



Efeito de *Trichoderma harzianum* e *Trichoderma longibrachiaum* no crescimento de *Chionanthus pubescens*, *Eucalyptus cinerea* e *Cupressus macrocarpa* em viveiro. Effect of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma longibrachiaum* on the growth of *Chionanthus pubescens*, *Eucalyptus cinerea* and *Cupressus macrocarpa* in nursery.

[Pablo Israel Álvarez Romero](#)^{1,4*}, [Liseth Karina González Tamayo](#)², [Juan Luis Guerra Buenaño](#)^{1,4}, [Daniel Arturo Román Robalino](#)^{1,4}, [Ana Francisca Tibúrcia Amorim Ferreira e Ferreira](#)³

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba - CH, Ecuador. Panamericana Sur km 1 1/2, Riobamba - Ecuador. CEP: EC060155.

² Pesquisadora Independente.

³ Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Manaus - AM, Brasil.

⁴ Proyecto Estudio de *Trichoderma* spp. en viveros forestales de la provincia de Chimborazo y Suelos Agrícolas en Santa Cruz, Islas Galápagos.

*Autor para correspondência: E-mail: pabloi.alvarez@epoch.edu.ec

Resumo

O efeito de *Trichoderma harzianum* e *T. longibrachiatum* na promoção do crescimento vegetal foi estudado em *Chionanthus pubescens*, *Eucalyptus cinerea* e *Cupressus macrocarpa*. Como variáveis associadas ao crescimento e desenvolvimento das plantas florestais, foram avaliados a altura, comprimento do caule, número de folhas e massa seca das plantas. As duas espécies de *Trichoderma* utilizadas tiveram um efeito positivo, melhorando a maioria das variáveis avaliadas em todas as espécies florestais estudadas, demonstrando que este gênero de fungo é uma boa alternativa como promotor de crescimento vegetal em estas espécies florestais.

Palavras-chave: Microorganismos. Biofertilizantes. Desenvolvimento. Biotecnologia.

Abstract

The effect of *Trichoderma harzianum* and *T. longibrachiatum* in promoting plant growth was studied in *Chionanthus pubescens*, *Eucalyptus cinerea* e *Cupressus macrocarpa*. As variables associated with the growth and development of forest plants, the height, stem length, number of leaves and dry weight of the plants were evaluated. The two *Trichoderma* species used had a positive effect, improving most of the variables evaluated in the forest's species studied.

Keywords: Microorganisms. Biofertilizers. Development. Biotechnology.

Introdução

No Equador, o setor florestal vem desempenhando um papel muito importante tanto para o meio ambiente quanto para a economia do país, para o qual é essencial reproduzir, manter, controlar e contribuir para o desenvolvimento das espécies lenhosas. Uma das raras técnicas que têm se destacado como promotores de crescimento de espécies vegetais é o uso de microrganismos fúngicos (ÁLVAREZ-ROMERO, 2021; CUBILLOS-HINOJOSA; VALERO; MEJÍA, 2009). A pesquisa e a análise dos efeitos de produtos biológicos fizeram progressos consideráveis no campo ambiental onde se apresenta como uma das melhores alternativas para substituir produtos químicos (WOO et al., 2014). Fungos do gênero *Trichoderma* são encontrados em solos em todas as zonas climáticas do mundo, e são importantes decompositores de materiais lenhosos e herbáceos (MEYER; MAZARO; SILVA, 2019; SAMUELS, 2006).

A estimulação do crescimento nas plantas pela aplicação de *Trichoderma* está relacionada ao controle dos microrganismos patogênicos presentes (MACHADO et al., 2012), a produção de fitohormônios e ao aumento da disponibilidade e maior eficiência no uso de alguns nutrientes pelas plantas (NIETO-JACOBO et al., 2017). Os efeitos positivos no crescimento e desenvolvimento de plantas associadas à espécie de *Trichoderma* já foram demonstrados em tomate (AZARMI; HAJIEGHRARI; GIGLOU, 2011), *Eucalyptus* sp. (FORTES et al., 2007). Esses fungos são considerados invasores oportunistas, caracterizado por seu rápido crescimento, capacidade de assimilar uma ampla gama de substratos e produção de uma variedade de compostos antimicrobianos (CHAVERRI; SAMUELS, 2013). Existem poucos estudos sobre *Trichoderma* spp. como promotor de crescimento em espécimes florestais como *Chionanthus pubescens*, *Eucalyptus cinerea* e *Cupressus macrocarpa* em nível de viveiro.

O Equador é um país muito diversificado em termos de plantas, animais e microrganismos. Neste trabalho, buscou-se fornecer informações sobre o efeito de duas espécies de *Trichoderma* em três espécies florestais: *C. pubescens*, *E. cinerea* e *C. macrocarpa* em nível de viveiro. Observando a necessidade de alternativas de produção limpa no setor florestal, surgiu a idéia de realizar a presente pesquisa sobre o efeito de duas espécies de *Trichoderma* (*T. harzianum* e *T. longibrachiatum*) nos processos fisiológicos de espécies lenhosas.

Material e métodos

O presente trabalho de pesquisa foi conduzido no período de outubro de 2021 a março de 2022, no viveiro comercial Las-Palmeras, localizado nas coordenadas 78° 18'56.48''W e 0° 14'30.25''S, no município de Quito da Provincia de Pichincha no Equador. Esta região apresenta um clima com temperaturas de 16 °C e precipitação média anual de 2000 mm. Foram usadas 160 mudas de cada espécie florestal (*C. pubescens*, *E. cinerea* e *C. macrocarpa*). Para a produção das mudas foram usados recipientes plásticos estéreis, do tipo tubetes, com capacidade de 150 cm³, os quais foram preenchidos com substrato à base de areia, terra preta e casca de arroz carbonizada, na proporção 1:1:1. As sementes foram plantadas no substrato, e colocadas em casa de vegetação sob condições controladas durante 120 dias até a inoculação com os diferentes tratamentos.

As quatro cepas das duas espécies de *Trichoderma* (*T. harzianum* e *T. longibrachiatum*) utilizadas no experimento foram da coleção do projeto “Estudio de *Trichoderma* spp. en viveros forestales de la provincia de Chimborazo y Suelos Agrícolas en Santa Cruz, Islas Galápagos”. Para a obtenção dos inóculos, as quatro cepas foram multiplicadas em meio batata dextrose ágar (BDA 39

g.L-1, DIFCO) e incubadas a temperatura de ± 25 °C no escuro, por um período de 14 dias. A suspensão de esporos foi obtida após a lavagem em água destilada das placas de Petri colonizadas pelos fungos.

As inoculações foram feitas usando 50 mL da suspensão de esporos (com uma concentração de 1×10^6 conídios mL⁻¹) diretamente ao substrato de cada planta das três espécies florestais em estudo (*C. pubescens*, *E. cinerea* e *C. macrocarpa*). Foram feitas três inoculações de dois cepas de *T. harzianum* e dois cepas de *T. longibrachiatum* em cada espécie florestal (sendo a primeira realizada aos 22 dias após o transplante, e as demais aos 60 e 90 dias depois).

As variáveis mensuradas neste estudo foram: altura das plantas, em centímetros, comprimento do caule e comprimento das raízes (mm), número das folhas, massa seca das folhas (g), massa seca das raízes (g) e massa seca total (g). Todas as variáveis foram mensuradas aos 75 dias após a primeira aplicação dos tratamentos. Foi calculado também o índice de Dickson para a qualidade das mudas seguindo a metodologia de Binotto; Lúcio; Lopes, (2010). A altura das plantas foi obtida com auxílio de uma régua, medindo-se desde a base da muda até a gema apical. As variáveis comprimento do caule e raízes foram medidas com auxílio de um paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm. O número de folhas foi obtido através da contagem direta. Os valores do peso seco das folhas e raízes foram determinados após a lavagem das plantas, secagem em estufa a 50 °C durante 48 horas e pesagem em balança analítica, com precisão de 0,001 g. O experimento foi feito em blocos casualizados (DBC), com quinze tratamentos dispostos em esquema fatorial (15x4), com *T. harzianum*, *T. longibrachiatum* e água destilada (controle) em as três espécies florestais estudadas (*C. pubescens*, *E. cinerea* e *C. macrocarpa*). Após verificados os pressupostos da homogeneidade e normalidade, os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey ao 5%. Os gráficos e análises foram realizadas com auxílio do software R, versão 4.1.2.

Resultados e discussão



Figura 1 - Mudas de *C. pubescens* (A), de *E. cinerea* (B) y *C. macrocarpa* (C) tratadas com *T. harzianum* cepa 1 (a), *T. harzianum* cepa 2 (b), *T. longibrachiatum* cepa 1 (c), *T. longibrachiatum* cepa 2 (d) e tratamento controle (e).

Tabela 1 - Análise das variáveis associadas com crescimento e desenvolvimento (altura da planta, comprimento do caule, número de folhas, comprimento da raiz, massa seca das folhas, massa seca das raízes, massa seca total e índice de Dickson) das plantas de *C. pubescens* tratadas com as quatro cepas de *Trichoderma* aos 75 dias depois da inoculação dos diferentes tratamentos.

Tratamento	Altura da planta (cm)	Comprimento do caule (mm)	Número de folhas	Comprimento das raízes (cm)	Massa seca das folhas (g)	Massa seca das raízes (g)	Massa seca total (g)	Índice de Dickson
Água	7,57 a*	8,39 a	8,25 a	7,34 a	0,19 a	0,08 a	0,27 b	0,06
<i>T. harzianum</i> cepa 1	7,65 a	7,71 a	10,25 a	6,24 a	0,31 a	0,10 a	0,41 a	0,10
<i>T. harzianum</i> cepa 2	8,55 a	7,79 a	8,50 a	5,70 a	0,24 a	0,09 a	0,24 a	0,09
<i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	7,95 a	7,84 a	9,25 a	6,84 a	0,28 a	0,11 a	0,38 a	0,11
<i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	7,23 a	7,06 a	7,00 b	6,44 a	0,25 a	0,09 a	0,34 a	0,09

* Tratamentos com a mesma letra não são significativamente diferentes segundo o Teste de Tukey ao 5%

Tabela 2 - Análise das variáveis associadas com crescimento e desenvolvimento (altura da planta, comprimento do caule, número de folhas, comprimento da raiz, massa seca das folhas, massa seca das raízes, massa seca total e índice de Dickson) das plantas de *E. cinerea* tratadas com as quatro cepas de *Trichoderma* aos 75 dias depois da inoculação dos diferentes tratamentos.

Tratamento	Altura da planta (cm)	Comprimento do caule (mm)	Número de folhas	Comprimento das raízes (cm)	Massa seca das folhas (g)	Massa seca das raízes (g)	Massa seca total (g)	Índice de Dickson
Água	3,98 a*	2,98 a	20,00 a	7,33 a	0,08 ab	0,01 a	0,09 a	0,01
<i>T. harzianum</i> cepa 1	4,19 a	2,71 a	15,75 ab	7,33 a	0,10 a	0,02 a	0,12 a	0,02
<i>T. harzianum</i> cepa 2	4,20 a	3,22 a	16,50 ab	7,44 a	0,06 ab	0,02 a	0,07 a	0,01
<i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	3,52 a	3,01 a	15,25 ab	7,30 a	0,07 ab	0,01 a	0,08 a	0,01
<i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	3,65 a	2,78 a	15,00 ab	6,96 a	0,06 ab	0,01 a	0,07 a	0,01

* Tratamentos com a mesma letra não são significativamente diferentes segundo o Teste de Tukey ao 5%

Tabela 3 - Análise das variáveis associadas com crescimento e desenvolvimento (altura da planta, comprimento do caule, número de folhas, comprimento da raiz, massa seca das folhas, massa seca das raízes, massa seca total e índice de Dickson) das plantas de *C. macrocarpa* tratadas com as quatro cepas de *Trichoderma* aos 75 dias depois da inoculação dos diferentes tratamentos.

Tratamento	Altura da planta (cm)	Comprimento do caule (mm)	Número de folhas	Comprimento das raízes (cm)	Massa seca das folhas (g)	Massa seca das raízes (g)	Massa seca total (g)	Índice de Dickson
Água	3,74 a*	2,31 a	4,50 a	6,24 a	0,05 b	0,001 b	0,051 b	0,01
<i>T. harzianum</i> cepa 1	4,24 a	3,33 a	4,75 a	5,50 a	0,07 b	0,01 a	0,08 b	0,01
<i>T. harzianum</i> cepa 2	4,83 a	3,25 a	3,50 a	5,74 a	0,10 a	0,01 a	0,11 a	0,01
<i>T. longibrachiatum</i> cepa 1	3,93 a	2,50 a	3,50 a	5,81 a	0,07 b	0,001 b	0,071 b	0,01
<i>T. longibrachiatum</i> cepa 2	4,06 a	2,50 a	5,00 a	5,70 a	0,06 b	0,01 a	0,07 b	0,01

*Tratamentos com a mesma letra não são significativamente diferentes segundo o Teste de Tukey ao 5%

As maiores alturas da espécie florestal *C. pubescens* foram para as mudas tratadas com *T. harzianum* cepa 2 acrescentando um 12,95% essa variável em relação ao controle (Tabela 1). As maiores alturas da espécie florestal *E. cinerea* foram para as mudas tratadas com *T. harzianum* cepa 2 e cepa 1, acrescentando um 5,23% e 4,77% essa variável em relação ao controle (Tabela 2). As maiores alturas da espécie florestal *C. macrocarpa* foram para as mudas tratadas com *T. harzianum* cepa 2, acrescentando um 29,14% essa variável em relação ao controle. Não foi observado um efeito na altura das mudas, quando as mudas de *C. macrocarpa* foram tratadas com água (Tabela 3).

Os resultados anteriores concordam com os relatos de vários autores que indicaram aumentos importantes no crescimento de plântulas inoculadas com *T. harzianum* (CUBILLOS-HINOJOSA; VALERO; MEJÍA, 2009). O crescimento das plantas de *C. pubescens*, *E. cinerea* e *C. macrocarpa* no presente trabalho é possivelmente devido à soma de várias características previamente relatadas para diferentes isolados desta espécie de *Trichoderma* em solos tropicais, entre os quais podemos citar sua capacidade de produzir ácido indolacético (KHAN et al., 2017; MEYER; MAZARO; SILVA, 2019), uma substância que favorece o alongamento das raízes permitindo uma melhor captação de nutrientes no solo pela planta: a capacidade de transformar a matéria orgânica do solo e solubilizar fosfatos orgânicos e inorgânicos (VERA, 2002), contribuindo assim para uma melhor nutrição e desenvolvimento das plantas.

Os maiores comprimentos do caule da espécie florestal *C. pubescens* foram para as mudas tratadas com água. Não foi observado um efeito no comprimento do caule, quando as mudas de *C. pubescens* foram tratadas com as diferentes espécies e cepas de *Trichoderma* (Tabela 1). Os maiores comprimentos do caule da espécie florestal *E. cinerea* foram para as mudas tratadas com *T. harzianum*

cepa 2 acrescentando um 7,45% essa variável em relação ao controle (Tabela 2). Os maiores comprimentos do caule da espécie florestal *C. macrocarpa* foram para as mudas tratadas com *T. harzianum* cepa 1 e cepa 2 acrescentando um 30,63% essa variável em relação ao controle. Não foi observado um efeito no comprimento do caule, quando as mudas de *E. cinerea* foram tratadas com água (Tabela 3).

O maior número de folhas da espécie florestal *C. pubescens* foi para as mudas tratadas com *T. harzianum* cepa 1 acrescentando um 24,24% essa variável em relação ao controle (Tabela 1). O maior número de folhas da espécie florestal *E. cinerea* foi para as mudas tratadas com água. Por outro lado, não foi observado um efeito no número de folhas verdadeiras quando as mudas de foram tratadas as diferentes espécies e cepas de *Trichoderma* (Tabela 2). O maior número de folhas da espécie florestal *C. macrocarpa* foi para as mudas tratadas com *T. harzianum* cepa 1, acrescentando um 5,26% essa variável em relação ao controle (Tabela 3).

O maior comprimento das raízes da espécie florestal *C. pubescens* foi para as mudas tratadas com água. Por outro lado, não foi observado um efeito no comprimento das raízes quando as mudas de *C. pubescens* foram tratadas com as diferentes espécies e cepas de *Trichoderma* (Tabela 1). O maior comprimento das raízes da espécie florestal *E. cinerea* foi para as mudas tratadas com *T. harzianum* cepa 2 (Tabela 2). O maior comprimento das raízes da espécie florestal *C. macrocarpa* foi para as mudas tratadas com água. Por outro lado, não foi observado um efeito no comprimento das raízes quando as mudas de *C. macrocarpa* foram tratadas com as diferentes espécies e cepas de *Trichoderma* (Tabela 3).

O mecanismo pelo qual os microrganismos promovem o crescimento das plantas já foi estudado tanto para bactérias (IDRIS et al., 2007) quanto para fungos (CONTRERAS-CORNEJO et al., 2015) Tem sido sugerido que mais de 80% das bactérias da rizosfera sintetizam o ácido indol-3-acético (IAA) (PATTEN; GLICK, 1996), o hormônio vegetal auxina que controla muitos aspectos do crescimento e desenvolvimento das plantas (GROSSMANN, 2010). A capacidade de sintetizar ácido indol-3-acético (IAA) é um atributo que muitos microrganismos possuem, incluindo promotores de crescimento de plantas e alguns patógenos de plantas (DUCA et al., 2014). O IAA sintetizado por microrganismos associados às raízes das plantas pode interferir no desenvolvimento das plantas, perturbando o equilíbrio de auxinas nas plantas. Por exemplo, a síntese de AIA pode modificar a arquitetura radicular, resultando em aumento da massa radicular e, conseqüentemente, aumento da área adequada para colonização microbiana e um sistema radicular maior para absorção de nutrientes pela planta (CONTRERAS-CORNEJO et al., 2009).

O maior valor de massa seca das folhas da espécie florestal *C. pubescens* foi para as mudas tratadas com *T. harzianum* cepa 1, acrescentando um 63,15% em essa variável em relação ao controle. Por outro lado, não foi observado um efeito na massa seca das folhas quando as mudas de foram tratadas com água (Tabela 1). O maior valor de massa seca das folhas da espécie florestal *E. cinerea* foi para as mudas tratadas com *T. harzianum* cepa 1, acrescentando um 20% essa variável em relação ao controle (Tabela 2). O maior valor de massa seca das folhas da espécie florestal *C. macrocarpa* foi para as mudas tratadas com *T. harzianum* cepa 2, acrescentando um 50% essa variável em relação ao controle. Por outro lado, não foi observado um efeito na massa seca das folhas quando as mudas de *C. macrocarpa* foram tratadas com água (Tabela 3).

O maior valor de massa seca das raízes da espécie florestal *C. pubescens* foi para as mudas tratadas com *T. longibrachiatum* cepa 1, acrescentando um 37,5% essa variável em relação ao controle (Tabela 1). O maior valor de massa seca das raízes da espécie florestal *E. cinerea* foi para as mudas tratadas com *T. harzianum* cepa 1 y cepa 2, acrescentando um 100% essa variável em relação

ao controle (Tabela 2). O maior valor de massa seca total da espécie florestal *C. macrocarpa* foi para as mudas tratadas com *T. harzianum* cepa 1 y 2. Por outro lado, não foi observado um efeito na massa seca total quando as mudas de *C. macrocarpa* foram tratadas com água (Tabela 3).

O maior valor de massa seca total da espécie florestal *C. pubescens* foi para as mudas tratadas com *T. harzianum* cepa 1, acrescentando um 51,85% essa variável em relação ao controle. Por outro lado, os menor valores da massa seca total foram observados quando as mudas de *C. pubescens* foram tratadas com os demais tratamentos (Tabela 1). O maior valor de massa seca total da espécie florestal *E. cinerea* foram para as mudas tratadas com *T. harzianum* cepa 1, aumentando essa variável um 100% em relação ao controle. Por outro lado, os menor valores da massa seca total foram observados com os demais tratamentos (Tabela 2). O maior valor de massa seca total da espécie florestal *C. macrocarpa* foram para as mudas tratadas com *T. harzianum* cepa 2, aumentando essa variável um 90% em relação ao controle (Tabela 3).

Os resultados da massa seca total, das folhas e radicular da presente pesquisa concordam com os relatos de vários autores que indicaram aumentos importantes na biomassa de plântulas inoculadas com *T. harzianum*. Por exemplo, aumento da biomassa de plantas de maracujá (CUBILLOS-HINOJOSA; VALERO; MEJÍA, 2009) e melhor desenvolvimento das plantas de eucalipto e cipreste (ÁLVAREZ-ROMERO, 2021), entre outros, após aplicação de produtos à base de *Trichoderma*.

Finalmente, os maiores valores do índice de qualidade de Dickson foram para as mudas da espécie florestal *C. pubescens* tratadas com *T. longibrachiatum* cepa 1 e *T. harzianum* cepa 1 (Tabela 1), para as mudas de *E. cinerea* tratadas com *T. harzianum* cepa 1 (Tabela 2) e no caso das mudas de *C. macrocarpa* os valores do índice de Dickson no apresentaram diferenças em nenhum dos tratamentos usados (Tabela 3).

As espécies de *Trichoderma* são fungos filamentosos comuns no solo, com algumas cepas capazes de estabelecer relações benéficas com as plantas (DRUZHININA et al., 2011). A promoção direta do crescimento das plantas (JABLONKA, 2013) é um dos muitos mecanismos nos quais *Trichoderma* spp. melhorar a saúde das plantas, no entanto, o mecanismo molecular subjacente a isso ainda não está claro. Contreras-Cornejo et al. (2015) sugeriram que *Trichoderma* spp. induz a promoção do crescimento por um mecanismo fúngico dependente de auxina. Usando bioensaio *in vitro*, eles mostraram que *Trichoderma virens* Gv29.8 e *T. atroviride* IMI206040 podem sintetizar IAA (e alguns de seus derivados) e demonstraram aumentar a produção de raízes laterais de *Arabidopsis* (CONTRERAS-CORNEJO et al., 2015). No entanto, a correlação entre a síntese de IAA e a promoção do crescimento de plantas em sistemas baseados no solo é menos convincente. Hoyos-Carvajal; Orduz; Bissett (2009) mostraram que muitas cepas de *Trichoderma* são capazes de sintetizar IAA, mas apenas algumas podem promover o crescimento da planta.

Outras moléculas produzidas microbialmente conhecidas por serem importantes na promoção do crescimento de plantas são os compostos orgânicos voláteis microbianos (mVOCs), que foram reconhecidos como atores-chave na promoção do crescimento de plantas (KANCHISWAMY; MALNOY; MAFFEI, 2015). Os mVOCs são compostos lipofílicos de baixo peso molecular que podem evaporar facilmente à temperatura e pressão ambiente, e sugeridos para desempenhar um papel na comunicação de longa distância entre organismos. Os mVOCs pertencem a diferentes classes químicas, incluindo mono e sesquiterpenos, álcoois, cetonas, lactonas, ésteres, tioálcoois, tioésteres e ciclohexenos (SCHENKEL et al., 2015). 6-pentil-2H-piran-2-ona (6-PP) é um composto detectado em diversas espécies de *Trichoderma* (JELEŇ et al., 2014). Curiosamente, nem todas as espécies de *Trichoderma* sintetizam 6-PP (ATANASOVA et al., 2013), mas a maioria é capaz de induzir a promoção do crescimento de plantas (KOTTB et al., 2015).

Em resumo, este estudo fornece evidências da promoção de crescimento de *Trichoderma* para algumas espécies florestais, no entanto, interações complexas entre *Trichoderma* e as plantas podem estar relacionadas com essa promoção de crescimento. Futuros estudos moleculares examinando os papéis de genes e vias específicas podem lançar mais luz sobre o papel das moléculas derivadas de fungos na promoção do crescimento das plantas.

Conclusões

As espécies de *Trichoderma* utilizadas neste trabalho tiveram efeito positivo, melhorando as variáveis analisadas. Com base nesses resultados, as espécies de *Trichoderma* (*T. harzianum* e *T. longibrachiatum*) podem ser uma boa alternativa para serem utilizadas como promotoras de crescimento vegetal em *Chionanthus pubescens*, *Eucalyptus cinerea* e *Cupressus macrocarpa* em nível de viveiro.

Conflitos de interesse

Não houve conflito de interesses dos autores.

Contribuição dos autores

Pablo Israel Álvarez Romero, Liseth Karina González Tamayo, Juan Luis Guerra Buenaño, Daniel Arturo Román Robalino e Ana Francisca Tiburcia Amorin Ferreira e Ferreira – coleta de dados, revisão bibliográfica e redação do manuscrito.

Referências bibliográficas

- ÁLVAREZ-ROMERO, P. I.; CRUZ, M. A. I.; GUERRA, J. H. R.; FERREIRA, A. F. T. A. F. Efeito do *Trichoderma harzianum* e *Trichoderma longibrachiatum* no desenvolvimento de diferentes mudas de espécies florestais. **Revista Agrária Acadêmica**, v. 4, n. 4, p. 74-83, 2021. <https://doi.org/10.32406/v4n4/2021/74-83/agrariacad>
- ATANASOVA, L.; LE CROM, S.; GRUBER, S.; COULPIER, F.; SEIDL-SEIBOTH, V.; KUBICEK, C. P.; DRUZHININA, I. S. Comparative transcriptomics reveals different strategies of *Trichoderma mycoparasitism*. **BMC Genomics**, v. 14, p. 1-15, 2013. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-121>
- AZARMI, R.; HAJIEGHRARI, B.; GIGLOU, A. Effect of *Trichoderma* isolates on tomato seedling growth response and nutrient uptake. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 31, p. 5850-5855, 2011. <https://doi.org/10.5897/AJB10.1600>
- BINOTTO, A. F.; LÚCIO, A. D. C.; LOPES, S. J. Correlations between growth variables and the Dickson quality index in forest seedlings. **CERNE**, v. 16, n. 4, p. 457-464, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602010000400005>
- CHAVERRI, P.; SAMUELS, G. J. Evolution of habitat preference and nutrition mode in a cosmopolitan fungal genus with evidence of interkingdom host jumps and major shifts in ecology. **Evolution**, v. 67, n. 10, p. 2823-2837, 2013. <https://doi.org/10.1111/evo.12169>
- CONTRERAS-CORNEJO, H. A.; LÓPEZ-BUCIO, J. S.; MÉNDEZ-BRAVO, A.; MACIAS-RODRIGUEZ, L.; RAMOS-VEGA, M.; GUEVARA-GARCIA, Á. A.; LÓPEZ-BUCIO, J. Mitogen-activated protein kinase 6 and ethylene and auxin signaling pathways are involved in *Arabidopsis* root-system architecture alterations

by *Trichoderma atroviride*. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 28, n. 6, p. 701-710, 2015. <https://doi.org/10.1094/MPMI-01-15-0005-R>

CONTRERAS-CORNEJO, H. A.; MACÍAS-RODRIGUEZ, L.; CORTÉS-PENAGOS, C.; LÓPEZ-BUCIO, J. *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in arabidopsis. **Plant Physiology**, v. 149, n. 3, p. 1579-1592, 2009. <https://doi.org/10.1104/pp.108.130369>

CUBILLOS-HINOJOSA, J.; VALERO, N.; MEJÍA, L. *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener). **Agronomía Colombiana**, v. 27, n. 1, p. 81-86, 2009. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-99652009000100011&lng=pt&nrm=is&tlng=en

DRUZHININA, I. S.; SEIDL-SEIBOTH, V.; HERRERA-ESTRELLA, A.; HORWITZ, B. A.; KENERLEY, C. M.; MONTE, E.; MUKHERJEE, P. K.; ZEILINGER, S.; GRIGORIEV, I. V.; KUBICEK, C. P. *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. **Nature Reviews Microbiology**, v. 9, n. 10, p. 749-759, 2011. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2637>

DUCA, D.; LORV, J.; PATTEN, C. L.; ROSE, D.; GLICK, B. R. Indole-3-acetic acid in plant-microbe interactions. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 106, n. 1, p. 85-125, 2014. <https://doi.org/10.1007/s10482-013-0095-y>

FORTES, F. O.; SILVA, A. C. F.; ALMANÇA, M. A. K.; TEDESCO, S. B. Promoção de enraizamento de microestacas de um clone de *Eucalyptus* sp. por *Trichoderma* spp. **Revista Arvore**, v. 31, n. 2, P. 221-228, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000200004>

GROSSMANN, K. Auxin herbicides: Current status of mechanism and mode of action. **Pest Management Science**, v. 66, n. 2, p. 113-120, 2010. <https://doi.org/10.1002/ps.1860>

HOYOS-CARVAJAL, L.; ORDUZ, S.; BISSETT, J. Growth stimulation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by *Trichoderma*. **Biological Control**, v. 51, n. 3, p. 409-416, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.07.018>

IDRIS, E. E.; IGLESIAS, D. J.; TALON, M.; BORRISS, R. Tryptophan-dependent production of Indole-3-Acetic Acid (IAA) affects level of plant growth promotion by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 20, n. 6, p. 619-626, 2007. <https://doi.org/10.1094/MPMI-20-6-0619>

JABLONKA, E. Epigenetic inheritance and plasticity: the responsive germline. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v. 111, n. 2-3, p. 99-107, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2012.08.014>

JELEŃ, H.; BÇASZCZYK, L.; CHELKOWSKI, J.; ROGOWICZ, K.; STRAKOWSKA, J. Formation of 6-n-pentyl-2H-pyran-2-one (6-PAP) and other volatiles by different *Trichoderma* species. **Mycological Progress**, v. 13, p. 589-600, 2014. <https://doi.org/10.1007/s11557-013-0942-2>

KANCHISWAMY, C. N.; MALNOY, M.; MAFFEI, M. E. Chemical diversity of microbial volatiles and their potential for plant growth and productivity. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 1-23, 2015. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00151>

KHAN, M. Y.; HAQUEA, M. M.; MOLLAA, A. H.; RAHMAN, M. M.; ALAMA, M. Z. Antioxidant compounds and minerals in tomatoes by *Trichoderma*-enriched biofertilizer and their relationship with the soil environments. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, n. 3, p. 691-703, 2017. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61350-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61350-3)

KOTTB, M.; GIGOLASHVILI, T.; GROBKINSKY, D. K.; PIECHULLA, B. *Trichoderma* volatiles effecting *Arabidopsis*: from inhibition to protection against phytopathogenic fungi. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, p. 1-14, 2015. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00995>

- MACHADO, D. F. M.; PARZIANELLO, F. R.; SILVA, A. C. F.; ANTONIOLLI, Z. I. *Trichoderma* no Brasil: o fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 274-288, 2012. <https://doi.org/10.19084/rca.16182>
- MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. ***Trichoderma: uso na agricultura***. Brasília, DF: Embrapa, 2019, 536p.
- NIETO-JACOBO, M. F.; STEYAERT, J. M.; SALAZAR-BADILLO, F. B.; NGUYEN, D. V.; ROSTÁS, M.; BRAITHWAITE, M.; SOUZA, J. T.; JIMENEZ-BREMONT, J. F.; OHKURA, M.; STEWART, A.; MENDOZA-MENDOZA, A. Environmental growth conditions of *Trichoderma* spp. affects indole acetic acid derivatives, volatile organic compounds, and plant growth promotion. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1-18, 2017. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00102>
- PATTEN, C. L.; GLICK, B. R. Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 42, n. 3, p. 207-220, 1996. <https://doi.org/10.1139/m96-032>
- SAMUELS, G. J. *Trichoderma*: systematics, the sexual state, and ecology. **Phytopathology**, v. 96, n. 2, p. 195-206, 2006. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0195>
- SCHENKEL, D.; LEMFACK, M. C.; PIECHULLA, B.; SPLIVALLO, R. A meta-analysis approach for assessing the diversity and specificity of belowground root and microbial volatiles. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 1-11, 2015. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00707>
- VERA, D. F. Aislamiento de hongos solubilizadores de fosfatos de la rizósfera de Arazá (*Eugenia stipitata*, Myrtaceae). **Acta Biológica Colombiana**, v. 7, n. 1, p. 33-40, 2002.
- WOO, S. L.; RUOCCO, M.; VINALE, F.; NIGRO, M.; MARRA, R.; LOMBARDI, N.; PASCALE, A.; LANZUISE, S.; MANGANIELLO, G.; LORITO, M. *Trichoderma*-based products and their widespread use in agriculture. **The Open Mycology Journal**, v. 8, supl. 1, p. 71-126, 2014. <https://doi.org/10.2174/1874437001408010071>

Recebido em 30 de junho de 2022

Retornado para ajustes em 24 de outubro de 2022

Recebido com ajustes em 21 de novembro de 2022

Aceito em 12 de dezembro de 2022