

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
CURSO DE AGRONOMIA  
AGR99006 - DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Istvan Nikolai Hervas Figueroa**

**297535**

*“O Uso do Biofertilizante na Cultura do Milho (Zea mays) na Região da Serra Andina do Equador”*

Porto Alegre, julho de 2022.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**O USO DO BIOFERTILIZANTE NA CULTURA DO MILHO (*ZEA MAYS*) NA  
REGIÃO DA SERRA ANDINA DO EQUADOR**

Istvan Nikolai Hervas Figueroa  
**297535**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como  
requisito para obtenção do Grau de Engenheiro  
Agrônomo, Faculdade de Agronomia, Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul.

Supervisor de campo do Estágio: Prof. Dr. Eng. Agr. Jose Luiz Zambrano Mendoza

Orientador Acadêmico do Estágio: Prof. Dr. Eng. Agr. Sergio Francisco Schwarz

**COMISSÃO DE AVALIAÇÃO**

Professor Pedro Selbach, Depto de Solos, Coordenador

Professor José Antônio Martinelli, Depto de Fitossanidade

Professor Sérgio Tomasini, Depto de Horticultura e Silvicultura

Professora Carine Simione, Depto de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia

Professora Renata Pereira da Cruz, Depto de Plantas de Lavoura

Professor Clesio Gianello, Depto de Solos

Professor Alexandre Kessler, Depto de Zootecnia

Porto Alegre, julho de 2022.

## AGRADECIMENTOS

A todos os professores e professoras brasileiros que impactaram em minha vida, que com seu esforço me ensinaram valores, bem como, o amor pelo agro.

Ao meu orientador nesse trabalho, Sergio, pela disposição de ter me apoiado ao longo desta caminhada universitária e inclusive como coordenador da Faculdade de Agronomia, o qual sempre esteve disposto em ajudar em todo momento.

Ao diretor do projeto KOPIA no Equador, Dr. Park que sempre lutou para que eu pudesse trabalhar junto a ele e aprender sobre a tecnologia Coreana.

Ao Coordenador do programa Nacional de Milho Jose Luiz Zambrano por me permitir viajar todo o Equador com ele para realizar assistência técnica e sentir os privilégios que um Engenheiro Agrônomo pode chegar a ter com sacrifício e esforço.

À minha noiva, Daiana, que sempre esteve para mim ao longo desta caminhada, aprimorando meus conhecimentos no português e me apoiando em cada noite de estudo.

Aos amigos feitos na FAGRO, que me ensinaram a valia e o privilégio de ser brasileiro e de ter sempre um sorriso no rosto, ainda nos momentos difíceis.

Aos meus amigos Marco Melo e Gabriel Schu por terem me feito experimentar a valia de ser gaúcho e o privilégio de poder explorar o Brasil junto a eles.

Aos meus avós por terem sido um incentivo muito importante para eu tomar a decisão de sair do Equador e ir em busca de uma melhor caminhada no Brasil, onde consegui encontrar um ensino de excelência.

Aos meus pais por sempre ter apoiado de forma física, sentimental e financeira com a continuidade da faculdade no Brasil, apoio este, que jamais será esquecido e carrego com grande gratidão.

Aos meus sogros por terem me acolhido em seu lar tantas vezes.

E o mais importante ao meu Deus, único e todo-poderoso que foi quem me guiou, cuidou, e permitiu que eu consiga ter êxito ao longo desta caminhada para agora poder carregar o título de Engenheiro Agrônomo do Brasil!

## RESUMO

O estágio curricular obrigatório foi realizado dentro do Programa Coreano de Agricultura Internacional, o qual se encontra associado ao Instituto Nacional de Pesquisa Agropecuária (INIAP), em Quito, Equador. O objetivo do estágio foi aproximar os conhecimentos tanto práticos quanto teóricos dentro da área de biofertilizantes para poder aplicá-los no cultivo do milho, em propriedades indígenas da Serra Andina. O produto a ser testado foi o biofertilizante Fertibacter, em três propriedades, das três províncias com maior produção de milho do Equador: Imbabura, Chimborazo e Bolivar. Os ensaios foram realizados com milho (*Zea mays*) utilizando-se as variedades crioulas da região da Serra Andina do Equador. Foram selecionadas três localidades dentro de cada província para avaliar os seguintes tratamentos: T1 (100% fertilização química da dose recomendada ao agricultor), T2 (50% fertilização química da dose recomendada ao agricultor mais biofertilizante Fertibacter), T3 Controle (sem fertilizante químico e sem biofertilizante). O objetivo dos ensaios foi testar o aumento do rendimento do milho por hectare, altura da espiga e de planta. Desta forma, os resultados do estudo corroboram para que, futuramente, o uso do Fertibacter, possa ser testado em outras províncias do país, com o intuito de ser lançado no mercado nacional do Equador.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Médias de altura de plantas e altura da espiga, das parcelas de ensaios de todas as propriedades avaliadas por província. T1 (100% dose recomendada de fertilizantes), T2 (50% da dose de fertilizantes + Fertibacter), T3 (Controle, sem fertilizante e sem Fertibacter). Serra Andina, Equador, 2021.....	24
---	----

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Mapa do Equador, indicando as capitais das províncias. ....	9
<b>Figura 2</b> - Microrganismos utilizados para o desenvolvimento de inoculantes biológicos registrados na Agência de Regulação Controle Fitossanitário e Zoossanitário, no Equador. Os dados atualizados foram obtidos em julho de 2022.....	14
<b>Figura 3</b> - Mapa do território Equatoriano, o qual é composto por três regiões principais: em azul, a região do litoral (Costa), em amarelo, a região da serra (Serra Andina) e em verde, a região amazônica (Amazônia). Por último, em cor laranja, estão representadas as províncias da Serra que foram selecionadas para os ensaios. ....	16
<b>Figura 4</b> - Representação gráfica da divisão das parcelas das propriedades com três tratamentos, correspondendo cada um a uma área de 5.000 m <sup>2</sup> : T1 (100% Fertilização química da dose recomendada ao agricultor), T2 (50% Fertilização química da dose recomendada ao agricultor mais biofertilizante Fertibacter), T3 (Controle, sem fertilizante e sem biofertilizante), junto com o manejo do agricultor.....	17
<b>Figura 5</b> - Divisão das parcelas por meio de medição com trenas (A). Treinamento e capacitação para as comunidades sobre a correta preparação da mistura do biofertilizante Fertibacter com as sementes de milho ( <i>Zea mays</i> ) (B). ....	18
<b>Figura 6</b> - Fotografias da semeadura manual na parcela em um dos tratamentos (A) e fotografia das divisões das áreas de 5.000 m <sup>2</sup> para os distintos tratamentos (B). ....	20
<b>Figura 7</b> - Medição da altura da planta de milho ( <i>Zea mays</i> ), por parte dos técnicos dos municípios (A). Medição da altura da planta de milho por parte do estagiário (B). Medição da altura da espiga em (cm) (C). Todas as medições foram realizadas nas propriedades selecionadas para os ensaios.....	21
<b>Figura 8</b> - Processo de empilhamento do milho colhido nas parcelas, para o desgrane e para a pesagem junto à comunidade de Manzano Guaranguil, na província de Bolívar, Equador (A). Processo de colheita manual do milho e remoção da espiga de forma manual, junto com a comunidade de Erazopamba, na província de Chimborazo, Equador (B).....	22
<b>Figura 9</b> - Capacitações sobre boas práticas no cultivo do milho para a região da Serra Andina do Equador (A). Visita técnica e capacitação sobre o cultivo do milho nas regiões de Imbabura, na comunidade de Manzano (B). ....	23
<b>Figura 10</b> - Médias do rendimento (t ha <sup>-1</sup> ) do cultivo do milho na província de Bolívar, Chimborazo e Imbabura para os tratamentos: T1 (100% dose recomendada de fertilizantes), T2	

(50% da dose de fertilizantes + Fertibacter), T3 (Controle, sem fertilizante e sem Fertibacter).  
Serra Andina, Equador, 2021. .... 25

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2. CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO DE REALIZAÇÃO DO TRABALHO.....</b>	<b>8</b>
<b>3. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>4. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
<b>4.1 Biofertilizantes.....</b>	<b>10</b>
<b>4.2 Importância dos Biofertilizantes no Equador.....</b>	<b>12</b>
<b>4.3 Biofertilizante no cultivo do milho.....</b>	<b>14</b>
<b>5. ATIVIDADES REALIZADAS.....</b>	<b>15</b>
<b>5.1 Caracterização dos locais.....</b>	<b>15</b>
<b>5.2 Capacitação e implantação dos ensaios.....</b>	<b>17</b>
<b>5.3 Outras Atividades.....</b>	<b>22</b>
<b>6. RESULTADOS.....</b>	<b>23</b>
<b>7. DISCUSSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>31</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>34</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O milho é parte da alimentação diária de todos os equatorianos, da mesma forma, a produção deste é de extrema importância para a segurança alimentar do país. Contudo, a rentabilidade da produção de milho no Equador se encontra ameaçada por ser um cultivo que está diretamente atrelado ao uso de fertilizantes, e assim, com o aumento constante dos preços dos fertilizantes e combustíveis em todo o mundo, a produção do milho na região da Serra Andina do Equador, muitas vezes se torna inviável.

O milho é uma cultura muito importante no Equador, devido ao papel significativo que desempenha na segurança alimentar da população. O milho amarelo é produzido principalmente na região litorânea, e é 80% destinado à produção animal na composição de rações, sendo a principal cultura temporária em relação à área cultivada (300.000 ha<sup>-1</sup>). Por sua vez, na Serra Andina, o milho branco é a cultura temporária mais importante com 67.000 ha plantados, sendo utilizado principalmente para o consumo humano, na produção de farinhas ou *in natura*. Nos últimos 20 anos, diminuiu a área cultivada com milho branco, enquanto sua produtividade se manteve constante com exceção a 2018 em que foi observado um leve aumento da produtividade atingindo 1,1 t ha<sup>-1</sup>. Este progresso foi possível graças ao desenvolvimento de novas variedades e à transferência de tecnologia entre instituições de Pesquisa & Desenvolvimento, como o uso dos biofertilizantes. (COOL ZAMBRANO, 2010; SANGOQUIZA CAIZA; YANEZ GUZMÁN, C. F.; BORGES GARCÍA, 2019; SANGOQUIZA CAIZA, 2011; ZAMBRANO *et al.*, 2021).

Os ensaios a campo permitiram uma avaliação do desempenho do biofertilizante Fertibacter na cultura do milho, nas regiões de maior produção ao longo da Serra Andina do país, com o objetivo de provar a eficácia do produto no rendimento (t ha<sup>-1</sup>) das safras da cultura.

Os ensaios realizados durante o estágio foram desenvolvidos nos estados de Imbabura, Chimborazo e Bolívar, no Equador, no período de 12 de julho a 20 de dezembro de 2021, vinculados ao Programa Coreano de Agricultura Internacional (KOPIA), tendo como supervisor de campo o pesquisador Jose Luiz Zambrano, coordenador do programa nacional de milho.

O estágio objetivou proporcionar uma análise do produto Fertibacter como uma alternativa de aumento da produtividade de milho, reforçando os conhecimentos sobre a produção da cultura, assim como o uso do biofertilizante como uma alternativa nas regiões da Serra Andina do Equador.

## **2. CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO DE REALIZAÇÃO DO TRABALHO**

O estágio foi realizado junto ao Programa Coreano de Agricultura Internacional (KOPIA). O governo da Coreia do Sul estabeleceu em 1962 a Administração de Desenvolvimento Rural da Coreia (RDA), uma agência do Ministério da Agricultura voltada para o desenvolvimento da agricultura, e dentro desta surgiu o programa KOPIA em 2009. Desde então, KOPIA vem trabalhando para aumentar a cooperação tecnológica entre organismos internacionais. Dedicar-se ao desenvolvimento de tecnologias de ponta por meio de pesquisas conjuntas, simpósios internacionais e outros esforços cooperativos.

Desde a criação do programa, foram implementados vinte centros KOPIA em todo o mundo, sendo um deles, no Equador, inaugurado em abril de 2012. O programa foi instaurado após a assinatura de um convênio entre a Administração de Desenvolvimento Rural da Coreia RDA e o Instituto Nacional de Pesquisa Agropecuária (INIAP) do Equador; este programa se concentra em melhorar a vida dos agricultores locais, desenvolvendo maneiras mais eficazes de elevar a produtividade dos cultivos agrícolas.

O centro KOPIA também funciona como uma ponte entre a Coreia do Sul e o Equador no intercâmbio de tecnologia agrícola e especialistas de campo, bem como, na formação de cientistas locais.

O INIAP é a entidade oficial do Equador que realiza as atividades de pesquisa agrícola. Foi criado em 1959. Possui sete estações experimentais em todo o território equatoriano onde se realizam pesquisas agrícolas básicas e aplicadas. Desta forma, o centro KOPIA está situado junto às instalações do INIAP, em Quito, Equador.

A pesquisa foi desenvolvida em três províncias do Equador: Imbabura, Chimborazo e Bolívar, cada uma localizada a mais de 200 km de distância da capital. Dentro de cada província foram escolhidas três propriedades nas quais já se tinham conduzido ensaios prévios.

## **3. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO**

O Equador é um país com 17 milhões de habitantes e 60 % da população considera-se indígena. O país é dividido em quatro regiões: Litoral, Serra, Amazônia e Galápagos, como observa-se na Figura 1.

Este estudo foi conduzido na Serra Andina do Equador, nas províncias de Imbabura, Chimborazo e Bolívar, as quais se localizam em uma altura média entre 2.300 e 2.800 metros acima do nível do mar, o que permite o cultivo do chamado “Maiz de Altura” ou conhecido como “o milho dos Andes”. A Serra Andina é de predominância indígena e a agricultura é a principal fonte de renda para mais de 75% dos habitantes de todas as províncias que compõem a região, com exceção da capital do país.

**Figura 1** - Mapa do Equador, indicando as capitais das províncias.



Fonte: INEC - Instituto Nacional de Estadística

Província de Bolívar:

No território da província de Bolívar há 209.933 habitantes, sendo a décima sexta província mais populosa do país. As principais atividades da província são: agricultura, pecuária e indústria. Nesta província, a cultura agrícola mais importante e mais comercializada é o milho, além de outros importantes produtos da região. Sua temperatura varia anualmente entre 0°C e 30°C, e nas áreas montanhosas, a temperatura pode diminuir muito à noite (INEC, 2020).

#### Província de Chimborazo:

No território da província de Chimborazo há 524.004 habitantes, sendo a nona província mais populosa do país. A província é conhecida por sua abundante agricultura e grande predominância indígena. Além disso, a produção de batata e milho estão entre as atividades mais importantes da província.

Desde tempos remotos, constituiu-se como um espaço de encontro entre culturas, comerciantes e eventos de conotação religiosa. As temperaturas nesta província podem chegar a  $-5^{\circ}\text{C}$  graus na região das montanhas e até  $25^{\circ}\text{C}$  nas regiões mais quentes. Esta província também abriga a montanha nevada mais alta do país, o vulcão Chimborazo com 6310 metros acima do nível do mar (INEC, 2020).

#### Província de Imbabura:

No território de Imbabura vivem 476.257 pessoas, sendo a décima terceira província mais populosa do país. A província abriga uma população majoritariamente indígena e também mestiça, famosa pela produção de cereais como milho, cevada e trigo, produtos que são o principal sustento econômico das famílias desta província. As temperaturas nessa província podem variar de  $5^{\circ}\text{C}$  nas regiões montanhosas a  $35^{\circ}\text{C}$  nas regiões baixas e secas (INEC, 2020).

## **4. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **4.1 Biofertilizantes**

A aplicação de microrganismos promotores do crescimento para melhorar a disponibilidade de nutrientes é uma prática importante e necessária na agricultura sustentável, a qual vem sendo desenvolvida há um século. Os biofertilizantes são definidos como preparações realizadas em laboratório, em meios adequados que contêm células vivas ou latentes de microrganismos eficientes, para que tenham a capacidade de agir como fixadores de nitrogênio, solubilizadores de fosfatos, e promotores de crescimento. Os biofertilizantes possuem microrganismos que tem a capacidade de colonizar a rizosfera e o interior da planta, promovendo o crescimento e aumentando o fornecimento de nutrientes para a planta hospedeira (ITELIMA *et al.*, 2018; MALUSÁ; SAS-PASZT; CIESIELSKA, 2012; UMESHA; SINGH; SINGH, 2018).

Nesse contexto, a redução do uso de fertilizantes químicos com maior uso de fertilizantes orgânicos é considerada uma forma obrigatória de aliviar a pressão sobre o meio ambiente derivada das práticas agrícolas (MALUSÁ; SAS-PASZT; CIESIELSKA, 2012).

O uso de biofertilizantes para aumentar a produtividade dos cultivos é uma alternativa biotecnológica real e particularmente atrativa para incrementar a produtividade dos cultivos, melhorar ou restaurar a fertilidade do solo, estimular o crescimento da planta, reduzir custos de produção e os impactos ambientais que são associados a fertilização química excessiva como: degradação do solo, lixiviação de nitrogênio, redução da matéria orgânica do solo e perda de carbono do solo (AGUADO-SANTACRUZ, 2012; RONGA *et al.*, 2019; VASSILEV *et al.*, 2015).

Entre os microrganismos normalmente utilizados como biofertilizantes, estão as bactérias do solo fixadoras de nitrogênio (*Azotobacter*, *Rhizobium*, *Anabaena*) e as bactérias solubilizadoras de fosfatos (*Pseudomonas sp.*). De forma similar, as bactérias produtoras de compostos com função análoga a fitorreguladores (auxinas), são utilizadas na formulação de biofertilizantes (THOMAS; SINGH, 2019; UMESHA; SINGH; SINGH, 2018).

Segundo Markets e Markets (2020), o mercado global de biofertilizantes em 2020 foi estimado em US\$ 2,3 trilhões e deve atingir US\$ 3,9 trilhões em 2025. O mercado é impulsionado principalmente pelo aumento de cultivos orgânicos, bem como pela crescente aceitação de biofertilizantes entre os agricultores. Embora seja este um mercado novo que tem vários desafios a serem superados, o crescimento do uso dos biofertilizantes e das alternativas sustentáveis para a produção agrícola a nível mundial, de fato vem crescendo ao longo das últimas décadas ao redor do mundo.

Estima-se que o mercado Sul-americano de biofertilizantes cresça em uma taxa anual de 10,0 %, durante o período 2020-2025. A Argentina conta com o maior mercado e de mais rápido crescimento, seguido pelo Brasil. Políticas governamentais favoráveis, processo de registro fácil e o surgimento de fazendas orgânicas são os principais fatores que impulsionam o mercado. Em países da região como: Peru, Colômbia, Bolívia, Equador e Venezuela, existe uma falta de regulamentação específica para o uso de biofertilizantes e fertilizantes orgânicos. Portanto, seu crescimento no mercado de biofertilizantes provavelmente será lento, se comparado a países como o Brasil e a Argentina (MORDOR INTELLIGENCE, 2019).

O desafio recentemente levantado é a formulação de novos inoculantes com várias espécies de bactérias capazes de coexistir tanto na formulação assim como sua associação com várias espécies vegetais de interesse. A obtenção de uma mistura eficaz de microrganismos para

serem utilizados como inoculantes não é uma tarefa fácil e são necessários estudos sobre a forma de interação, capacidade de adesão às sementes, colonização em plantas e relações antagônicas com outros microrganismos uma vez que alguns efeitos antagônicos podem ocorrer entre as bactérias inoculadas quando associadas a plantas (VIVANCO-CALIXTO *et al.*, 2016).

## 4.2 Importância dos Biofertilizantes no Equador

O Equador, historicamente, sempre foi um país importador de fertilizantes devido à falta de matéria-prima e à inexistência de infraestrutura necessária para sua produção. A única produção de nutrientes com função fertilizante conhecida até hoje no Equador derivou da produção de fertilizantes de origem animal ou vegetal, como por exemplo: esterco, camas de aviário e compostos feitos de resíduos orgânicos. Em alguns casos, a elaboração de biofertilizantes acontece no Equador por meio de iniciativas privadas, mas sem uma acolhida por parte dos organismos governamentais do país, por exemplo o Ministério de Agricultura. No entanto, esta produção tem ocorrido apenas em pequena escala (CONDOR, 2016).

O manejo correto da associação de *Azospirillum* sp. com *Pseudomonas flourecens* pode resultar em aumento de produtividade e diminuição dos custos de produção, principalmente na aquisição de fertilizantes nitrogenados utilizados de forma intensiva no cultivo de cereais, como no caso do milho (BÁRBARO; BRANCALIÃO; TICELLI, 2008).

Segundo Rivadeneira Aguay (2012), em seu trabalho com uso de biofertilizante baseado em linhagens de *Azospirillum* sp. e métodos de inoculação, na cultura do milho da variedade Iniap-111, observou que a melhor adaptação se deu com uma população maior de cepas de *Azospirillum* sp. utilizando o método de inoculação líquida ao invés do método de inoculação sólida.

De acordo com Changoluisa Gavi (2013), em sua pesquisa sobre a resposta do milho Iniap-111 ao biofertilizante e à adubação nitrogenada, na fazenda Laguacoto, na comunidade de Guaranda, província de Bolívar, aponta que a melhor linhagem foi a C4 (linhagem Chimborazo), com produtividade média de 5.378 Kg ha<sup>-1</sup> de milho seco a 14% de umidade. Dessa forma, os estudos apontaram o aumento da produtividade como consequência do aumento da altura da planta; altura de inserção da espiga; comprimento da espiga; diâmetro da espiga; número de plantas com espigas; população de *Azospirillum* sp. no solo; profundidade da raiz.

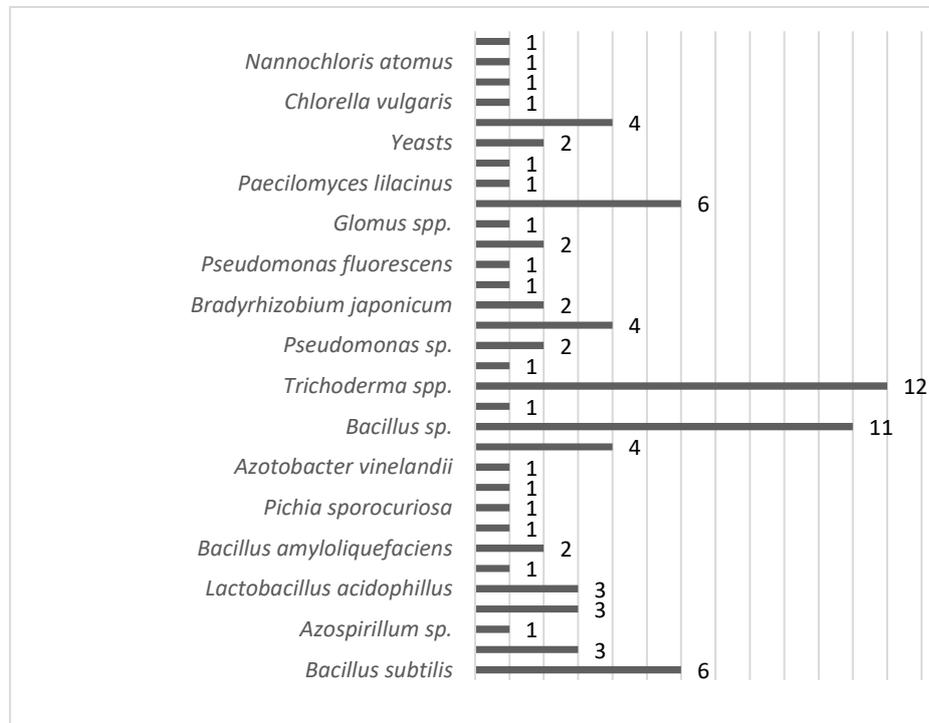
Estudos realizados no Equador por Cool Zambrano (2010), relatam que o uso conjunto de 50% da dose recomendada de fertilizante químico e a utilização do biofertilizante Fertibacter

na semente, composto por cepas de *Azospirillum* sp, aumentaram significativamente a produtividade do milho em 81% na Serra Andina.

Segundo Sangoquiza Caiza (2011), em seu estudo relatou que cepas de *Azospirillum* sp. são capazes de mitigar os danos causados pela salinidade no milho. A biofertilização baseada nas linhagens de *Azospirillum* sp. e *Pseudomonas fluorescens*, isoladas ou em combinação, promoveu maior assimilação do teor de N e P na cultura do milho. Os estudos previamente citados são parte da avaliação do produto Fertibacter, o qual dentro deste estudo tem como objetivo avaliar o seu desempenho agrônômico, na cultura do milho na Serra Andina do Equador (SANGOQUIZA CAIZA; YANEZ GUZMÁN, C. F.; BORGES GARCÍA, 2019).

A Agência de Regulação e Controle Fitossanitário e Zoossanitário do Equador registra em seu banco de dados 4.961 produtos biológicos, sendo que destes, 53 são classificados como biofertilizantes. O maior número de biofertilizantes registrados no Equador são feitos com microrganismos do gênero *Trichoderma* e *Bacillus* (ECUADOR, 2020). Por outro lado, existe unicamente um produto registrado com microrganismos dos gêneros *Azospirillum* sp. e *Pseudomonas fluorescens*, como se observa na Figura 2. Por isto é importante apoiar iniciativas como o desenvolvimento de biofertilizantes à base de microrganismos de gêneros distintos. O biofertilizante Fertibacter é um exemplo tendo sido elaborado a partir dos microrganismos dos gêneros *Azospirillum* sp. e *Pseudomonas fluorescens*.

**Figura 2** - Microrganismos utilizados para o desenvolvimento de inoculantes biológicos registrados na Agência de Regulação Controle Fitossanitário e Zoossanitário, no Equador. Os dados atualizados foram obtidos em julho de 2022.



Fonte: Ecuador (2020)

### 4.3 Biofertilizante no cultivo do milho

O uso de fertilizantes químicos representa 10 a 40% dos custos de produção, dependendo da cultura, sendo um problema naqueles sistemas de produção baseados nos princípios da agricultura camponesa, melhor conhecida como agricultura de pequena escala, que vem passando por uma situação difícil há algumas décadas (CONDOR, 2016; MARTINEZ REYES *et al.*, 2018).

Assim, também é pertinente mencionar que em decorrência do potencial uso de inoculantes por pequenos produtores pertencentes à agricultura familiar, muitos estudos práticos têm sido realizados em países em desenvolvimento (BASHAN *et al.*, 2014).

O milho é uma cultura na qual é necessário o uso intensivo de fertilizantes nitrogenados para uma produção adequada, o que acarreta aumento de custos e possível contaminação ambiental (KOUCHEBAGH; MIRSHKARI; FARAHVASH, 2012).

Segundo Hernández-Reyes *et al.* (2019), a altura das plantas e o número de folhas tendem a ser maiores quando as bactérias do solo fixadoras de nitrogênio são utilizadas como

biofertilizantes na cultura do milho, em comparação com a testemunha. Também, a quantidade de proteína nos grãos é maior nas plantas com o uso do biofertilizante. Da mesma forma, identificaram-se melhoras nas características físicas do solo, como melhor agregação do solo e melhor infiltração de água, onde foi utilizado o tratamento com *Azospirillum* sp.

Ccente Gaspar (2019), em seu estudo de identificação de isolados de *Azospirillum* sp. associados às raízes de milho amiláceo (*Zea mays* L.) em Pomacocha-Acobamba-Huancavelica, mostrou que a inoculação de *Azospirillum* sp. aumentou a altura da planta, matéria seca, massa seca da raiz e comprimento da raiz das plantas inoculadas, avaliadas 60 dias após semeadura.

De acordo com Lopez et al. (2008), no estudo realizado com biofertilizantes bacterianos em milho na Venezuela em dois solos de regiões altas do país, alcançaram aumentos de germinação em 30% e aumento de 24% em plantas com a primeira folha verdadeira aos seis dias. Os dados obtidos da altura da planta, diâmetro do caule, comprimento e largura da folha, biomassa radicular, parte aérea e teor de N e P na planta, comprovou a eficácia da inoculação com bactérias fixadoras de N em ambos os tipos de solo testados, onde o solubilizador de fósforo foi evidente em solos de baixa fertilidade.

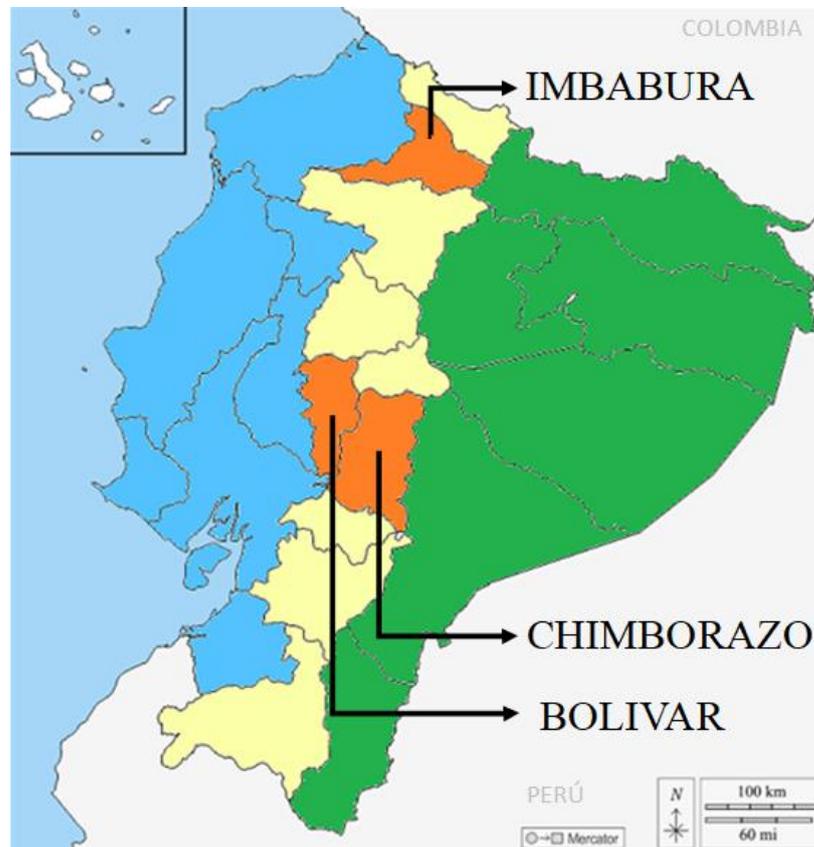
## **5. ATIVIDADES REALIZADAS**

### **5.1 Caracterização dos locais**

A região da Serra Andina do Equador é caracterizada pela predominância de comunidades indígenas, sendo estas as responsáveis pela produção da maior parte do alimento do país. Estas comunidades, nas quais foram realizados os ensaios, se encontram em regiões de relevo montanhoso, o que muitas vezes impossibilita a utilização de implementos agrícolas. As variedades de milho utilizadas há anos são variedades crioulas pertencentes a cada comunidade. As espécies de plantas mais cultivadas pelas comunidades indígenas na Serra Andina, são: milho, batata e fava, cujos produtos são comercializados e distribuídos em todo o país.

Durante o estágio, foi avaliada a eficácia do uso do biofertilizante Fertibacter em três localidades, dentro de três diferentes províncias da Serra Andina, e podem ser encontradas na Figura 3.

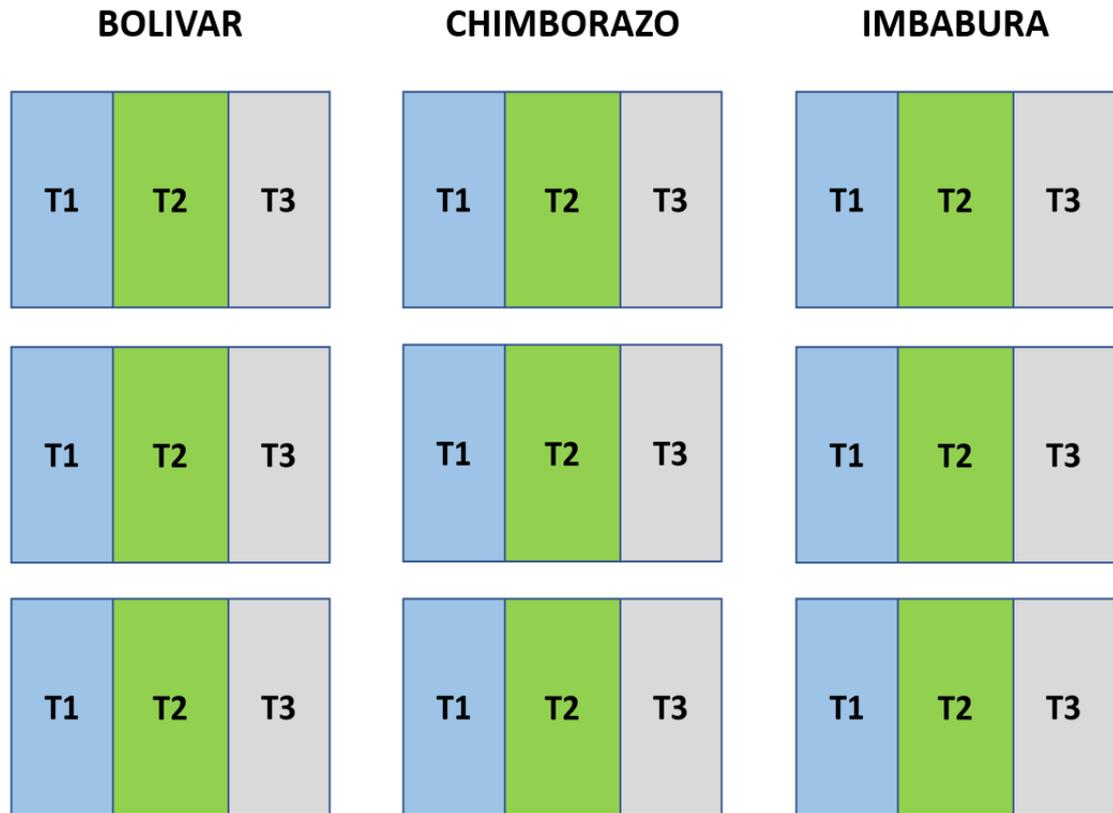
**Figura 3** - Mapa do território Equatoriano, o qual é composto por três regiões principais: em azul, a região do litoral (Costa), em amarelo, a região da serra (Serra Andina) e em verde, a região amazônica (Amazônia). Por último, em cor laranja, estão representadas as províncias da Serra que foram selecionadas para os ensaios.



Fonte: Autor

Dentro de cada uma das províncias, Imbabura, Chimborazo e Bolívar, os ensaios foram conduzidos respectivamente em três propriedades e dentro de cada propriedade foram feitos três tratamentos como representado na Figura 4.

**Figura 4** - Representação gráfica da divisão das parcelas das propriedades com três tratamentos, correspondendo cada um a uma área de 5.000 m<sup>2</sup>: T1 (100% Fertilização química da dose recomendada ao agricultor), T2 (50% Fertilização química da dose recomendada ao agricultor mais biofertilizante Fertibacter), T3 (Controle, sem fertilizante e sem biofertilizante), junto com o manejo do agricultor.



Fonte: Autor

As áreas de realização dos ensaios foram divididas em três parcelas para facilitar o manejo dos ensaios para as comunidades indígenas, as quais se encontram a cargo do ciclo completo do cultivo de milho. Cada um destes tratamentos corresponde a uma parcela de 5.000m<sup>2</sup>, onde foram utilizadas para a semeadura as mesmas sementes crioulas de cada comunidade.

## 5.2 Capacitação e implantação dos ensaios

Foram realizadas várias visitas na temporada da semeadura de milho, no mês de junho de 2021 com o intuito de poder ensinar aos agricultores quais são os benefícios do biofertilizante e como utilizá-lo na preparação das sementes. O solo da área experimental já havia sido preparado pelas comunidades locais anteriormente à chegada dos técnicos. Em alguns casos o preparo do solo foi com uso de animais de tração, e em outros casos o preparo

das áreas foi realizado de forma manual. Em seguida dividiram-se as áreas em parcelas iguais por meio de medição, com a utilização de cordas e de estacas como se observa na Figura 5A.

Uma vez divididas as áreas dentro de cada propriedade, realizou-se a mistura do biofertilizante com as sementes, como se observa na Figura 5B.

**Figura 5** - Divisão das parcelas por meio de medição com trenas (A). Treinamento e capacitação para as comunidades sobre a correta preparação da mistura do biofertilizante Fertibacter com as sementes de milho (*Zea mays*) (B).



Fonte: Autor

Foram entregues pacotes do produto Fertibacter com 500 mL do biofertilizante para ser misturado com 15 kg de semente de milho, como relatado no Apêndice A. Para isso, utilizaram-se recipientes com capacidade de 15 kg onde foram colocadas as sementes. Após, adicionou-se a calda do biofertilizante Fertibacter, em sequência realizou-se a homogeneização do material e deixou-se repousar 5-10 minutos. Após este processo, iniciou-se a semeadura manual do milho, na parcela dos tratamentos, de forma correspondente, como se observa na Figura 6A.

Em cada propriedade foram semeadas três áreas:

1. Uma área de 5.000 m<sup>2</sup>, com a utilização de 100% da dose de fertilizante químico recomendada.

2. Uma área de 5.000 m<sup>2</sup>, com a utilização de 50% da dose recomendada de fertilizante químico mais a utilização de 500 mL do produto Fertibacter aplicado às sementes na hora da semeadura.
3. Uma área de 5.000m<sup>2</sup>, que se destinou para controle com os tratos do agricultor, sem uso de fertilização química e sem a utilização do produto Fertibacter.

O mesmo processo foi repetido em cada uma das três propriedades e em cada uma das três províncias de maior produção de milho dentro do Equador.

A dose de fertilizante químico recomendada para o agricultor variou de propriedade para propriedade conforme as recomendações dos técnicos da extensão rural da região e são dados que não foram disponibilizados na avaliação deste ensaio experimental.

O biofertilizante Fertibacter foi fornecido de forma gratuita por meio do projeto financiador KOPIA, o qual facilitou transporte, alimentação e os insumos, como por exemplo o fertilizante químico, para poder realizar este projeto na Serra Andina do Equador, beneficiando assim os agricultores produtores de milho.

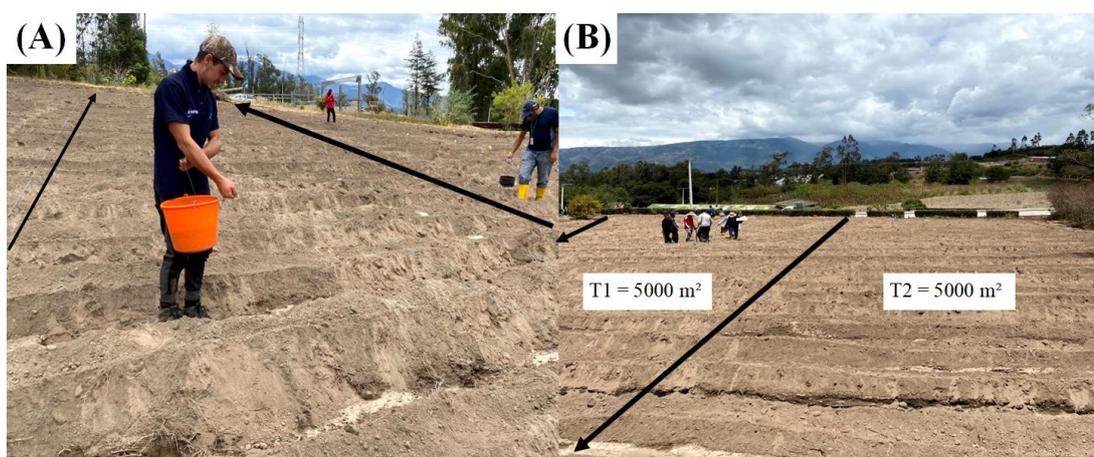
O produto Fertibacter foi obtido no departamento de transferência de tecnologia e recursos fitogenéticos do INIAP, com o intuito de ser testado para uma futura produção a nível comercial. Sua composição consiste em cepas de *Azospirillum* sp. e *Pseudomonas fluorescens* que vem sendo testadas nas regiões de grande importância agrícola do Equador por mais de seis anos (SANGOQUIZA CAIZA; YANEZ GUZMÁN, C. F.; BORGES GARCÍA, 2019).

As sementes utilizadas nos ensaios são recursos genéticos únicos de cada província, cada propriedade utilizava sementes crioulas próprias as quais são adaptadas às condições do meio como: altitude, vento, temperatura entre outras, é por isto que para cada província se realizou os ensaios com o objetivo de conservar as sementes crioulas utilizadas nas regiões de altitude das localidades indígenas. É importante ressaltar que não foi utilizado nenhum tipo de irrigação, isto se deve a que a precipitação no Equador é uniforme, sem existir período de seca, sendo, portanto, bem distribuída ao longo do país.

A semeadura foi feita manualmente pelo agricultor (Figura 6A), com a participação da comunidade de cada província e em cada propriedade. A quantidade de sementes utilizada foi de 15 kg de sementes para cada parcela de 5.000 m<sup>2</sup>, o espaçamento usado foi de 50 cm entre plantas e de 80 cm entre linhas. O objetivo foi transferir o conhecimento para a comunidade e ao mesmo tempo interferir o mínimo possível nas práticas tradicionais que os indígenas utilizam diariamente no cultivo do milho. Sendo assim, se providenciou para a realização do ensaio apenas o biofertilizante e o fertilizante químico.

Foram delimitadas as parcelas por meio de medição, uma vez que o agricultor já tinha feito o preparo do solo, nas quais se conduziram os ensaios junto com os agricultores. Sendo assim, se obtiveram parcelas homogêneas com as mesmas condições como se observa na Figura 6B. Uma vez delimitadas as parcelas deu-se sequência ao próximo passo, a semeadura do milho com seus respectivos tratamentos.

**Figura 6** - Fotografias da semeadura manual na parcela em um dos tratamentos (A) e fotografia das divisões das áreas de 5.000 m<sup>2</sup> para os distintos tratamentos (B).



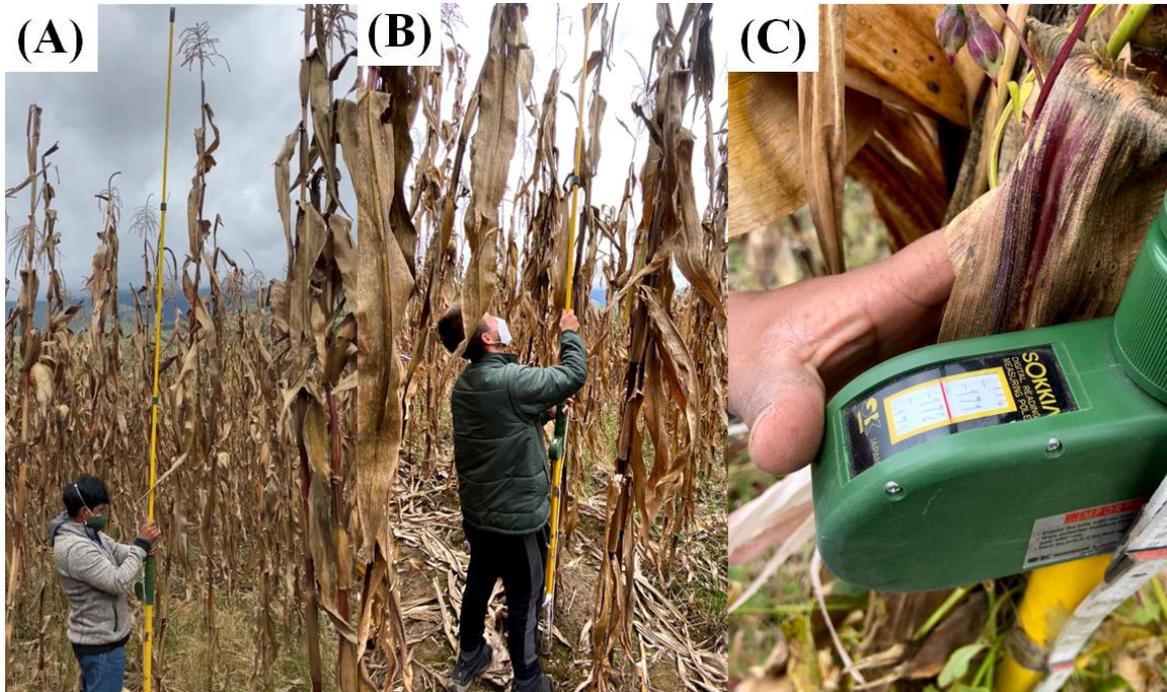
Fonte: Autor

Os ensaios nas parcelas tiveram duração de sete meses, desde o mês de junho até o mês de dezembro do ano de 2021. Após este período realizaram-se visitas para a colheita do milho. Cada parcela com seu respectivo tratamento foi colhida na mesma data de forma manual, junto com a comunidade de cada localidade, e desta forma, na fase da colheita foram avaliadas se houve diferença significativa em três variáveis de importantes características para o cultivo do milho:

1. Altura de planta
2. Altura da espiga
3. Rendimento (t ha<sup>-1</sup>)

No mês de dezembro de 2021, correspondente à temporada da colheita do milho, realizaram-se visitas às três propriedades em cada uma das três províncias, para realizar as avaliações necessárias antes da colheita. As avaliações realizadas foram: a medição de altura da espiga e a medição da altura da planta, como se observa na imagem, todos os dados da medição da altura da espiga e da altura de planta foram anotados (Figura 7C).

**Figura 7** - Medição da altura da planta de milho (*Zea mays*), por parte dos técnicos dos municípios (A). Medição da altura da planta de milho por parte do estagiário (B). Medição da altura da espiga em (cm) (C). Todas as medições foram realizadas nas propriedades selecionadas para os ensaios.



Fonte: Autor

Após a medição destas variáveis, realizou-se a colheita separada de cada uma das parcelas dentro das propriedades. A colheita foi realizada de forma manual, junto com toda a comunidade de indígenas, os quais praticam a tradição de colaborar nas colheitas dos seus vizinhos e assim também contam com a colaboração da comunidade de forma recíproca. As espigas foram ensacadas e transportadas até a casa do produtor como se observa na Figura 8A.

Realizou-se a colheita total das espigas, após isto, desgranaram-se manualmente todas as espigas junto com toda a comunidade e finalmente realizou-se a pesagem dos sacos de milho para fazer o cálculo da produção nos três tratamentos. Este processo foi repetido em cada uma das três propriedades das três províncias selecionadas para o ensaio.

**Figura 8** - Processo de empilhamento do milho colhido nas parcelas, para o desgrane e para a pesagem junto à comunidade de Manzano Guaranguil, na província de Bolívar, Equador (A). Processo de colheita manual do milho e remoção da espiga de forma manual, junto com a comunidade de Erazopamba, na província de Chimborazo, Equador (B).



Fonte: Autor

É importante ressaltar que todo processo realizado dentro da lavoura de um agricultor indígena da Serra Andina do Equador é um processo participativo que é diretamente dependente da comunidade onde este mora. Sendo assim, o associativismo e a cooperação dentro das comunidades são essenciais para realizar a sementeira, o manejo e a colheita de forma manual, como se observa na Figura 8B.

### 5.3 Outras Atividades

Outras das atividades desenvolvidas ao longo dos ensaios foram capacitações e treinamentos aos agricultores da região por meio de dias de campo, em que se realizaram eventos em locais providenciados pelo governo municipal em parceria com o Ministério de Agricultura a fim de capacitar os agricultores em boas práticas para o cultivo do milho.

Embora o enfoque dos treinamentos foi o cultivo de milho e suas boas práticas, também foram apresentadas informações sobre os biofertilizantes e os seus benefícios no cultivo, como estratégia de difusão de novas tecnologias e conhecimento ao longo do país. Com se observa na

Figura 9A, houve uma grande acolhida pelos agricultores da região sempre dispostos a aprender sobre práticas que facilitem o manejo dos seus cultivos no dia a dia.

**Figura 9** - Capacitações sobre boas práticas no cultivo do milho para a região da Serra Andina do Equador (A). Visita técnica e capacitação sobre o cultivo do milho nas regiões de Imbabura, na comunidade de Manzano (B).



Fonte: Autor

Foi realizada, também, a entrega de livros e de material acadêmico para os técnicos agropecuários dos municípios para que estes possam se atualizar e capacitar nas práticas de manejo no cultivo de milho e assim, poder atender aos produtores da região com maior facilidade. Esta entrega de material foi realizada na comunidade de Manzano, na província de Imbabura, onde os técnicos do município se reuniram para o curso como se observa na Figura 9B.

## 6. RESULTADOS

Dentro dos resultados, não foram observadas diferenças estatísticas para a maioria dos tratamentos T1, T2 e T3 dentro das três variáveis que foram avaliadas: altura de planta, altura da espiga e o rendimento ( $t\ ha^{-1}$ ) (Tabela 1). As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de nível de significância. Não se evidenciaram diferenças estatísticas suficientes para considerar que as diferenças entre os tratamentos sejam devido ao uso do biofertilizante Fertibacter.

**Tabela 1** - Médias de altura de plantas e altura da espiga, das parcelas de ensaios de todas as propriedades avaliadas por província. T1 (100% dose recomendada de fertilizantes), T2 (50% da dose de fertilizantes + Fertibacter), T3 (Controle, sem fertilizante e sem Fertibacter). Serra Andina, Equador, 2021.

TRATAMENTOS	MÉDIAS		PROVÍNCIA
	ALTURA DE PLANTA (cm)	ALTURA DA ESPIGA (cm)	
T1	245 a*	134*	BOLIVAR
T2	241	136	
T3	262	145	
T1	165	77	CHIMBORAZO
T2	139	82	
T3	163	71	
T1	173	94	IMBABURA
T2	175	84	
T3	149	64	

\* Sem diferença estatística pelo teste Tukey ( $P > 0,05$ ).

Fonte: Autor

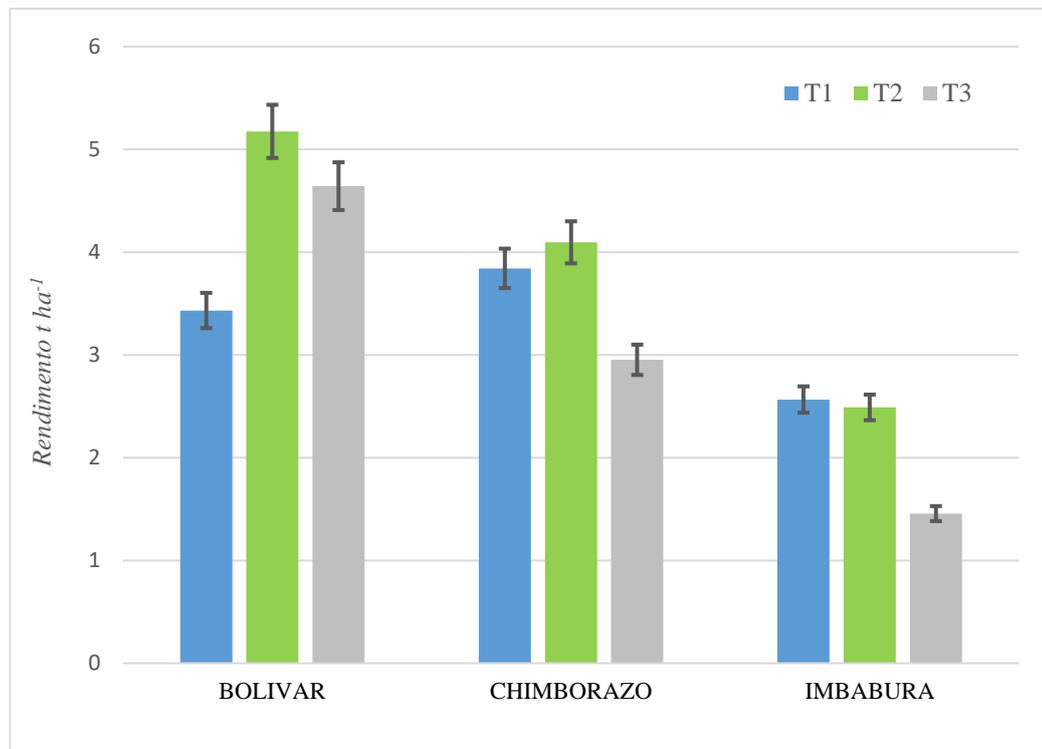
Os resultados brutos que foram obtidos sobre altura de planta, altura da espiga e rendimento ( $t\ ha^{-1}$ ), foram coletados a campo e tabelados para a inclusão no trabalho como se encontram no Apêndice B. Não foram observadas diferenças significativas para associar que o uso do biofertilizante Fertibacter seja o responsável de promover maior altura de planta ou da espiga. Resultados diferentes aos observados em estudos recentes (SANGOQUIZA CAIZA; YANEZ GUZMÁN, C. F.; BORGES GARCÍA, 2019).

As médias do rendimento do milho, foram similares e não apresentaram, diferenças estatísticas suficientes como obtido em estudos de Cool Zambrano *et al.* (2010), para poder considerar que a substituição de 50% do fertilizante químico com o biofertilizante Fertibacter tenha gerado um aumento do rendimento (Apêndice B).

Observou-se de forma visual, uma diferença entre as alturas de planta e da espiga de todas as localidades da província de Bolivar, em comparação às alturas de planta e da espiga das outras províncias com alturas de plantas de até 297 cm (Figura 7A e Tabela 1), quando comparadas, esta diferença pode ser associada às diferentes sementes crioulas utilizadas em cada província, e também em cada localidade, cujos recursos genéticos diferem entre si.

Quanto às médias de rendimento foi observado um comportamento não esperado na província de Bolivar para o Tratamento 1 (100% de fertilização química), que teve uma produção menor em comparação ao Tratamento 3 (controle) e ao Tratamento 2 (com biofertilizante) (Figura 10). A diferença observada, pode estar associada à baixa capacidade de resposta das sementes crioulas utilizadas, frente ao fertilizante químico. Se descarta, qualquer influência do clima devido a que os Tratamentos 2 e 3, estiveram sob as mesmas condições de clima e solo, e ainda assim tiveram uma melhor performance com menos quantidade de fertilizante químico comparado ao Tratamento 1.

**Figura 10** - Médias do rendimento ( $t\ ha^{-1}$ ) do cultivo do milho na província de Bolivar, Chimborazo e Imbabura para os tratamentos: T1 (100% dose recomendada de fertilizantes), T2 (50% da dose de fertilizantes + Fertibacter), T3 (Controle, sem fertilizante e sem Fertibacter). Serra Andina, Equador, 2021.



Fonte: Autor

Nas províncias de Chimborazo e Imbabura os Tratamentos 1 e 2 não se diferenciaram entre si em rendimento e foram superiores ao Controle (T3) (Figura 10), indicando que o Tratamento 2, de forma geral, gerou uma economia de 50% na compra de fertilizantes para ter a mesma produção.

Os menores rendimentos no Tratamento 3, em especial nas províncias de Chimborazo e Imbabura (sem uso de biofertilizante e fertilização química) está associado diretamente ao não

atendimento das necessidades nutricionais da cultura e ao baixo nível tecnológico empregado à cultura, realidade que se assemelha a muitos agricultores dentro do país.

## 7. DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos com o uso do produto Fertibacter na cultura do milho na região da Serra Andina do Equador, a utilização de 50 % da dose de fertilizantes mais a aplicação do produto Fertibacter na semente foi o tratamento mais rentável, pois este obteve rendimentos por área semelhantes ao Tratamento 1 (com a utilização de 100 % de fertilizante químico) como no caso da província de Bolívar. Desta forma, com a diminuição do uso do fertilizante químico, o agricultor obtém uma redução nos custos de produção, o que corrobora com trabalhos já existentes na literatura (SANGOQUIZA CAIZA; YANEZ GUZMÁN, C. F.; BORGES GARCÍA, 2019).

É importante ressaltar que o uso de variedades crioulas é um fator que pode ter afetado a performance ao avaliar o produto Fertibacter, demonstrando uma grande variação entre os resultados, entre cada localidade como se observou no Apêndice B. Um exemplo claro disto, é a divergência entre as médias de altura de planta e altura da espiga na província de Bolívar, comparadas com os valores das províncias de Chimborazo e Imbabura, com variação de até um metro.

A escolha dos tratamentos e dos ensaios não foram do autor deste trabalho. Não obstante, seria interessante que um dos tratamentos a ser avaliado fosse unicamente composto pela utilização do biofertilizante Fertibacter, para avaliar o desempenho real deste sem a utilização do fertilizante químico. Isto responderia às dúvidas dos agricultores, os quais questionam se a performance das parcelas com Tratamento 2 (50 % de fertilizante químico mais biofertilizante), foi realmente devido à utilização de menos fertilizante químico ou à ação do biofertilizante Fertibacter.

Os resultados obtidos são preliminares e precisam ser testados nas outras sete províncias da Serra Andina. Contudo, deve-se considerar que as províncias que foram testadas neste ensaio são responsáveis por mais de 50 % da produção de milho desta região do Equador. Ainda que os resultados não apresentaram uma significância estatística em todas as parcelas experimentais, os resultados cujo objetivo visa capacitar os agricultores em alternativas para evitar a dependência dos fertilizantes químicos foi alcançado, corroborando os resultados de Zambrano (2021).

Nas fotografias das propriedades de realização dos ensaios foi observada a utilização de solos desnudos e em declividade (Figura 5A e Figura 6B), o que associa a um manejo inadequado do solo. O cultivo de milho na Serra Andina não segue as práticas do manejo e conservação do solo, o que no futuro pode acarretar em grandes consequências como: perda da camada mais fértil do solo, erosão do solo e assim tornar-se em áreas improdutivas e degradadas. Em ensaios futuros seria indicado um acompanhamento mais próximo dos agricultores nas parcelas, com o intuito de trabalhar com eles os fundamentos da semeadura em curva de nível e da cobertura do solo, práticas que não são utilizadas devido à falta de conhecimento.

Observou-se a necessidade de capacitar os agricultores indígenas com mais frequência, pois esses desconhecem os benefícios de práticas como: cobertura do solo, rotação de culturas, controle de pragas e doenças. Além disto, na colheita do milho apresentaram-se dificuldades por parte dos produtores quanto à identificação do ponto adequado para a colheita, bem como, relacionadas a boas práticas em pós-colheita. Foi observado que vários dos agricultores indígenas acreditam que a produção de milho na região da Serra Andina é uma produção que se torna inviável. Inclusive, esses têm em mente migrar para a produção de culturas que possuam melhor remuneração, como por exemplo a feijão e a batata. Futuramente, este processo pode gerar grandes problemas na disponibilidade do milho nos centros urbanos mais próximos a estas províncias.

A realidade do agricultor indígena da Serra Andina enquadra-se dentro de um panorama de agricultura familiar. Estes não contam com o poder aquisitivo para o uso de máquinas que possam facilitar os tratamentos culturais, por isto, todos os processos do cultivo do milho são feitos de forma manual. Também, os agricultores do Equador não contam com programas que destinam recursos públicos para financiar atividades agrícolas de pequenos, médios e grandes produtores agrícolas, como é o caso do Plano Safra no Brasil, o que dificulta ainda mais a aquisição de insumos ou máquinas que possam melhorar a produção agrícola.

Considera-se fundamental que a difusão de novas tecnologias, como neste caso, do biofertilizante Fertibacter, venham acompanhadas de treinamentos básicos sobre temas importantes como: manejo do solo e água, boas práticas no cultivo do milho, canais de comercialização, entre outros.

Nos municípios mais afastados, como as comunidades de Licto, Erazopamba e Manzano Guaranguil, se identificou a necessidade de ter conhecimentos básicos sobre a língua indígena

Quichua, devido a que, apenas poucos indivíduos das comunidades conseguiam entender as informações repassadas nos dias de campo em sua totalidade, parte da Equipe KOPIA.

Identificou-se uma grande acolhida por parte dos indígenas das regiões pois eles identificaram o biofertilizante como uma prática amiga do que eles chamam a “pachamama” ou “mãe terra”, e assim estes têm esperança de que um dia possam reduzir sua dependência dos fertilizantes químicos. Algumas comunidades manifestaram interesse na compra do produto Fertibacter. Contudo, lhes foi informado que o produto se encontra na fase inicial de testes para após isto poder ser lançado no mercado nacional.

Identificou-se uma dificuldade ao avaliar as variáveis de: altura de planta, altura da espiga e rendimento por hectare, devido à diversidade das variedades crioulas, o que dificultou a comparação dos tratamentos, tanto nas propriedades como nas províncias. A divergência da altura de planta e altura da espiga pode ser umas características dos recursos endêmicos próprios de cada localidade. Da mesma forma a resposta ao uso do fertilizante químico pode ser característica das variedades crioulas. Sendo assim, recomenda-se para os futuros ensaios que o biofertilizante Fertibacter seja avaliado com as mesmas variedades de sementes, para obtenção de resultados mais claros.

Se desconhece se a redução de 50 % do fertilizante químico foi possível devido à utilização do biofertilizante Fertibacter ou pela utilização das sementes crioulas da região. Ao alcançar um nível de produção semelhante entre o tratamento 1 (100% fertilização química) e o tratamento 2 (50% da fertilização química + Fertibacter) foi possível comprovar o benefício da redução nos custos de produção, pela redução do uso do fertilizante químico, feito alcançado neste estudo. Além da redução de 50 % na utilização de fertilizantes químicos, á também redução da mão de obra para o manejo de fertilização manual realizada nas parcelas com 100 % da fertilização química.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do biofertilizante Fertibacter no cultivo de milho na região da Serra Andina do Equador pode ter bons resultados quando utilizado com 50% da dose de fertilizante químico na produção, como observado neste estudo. A produção de biofertilizantes não só no Equador, mas no mundo todo, tem o potencial de encontrar soluções alternativas para conciliar os preços de utilização dos fertilizantes químicos, preços estes que são muito voláteis e encontram-se atrelados ao mercado internacional.

Deve-se ressaltar que para os agricultores e para as populações indígenas da Serra Andina a redução da dependência de insumos é um fator vantajoso, devido ao baixo poder aquisitivo destas populações e a alta dependência de mão de obra, pois a mínima redução dos custos de produção pode ser o diferencial buscado para ter-se uma produção agrícola rentável.

O período em que foi realizado o estágio foi de grande importância para ter uma aproximação com os pequenos produtores da Serra do Andina, os quais são responsáveis pela produção de mais da metade dos alimentos do país, e compreender como a aproximação destes com soluções inovadoras pode permitir um alívio no momento do planejamento de produção do cultivo do milho. Diferente de países como o Brasil, a produção agrícola no Equador é realizada principalmente pelas populações indígenas que se encontram distribuídas ao longo do país. Estas carecem de políticas públicas de incentivo à produção como por exemplo o PRONAF. Isto repercute numa agricultura isolada e carente de financiamentos e auxílios econômicos para incentivar a melhoria da produção, tecnificação e modernização da mesma.

A utilização de produtos como os biofertilizantes são de fato uma alternativa, e deve ser considerada como uma das recomendações que devem ser feitas aos produtores de milho da Serra Andina, pela falta de poder aquisitivo dos povos indígenas. A utilização de produtos alternativos como biofertilizantes são os que podem gerar uma produção menos dependente de insumos, como fertilizantes químicos, o que poderá permitir que a remuneração destes seja melhor. Muitas vezes o cultivo do milho no Equador realiza-se sem nenhum tipo de fertilizante ou manejo, pela falta de poder aquisitivo e pela falta de conhecimento, problema este, que deve ser combatido diariamente por parte dos técnicos agropecuários dos municípios.

Considera-se importante que estes resultados sejam difundidos através de dias de campo e boletins informativos que possam ser entregues às comunidades, por parte do programa de Transferência de Tecnologia do INIAP, e também por parte do programa KOPIA, em prol dos agricultores e das comunidades indígenas da Serra Andina do Equador.

Recomenda-se que o Programa KOPIA considere a expansão do projeto e permita implementar este tipo de ensaio, para avaliar a eficácia do biofertilizante ao longo de comunidades das outras sete províncias na Serra Andina do Equador que ainda não tenham tido a oportunidade de testar esta nova tecnologia em seus cultivos de milho.

A realização de ensaios nas outras províncias desta região do Equador, para poder corroborar com estes resultados, pode ser o exemplo para o início da avaliação do produto Fertibacter em outros cultivos importantes para a região como batata e fava, o que despertaria um grande interesse por parte das comunidades vulneráveis e dos indígenas também.

Há uma grande necessidade por parte do agricultor em poder reduzir os custos de produção por meio de práticas alternativas e sustentáveis como, por exemplo, a aplicação do biofertilizante nas sementes, uma prática simples que pode garantir 50 % de redução do consumo do fertilizante químico, como foi alcançado neste trabalho.

Foi possível também aprimorar minhas capacidades linguísticas e profissionais ao ter que capacitar agricultores que contam com pouco conhecimento sobre a ciência e a tecnologia agrícola, o que reafirmou o meu desejo de trabalhar como Engenheiro Agrônomo da área de extensão. Não obstante, se identificou de forma clara a falta de conhecimento dos agricultores sobre os biofertilizantes e a vantagem da sua utilização no cultivo do milho. Também, identificou-se uma diferença notável entre os tratamentos, comparados ao controle, o que serviu como evidência para os próprios agricultores de que o cultivo de milho com a falta de fertilizante e manejo é uma atividade pouco rentável.

## REFERÊNCIAS

- AGUADO-SANTACRUZ, G. **Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura**. Celaya: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIAP). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2012.
- BÁRBARO, I. M.; BRANCALIÃO, S. R.; TICELLI, M. É possível a fixação biológica de nitrogênio no milho? **Pesquisa e Tecnologia**, Brasília, v. 5, n. 1, p. 14–15, 2008.
- BASHAN, Y. *et al.* Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013). **Plant and Soil**, The Hague, v. 378, n. 1, p. 1–33, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1956-x>. Acesso em: 9 jul. 2022.
- CCENTE GASPAR, R. C. **Identificación de *Azospirillum* spp. asociada a las raíces del maíz amiláceo (*Zea mays* L.) en Pomacocha-Acobamba-Huancavelica**. 2019. Tesis (Grado) - Escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, 2019.
- CHANGOLUISA GAVI, G. F. **Respuesta del maíz (*Zea mayz* L.) iniap 111 al biofertilizante y fertilización nitrogenada, en la granja Laguacoto III, cantón Guaranda, provincia Bolívar**. 2013. Tesis (Grado) - Escuela de Ingeniería Agronómica, Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda, 2013. Disponível em: <http://190.15.128.197/bitstream/123456789/1158/1/140.pdf>. 2013. Acesso em: 9 jul. 2022.
- CONDOR, F. M. L. Vulnerabilidad y dependencia internacional de fertilizantes en el Ecuador. **Revista Tecnológica-ESPOL**, Guayaquil, v. 29, n. 2, 2016. Disponível em: <http://200.10.150.204/index.php/tecnologica/article/view/542>. Acesso em: 14 jun. 2022.
- COOL ZAMBRANO, C. A. **Evaluación de bio-fertilizante a base de cepas de *Azospirillum* spp. en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) variedad INIAP 101, en el sector Ainche, provincia de Chimborazo**. 2010. Tesis (Grado) - Escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda, 2010. Disponível em: <http://190.15.128.197/bitstream/123456789/969/1/025.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2022.
- ECUADOR. Gobierno Nacional de la Republica del Ecuador. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario. **Acuerdo Ministerial n. 234**. Quito, 26 oct. 2020. Disponível em: <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/ac1.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2022.
- HERNÁNDEZ-REYES, B. *et al.* Uso potencial de cianobacterias como biofertilizante para el cultivo de maíz azul en la Ciudad de México. **Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal**, Xalapa-Enríquez, v. 10, n. 1, p. 13–27, 2019.
- INEC - INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS. **Mapa y censo nacional 2020**. [Repositorio Digital INEC]. Quito: INEC, 2020. Disponível em: <http://app.sni.gob.ec/sni->

k/sni/Portal%20SNI%202014/ESTADISTICA/Proyecciones\_y\_estudios\_demograficos/Proyecciones%202010/Proyecciones%20de%20poblaci%3%b3n%20PARROQUIAL%202010-2020.xlsx. Acceso em: 9 jul. 2022.

ITELIMA, J. *et al.* Bio-fertilizers as key player in enhancing soil fertility and crop productivity: a review. **Direct Research Journal of Agriculture and Food Science**, Sapele, v. 6, n. 3, p. 73-83, 2018.

KOUCHEBAGH, S.; MIRSHEKARI, B.; FARAHVASH, F. Improvement of corn yield by seed biofertilization and urea application. **World Applied Sciences Journal**, Faisalabad, v. 16, n. 9, p. 1239-1242, 2012.

LÓPEZ, M. *et al.* Efecto de biofertilizantes bacterianos sobre el crecimiento de un cultivar de maíz en dos suelos contrastantes venezolanos. **Agronomía Tropical**, Maracay, v. 58, n. 4, p. 391–401, 2008.

MALUSÁ, E.; SAS-PASZT, L.; CIESIELSKA, J. Technologies for beneficial microorganisms inocula used as biofertilizers. **The Scientific World Journal**, New York, v. 2012, [art.] 491206, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1100/2012/491206>. Acceso em: 1º jul. 2022.

MARKETS AND MARKETS. **Biofertilizers market by form (liquid, carrier-based), mode of application (soil treatment, seed treatment), crop type, type (nitrogen-fixing, phosphate solubilizing and mobilizing, potash solubilizing and mobilizing): region – global forecast to 2025**. Rockville, 2020. Disponível em: [https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/compound-biofertilizers-customized-fertilizers-market-856.html?gclid=Cj0KCQjw4cOEBhDMARIsAA3XDRjgPMBL7HaAOjhj\\_k\\_Y6kVnSn19DRZXYh0ToluFnbyhzOJPB4KLOTYaAhH9EALw\\_wcB](https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/compound-biofertilizers-customized-fertilizers-market-856.html?gclid=Cj0KCQjw4cOEBhDMARIsAA3XDRjgPMBL7HaAOjhj_k_Y6kVnSn19DRZXYh0ToluFnbyhzOJPB4KLOTYaAhH9EALw_wcB). Acceso em: 14 jun. 2022.

MARTINEZ REYES, L. *et al.* Biofertilización y fertilización química en maíz (*Zea mays* L.) en Villaflores, Chiapas, México. **Siembra**, Quito. 2018. Disponível em: [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2477-88502018000100026&lng=pt&nrm=isov](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2477-88502018000100026&lng=pt&nrm=isov). Acceso em: 04 jun. 2022.

MORDOR INTELLIGENCE. **South America Biofertilizers Market, Growth, Trends, and Forecast (2020-2025)**. Hyderabad, 2019. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/south-america-biofertilizers-market>. Acceso em: 30 jun. 2022.

RIVADENEIRA AGUAY, M. J. **Evaluación del biofertilizante a base de cepas de *Azospirillum* spp. en el cultivo de maíz (*Zea Mays* L.) Iniap-111 guagal mejorado, en complemento con tres tipos de fertilización y dos métodos de inoculación, en la granja Laguacoto II, provincia Bolívar**. 2012. Tesis (Grado) - Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Estatal de Bolívar, **Guaranda**, 2012. Disponível em: <http://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/1029>. Acceso em: 4 jul. 2022.

RONGA, D. *et al.* Microalgal biostimulants and biofertilizers in crop productions. **Agronomy**, Basel, v. 9, n. 4, [art.] 192, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy9040192>. Acceso: 16 jun. 2022.

SANGOQUIZA CAIZA, C. A. **Selección de cepas de *Azospirillum* spp. como biofertilizante de *Zea mays*, L. bajo estrés salino**. Tesis (Grado) - Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Técnica de Cotopaxi, Quito, Repositorio Digital INIAP, Quito, v. 1, n. 15, p. 12-13, 2011.

SANGOQUIZA CAIZA, C. A.; YANEZ GUZMÁN, C. F.; BORGES GARCÍA, M. Respuesta de la absorción de nitrógeno y fósforo de una variedad de maíz al inocular *Azospirillum* sp y *Pseudomonas fluorescens*. **ACI Avances En Ciencias E Ingenierías**, Quito, v. 11, n. 17, p. 8–19, 2019.

THOMAS, L.; SINGH, I. Microbial biofertilizers: types and applications. *In*: GIRI, B. *et al.* (ed.). **Biofertilizers for sustainable agriculture and environment**. Cham: Springer Nature, 2019. p. 1–19. Disponible em: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-18933-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-18933-4_1). Acceso: 29 jun. 2022.

UMESHA, S.; SINGH, P. K.; SINGH, R. P. Microbial biotechnology and sustainable agriculture. *In*: SINGH, R. L.; MONDAL, S. (ed.). **Biotechnology for sustainable agriculture: emerging approaches and strategies**. Duxford: Woodhead Publishing, 2018. cap. 6, p. 185–205. Disponible em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812160-3.00006-4>. Acceso: 15 jun. 2022.

VASSILEV, N. *et al.* Unexploited potential of some biotechnological techniques for biofertilizer production and formulation. **Applied Microbiology and Biotechnology**, New York, v. 99, n. 12, p. 4983–4996, 2015. Disponible em: <https://doi.org/10.1007/s00253-015-6656-4>. Acceso: 26 jun. 2022.

VIVANCO-CALIXTO, R., *et al.* Reto agrobiotecnológico: Inoculantes bacterianos de segunda generación. Alianzas y Tendencias. **Ecology of microorganism**, Puebla, v. 1, n. 1., p. 9–19, 2016.

ZAMBRANO, J.L., *et al.* Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana. **Repositorio Digital INIAP**, Quito, v. 1, n. 122, p. 36–42, 2021.

## APÊNDICES

**Apêndice A:** Folder com instruções do processo de utilização do biofertilizante Fertibacter nas sementes do milho antes da semeadura.



# INSTRUCTIVO

## Uso del biofertilizante FertiBacter para Maíz



### Materiales necesarios:

- Semilla (15 Kg )
- Biofertilizante (500 mL)
- Recipiente



### Paso 1

- Colocar la semilla en un recipiente.
- Aplicar el biofertilizante sobre la semilla .



### Paso 2

- Mezclar el producto con la semilla y dejar reposar de 5 a 10 minutos.



### Paso 3

- Realizar la siembra, de preferencia en las primeras horas de la mañana, el mismo día.

**Apêndice B:** Resultados dos tratamentos utilizados para avaliar altura de planta, altura da espiga e rendimento, no cultivo de milho, em cada uma das propriedades avaliadas das províncias de: Imbabura, Chimborazo e Bolivar, na Serra Andina do Equador.

TRATAMENTOS	MÉDIAS			PROPIEDAD	PROVÍNCIA
	ALTURA DE PLANTA (cm)	ALTURA DE ESPIGA (cm)	RENDIMIENTO (t ha <sup>-1</sup> )		
T1*	211	90	3,47	LA CAPILLA	BOLIVAR
T2	178	83	3,30		
T3	209	88	2,97		
T1	266	158	2,80	MASMA	
T2	279	165	7,50		
T3	297	176	5,93		
T1	258	155	4,03	SAN LORENZO	
T2	267	159	4,73		
T3	281	170	5,03		
T1	182	86	5,10	CHAZO	CHIMBORAZO
T2	192	95	5,53		
T3	175	82	3,83		
T1	145	60	1,33	ERAZOPAMBA	
T2	133	56	1,23		
T3	139	50	1,20		
T1	159	71	3,33	LICTO	
T2	155	70	3,47		
T3	150	63	3,28		
T1	201	105	3,10	CHAUPI	IMBABURA
T2	200	100	2,70		
T3	182	82	1,90		
T1	177	90	2,93	MANZANO GUARANGUIL	
T2	172	83	3,00		
T3	148	64	0,90		
T1	142	86	1,67	MANZANO SAN FRANCISCO	
T2	148	68	1,77		
T3	117	47	1,57		

\* T1 (100% Fertilização química da dose recomendada ao agricultor), T2 (50% Fertilização química da dose recomendada ao agricultor mais biofertilizante Fertibacter), T3 (Controle, sem fertilizante e sem biofertilizante), junto com o manejo do agricultor.