

El potencial uso de mantillo de yarumo (*Cecropia peltata*) y microorganismos eficientes para acelerar el ciclo de cultivo de especies ornamentales en clima intermedio.

Lizeth Vélez Rodríguez¹

¹Departamento de ciencias naturales y matemáticas, Pontificia Universidad Javeriana Cali, Colombia.

Resumen: La agricultura convencional desaprovecha las interacciones que las plantas cultivadas pueden establecer con su entorno inmediato, afectando el aprovechamiento de los recursos y procesos que hacen parte de la dinámica natural del suelo. Dentro de los ecosistemas naturales, se establecen relaciones entre plantas y microorganismos como hongos y bacterias que conllevan a grandes beneficios para la planta. En este sentido, el uso de sustratos orgánicos y de la microbiota edáfica puede mejorar la producción agrícola sin el uso de fertilizantes de origen sintético. Los yarumos (género *Cecropia*, familia Urticaceae) están entre las plantas pioneras más importantes del Neotrópico, porque crean condiciones edáficas apropiadas que suponen un freno a la erosión, mejoran la estructura edáfica, permiten un mayor desarrollo de la biota del suelo y aporta mucha biomasa en poco tiempo. Esta investigación tuvo como objetivo cuantificar el efecto del mantillo de yarumo y su interacción con *Trichoderma harzianum* y *Bacillus thuringiensis* sobre el crecimiento de las especies *Impatiens hawkeri* y *Anthurium buganum*. Si bien, no se produjo un aumento en la cantidad de hojas (en la especie *Impatiens hawkeri*) o en el crecimiento de hojas (en la especie *Anthurium buganum*) si hubo un aumento en el crecimiento del tallo para la especie *Impatiens hawkeri* para todos los tratamientos con yarumo como único sustrato base, adicionalmente no se obtuvo algún efecto adverso por el empleo de la hojarasca de *Cecropia peltata* en el enriquecimiento de sustratos para especies ornamentales, por lo que puede ser una alternativa natural favorable para el enriquecimiento de suelos.

Palabras clave: Sustratos orgánicos; Microbiota edáfica del suelo; Plantas pioneras; Biomasa.

1. Introducción

La agricultura convencional desaprovecha las interacciones beneficiosas que las plantas pueden establecer con su entorno inmediato, Esto provoca a largo plazo elevados insumos industriales que, en muchos casos, no son sostenibles económicamente ni sustentables ecológicamente. Entre las interacciones que desaprovecha la agricultura convencional, tenemos las que se establecen entre las raíces de las plantas y microorganismos como hongos y bacterias. Aunque ambos tipos de mutualismos han sido ampliamente estudiados, su aplicación a la praxis agrícola ha progresado poco en comparación con la comprensión de sus beneficios potenciales. (Altieri et al., 1999; Bronstein, 2009; Machado & Campos, 2008; Brundrett, 2009; Cano, 2011).

Una gran cantidad de otros micro y macroorganismos, degradan los sustratos orgánicos presentes en el suelo, lo que hace más rápido y eficiente el reciclado de muchos nutrientes. El uso de tales sustratos y la biota edáfica que los acompaña puede mejorar la producción agrícola sin el uso de

fertilizantes de origen sintético. investigaciones actuales están orientadas a nuevas biotecnologías basadas en el uso de sustratos orgánicos, al igual que el uso de microorganismos benéficos del suelo, ya que estos pueden promover el crecimiento de las plantas y en algunos casos evitan infecciones del tejido vegetal causado por patógenos. Estos microorganismos usan mecanismos como la fijación de nitrógeno, la solubilización de fósforo, y la producción de índoles y sideróforos (Montezano, et al., 2015; Perez Pazos & Sanchez Lopez, 2017).

En bosques neotropicales en recuperación, las interacciones entre plantas y microorganismos son cruciales para facilitar nuevas etapas sucesionales de la vegetación. Algunas plantas consideradas pioneras, conforman una vegetación conocida como "rastrojos" o "monte", que inicia la colonización de áreas con escasa disponibilidad de materia orgánica (Parolin, 2002; Mohammad et al., 2009; Beltrán Pineda et al., 2017).

Las plantas pioneras, al estar encargadas de iniciar la sucesión ecológica, emplean mecanismos como la asociación con bacterias fijadoras de nitrógeno, formación de diversos tipos de micorrizas y alianzas con hormigas. Estos mecanismos permiten un rápido crecimiento que preserva la estructura del suelo, crea sombra y genera rápidamente una hojarasca abundante, que se produce de manera permanente, sostenida y se va transformando progresivamente en una capa gruesa, higroscópica y rica en nutrientes. (Bazzaz & Pickett, 1980; Carson, 2008). La capa de suelo resultante es conocida comúnmente como "capote", "pajote" o "mantillo", contiene una macro y microbiota edáfica que beneficia la germinación y crecimiento de árboles y arbustos propios de las siguientes etapas sucesionales (Shiels, 2006).

Los yarumos o yagrumos, especialmente *Cecropia peltata*, son plantas pioneras significativas en el Neotrópico (Shiels, 2006). Esta especie en particular es un árbol de crecimiento rápido, considerada de vital importancia como especie pionera o sucesional temprana. En un año, los árboles de *Cecropia peltata*, alcanzan los 2 m de alto (Silander & Lugo, 1990) y la elevada capacidad de formación de biomasa fácilmente desmenuzable en esta especie podría permitir aplicar esta dinámica natural de formación de suelo al enriquecimiento y mejoramiento de las características de los suelos agrícolas (Val & Dirzo, 2003).

En Colombia y gran parte de Sudamérica, se ha utilizado tradicionalmente el mantillo generado por especies como *Cecropia*, para enriquecer sustratos. Sin embargo, se desconoce casi por completo las propiedades que aporta la hojarasca pura de esta especie a este tipo de prácticas, así como la factibilidad de su empleo para la producción sostenible de un insumo agrícola con diversas aplicaciones potenciales en jardinería y agricultura (Posada Montoya, 2015; Castro, et al., 2018).

En esta tesis se exploran los potenciales efectos de este insumo orgánico en interacción con diversas combinaciones de microorganismos edáficos en el desarrollo vegetativo de plantas.

2. Materiales y métodos

2.1. Especies de interés

Las especies ornamentales que fueron seleccionadas para esta investigación son de gran importancia en la jardinería tropical y presentan características y hábitos muy contrastados, lo que permitió ver el efecto de los tratamientos propuestos en un rango más amplio de tipos de cultivo. La primera especie que se empleó es *Impatiens hawkeri* (conocida comúnmente como Besitos) de las balsamiáceas, una herbácea terrestre, umbrófila, de fácil reproducción por vía vegetativa, con rápido crecimiento, floración frecuente y puede usarse en zonas sombreadas. La segunda especie

es *Anthurium buganum* (conocida como Anturio de Buga) de las aráceas, una planta subfruticosa, semiepífita, apta para espacios con semisombra, de difícil reproducción vegetativa, lenta en su crecimiento a partir de semillas (Melgar Ruano, 2015).

2.2. Sitio de estudio

El trabajo se realizó en la Escuela Taller de Cali, situada al interior del Ecoparque Río Pance, ubicado en el Departamento del Valle del Cauca, Municipio de Cali, en el kilómetro 12 de la vía a la Vorágine. Se encuentra ubicado a una altitud de 1.125 - 1.240 msnm, con una extensión de 59.9 hectáreas. Corresponde a una zona de transición o de influencia de 2 zonas de vida, bosque seco y bosque húmedo pre-montano. (Carvajal, et al., 2014)

2.3. Tratamientos y toma de datos

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar para evaluar los efectos del mantillo de hojas secas de yarumo en el crecimiento de las especies ornamentales. Se aplicaron nueve tratamientos debido a que, colateralmente al efecto puro del mantillo, se buscaba analizar el impacto de la incorporación de microorganismos en las tasas de crecimiento de las plantas y determinar si la combinación de ambos factores (mantillo + microorganismos) generaba un efecto sinérgico en el sistema. Se realizaron nueve bloques con nueve tratamientos para cada especie, totalizando 81 materas pequeñas que contenían una única planta por especie, se tuvo en cuenta que para todas las muestras el componente de suelo local fuera de un único punto y suficientemente homogéneo en las características del suelo de base, promedio de temperatura, humedad y pH (Soto, 2015).

Se aplicaron 9 tratamientos de manera aleatoria en cada bloque donde T = Tierra común del lugar, B = adición de bacteria, H= adición de Hongo y Y = adición de mantillo de yarumo, con sus respectivas combinaciones: 1) T, 2) T+H, 3) T+B, 4) T+H+B, 5) Y, 6) Y+H, 7) Y+B, 8) Y+H+B, 9) T+Y+H+B (La distribución espacial para cada especie de planta empleada se muestra en el anexo 1). El hongo aplicado fue en todos los casos *Trichoderma harzianum* de la marca BIO-CROP. (BIO-CROP), que promueve la germinación y el crecimiento de plántulas de varias especies vegetales, y controla eficientemente al hongo patógeno *Fusarium spp.* (Cubillos-Hinojosa et al., 2011). Además, aporta beneficios a las plantas a través de la descomposición de materia orgánica, liberación de nutrientes en formas disponibles y por su actividad solubilizadora de fosfatos (Awasthi et al., 2011). En el caso de la bacteria empleada se utilizó *Bacillus thuringiensis* de la marca COLVEAGRO (COLVEAGRO S.A.S.), por sus funciones en la excreción de antibióticos, sideróforos, enzimas líticas, toxinas y de sustancias capaces de inducir una resistencia sistémica de la planta (IRS) (Layton et al., 2011; Tejera-Hernández et al., 2011). En ambos casos, se siguieron las indicaciones del fabricante.

Para la especie *Impatiens hawkeri*, se registraron periódicamente variables como ubicación en el cuadrante del bloque, tratamiento, crecimiento del tallo y cantidad de hojas. En cuanto a la especie *Anthurium buganum*, se tomaron registros de ubicación en el cuadrante del bloque, tratamiento y crecimiento de hojas. La recopilación de datos se realizó desde los 20 días posteriores a la siembra inicial hasta los tres meses después del trasplante, Las mediciones se hicieron con una periodicidad de ocho días para ambas especies (Barraza et al., 2004).

2.4. Recolección de muestras

En el caso de la especie *Impatiens hawkeri* se realizó una recolección en el ecoparque río Pance, en la Escuela Taller de Cali. Se cortaron 81 esquejes con tallos diversos en tamaño para luego

estandarizar los tamaños de tallo (12 cm de aproximadamente 1.5 cm de grosor) y se dejaron entre tres y cuatro hojas por esqueje, retirando todas las flores. Estas plantas dejaron en agua 15 días para que los tallos desarrollaran raíces adventicias. Cuando las raíces ya se podían observar los esquejes fueron sembrados en los diferentes sustratos y/o combinaciones de estos.

Para la especie *Anthurium buganum* se utilizaron plántulas recién germinadas de unos 3cm de alto, con entre dos y tres hojas. Este material procedía del vivero de la Escuela Taller de Cali. Estas plántulas fueron traspasadas directamente a los diferentes sustratos.

2.5. Construcción del sitio de siembra

Se diseñó una estructura rodeada por un cuerpo de agua, la estructura estaba hecha de madera plástica, la cual se ubicó sobre una base plástica para darle altura, todo esto con el fin de que el agua no cambiara las propiedades de los materiales con el tiempo, la razón principal por la que la estructura debía estar rodeada por agua, fue para evitar que las hormigas arrieras (*Atta* sp., Fam. Formicidae) depredaran las plantas.

Se emplearon vasos plásticos como “materas” a los cuales se les realizó agujeros de 0.5cm en la base del vaso para el drenaje del agua. Cada vaso se colocó otro vaso también agujereados y fijados mediante tornillos a la base plástica para proporcionarle estabilidad a todo el sistema y a la vez permitir el manejo de las materas experimentales sin modificar drásticamente su posición antes y después de cada toma de datos. Adicional a esto se colocó un techo de polisombra, para evitar, en la mayor medida posible, la caída de material vegetal de los árboles aledaños a la estructura.

Procesamiento Estadístico

El análisis de los datos se realizó de forma independiente para cada especie y variable. Para el análisis con *Impatiens hawkeri* se tuvieron en cuenta dos variables: 1) crecimiento del tallo y 2) cantidad de hojas. Por su parte, en el caso del análisis para *Anthurium buganum*, la única variable medida fue el 1) crecimiento de las hojas. Para todos sets de datos se evaluó la normalidad con la prueba Shapiro Wilk (Roco-Videla et al., 2023) y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene (Correa et al., 2006). Dependiendo de los resultados de ambas pruebas se decidió el empleo de pruebas estadísticas paramétricas o no paramétricas.

Para la especie *Impatiens hawkeri*, en la variable crecimiento de tallo los tratamientos Y y Y+H no tuvieron una distribución normal (0,00581% y 0,02868%) (ver tabla en anexo 2), ni homogeneidad de varianzas (prueba de Levene con valor de p inferior al 5%) (ver Anexo 3). Por esta razón para esta variable se utilizaron las pruebas no paramétricas Kruskal-Wallis para determinar si existen diferencias estadísticas entre grupos o tratamientos (López-Soto, 2013), y la prueba de comparación múltiple de media Mann-Whitney-Wilcoxon (Juárez-Hernández, et al., 2001).

Por su parte, para la variable cantidad de hojas (en la especie vegetal *Impatiens hawkeri*) existió distribución normal para todos los tratamientos excepto para el tratamiento Y+B (0.001%) (ver tabla en anexo 2), sin embargo, como la varianzas fue homogénea (prueba de Levene con valor de p superior al 5%) (ver Anexo 3), se realizó un análisis paramétrico (ANOVA) que es una prueba estadística lo suficientemente potente para tolerar violaciones ligeras al supuesto de normalidad (Ver prueba en anexo 4). Cuando realizas un ANOVA y encuentras evidencia de que hay diferencia significativa entre las medias de los grupos, se utiliza la prueba de Tukey para realizar comparaciones múltiples y determinar si hay diferencias significativas entre las medias de los grupos (Driscoll, 1999).

Para la variable crecimiento de hojas en la especie vegetal *Anthurium buganum*, la distribución de los datos fue normal para todos los tratamientos con excepción del tratamiento Y (0.01549%) (Ver anexo 2), no obstante, la varianza fue homogénea (Prueba de Levene Anexo 3), Debido a esto, nuevamente se decidió emplear la combinación ANOVA + Tukey para comparar las medias de los tratamientos.

3. Resultados y discusión

3.1. Especie vegetal *Impatiens hawkeri*: Variable Crecimiento del tallo

En primer lugar, se encontraron diferencias significativas entre las medias de los diferentes tratamientos para el crecimiento de los tallos (valor $p = 0.0146$; ver Anexo 5). En este sentido, salta a la vista que todos los tratamientos que tenían yarumo como sustrato base, presentaron valores promedios más altos que los que disponían tierra como sustrato base o tierra más yarumo (anexo 6). Por su parte, destaca que el tratamiento Y+H presenta diferencias estadísticamente significativas con todas las medias de los tratamientos que tienen incorporado el sustrato tierra, excepto el tratamiento T+H probablemente por compartir con este último la presencia de hongo (tabla 1).

Por otro lado, los tratamientos T y T+Y+H+B fueron los que presentaron los valores promedio más bajos de crecimiento del tallo (2,46 y 2,6) (ver anexo 6), presentándose entre ambos tratamientos diferencias significativas con respecto a las medias de varios de los tratamientos que contenían yarumo como sustrato base (ver en tabla 1).

Tabla 1. Resumen de resultados para las comparaciones múltiples de medias de cada tratamiento vs el resto (prueba Wilcoxon – Mann Whitney) para el crecimiento de tallo en *Impatiens hawkeri* en los 9 tratamientos que combinan diferentes sustratos e inóculos biológicos en Pance entre mayo y junio de 2021. 1 (T): Tierra, 2 (T+H): Tierra más *Trichoderma harzianum* 3 (T+B): Tierra más *B. thuringiensis*, 4 (T+H+B): Tierra más *T. harzianum* más *B. thuringiensis*, 5 (Y): Yarumo, 6 (Y+H): Yarumo más *T. harzianum*, 7 (Y+B): Yarumo más *B. thuringiensis*, 8 (Y+H+B): Yarumo más *T. harzianum* más *B.thuringiensis*, y 9 (T+Y+H+B): Tierra más Yarumo más *T. harzianum* más *B.thuringiensis*. Esta tabla muestra los resultados de la probabilidad Z de la comparación uno a uno, de cada tratamiento respecto al resto.

TRATAMIENTOS	WILCOXOM - MAN - WHITNEY (Prob Z)								
	T	T+H	T+B	T+H+B	Y	Y+H	Y+B	Y+H+B	T+Y+H+B
T	x	0.61	0.22	0.75	0.08	0.01	0.10	0.02	0.68
T+H	0.61	x	0.73	0.85	0.34	0.08	0.14	0.07	0.33
T+B	0.22	0.73	x	0.49	0.35	0.02	0.21	0.14	0.09
T+H+B	0.75	0.85	0.49	x	0.14	0.01	0.12	0.06	0.68
Y	0.08	0.34	0.35	0.14	x	0.16	0.46	0.39	0.01
Y+H	0.01	0.08	0.02	0.01	0.16	x	0.46	0.70	0.02
Y+B	0.10	0.14	0.21	0.12	0.46	0.46	x	0.72	0.07
Y+H+B	0.02	0.07	0.14	0.06	0.39	0.70	0.72	x	0.02
T+Y+H+B	0.68	0.33	0.09	0.68	0.01	0.02	0.07	0.02	x

3.2. Especie vegetal *Impatiens hawkeri*: variable Cantidad de Hojas

Para la variable cantidad de hojas en *Impatiens hawkeri* no se encontró diferencias significativas entre las medias de los tratamientos (valor $p = 0,0689$; anexo 4) lo cual se ve corroborado por la prueba Tukey (ver en anexo 7). De hecho, los valores promedio entre los diversos tratamientos presentaron una heterogeneidad que es difícil de caracterizar (ver anexo 6).

3.3. Especie vegetal *Anthurium buganum*: variable crecimiento de hojas

Para esta especie, el crecimiento de las hojas en los diversos tratamientos aplicados no presentó diferencias significativas entre las medias, repitiéndose un patrón muy heterogéneo en los valores promedios que no muestran ninguna tendencia diferenciada entre aquellos tratamientos que recibieron tierra o yarumo como sustrato base (anexo 6) y no hubo diferencia entre las medias de los tratamientos (anexo 4, corroborado en anexo 7).

3.4. Consideraciones generales sobre el empleo de la hojarasca de Yarumo en agroecología y vivero.

El uso de hojarasca de yarumo en la agroecología y el cultivo de especies ornamentales, si bien no permitió un aumento notable en la cantidad de hojas (en la especie *Impatiens hawkeri*) o en el crecimiento de hojas (en la especie *Anthurium buganum*), si permitió un aumento estadísticamente significativo en el crecimiento del tallo para la especie *Impatiens hawkeri*, lo que distinguió a todos los tratamientos con yarumo como único sustrato base con respecto al resto (anexo 6).

Los hongos y bacterias tienen un papel crucial en la descomposición de la hojarasca y otros materiales orgánicos en el suelo. Ya que, por sus enzimas, que descomponen compuestos orgánicos complejos, facilitan la liberación de nutrientes para las plantas (Bruno-Eutimio, 2022). Durante la descomposición de la hojarasca, *Trichoderma harzianum* y *Bacillus thuringiensis* pudieron presentar interacciones que pueden ser tanto benéficas como de competencia por la disponibilidad de ciertos recursos (Sarabia Ochoa, 2012). Los tratamientos que tenían tierra como sustrato base con adición de *Trichoderma harzianum* o *Bacillus thuringiensis* por separado, presentaron un crecimiento promedio del tallo mayor respecto a los tratamientos con tierra como único sustrato base o tierra más mantillo (tratamientos con menor crecimiento promedio del tallo). Lo que podría indicar que tal vez hay competencia por recursos cuando se adicionan ambos microorganismos en un mismo tratamiento con una menor cantidad de recursos disponibles.

El yarumo no mostró tener efectos adversos en cuanto a ninguna de las variables que se tuvieron en cuenta en este estudio, por lo que se puede decir que la hojarasca de *Cecropia peltata* es una buena alternativa como uso de sustrato base, además de ser un material muy barato que se produce en gran cantidad por la capacidad que posee esta especie para generar grandes volúmenes de biomasa en poco tiempo. Adicionalmente, al tratarse de un material orgánico ligero, fácilmente secable y particulable, es posible que su alta composición en celulosa sea un elemento clave para el crecimiento y desarrollo de hongos benéficos a la vida vegetal como lo es *Trichoderma harzianum*. En tal sentido, dada la alta capacidad de este y otros hongos para la actividad celulolítica, creemos que añadir este tipo de sustrato puede favorecer el establecimiento y buen funcionamiento de este y otros hongos edáficos de gran impacto en la alimentación y protección de cultivos. Esperamos que esta investigación pueda servir de pauta en posteriores estudios donde se analice con más profundidad la utilidad que podría tener *Cecropia peltata* en el cultivo de otras especies de plantas.

4. Conclusiones

El empleo de la hojarasca de yarumo (*Cecropia peltata*) en el enriquecimiento de sustratos para especies ornamentales parece satisfactorio para dos especies de plantas frecuentemente cultivadas en Colombia, lo que puede ser más deseable que empleo de tierra local no sólo por sus propiedades sino también por tratarse de un elemento ligero, barato, de fácil colecta y aplicación. El uso de la hojarasca de *Cecropia peltata* podría ser aún más promisorio si se le acompaña de microorganismos tales como *Trichoderma harzianum* y *Bacillus thuringiensis*.

Referencias

- M. A. Altieri, S. Hecht, M. Liebman, R. B. Norgaard, T. O. Sikor, Agroecología bases científicas para una agricultura sustentable, PTR Nordaan Comunidad, Montevideo, 1999.
- J. L. Bronstein, The Evolution of Facilitation and Mutualism. *Journal of Ecology*, 97 (2009) 1160-1170.
- H. Machado, M. Campos. Reflexiones acerca de los ecosistemas agrícolas y la necesidad de su conservación. *Pastos y Forrajes*, 31 (2008) 307.
- M. C. Brundrett. Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: Understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant Soil*, 320 (2009) 37-77.
- M. A. Cano, Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma spp.* y *Pseudomonas spp.* Una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 14 (2011) 15-31.
- J. Montezano-Marques, T. Freitas-da Silva, R. Estebanez-Vollú, J. Rossetti- Mateus. Bacterial endophytes of sweet potato tuberous roots affected by the plant genotype and growth stage. *Applied Soil Ecology*, 96 (2015) 273-281.
- J. V. Perez-Pazos, D. B. Sanchez-Lopez. Caracterización y efecto de *Azotobacter*, *Azospirillum* y *Pseudomonas* asociadas a *Ipomoea batatas* del Caribe Colombiano. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 19 (2017) 35-46.
- P. Parolin. Life history and environment of *Cecropia latiloba* in Amazonian floodplains. *Revista de Biología Tropical*, 50 (2002) 531-545.
- S. K. Mohammad, Z. Almas, M. Javed. *Microbial Strategies for Crop Improvement*. PTR Springer, Dordrecht Heidelberg London New York, 2009.
- D. E. Beltrán-Pineda, Z. E. Rocha-Gil, A. A. Bernal-Figueroa, L. A. Pita Morales. Microorganismos funcionales en suelos con y sin revitalización. *Colombia Forestal*, 20 (2017) 158-170.
- F. A. Bazzaz & S. T. A. Pickett. Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. *Annual review of ecology and systematics*, 11 (1980) 287-310.
- W.P. Carson, S. A. Schnitzer, Smithsonian Tropical Research Institute, Tropical Forest Community Ecology, PTR Blackwell Publishing Ltd, Balboa, 2008.
- B. Shiels. Leaf Litter Decomposition and Substrate Chemistry of Early Successional Species on Landslides in Puerto Rico. *Biotropica*, 38 (2006) 348-353.
- S. R. Silander, A. E. Lugo, *Cecropia peltata* L. - Yagrumo Hembra, trumpet-tree. PTR Agriculture Handbook, Washington DC, 1990.
- E. D. Val, R. Dirzo. Does ontogeny cause changes in the defensive strategies of the myrmecophyte *Cecropia peltata*?. *Plant Ecology*, 169 (2003) 35-41.
- J. S. Posada Montoya. Use of mulching for the restauration of dry forests in Valle of Cauca.

Revista de Ciencias, 19 (2015) 43-57.

J. A. Castro, E. J. Araque, J. E. Pacheco, J. C. Pacheco. Micropropagación y determinación del número cromosómico de *Puya trianae* con fines de conservación y uso ornamental. Revista Peruana de Biología, 25(3) (2018) 267-280.

A. Melgar Ruano. Guía informativa de identificación taxonómica de las principales especies vegetales del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Usac, Digi, Unidad de Publicaciones y Divulgación, (2015).

V. Carvajal, C. Vesga, A. Cifuentes, C. Díaz. Recuperación de espacios sociales y culturales de la ciudad de Cali a través del diseño gráfico caso ecoparque río Pance. Repositorio universidad Icesi, (2014).

M. A. Soto. Análisis de indicadores de la calidad del suelo para la evaluación de la efectividad de la estrategia de restauración realizada en el corredor Barbas-Bremen, Filandia-Quindío. Facultad de ciencias. Repositorio universidad Icesi, (2015).

BIO-CROP. «PRQTECTOR®W.P.» 31 de 10 de 2011. Ficha tecnica. 10 de 01 de 2024. <https://bio-crop.com/wp-content/uploads/2016/06/PROTECTOR-Ficha_Tecnica-BIO-CROP.pdf>.

J. G. Cubillos-Hinojosa, A. Paez-Redondo, D. L. Mejía. Evaluación de la capacidad biocontroladora de *Trichoderma harzianum* Rifai contra *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. asociado al complejo “Secadera” en Maracuyá, bajo condiciones de invernadero. Revista Facultad Nacional de Agronomía, 64 (2011) 5821-5830.

R. Awasthi, R. Tewari, H. Nayyar, Synergy between plants and P- solubilizing microbes in soils: effects on growth and physiology of crops. International Research Journal of Microbiology, 2 (2011) 484-503.

COLVEAGRO S.A.S. «Bioth BT.» 25 de 10 de 2019. Ficha tecnica. 10 de 01 de 2024. <https://croper-production.s3.amazonaws.com/product_provider_files/files/000/015/409/original/Ficha_tecnica_Bioth_Bt.pdf>.

C. Layton, E. Maldonado, L. Monroy, L. C. Corrales, L. C. Sánchez. *Bacillus spp.*; perspectiva de su efecto biocontrolador mediante antibiosis en cultivos afectados por fitopatógenos. Revista NOVA Publicación Científica en Ciencias Biomédicas. 9 (2011) 177-187.

B. Tejera-Hernández, M. M. Rojas-Badía, M. Heydrich-Pérez. Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control de hongos fitopatógenos. Revista CENIC Ciencias Biológicas, 42 (2011) 131-138.

F. V. Barraza, G. Fischer, C. E. Cardona, Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Valle del Sinú medio, Colombia. Agronomía Colombiana, 22 (2004) 81-90.

Roco-Videla, R. Landabur-Ayala, N. Maureira-Carsalade, M. Olguin-Barraza, How to effectively determine if a data series follows a normal distribution when sample size is small?. Nutrición Hospitalaria, 40 (2023) 234-235.

J. C. Correa, R. Iral, L Rojas, Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza. Revista Colombiana de Estadística, 29 (2006) 57-76.

P. J. López-Soto, Contraste de hipótesis. Comparación de más de dos medias independientes mediante pruebas no paramétricas: Prueba de Kruskal-Wallis. Revista Enfermería del Trabajo, (2013) 42-47.

B. Juárez-Hernández, D. A. Sotres-Ramos, A. Matuszewski, Distribución exacta de la estadística prueba tipo Mann-Whitney-Wilcoxon bajo violaciones a los supuestos estándar, para distribuciones uniformes continuas. Agrociencia, 35 (2001) 223-235.

W. C. Driscoll. Robustness of the ANOVA and Tukey-Kramer statistical tests. Computers & Industrial Engineering, 31 (1996) 265–268.

D. I. Bruno-Eutimio, M. de la L. Avendaño-Yáñez, Y. Perroni, J. Salinas-Ruíz, M. de la C. Vargas-Mendoza, S. López-Ortiz. Descomposición y liberación de nutrientes de la hojarasca de árboles en pastizales. Ecosistemas y recursos agropecuarios, 9 (2022).

Y. Sarabia-Ochoa. El papel de los hongos micorrízicos arbusculares y microorganismos asociados en la salud de las raíces de maíz. Biblioteca virtual UMSMH, (2012).

ANEXOS

ANEXO 1. Esquema de la distribución aleatoria de los 9 tratamientos por bloques en ambos experimentos:

- Se muestran el **esquema de parcelación** empleado para *Impatiens hawkeri* en color rosa y para *Anthurium buganum* en color verde

1	3	5	4	6	2	2	5	8	9	6	7	5	9	2	7	6	3
2	6	8	7	1	5	1	9	7	1	8	5	1	8	3	8	2	9
7	4	9	3	9	8	6	4	3	2	4	3	6	4	7	4	1	5
1	4	3	9	5	7	7	6	9	1	2	6	9	2	7	5	4	3
5	2	7	4	8	6	8	1	4	7	3	9	1	8	6	2	9	6
9	6	8	1	3	2	2	5	3	4	8	5	5	4	3	1	8	7
4	3	5	2	7	3	9	2	7	9	1	5	1	8	7	9	8	5
9	2	8	8	5	9	1	8	6	6	8	2	9	2	4	7	6	2
7	6	1	1	6	4	5	4	3	4	3	7	5	6	3	1	3	4

ANEXO 2. Resultados de la prueba de Normalidad (prueba Shapiro Wilk)

- Para la variable **crecimiento del tallo** En la especie vegetal *Impatiens hawkeri* frente a los diversos tratamientos de sustratos, adiciones biológicas y sus combinaciones:

Prueba Shapiro - wilk		
#	Tratamiento	Prob Z
1	T	0,74991
2	T+H	0,49998
3	T+B	0,99768
4	T+H+B	0,84279
5	Y	0,00581
6	Y+H	0,02868
7	Y+B	0,68836
8	Y+H+B	0,32883
9	T+Y+H+B	0,18868

- Para la variable **cantidad de hojas** en la especie vegetal *Impatiens hawkeri* frente a los diversos tratamientos de sustratos, adiciones biológicas y sus combinaciones:

Prueba Shapiro - wilk		
#	Tratamiento	Prob Z
1	T	0.98520
2	T+H	0.30914
3	T+B	0.49311
4	T+H+B	0.82116
5	Y	0.58347
6	Y+H	0.8546
7	Y+B	0.00073
8	Y+H+B	0.38416
9	T+Y+H+B	0.69038

- para la variable **crecimiento de hojas** en la especie vegetal *Anthurium buganum* frente a los diversos tratamientos de sustratos, adiciones biológicas y sus combinaciones:

Prueba Shapiro - wilk		
#	Tratamiento	Prob Z
1	T	0.65493
2	T+H	0.55696
3	T+B	0.8148
4	T+H+B	0.12448
5	Y	0.01549
6	Y+H	0.94896
7	Y+B	0.92872
8	Y+H+B	0.78089
9	T+Y+H+B	0.79858

ANEXO 3. Resultados prueba de Levene

- Resultados prueba de Levene para la variable **crecimiento del tallo** en la especie vegetal *Impatiens hawkeri* frente a los diversos tratamientos de sustratos, adiciones biológicas y sus combinaciones:

TRATAMIENTO	Summary of RESULTADO		
	Mean	Std. Dev.	Freq.
Tratamien	2.4571429	.92934949	7
Tratamien	3.2428571	1.6581688	7
Tratamien	3.2875	.77355857	8
Tratamien	2.9857143	1.0383137	7
Tratamien	3.96875	1.8421528	8
Tratamien	4.69375	1.1245436	8
Tratamien	5.87	3.2999242	5
Tratamien	4.95	2.2810085	6
Tratamien	2.6	.49497475	5
Total	3.745082	1.8258721	61

W0 = 3.2125031 df(8, 52) Pr > F = 0.00486034

W50 = 1.4911343 df(8, 52) Pr > F = 0.18321414

W10 = 3.2125031 df(8, 52) Pr > F = 0.00486034

- Resultados prueba de Levene para la variable **cantidad de hojas** en la especie vegetal *Impatiens hawkeri* frente a los diversos tratamientos de sustratos, adiciones biológicas y sus combinaciones:

TRATAMIENTO	Summary of CANTIDAD HOJAS		
	Mean	Std. Dev.	Freq.
Tratamien	4.90	0.69	7
Tratamien	5.31	1.44	7
Tratamien	4.80	1.02	8
Tratamien	5.67	1.75	7
Tratamien	4.84	1.15	7
Tratamien	5.84	1.19	8
Tratamien	4.63	0.61	5
Tratamien	5.45	1.40	6
Tratamien	3.80	1.32	5
Total	5.08	1.28	60

W0 = 1.51316694 df(8, 51) Pr > F = 0.17597119

W50 = 0.77885926 df(8, 51) Pr > F = 0.62307282

W10 = 1.51316694 df(8, 51) Pr > F = 0.17597119

- Resultados prueba de Levene para la variable **crecimiento de hojas** en la especie vegetal *Anthurium buganum* frente a los diversos tratamientos de sustratos, adiciones biológicas y sus combinaciones:

Tratamiento	Summary of Crecimiento		
	Mean	Std. Dev.	Freq.
TRATAMIEN	.98888889	.31001792	9
TRATAMIEN	1.0555556	.57469799	9
TRATAMIEN	.9125	.397986	8
TRATAMIEN	1.1111111	.49356976	9
TRATAMIEN	1.025	.73241284	8
TRATAMIEN	1.1111111	.53489355	9
TRATAMIEN	.92222222	.45491147	9
TRATAMIEN	.85555556	.3503966	9
TRATAMIEN	.87777778	.48160611	9
Total	.98481013	.47611909	79

W0 = 0.89197962 df(8, 70) Pr > F = 0.527959

W50 = 0.65594299 df(8, 70) Pr > F = 0.7280122

W10 = 0.89197962 df(8, 70) Pr > F = 0.527959

ANEXO 4. Resultados prueba ANOVA

- Para la variable **cantidad de hojas** en la especie vegetal *Impatiens hawkeri* frente a los diversos tratamientos de sustratos, adiciones biológicas y sus combinaciones:

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	18.735277	8	2.3419096	1.55	0.1651
tratamien~2	18.735277	8	2.3419096	1.55	0.1651
Residual	77.276628	51	1.515228		
Total	96.011905	59	1.6273204		

- Para la variable **crecimiento de hojas** en la especie vegetal *Anthurium buganum* frente a los diversos tratamientos de sustratos, adiciones biológicas y sus combinaciones:

	Number of obs =	79	R-squared =	0.0382	
	Root MSE =	.492892	Adj R-squared =	-0.0717	
Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	.67579993	8	.08447499	0.35	0.9438
tratamien~2	.67579993	8	.08447499	0.35	0.9438
Residual	17.005972	70	.24294246		
Total	17.681772	78	.22668939		

ANEXO 5. Prueba Kruskal Wallis para la variable **crecimiento del tallo en la especie vegetal *Impatiens hawkeri* en los 9 tratamientos que combinan diferentes sustratos e inóculos biológicos:**

Kruskal-Wallis equality-of-populations rank test

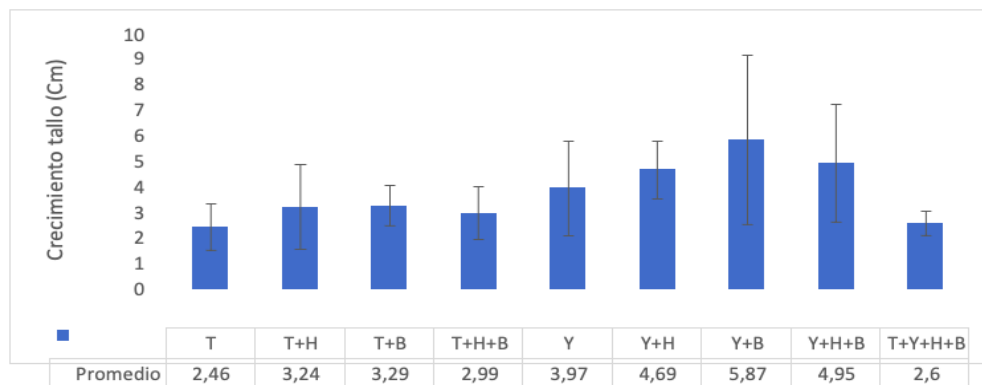
tratamiento2	Obs	Rank Sum
Tratamiento 1	7	120.50
Tratamiento 2	7	184.00
Tratamiento 3	8	233.50
Tratamiento 4	7	165.00
Tratamiento 5	8	274.00
Tratamiento 6	8	359.00
Tratamiento 7	5	213.50
Tratamiento 8	6	256.00
Tratamiento 9	5	85.50

chi-squared = 19.007 with 8 d.f.
probability = 0.0148

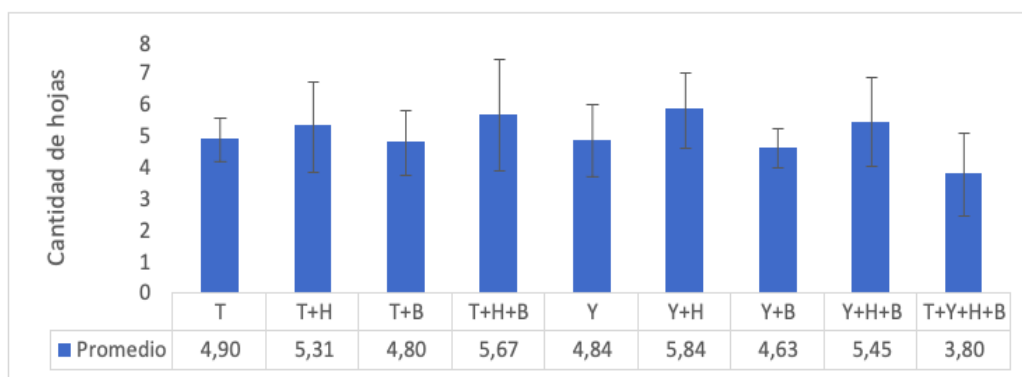
chi-squared with ties = 19.052 with 8 d.f.
probability = 0.0146

ANEXO 6. Valores promedio variables

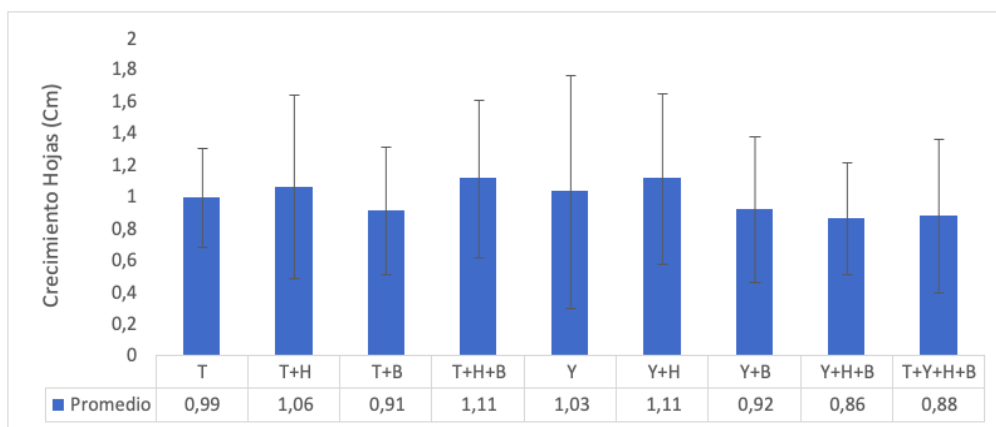
- **Crecimiento promedio del tallo** en la especie vegetal *Impatiens hawkeri* para nueve tratamientos que combinan diferentes sustratos e inóculos biológicos:



- **Cantidad de hojas promedio** en la especie vegetal *Impatiens hawkeri* para nueve tratamientos que combinan diferentes sustratos e inóculos biológicos:



- **Crecimiento de hojas promedio** en la especie vegetal *Anthurium buganum* nueve tratamientos que combinan diferentes sustratos e inóculos biológicos:



ANEXO 7. Prueba Tukey

- Para la variable **cantidad de hojas** en la especie vegetal *Impatiens hawkeri* frente a los diversos tratamientos de sustratos, adiciones biológicas y sus combinaciones:

Pairwise comparisons of marginal linear predictions

Margins : asbalanced

	Number of Comparisons
tratamiento2	36

	Contrast	Std. Err.	Tukey t	P> t	Tukey [95% Conf. Interval]
tratamiento2					
Tratamiento 2 vs Tratamiento 1	.4081633	.6579683	0.62	0.999	-1.72266 2.538986
Tratamiento 3 vs Tratamiento 1	-.0943878	.6370751	-0.15	1.000	-2.157548 1.968773
Tratamiento 4 vs Tratamiento 1	.7755102	.6579683	1.18	0.957	-1.355313 2.906333
Tratamiento 5 vs Tratamiento 1	-.0612245	.6579683	-0.09	1.000	-2.192047 2.069598
Tratamiento 6 vs Tratamiento 1	.9413265	.6370751	1.48	0.861	-1.121834 3.004487
Tratamiento 7 vs Tratamiento 1	-.2693878	.7207682	-0.37	1.000	-2.603587 2.064812
Tratamiento 8 vs Tratamiento 1	.5544218	.6848351	0.81	0.996	-1.663409 2.772253
Tratamiento 9 vs Tratamiento 1	-1.097959	.7207682	-1.52	0.839	-3.432159 1.23624
Tratamiento 3 vs Tratamiento 2	-.502551	.6370751	-0.79	0.997	-2.565711 1.506009
Tratamiento 4 vs Tratamiento 2	.3673469	.6579683	0.56	1.000	-1.763476 2.49817
Tratamiento 5 vs Tratamiento 2	-.4693878	.6579683	-0.71	0.998	-2.600211 1.661435
Tratamiento 6 vs Tratamiento 2	.5331633	.6370751	0.84	0.995	-1.529997 2.596324
Tratamiento 7 vs Tratamiento 2	-.677551	.7207682	-0.94	0.989	-3.011751 1.656649
Tratamiento 8 vs Tratamiento 2	.1462585	.6848351	0.21	1.000	-2.071572 2.364089
Tratamiento 9 vs Tratamiento 2	-1.506122	.7207682	-2.09	0.491	-3.840322 .828071
Tratamiento 4 vs Tratamiento 3	.869898	.6370751	1.37	0.905	-1.193262 2.933058
Tratamiento 5 vs Tratamiento 3	.0331633	.6370751	0.05	1.000	-2.029997 2.096324
Tratamiento 6 vs Tratamiento 3	1.035714	.615473	1.68	0.754	-.957488 3.028917
Tratamiento 7 vs Tratamiento 3	-.175	.7017472	-0.25	1.000	-2.4476 2.0976
Tratamiento 8 vs Tratamiento 3	.6488095	.6647868	0.98	0.986	-1.504095 2.801714
Tratamiento 9 vs Tratamiento 3	-1.003571	.7017472	-1.43	0.881	-3.276172 1.269029
Tratamiento 5 vs Tratamiento 4	-.8367347	.6579683	-1.27	0.935	-2.967558 1.294088
Tratamiento 6 vs Tratamiento 4	.1658163	.6370751	0.26	1.000	-1.897344 2.228977
Tratamiento 7 vs Tratamiento 4	-1.044898	.7207682	-1.45	0.873	-3.379098 1.289302
Tratamiento 8 vs Tratamiento 4	-.2210884	.6848351	-0.32	1.000	-2.438919 1.996742
Tratamiento 9 vs Tratamiento 4	-1.873469	.7207682	-2.60	0.212	-4.207669 .4607302
Tratamiento 6 vs Tratamiento 5	1.002551	.6370751	1.57	0.814	-1.060609 3.065711
Tratamiento 7 vs Tratamiento 5	-.2081633	.7207682	-0.29	1.000	-2.542363 2.126036
Tratamiento 8 vs Tratamiento 5	.6156463	.6848351	0.90	0.992	-1.602185 2.833477
Tratamiento 9 vs Tratamiento 5	-1.036735	.7207682	-1.44	0.877	-3.370934 1.297465
Tratamiento 7 vs Tratamiento 6	-1.210714	.7017472	-1.73	0.728	-3.483315 1.061886
Tratamiento 8 vs Tratamiento 6	-.3869048	.6647868	-0.58	1.000	-2.539809 1.766
Tratamiento 9 vs Tratamiento 6	-2.039286	.7017472	-2.91	0.111	-4.311886 .2333146
Tratamiento 8 vs Tratamiento 7	.8238095	.7453748	1.11	0.971	-1.590078 3.237697
Tratamiento 9 vs Tratamiento 7	-.8285714	.7785186	-1.06	0.977	-3.349795 1.692652
Tratamiento 9 vs Tratamiento 8	-1.652381	.7453748	-2.22	0.411	-4.066269 .7615069

- Para la variable **crecimiento de hojas** en la especie vegetal *Anthurium buganum* frente a los diversos tratamientos de sustratos, adiciones biológicas y sus combinaciones:

Pairwise comparisons of marginal linear predictions

Margins : asbalanced

	Number of Comparisons
tratamiento2	36

	Contrast	Std. Err.	Tukey t	P> t	Tukey [95% Conf. Interval]
tratamiento2					
TRATAMIENTO 2 vs TRATAMIENTO 1	.0666667	.2323515	0.29	1.000	-.6770516 .810385
TRATAMIENTO 3 vs TRATAMIENTO 1	-.0763889	.2395024	-0.32	1.000	-.8429962 .6902184
TRATAMIENTO 4 vs TRATAMIENTO 1	.1222222	.2323515	0.53	1.000	-.6214961 .8659405
TRATAMIENTO 5 vs TRATAMIENTO 1	.0361111	.2395024	0.15	1.000	-.7304962 .8027184
TRATAMIENTO 6 vs TRATAMIENTO 1	.1222222	.2323515	0.53	1.000	-.6214961 .8659405
TRATAMIENTO 7 vs TRATAMIENTO 1	-.0666667	.2323515	-0.29	1.000	-.810385 .6770516
TRATAMIENTO 8 vs TRATAMIENTO 1	-.1333333	.2323515	-0.57	1.000	-.8770516 .610385
TRATAMIENTO 9 vs TRATAMIENTO 1	-.1111111	.2323515	-0.48	1.000	-.8548294 .6326072
TRATAMIENTO 3 vs TRATAMIENTO 2	-.1430556	.2395024	-0.60	1.000	-.9096628 .6235517
TRATAMIENTO 4 vs TRATAMIENTO 2	.0555556	.2323515	0.24	1.000	-.6881627 .7992738
TRATAMIENTO 5 vs TRATAMIENTO 2	-.0305556	.2395024	-0.13	1.000	-.7971628 .7360517
TRATAMIENTO 6 vs TRATAMIENTO 2	.0555556	.2323515	0.24	1.000	-.6881627 .7992738
TRATAMIENTO 7 vs TRATAMIENTO 2	-.1333333	.2323515	-0.57	1.000	-.8770516 .610385
TRATAMIENTO 8 vs TRATAMIENTO 2	-.2	.2323515	-0.86	0.994	-.9437183 .5437183
TRATAMIENTO 9 vs TRATAMIENTO 2	-.1777778	.2323515	-0.77	0.997	-.9214961 .5659405
TRATAMIENTO 4 vs TRATAMIENTO 3	.1986111	.2395024	0.83	0.996	-.5679962 .9652184
TRATAMIENTO 5 vs TRATAMIENTO 3	.1125	.246446	0.46	1.000	-.6763324 .9013324
TRATAMIENTO 6 vs TRATAMIENTO 3	.1986111	.2395024	0.83	0.996	-.5679962 .9652184
TRATAMIENTO 7 vs TRATAMIENTO 3	.0097222	.2395024	0.04	1.000	-.756885 .7763295
TRATAMIENTO 8 vs TRATAMIENTO 3	-.0569444	.2395024	-0.24	1.000	-.8235517 .7096628
TRATAMIENTO 9 vs TRATAMIENTO 3	-.0347222	.2395024	-0.14	1.000	-.8013295 .731885
TRATAMIENTO 5 vs TRATAMIENTO 4	-.0861111	.2395024	-0.36	1.000	-.8527184 .6804962
TRATAMIENTO 6 vs TRATAMIENTO 4	-5.13e-16	.2323515	-0.00	1.000	-.7437183 .7437183
TRATAMIENTO 7 vs TRATAMIENTO 4	-.1888889	.2323515	-0.81	0.996	-.9326072 .5548294
TRATAMIENTO 8 vs TRATAMIENTO 4	-.2555556	.2323515	-1.10	0.972	-.9992738 .4881627
TRATAMIENTO 9 vs TRATAMIENTO 4	-.2333333	.2323515	-1.00	0.984	-.9770516 .510385
TRATAMIENTO 6 vs TRATAMIENTO 5	.0861111	.2395024	0.36	1.000	-.6804962 .8527184
TRATAMIENTO 7 vs TRATAMIENTO 5	-.1027778	.2395024	-0.43	1.000	-.869385 .6638295
TRATAMIENTO 8 vs TRATAMIENTO 5	-.1694444	.2395024	-0.71	0.999	-.9360517 .5971628
TRATAMIENTO 9 vs TRATAMIENTO 5	-.1472222	.2395024	-0.61	0.999	-.9138295 .619385
TRATAMIENTO 7 vs TRATAMIENTO 6	-.1888889	.2323515	-0.81	0.996	-.9326072 .5548294
TRATAMIENTO 8 vs TRATAMIENTO 6	-.2555556	.2323515	-1.10	0.972	-.9992738 .4881627
TRATAMIENTO 9 vs TRATAMIENTO 6	-.2333333	.2323515	-1.00	0.984	-.9770516 .510385
TRATAMIENTO 8 vs TRATAMIENTO 7	-.0666667	.2323515	-0.29	1.000	-.810385 .6770516
TRATAMIENTO 9 vs TRATAMIENTO 7	-.0444444	.2323515	-0.19	1.000	-.7881627 .6992738
TRATAMIENTO 9 vs TRATAMIENTO 8	.0222222	.2323515	0.10	1.000	-.7214961 .7659405