en la labranza convencional, 8% en la labranza reducida y 11% en la siembra directa El logaritmo de ufc / g de suelo fue 7 13, 6,60 y 6 45 microorganismos respectivamente

Analizando estos valores se vuelve a comentar lo expuesto en el analisis del tercer muestreo al parecer la siembra directa principalmente y la labranza reducida en segundo renglon proporcionan condiciones mas moderadas pero estables de desarrollo para los microorganismos heterotrofos del suelo en relacion con la labranza convencional La materia

Figura 10 COMPARACION DE MEDIAS PARA LA INTERACCION ENTRE FRANJAS Y TRATAMIENTOS SEGUN LA POBLACION MICROBIANA HETEROTROFA EN EL TERCER MUESTREO

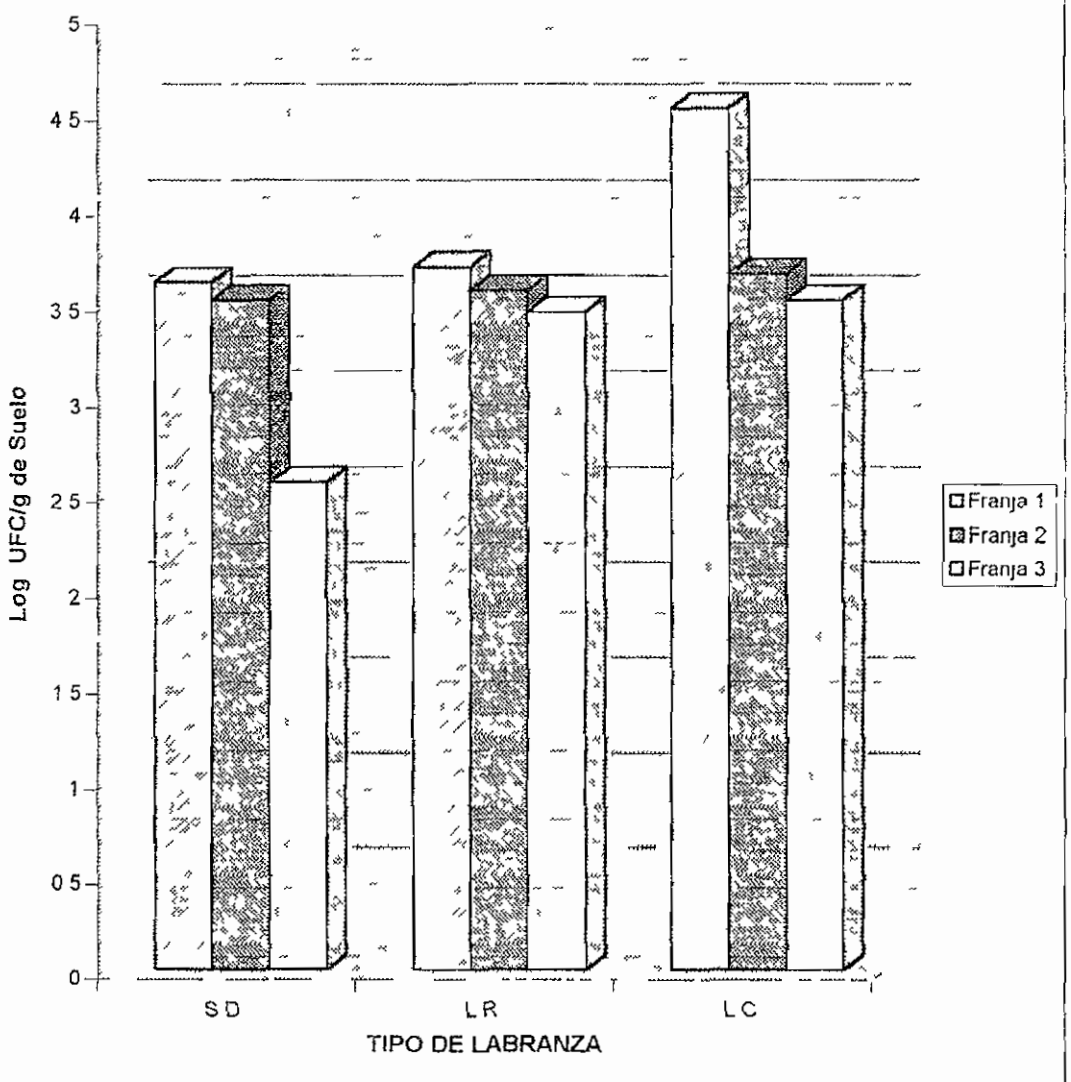
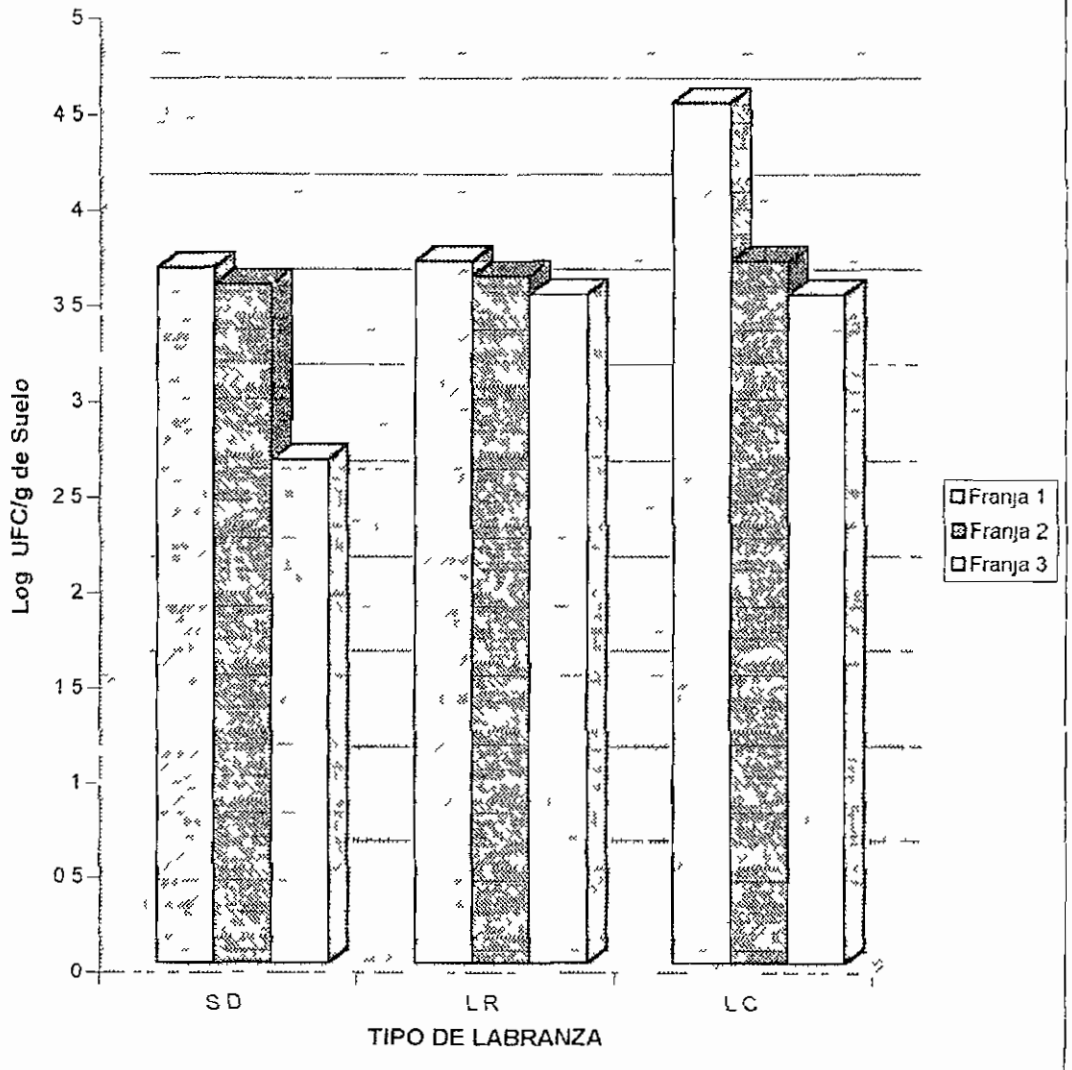


Figura 11 COMPARACION DE MEDIAS PARA LA INTERACCION ENTRE FRANJAS Y TRATAMIENTOS SEGUN LA POBLACION MICROBIANA HETEROTROFA EN EL CUARTO MUESTREO



organica, el contenido de humedad y el pH no presentaron variaciones destacables en ninguno de los tratamientos

El siguiente es el analisis para las franjas de profundidad de acuerdo con las pruebas de Tukey para cada medicion realizada En el primer muestreo del numero total de ufc / gr de suelo de las tres franjas, el 75% se localizo en la primera franja (14'578 000), el 15% en la segunda franja (2 938 000) y el 10% en la franja mas profunda (1'937 000) (Figura 11) Ello es atribuible a que es en la cercania a la superficie donde se dan las mejores condiciones de aireacion y disponibilidad de nutrientes para las poblaciones microbianas heterotrofas

Para el segundo muestreo se registraron diferencias significativas entre las poblaciones cuantificadas en los tres estratos Se presento una disminucion en las poblaciones de las tres franjas asi 75% en la primera 53% en la segunda y 85% en la tercera, con respecto a las del primer muestreo Las poblaciones cuantificadas en log ufc / g de suelo fueron 6 55 en la capa mas superficial 6 14 en la intermedia y 5 16 en la mas profunda La distribucion porcentual de las poblaciones microbianas heterotrofas que

se midieron en las tres franjas se distribuyo asi 68% en la primera 26% en la segunda y 6% en la tercera franja

De acuerdo con las anteriores cifras se puede llegar a pensar que el daño causado por la mecanizacion del suelo en las poblaciones microorganicas es evidente al observar, al igual que en las bacterias, que es en los primeros centimetros de profundidad donde se registran las disminuciones mas drasticas en la microbiota heterotrofa tras 14 dias de haberse establecido los tratamientos

En el tercer muestreo hubo un incremento en las poblaciones de todas las franjas Se registraron las siguientes poblaciones expresadas en log ufc / g de suelo 7 13 en la primera franja, 6,57 y 6,33 en la tercera De acuerdo con la prueba de Tukey, hubo diferencias significativas entre la poblacion de la primera franja y de las otras dos profundidades Se registro un incremento en la cantidad de microorganismos heterotrofos en las tres franjas como posible consecuencia del reacondicionamiento de las poblaciones al ambiente del suelo El logaritmo de ufc / g de suelo fue 7,13 en la primera franja 6 57 en la segunda franja y 6,33 en la tercera Ello representa un incremento

por franja con respecto a las poblaciones del segundo muestreo asi 277% en la primera 170% en las segunda y 645% en la tercera La poblacion total fue distribuida asi a traves del suelo 70% en la primera franja 19% en la segunda y 11% en la tercera

Finalmente, en el cuarto muestreo nuevamente se obtuvo el mayor numero de microorganismos heterotrofos en la primera, la segunda y la tercera franja respectivamente La poblacion cuantificada en la anterior medicion tendio a permanecer en esta, habiendo solo unos pequeños incrementos asi 3% en la primera franja, 11% en la segunda franja y 5% en la tercera franja El logaritmo de ufc / g de suelo cuantificados fueron los siguientes 7 14 en el estrato mas superficial, 6 62 en el segundo y 6,35 en el mas profundo La poblacion total de microorganismos heterotrofos del suelo se distribuyo asi a traves de las franjas 69% en la primera 20% en la segunda y 11% en la tercera

Este comportamiento se puede atribuir a la estabilizacion en el desarrollo poblacional de las diferentes especies que

habitan el suelo tras haber transcurrido 140 dias desde la mecanizacion

7 3 Actividad Global

Esta cuantifica la tasa respiratoria de los microrganismos aerobios expresada en g de CO_2/g de suelo

El pH disminuyo en promedio 0 1 a medida que aumentaba la profundidad en los tres sistemas de labranza durante los cuatro muestreos (Figura 4) Los contenidos de materia organica tuvieron similar comportamiento con diferencias promedio de 0 3% entre franjas (Figura 3) En cuanto al contenido de humedad, los dos tratamientos que tuvieron mayor valor en promedio durante los cuatro muestreos fueron la labranza convencional y la labranza reducida con 21% seguidos de la siembra directa con 20%, y se considera que globalmente hay un comportamiento muy semejante en los tres sistemas (Figura 5)

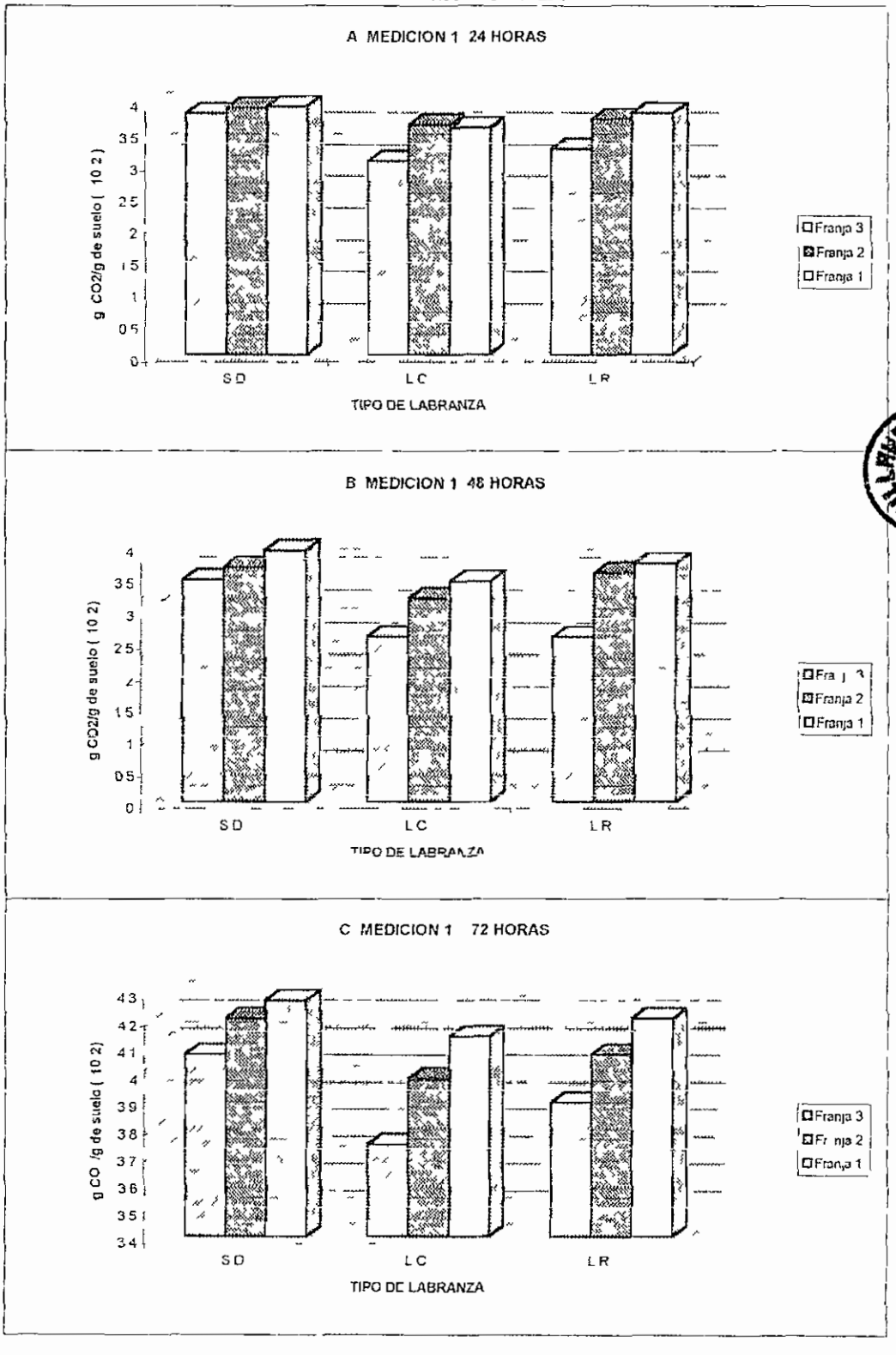
De acuerdo con los analisis de varianza y las pruebas de Tukey, en la fase inicial del experimento la actividad respiratoria de los microorganismos aerobios del suelo era

muy semejante y no presentaba diferencias entre los tratamientos ni las profundidades A medida que transcurrio el tiempo hubo variaciones

Primer muestreo De acuerdo con el analisis de varianza no hubo diferencias significativas en las profundidades ni en los tratamientos ni en su interaccion para la evaluacion realizada a las 24 y 48 horas A las 72 horas hubo diferencias altamente significativas entre las profundidades (Anexo 3)

Las pruebas de Tukey indican que aunque no hubo diferencias significativas en la produccion de CO_2 entre los tratamientos a las 24 48 y 72 horas si hubo mayor actividad global expresada en g de CO2 x 10^2 / g de suelo asi 3 900 en la siembra directa, 3 650 en la labranza convencional y 3 587 en la labranza reducida Se considera que estos valores son producto de las condiciones originales del terreno antes de establecer los tratamientos como resultado del sorteo que se hizo con el sistema de bloques al azar (Figura 12)

Figura 12 COMPARACION DE MEDIAS PARA LA INTERACCION ENTRE FRANAJAS Y TRATAMIENTOS SEGUN LA ACTIVIDAD GLOBAL EN EL PRIMER MUESTREO



UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
SISTEMA DE BIBLIOTECAS

Para las pruebas de Tukey, en las profundidades no hubo diferencias significativas a las 24 ni a las 48 horas En la evaluacion realizada a las 72 horas se detecto diferencias significativas en la tercera franja Sin embargo en promedio en las tres mediciones hubo los siguientes g de CO_2 x 10^{2}/g de suelo en las franjas 3 898 en la primera franja, 3 816 en la segunda y 3 898 en la tercera Ello corresponde con los resultados de las bacterias y la microflora total donde el numero de ufc / g de suelo disminuia con la profundidad indicando que la mayor poblacion de microorganismos del suelo en los tres tratamientos son aerobias y se localizan en franjas mas superficiales (Figura 12)

Para los tratamientos y las profundidades los mayores valores de actividad global se registraron a las 72, 24 y 48 horas respectivamente indicando que la respiracion inicial de los microorganismos tuvo una disminucion promedio de 10% al segundo dia del muestreo posiblemente causado por la alteracion de la actividad respiratoria en las poblaciones, tras la toma del suelo en el campo

Segundo muestreo El analisis de varianza mostro diferencias no significativas en los tratamientos las

profundidades y su interaccion en las evaluaciones hechas a las 24 48 y 72 horas (Anexo3)

La prueba de Tukey para las profundidades, mostro que a las 24 horas hubo diferencias significativas en la produccion de g CO_2 x 10^2 / g de suelo en la primera y la tercera franja con 4 285 y 3 902 respectivamente en la segunda franja hubo un valor de 4 081 que no difirio significativamente de los otros dos A las 48 y 72 horas no hubo diferencias significativas en las tres franjas aunque se conservo la tendencia enunciada

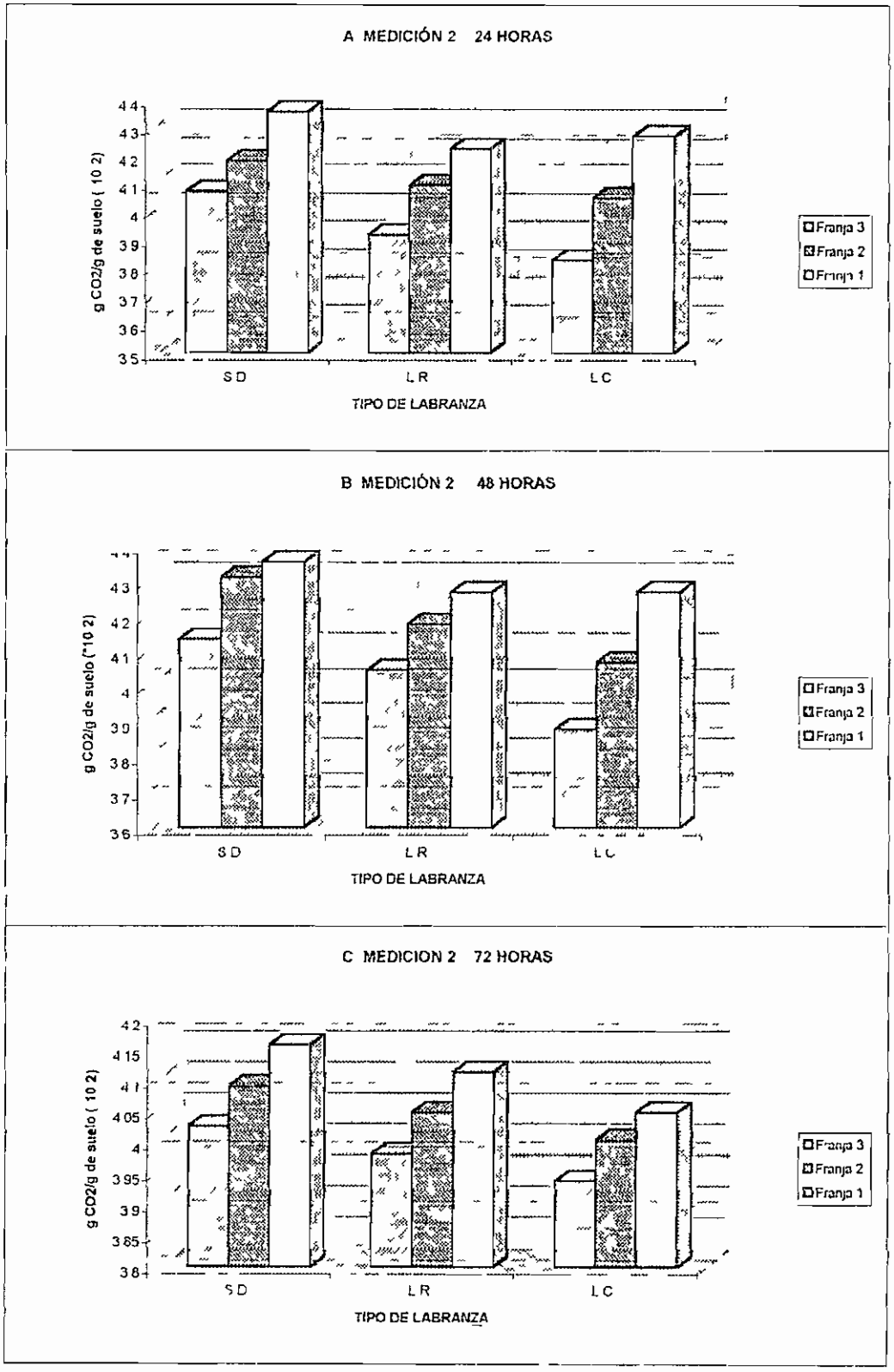
La prueba de Tukey para los tratamientos arrojo diferencias no significativas en las evaluaciones realizadas a las 24 48 y 72 horas Sin embargo, durante los tres dias se obtuvo un valor promedio en g CO_2 x 10^2 / g de suelo de 4 192 en la siembra directa 4 097 en la labranza convencional y 4 054 en la labranza reducida Ello indica que tras 114 dias de establecidos los tratamientos pudo haberse favorecido la mayor actividad de los microorganismos aerobios en la siembra directa Los valores cercanos hallados entre los otros dos tratamientos permiten creer que el volteo realizado en la labranza convencional pudo haber aireado mejor las

dos primeras franjas donde precisamente se hallaban las mayores poblaciones de microorganismos, que en la labranza reducida donde el cincel rompio las posibles capas endurecidas subsuperficiales en el suelo y pudo crear un efecto similar al anterior aunque ligeramente menor (Figura 13)

Tercer muestreo Los analisis de varianza mostraron que en las franjas de profundidad hubo diferencias altamente significativas a las 24 y 72 horas y diferencias significativas a las 48 horas En los tratamientos hubo diferencias significativas a las 24 horas, diferencias altamente significativas a las 48 horas, pero a las 72 horas no hubo diferencia alguna La interaccion no presento diferencia en ninguna de las tres evaluaciones

Las pruebas de Tukey para las profundidades arrojaron diferencias significativas entre las franjas a las 24 horas con valores de g de CO_2 x 10^2 / g de suelo asi 4 253 en la franja 1, 4 019 en la segunda y 3 651 en la tercera En la cuantificacion realizada a las 48 horas hubo diferencias significativas entre la primera y la tercera franja con valores de g CO_2 x 10^2 / g de suelo asi 3 733 y 3 257

Figura 13 COMPARACION DE MEDIAS PARA LA INTERACCION ENTRE FRANJAS Y TRATAMIENTOS SEGUN LA ACTIVIDAD GLOBAL EN EL SEGUNDO MUESTREO



respectivamente En la segunda franja se produjeron 3 352 que no difirio significativamente con los dos valores anteriores A las 72 horas nuevamente hubo diferencias significativas entre la primera y la tercera franja con los siguentes g de CO_2 x 10^2 / g de suelo 4 151 y 3 726 respectivamente En la segunda franja 3 969 se produjeron que no difirieron significativamente de los valores anotados Refleja el comportamiento general de todo el experimento al registrarse la mayor actividad respiratoria en las franjas mas superficiales, posiblemente por la cercania a la atmosfera

De acuerdo con los tres promedios diarios de las pruebas de Tukey, la primera franja tuvo el 36% de produccion de CO_2 con 4 046 x 10^2g de CO_2 / g de suelo la segunda franja el 33% con el 3 780 x 10^2g de CO_2 / g de suelo y la tercera franja con el 31% equivalente a 3 545 x 10^2g de CO_2 / g de suelo

La prueba de Tukey para los tratamientos mostro que la mayor actividad global se registro en la siembra directa durante los tres dias evaluados con un promedio de 4 006 x 10^2 g de CO_2 / g de suelo, la labranza reducida con 3 746 x 10^2g de CO_2 / g de suelo y la labranza convencional con

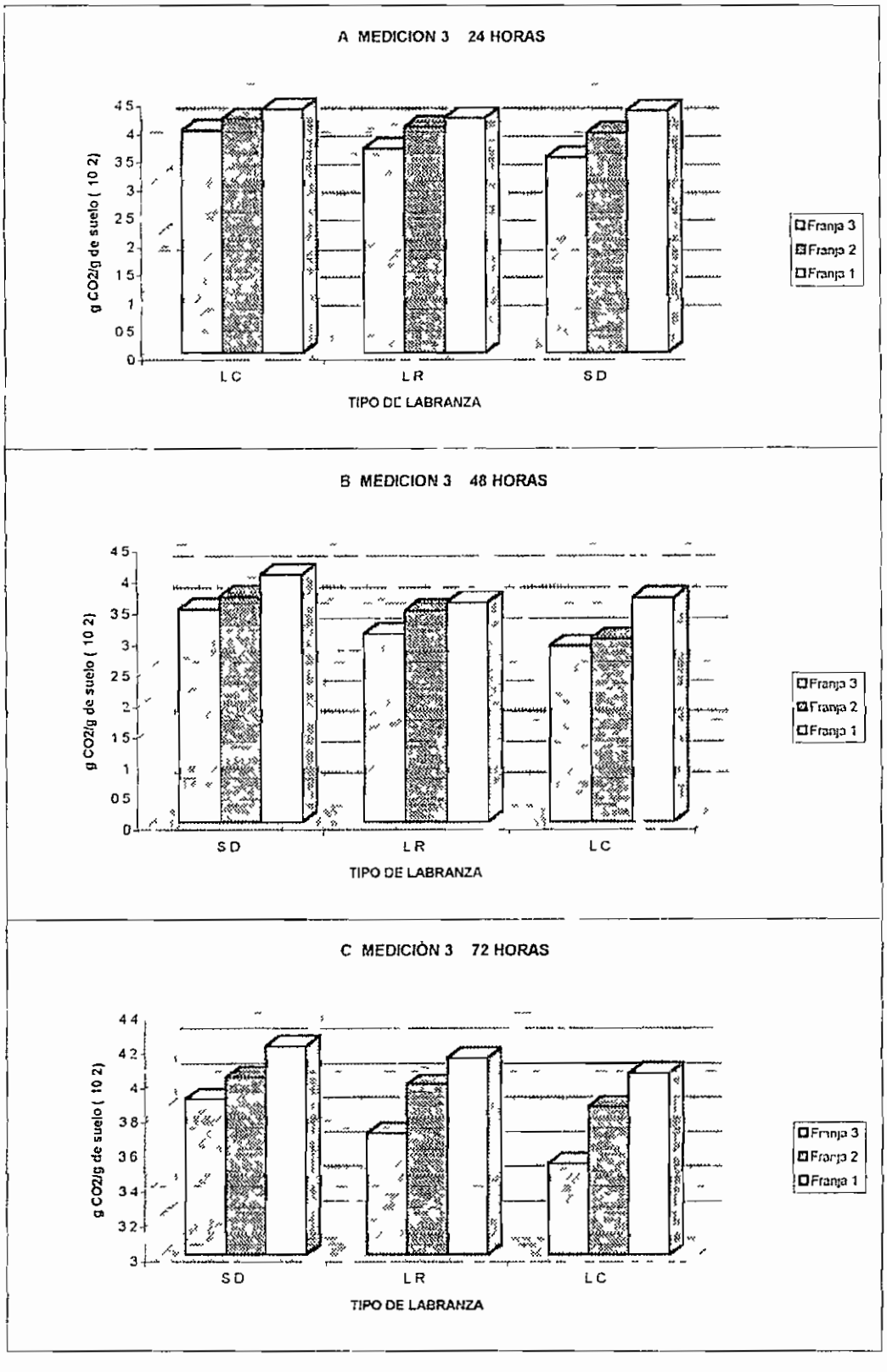
3 619 x 10^{2}g CO_2 / g de suelo En la prueba a las 24 horas hubo diferencias significativas entre la siembra directa y la labranza convencional en la labranza reducida se produjeron 3 935 g de CO_2 / g de suelo que no difirieron significativamente de los dos valores enumerados antes, a las 48 horas hubo diferencia significativa entre la siembra directa y los otros dos sistemas y para las 72 horas no se hallaron diferencias significativas entre los tres tratamientos Ello indica que la igual aireacion que tuvieron las muestras de suelo de los tres tratamientos en los vasos de precipitado durante el experimento pudo promover que las poblaciones aerobias hayan alcanzado un nivel significativamente semejante en la produccion de dioxido de carbono, al transcurrir el tiempo aunque es probable que en el primer dia se haya producido la respiracion mas cercana a la realidad de campo Basados en este criterio se considera que las diferencias significativas halladas a las 24 horas entre la siembra directa y la labranza convencional pudieron haber sido causadas por las condiciones particulares que habia en el terreno en cada tratamiento tras haber transcurrido 114 dias desde la mecanización Posiblemente la presencia de cobertura vegetal en la siembra directa favorecio el desarrollo de las poblaciones de

microorganismos aerobios y su respiracion al tener un microclima mas fresco y una capa protectora ante los nocivos rayos solares en la labranza convencional no existio y pudo perjudicar a las poblaciones microorganicas presentes En la labranza reducida al haber condiciones intermedias entre las dos anteriores se pudo generar el resultado registrado en las pruebas de Tukey (Figura 14)

Ademas fue en el tercer muestreo donde aparentemente se presento un restablecimiento general del normal desarrollo de las poblaciones de bacterias y microflora total en los tratamientos En la actividad global tambien se observa como evolucionaron las poblaciones del suelo posiblemente, tras superar el daño causado en la instalacion de los tratamientos

Cuarto muestreo De acuerdo con los analisis de varianza a las 24 horas se registraron diferencias altamente significativas entre las profundidades y diferencias no significativas en las profundidades y la interaccion A las 48 horas se registraron diferencias altamente significativas en los tratamientos y las profundidades, para la interaccion se produjeron diferencias no significativas Finalmente, a las 72

Figura 14 COMPARACION DE MEDIAS PARA LA INTERACCION ENTRE FRANJAS Y TRATAMIENTOS SEGUN LA ACTIVIDAD GLOBAL EN EL TERCER MUESTREO



horas solo hubo diferencias altamente significativas en las profundidades pero, en los tratamientos y la interaccion hubo diferencias no significativas

Tras haberse cosechado el maiz se muestreo por ultima vez y se hallo lo siguiente de acuerdo con las pruebas de Tukey para las profundidades la mayor produccion de CO_2 se produjo durante los tres dias en la primera segunda y tercera franja respectivamente obteniendose una vez mas el comportamiento registrado durante todas las evaluaciones

A las 24 horas hubo diferencias significativas entre la primera y ultima franja con 4 173 x 10^{2} g de CO_2 / g de suelo y 3 613 x 10^{2}g de CO_2 / g de suelo respectivamente, para la franja intermedia se obtuvo un valor significativamente semejante a los dos anteriores con 3 909 x 10^{2}g de CO_2 / g de suelo A las 48 horas la primera franja registro 3 741 x 10^{2}g de CO_2 / g de suelo y difirio significativamente de la segunda y la tercera que presentaron valores de 3 318 x 10^{2}y 3 157 x 10^{2}g de CO_2 / g de suelo, respectivamente A las 72 horas se registro 4 121 x 10^{2} 3 970x10^{2} y 3 676x10^{2}g de CO_2 / g de suelo en la primera, segunda y tercera franja respectivamente, presentandose

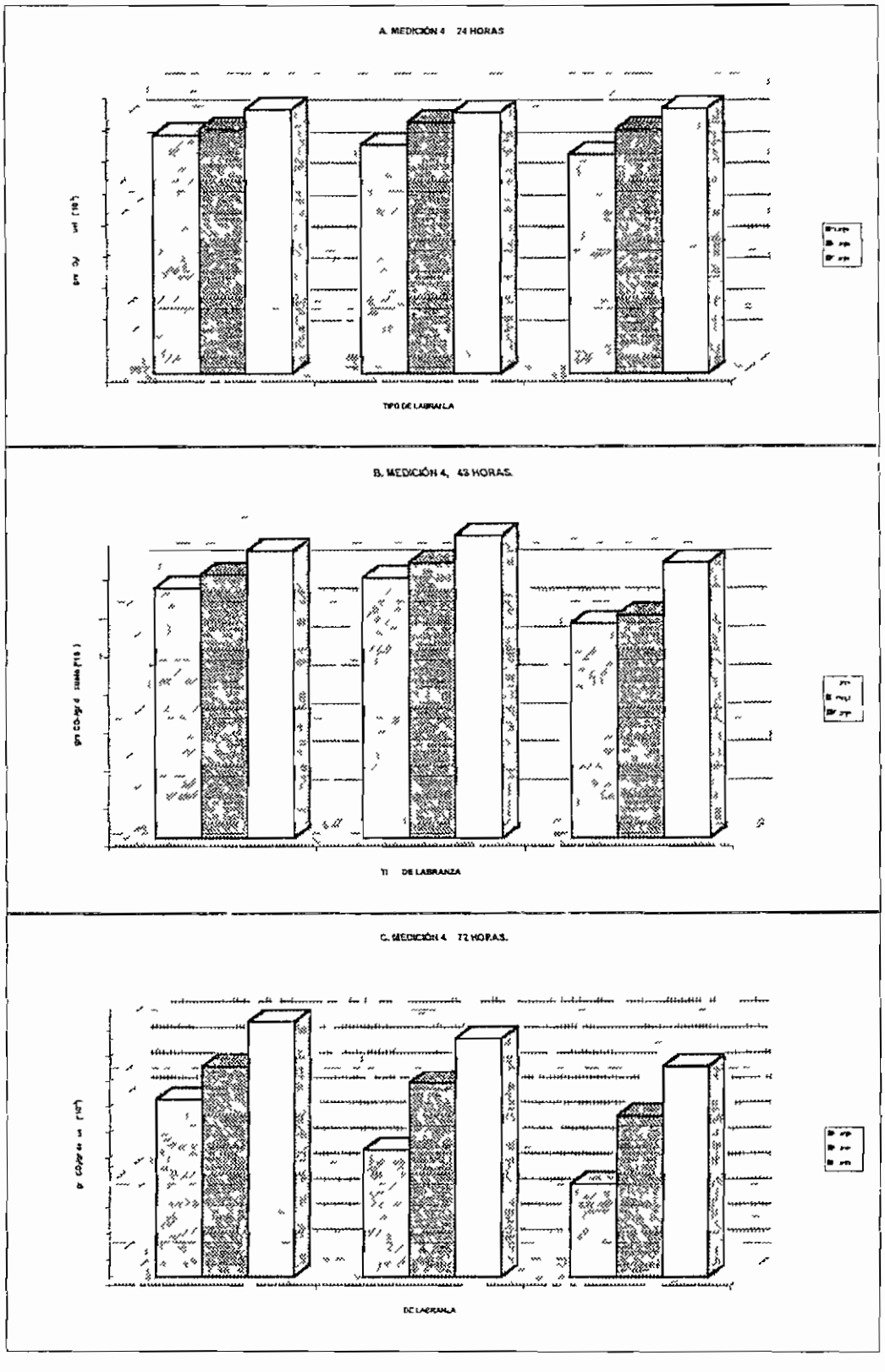
diferencias significativas entre la primera y la tercera y un valor significativamente semejante e las dos primeras

Promediando las cifras de las 24, 48 y 72 horas se obtuvo un valor para cada profundidad asi 4 011 x 10^{2}g de CO_2 / g de suelo en la franja 1 3 732x10^{2}g de CO_2 / g de suelo en la segunda franja y 3 482x10^{2}g de CO_2 / g de suelo en la tercera Eso equivale porcentualmente al 36% 33% y 31% respectivamente de la produccion total de dioxido de carbono en el suelo (Figura 15)

Para los tratamientos no hubo diferencias significativas en la produccion de CO_2 en ninguno de los tres dias, los valores promedio de las 24, 48 y 72 horas fueron 3 864 x 10^{2}g de CO_2 / g de suelo en la siembra directa 3 768 x 10^{2}g CO_2 / g de suelo en la labranza reducida y 3 594 x 10^{2}g de CO_2 / g de suelo en la labranza convencional respectivamente

En este ultimo muestreo se observo la tendencia de los tres anteriores al hallarse la mayor actividad respiratoria en la siembra directa la labranza reducida y la convencional, indicando que posiblemente la mayor intensidad de mecanizacion perjudica a las poblaciones aerobias del suelo

Figura 15 COMPARACION DE MEDIAS PARA LA INTERACCION ENTRE FRANJAS Y TRATAMIENTOS SEGUN LA ACTIVIDAD GLOBAL EN EL CUARTO MUESTREO



CONCLUSIONES

- El grado de mecanizacion disminuye la actividad respiratoria de las poblaciones microorganicas aerobias del suelo

- Las mayores poblaciones de microorganismos del suelo se localizan en las franjas mas cercanas a la superficie, posiblemente por la cercania a la atmosfera y la existencia de un mayor contenido de materia organica

- La labranza convencional parece favorecer el desarrollo a corto plazo de las bacterias y la poblacion microbiana heterotrofa, sin embargo es posible que sea la siembra directa el sistema que proporcione las condiciones mas estables y permanentes a mediano y largo plazo, al ser el sistema que menos modifica las condiciones fisicas de un terreno

- Las bacterias son el grupo microorganico mas numeroso en el suelo, al ser en promedio el 90% de la poblacion

microbiana heterotrofa evaluada en el experimento Posiblemente podrian ser tambien las mas activas en la dinamica biologica que se da en un terreno

- Se debe reflexionar sobre los perjuicios y beneficios que tiene la sobremecanizacion actual de los suelos de nuestra region pues no solo se deterioran las condiciones fisicoquimicas, sino que también podria perjudicar a las poblaciones microorganicas responsables de la dinamica de los nutrientes y otros procesos de vital importancia para la agricultura

- Bajo condiciones normales en el terreno evaluado hay aproximadamente 6 94 unidades formadoras de colonias microbianas heterotrofas / g de suelo Oxic distropept en los primeros 20 centimetros de profundidad

- Las mayores poblaciones microbianas heterotrofas se presentaron con contenidos de humedad en el suelo cercanos al 20 %

RECOMENDACIONES

- Seguir investigando como afecta la mecanizacion y las otras labores agricolas a las poblaciones microorganicas del suelo, haciendo evaluaciones mas especificas de cada grupo de ellas en los diferentes tipos de suelo de la region

- Para futuras investigaciones realizar identificacion de especies de hongos y bacterias para determinar cuales poblaciones beneficas y/o nocivas para los cultivos agricolas de la region, aumentan y/o disminuyen con los diferentes sistemas de labranza Ello permitira planear dichas actividades considerando este factor

- Hacer un experimento similar al presente durante un periodo mas largo para determinar que sucede despues de 140 dias de establecido el cultivo con las poblaciones microorganicas del suelo tras la posible estabilizacion de su desarrollo que se observo durante el ultimo muestreo Un buen ejemplo de ello seria realizar una serie continua y

conexa de trabajos de grado evaluando diferentes variables en el mismo terreno, de manera que se hiciera un seguimiento a la dinamica del suelo para poder comprender su comportamiento Ello permitiria confrontar lo expuesto por Castro (1992) bajo nuestras condiciones especificas

BIBLIOGRAFÍA

ALEXANDER , M 1 977 Introduction to Soil Microbiology 2ed J wiley and Sons Inc New York P 7 14

BAREA J M 1997 Biologia de la rizosfera Investigacion y ciencia Estaciin Experimental del Zardin Instituto del CSIS Granada, España P 2 9

BARROW, N L 1 960 The effect of Vargingn the Nitrogen , sulphur and phosphorus content of organic matter on its descomposition Aust J Agric P 227 232

BHAT J V K S LIMAYEY y V M VASANTHARAJAN 1 971 Ecology of the leaf surface microorganisms fd Preece and Dickinson New York

BLEVINIS, R, SMITH M 1983 Influence of Conservation tillege on soil properties Agronomy Journal 63 P 593 596

BLEVINS R L 1983 Published as journal paper No june University of Kentucky E U A p 301 304

BURGES et al 1 971 Biologia del Suelo Ediciones Omega S A Barcelona P 78 101

CARDOSO 1 992 E Microbiologia do solo Sociedade Brasileira do ciencia do solo P 69 84

CASTRO, Leida 1994 Efecto del tipo de labranza y la adicion de abono verde sobre la Biomasa Microbiana en un Ultisol de Costa Rica Centro de investigaciones Agronomicas, Universidad de Costa Rica San Jose, Costa Rica P 60 68

CHENVE, C 1 993 Clay or Sand Polisacharide Associations as models for the interface between microorganisms and

soil Elsevier Science Publishers B V Amsterdam P 301 309

HARDY, R 1 971 Biological nitrogen fixation a key to world protein La Hdyd P 18 32

LA RUE T 1 992 The bacteria a fucofise on dinitrogen fixation De John Wiley and Sons Inc New York P 49 59

MARTINEZ, Rafael 1 986 Ciclo Biologico del Nitrogeno en el Suelo Editorial Cientifica Tecnica Bulgaria P 21 28

NAVAS, S, SALAMANCA C SILVA M VALENCIA, R 1992 Dinamica poblacional de los microorganismos rizosfericos en diferentes sistemas de produccion en la Orinoquia colombiana Encuentro Nacional de Labranza de Conservacion Memorias Villavicencio, Meta – Colombia P 421 443

SCHMIDT, E L 1 978 Nitrifying microorganisms and their methodology fd Amer Loc for microbiology Washington P 481 499

EHRLICH, H 1978 Soil Biochemistry University of Florida E U A p 111 120

STEWART, B A , PORTER, L K and VIETS F G 1 996 Effectios sulfur content of straus on retes of descomposition and plant growth Soil Sci Soc Am Washington P 132 148

HAYNES R J 1994 Influence of Crop Species on Microbial Biomass and Soil Aggregation New Zeland P 65 66

URANY J 1 967 Relations hips between soil microorganisms and plant roots De Publ Mouse zekhoslovak Acad Sci , Praga P 124 139

YATAZAWA M 1 977 Cycling of mineral nutrients in agricultural ecosystems Agroecosystems New York P 10 17

YOSHIDA T 1 991 Nitrogen fixation by bacteria in the root zone of rice Soil Sci Soc Amer Washington EUA P 89 104

SWABY, R 1 950 Journal Soil Science New York

PETERSSON, N and G TETERYA 1962 "Die biologische Aktivitat einiger Boden in Abhangigkeit von der Art ihrer Bearbeitung" in Chem P 48 61

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI 1990 Metodos analiticos de laboratorio de suelos V Edicion Santafe de Bogota, D C Colombia

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI 1995 Origen, evolucion, clasificacion, distribucion y uso de los Suelos de Colombia Santafé de Bogotá, D C , Colombia P 89 103

MADSEN, Eugene 1995 Impacts of Agricultural practices on subsurface microbial ecology Advances in Agronomy V 54 New York P 1 20

PARISI V 1979 Biologia y ecologia del suelo Ed Blume Barcelona P 172 191

PELCZAR, J Michael 1988 Microbiologia Cuarta edición Editorial McGraw Hill Mexico p 18 31

SILVA, Francisco 1988 Fertilidad de suelos Diagnostico y control Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo Santafe de Bogota D C Colombia P 29 57

SMITH J Elliot 1990 Tillage and residue management efects on soil organic matter dynamics in semiarid regions Advances in soil science 13 Florida P 69 87

VERGARA, R 1994 Memorias del seminario el manejo sostenible del recurso suelo en la Orinoquia colombiana Villavicencio P 36 42

ANEXO 1

Tablas de Anava y Pruebas de Tukey para Bacterias

F d V	G L	S C			
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4
Rep	2	0 02	0 63	1 50	3 59
Profund	2	21 69 **	7 85 **	416 83 **	417 24 **
Prof x Trat	4	1 42 **	3 47 **	229 38 **	233 07 **
Trat	2	8 01 **	6 92 **	280 87 **	298 47 **
C V					

Tukey por franjas

Franjas	Muestreo 1 (log millones de bacterias)	Muestreo 2 (log millones de bacterias)	Muestreo 3 (log millones de bacterias)	Muestreo 4 (log millones de bacterias)
1	6 55 A	6 36 A	7 16 A	7 13 A
2	6 40 B	6 04 B	6 52 B	6 57 B
3	5 60 C	5 46 C	6 16 C	5 67 C

Tukey por tratamientos

Tratamiento	Muestreo 1 (log millones de bacterias)	Muestreo 2 (log millones de bacterias)	Muestreo 3 (log millones de bacterias)	Muestreo 4 (log millones de bacterias)
Labranza Convencional	6 51 A	6 34 A	7 12 A	7 12 A
Labranza reducida	6 34 B	6 07 B	6 58 B	6 49 B
Siembra directa	6 12 C	5 49 C	6 36 C	6 41 B

ANEXO 2

Tablas de Anava y Pruebas de Tukey para la población microbiana heterotrofa

F d V	G L	S C			
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4
Rep	2	0 19	0 02	1 60	0 07
Profund	2	444 43 **	25 47 **	342 87 **	353 77 **
Prof x Trat	4	285 74 **	1 73 **	232 61 **	242 49 **
Trat	2	417 61 **	5 88 **	310 83 **	313 25 **
C V					

Tukey por franjas

Franjas	Muestreo 1 (log millones de Microorganismos)	Muestreo 2 (log millones de Microorganismos)	Muestreo 3 (log millones de Microorganismos)	Muestreo 4 (log millones de Microorganismos)
1	7 16 A	6 55 A	7 13 A	7 14 A
2	6 47 B	6 14 B	6 57 B	6 62 B
3	6 29 C	5 46 C	6 33 C	6 35 C

Tukey por tratamientos

Tratamiento	Muestreo 1 (log millones de Microorganismos)	Muestreo 2 (log millones de Microorganismos)	Muestreo 3 (log millones de Microorganismos)	Muestreo 4 (log millones de Microorganismos)
Labranza Convencional	7 15 A	6 42 A	7 12 A	7 13 A
Labranza reducida	6 55 B	6 18 B	6 56 B	6 60 B
Siembra directa	6 21 C	6 04 C	6 40 B	6 45 C

ANEXO 3

Tablas de Anava y Pruebas de Tukey para Actividad Global

F d V	G L	S C a las 24 horas			
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4
Rep	2	0 22	0 05	0 08	0 03
Profund	2	1 10 ns	0 66 ns	1 66 **	1 41 **
Prof x Trat	4	0 77 ns	0 02 ns	0 14 ns	0 09 ns
Trat	2	0 61 ns	0 18 ns	0 28 *	0 03 ns
C V					

Tukey por franjas 24 HORAS

Franjas	Muestreo 1 (x 10^{2}grs de CO_2)	Muestreo 2 (x 10^{2}grs de CO_2)	Muestreo 3 (x 10^{2}grs de CO_2)	Muestreo 4 (x 10^{2}grs de CO_2)
1	3 750 A	4 285 A	4 253 A	4 173 A
2	3 825 A	4 081 AB	4 020 B	3 909 AB
3	3 341 A	3 902 C	3 651 C	3 613 C

Tukey por tratamientos, 24 HORAS

Tratamiento	Muestreo 1 (x 10^{2}grs de CO_2)	Muestreo 2 (x 10^{2}grs de CO_2)	Muestreo 3 (x 10^{2}grs de CO_2)	Muestreo 4 (x 10^{2}grs de CO_2)
Labranza Convencional	3 582 A	4 048 A	3 874 A	3 850 A
Labranza reducida	3 466 A	4 016 A	3 935 AB	3 916 A
Siembra directa	3 841 A	4 203 A	4 115 B	3 928 A

F d V	G L	S C a las 48 horas			
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4
Rep	2	0 48	0 40	0 17	0 04
Profund	2	0 79 ns	0 20 ns	0 57 *	0 82 **
Prof x Trat	4	0 28 ns	0 01 ns	0 13 ns	0 05 ns
Trat	2	0 42 ns	0 08 ns	1 12 **	0 69 ns
C V					

Tukey por franjas 48 HORAS

Franjas	Muestreo 1 (x 10 ^{2}grs de CO_2)	Muestreo 2 (x 10 ^{2}grs de CO_2)	Muestreo 3 (x 10 ^{2}grs de CO_2)	Muestreo 4 (x 10 ^{2}grs de CO_2)
1	3 689 A	4 320 A	3 733 A	3 741 A
2	3 498 A	4 187 A	3 352 AB	3 318 B
3	3 106 A	4 021 A	3 257 B	3 157 B

Tukey por tratamientos 48 HORAS

Tratamiento	Muestreo 1 (x 10 ^{2}grs de CO_2)	Muestreo 2 (x 10 ^{2}grs de CO_2)	Muestreo 3 (x 10 ^{2}grs de CO_2)	Muestreo 4 (x 10 ^{2}grs de CO_2)
Labranza Convencional	3 285 A	4 084 A	3 151 A	3 094 A
Labranza reducida	3 313 A	4 176 A	3 352 B	3 624 A
Siembra directa	3 674 A	4 268 A	4 858 B	3 498 A

F d V	G L	S C a las 72 horas			
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4
Rep	2	0 01	0 27	0 08	0 13
Profund	2	0 56 **	0 08 ns	0 41 **	1 46 **
Prof x Trat	4	0 05 ns	0 01 ns	0 03 ns	0 02 ns
Trat	2	0 09 ns	0 01 ns	0 12 ns	0 10 ns
C V					

Tukey por franjas, 72 HORAS

Franjas	Muestreo 1 (x 10^{2}grs de CO_2)	Muestreo 2 (x 10^{2}grs de CO_2)	Muestreo 3 (x 10^{2}grs de CO_2)	Muestreo 4 (x 10^{2}grs de CO_2)
1	4 216 A	4 183 A	4 151 A	4 121 A
2	4 127 A	4 061 A	3 969 AB	3 970 AB
3	3 863 B	3 993 A	3 726 C	3 676 C

Tukey por tratamientos, 72 HORAS

Tratamiento	Muestreo 1 (x 10^{2}grs de CO_2)	Muestreo 2 (x 10^{2}grs de CO_2)	Muestreo 3 (x 10^{2}grs de CO_2)	Muestreo 4 (x 10^{2}grs de CO_2)
Labianza Convencional	4 038 A	4 064 A	3 833 A	3 838 A
Labranza reducida	3 982 A	4 066 A	3 949 A	3 889 A
Siembra directa	4 182 A	4 106 A	4 064 A	4 041 A