

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(CREADA POR LEY N° 25265)

ESCUELA DE POSGRADO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

UNIDAD DE POSGRADO



TESIS

**PROPAGACIÓN DE HONGOS MICORRIZÓGENOS
ARBUSCULARES NATIVOS Y SU INFLUENCIA EN LA
PRODUCCIÓN DE MAÍZ AMILÁCEO EN
PAQUECC - AYACUCHO.**

Línea de investigación: Biotecnología - Agroecología

PRESENTADO POR:

M.Cs. ROBERTA ESQUIVEL QUISPE

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

HUANCAMELICA - PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creado por la ley N°25265)

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Ante el jurado conformado por los docentes: **Ph.D. Agustín, PERALES ANGOMA**; **Dr. Ruggerths Neil, DE LA CRUZ MARCOS**; **Dr. David, RUIZ VÍLCHEZ**.

Asesor: Dr. Gregorio José, ARONE GASPAR

De conformidad al reglamento único de grados y títulos de la Universidad Nacional de Huancavelica, aprobado mediante Resolución N° 330-2019-CU-UNH.

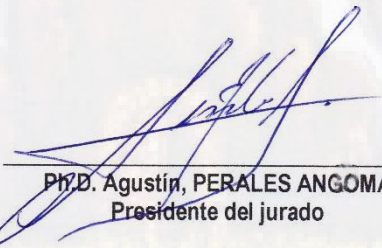
El candidato al **GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

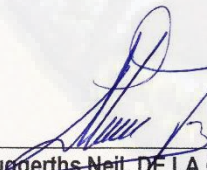
Doña, Mg. **Roberta, ESQUIVEL QUISPE**, procedió a sustentar su trabajo de investigación titulado **"PROPAGACIÓN DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES NATIVOS Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ AMILÁCEO EN PAQUECC-AYACUCHO"**.

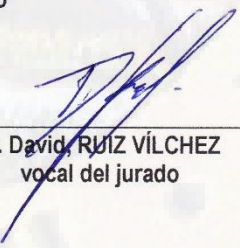
Luego, de haber absuelto las preguntas que le fueron formuladas por los miembros del jurado, se dio por concluido al ACTO de sustentación, realizándose la deliberación y calificación, resultando:

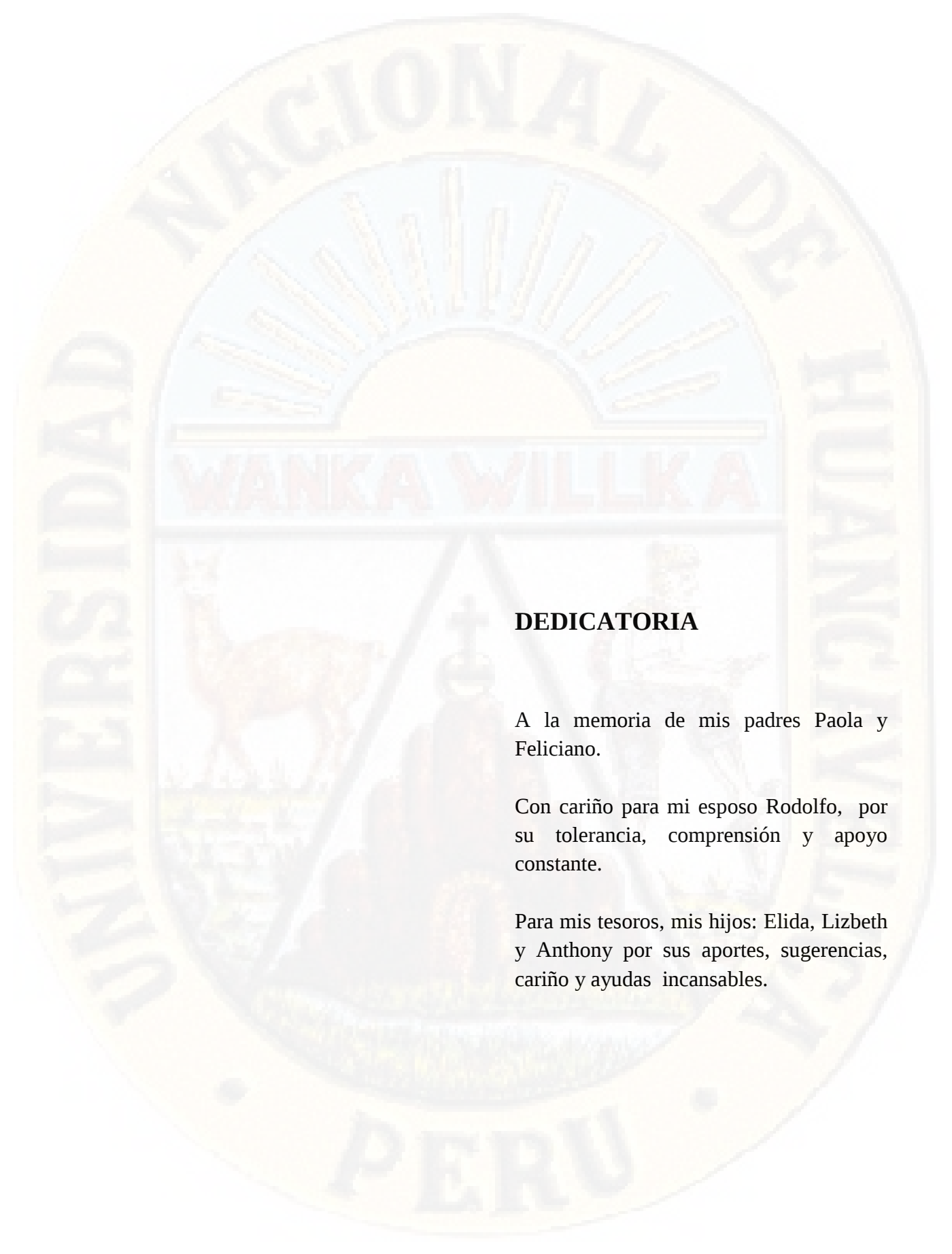
Con el calificativo: Aprobado ☒ Por:.....**UNANIMIDAD**.....
Desaprobado ☐

Y para constancia se extiende la presente ACTA, en la ciudad Acobamba, a los veintiocho días del mes de octubre del año 2019.


Ph.D. Agustín, PERALES ANGOMA
Presidente del jurado


Dr. Ruggerths Neil, DE LA CRUZ MARCOS
Secretario del jurado


Dr. David, RUIZ VÍLCHEZ
vocal del jurado

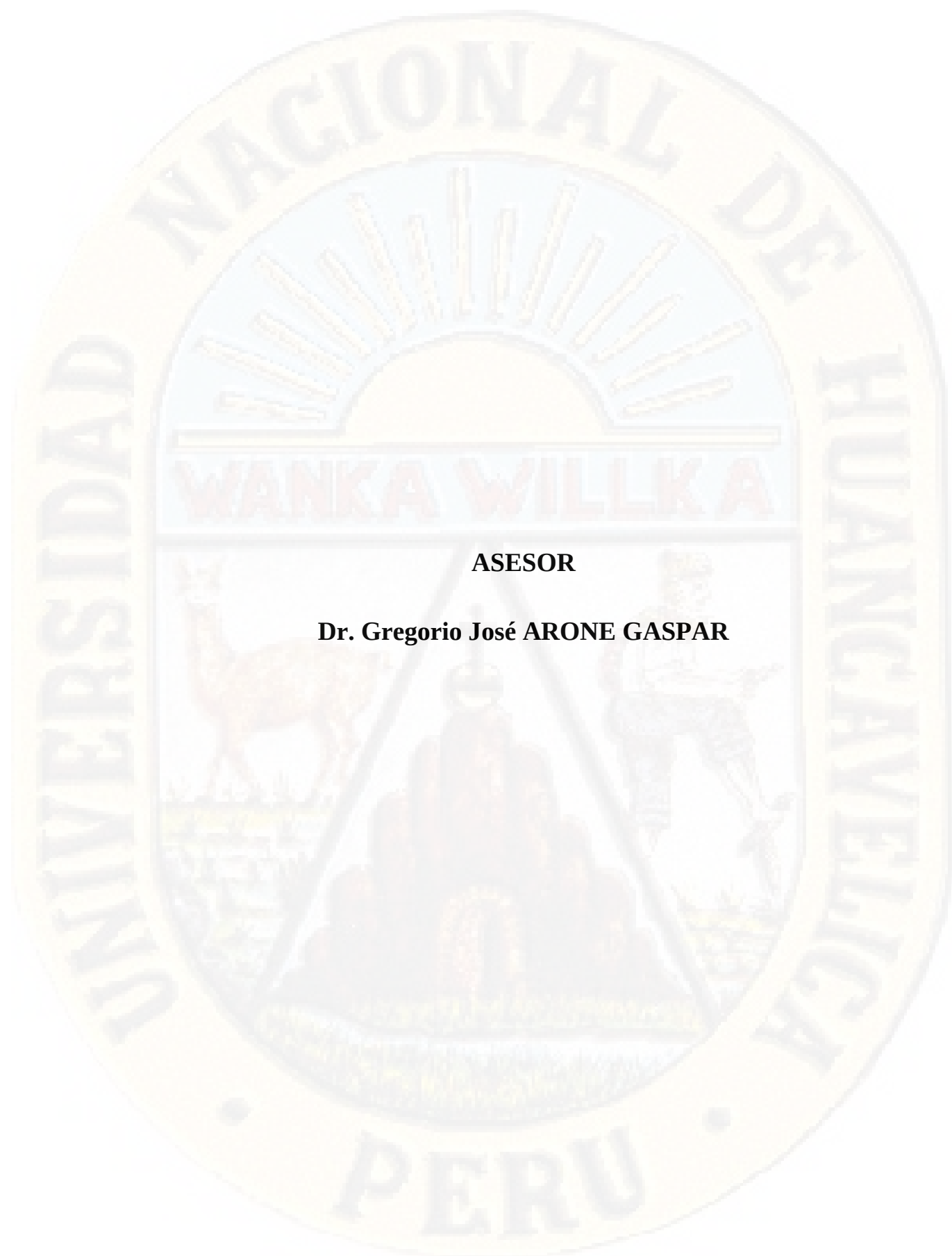


DEDICATORIA

A la memoria de mis padres Paola y Feliciano.

Con cariño para mi esposo Rodolfo, por su tolerancia, comprensión y apoyo constante.

Para mis tesoros, mis hijos: Elida, Lizbeth y Anthony por sus aportes, sugerencias, cariño y ayudas incansables.



ASESOR

Dr. Gregorio José ARONE GASPAR

RESUMEN ETAPA I

Los hongos que forman micorrizas arbusculares (HMA) son microorganismos que representan hasta el 50% de la biomasa de los microbios del suelo y forman simbiosis de mayor relevancia con más del 90% de plantas. Considerando la importancia de dichos hongos, se realizó el presente trabajo con el objetivo de: evaluar la propagación de consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del laboratorio de Agrobiología (VAP1) y los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de cinco agroecosistemas y mezcla de estos consorcios, al ser inoculados en los cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) y “arveja” (*Pisum sativum*) en condiciones de invernadero en Ayacucho. Se consideraron siete tratamientos inoculados con los consorcios de HMA codificados como VAP1, Zm19, Zm20, Zm21, Zm22, Zm23, ZmM y testigo (Zm). La siembra se realizó en suelo esterilizado en maceteros de 1.5 kg de capacidad, los cuales fueron inoculados con un promedio de 200 g de suelo que contenían esporas de consorcio de HMA. La propagación de los consorcios de HMA se evaluó mediante: número de esporas, porcentaje de colonización, peso seco y longitud del follaje; dichos parámetros resultaron ser mayores con significancia frente al tratamiento testigo, a excepción del peso seco y longitud del follaje. Se concluyó que los consorcios de HMA de Macachacra (Zm23), laboratorio de Agrobiología – UNSCH (VAP1), Paquecc (Zm19) y mezcla (ZmM=Zm20+Zm21+Zm23) se propagan en los cultivos asociados de *P. sativum* + *L. multiflorum*, produciendo entre 32 a 43 esporas/g de suelo, 15% a 35% de colonización y peso seco del follaje superior al resto de los consorcios de HMA, demostrándose así la hipótesis alterna, es decir, que los consorcios se propagan en cultivos asociados. El consorcio VAP1 corresponde a las especies de *Claroideoglossum luteum* y *Funneliformis geosporum*; el consorcio Macachacra (Zm23), a las especies de *Gigaspora* sp, *Claroideoglossum etunicatum* y *Sclerocystis* sp; el consorcio de Paquecc (Zm19), a las especies de *Entrophospora infrequens*, *Claroideoglossum claroideo* y *Glomus microaggregatum*; el consorcio de Villa Florida Iguain (Zm20), a las especies de *Funneliformis geosporum*, *Glomus* sp, y *Claroideoglossum etunicatum*; y el consorcio de Huamanguilla (Zm21), a las especies *Funneliformis geosporum*, *Sclerocystis* sp y *Claroideoglossum* sp. Se recomienda utilizar cultivos asociados de *L. multiflorum* y *P. sativum* para la propagación de los consorcios de HMA y probar a nivel de campo los consorcios de HMA de los tratamientos Zm23, VAP1, Zm19, y ZmM.

Palabra clave: Propagación HMA en cultivos asociados.

ABSTRACT STAGE I

Fungus that form arbuscular mycorrhizal (AMF) are microorganisms which represent up to 50% of the biomass of soil microbes and form symbiosis of greater relevance with more than 90% of plants. Considering the importance of the mentioned fungus, the present work was carried out with the objective of evaluating the propagation of: consortiums of arbuscular mycorrhizal fungus from the Agrobiology laboratory (VAP1), consortiums of arbuscular mycorrhizal fungus of five agroecosystems, and mixture of this consortiums, as they are inoculated in the combined crops of *Lolium multiflorum* and *Pisum sativum*, under greenhouse conditions - Ayacucho. Seven treatments inoculated with the AMF consortiums encoded as VAP1, Zm19, Zm20, Zm21, Zm22, Zm23, ZmM and control (Zm) were considered. The sowing was carried out in sterilized soil, inoculating with 200 g of soil containing spores of AMF consortium. After three months of propagation of AMF, the following were evaluated: number of spores, percentage of colonization, dry weight, and length of the foliage. The results shown that Macachacra AMF consortiums (Zm23), Agrobiology-UNSCH laboratory (VAP1), Paquecc (Zm19) and mixture (ZmM = Zm20 + Zm21 + Zm23) are propagated in the combined crops of *P. sativum* + *L. multiflorum*, producing between 32 to 43 spores/g of soil, 15 to 35% of colonization and dry foliage weight superior to the rest of the AMF consortiums; thus demonstrating the alternative hypothesis, that is, that the AMF consortiums are propagated in combined crops. The VAP1 consortium correspond to the species of *Claroideoglomus luteum* and *Funneliformis gesosporum*; the Macachacra consortium (Zm23), to the species of *Gigaspora* sp, *Claroideoglomus etunicatum* and *Sclerocystis* sp; the Paquecc consortium (Zm19), to the species of *Entrophospora infrequens*, *Claroideoglomus claroideo* and *Glomus microaggregatum*; the Villa Florida Iguain consortium (Zm20), to the species of *Funneliformis geosporum*, *Glomus* sp, and *Claroideoglomus etunicatum*; and the Huamanguilla consortium (Zm21), to the species *Funneliformis geosporum*, *Sclerocystis* sp and *Claroideoglomus* sp. It is recommended to use combined cultures of *L. multiflorum* and *P. sativum* for the propagation of the AMF consortiums and to test at the field level the AMF consortiums of the Zm23, VAP1, Zm19, Zm20 and ZmM treatments.

Keyword: AMF propagation in combined crops

ÍNDICE GENERAL ETAPA I

	Pág.
Acta de sustentación	ii
Dedicatoria	iii
Asesor	iv
Resumen etapa I	v
Abstrac stage I	vi
Índice general etapa I	vii
Índice de tablas etapa I	ix
Indice de gráficos etapa I	xi
Indice de imágenes etapa I	xii
Indice de anexos etapa I	xiii
Indice anexo de imágenes etapa I	xiv
Indice anexo base de datos y artículo científico etapa I	xv
Índice general etapa II	xvi
Índice de tablas etapa II	xviii
Indice de gráficos etapa II	xx
Índice anexos articulo científico etapa II	xxi
Indice de anexos etapa II	xvi
Introduccion	xxiii
ETAPA I	xxiv
CAPÍTULO I	1
EL PROBLEMA	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Objetivos de la investigación	4
1.4. Justificación	6
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.2. Bases teóricas	11
2.3. Marco conceptual	14

2.4. Marco filosófico	16
2.5. Formulación de hipótesis	18
2.6. Identificación de variables	20
2.7. Definición operativa de variables e indicadores	21
CAPÍTULO III	22
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	22
3.1. Tipo de la investigación	22
3.2. Nivel de investigación	22
3.3. Métodos de investigación	22
3.4. Diseño de investigación	26
3.5. Población, muestra y muestreo	26
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	30
3.8. Descripción de la prueba de hipótesis	31
CAPÍTULO IV	32
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	32
4.1. Presentación e interpretación de datos	32
4.2. Discusión de resultados	39
4.3. Proceso de prueba de hipótesis	45
Conclusiones	54
Recomendaciones	56

ÍNDICE DE TABLAS ETAPA I

	Pág.
Tabla 1. Muestras de suelo de 5 agroecosistemas de <i>Z. mays</i> para las la propagación de HMA	24
Tabla 2. Análisis de fertilidad de suelo	25
Tabla 3. Tratamientos para la propagación de HMA en invernadero. Ayacucho 2017	26
Tabla 4. Análisis de Variancia del número de esporas de HMA (inóculo propagado en <i>P. sativum</i> + <i>L. multiflorum</i> en invernadero. Ayacucho 2017.	32
Tabla 5. Análisis del porcentaje de colonización Arbuscular, (inóculo propagado en <i>P. sativum</i> + <i>L. multiflorum</i>) en invernadero. Ayacucho 2017.	34
Tabla 6. Análisis del porcentaje de colonización vesicular, (inóculo propagado en <i>P. sativum</i> + <i>L. multiflorum</i>) en condiciones de invernadero. Ayacucho 2017.	35
Tabla 7. Análisis del porcentaje de colonización de micelio, (inóculo propagado en <i>P. sativum</i> + <i>L. multiflorum</i>) en condiciones de invernadero. Ayacucho 2017.	36
Tabla 8. Análisis de Variancia del peso seco follaje de <i>P. sativum</i> + <i>L. multiflorum</i> en condiciones de invernadero.	37
Tabla 9. Análisis de Variancia de la longitud aérea de <i>P. sativum</i> en condiciones de invernadero. Ayacucho 2017.	38
Tabla 10. Análisis de Variancia de la longitud aérea de <i>L. multiflorum</i> en invernadero. Ayacucho 2017.	39
Tabla 11. Resumen de la propagación de VAP1 en <i>P. sativum</i> + <i>L. Multiflorum</i>	45
Tabla 12. Resumen de la propagación de consorcio HMA del Agroecosistema Paquecc (Zm 19) en <i>P. sativum</i> + <i>L. multiflorum</i>	46
Tabla 13. Resumen de la propagacion de consorcio HMA del agroecosistema Macachacra (Zm23) en <i>P. sativum</i> + <i>L.</i>	47

multiflorum.

Tabla 14.	Resumen de la propagacion de consorcio HMA del agroecosistema Huamanguilla (Zm21) en <i>P. sativum</i> + <i>L. multiflorum</i> .	48
Tabla 15.	Resumen de la propagacion de consorcio HMA del agroecosistema Socos (Zm22) en <i>P. sativum</i> + <i>L. multiflorum</i> .	50
Tabla 16.	Resumen de la propagacion de consorcio HMA del agroecosistema Villa Florida (Zm20) en <i>P. sativum</i> + <i>L. multiflorum</i>	51
Tabla 17.	Resumen de la propagacion de consorcio HMA mezcla ZmM (Zm20+Zm21+Zm23) de diferentes agroecosistemas en <i>P. sativum</i> + <i>L. multiflorum</i> .	52
Tabla 18.	Resumen de la propagacion de consorcio de HMA de suelo testigo (Zm) en <i>P. sativum</i> + <i>L. multiflorum</i> .	53

INDICE DE GRÁFICOS ETAPA I

	Pág.
Gráfico 1. Número de esporas de HMA /g de suelo (inóculo propagado en <i>P. sativum</i> + <i>L. multiflorum</i>), en invernadero Ayacucho 2017.	33
Gráfico 2. Porcentaje colonización Arbuscular (inóculo propagado en <i>P. sativum</i> + <i>L. multiflorum</i>), invernadero Ayacucho 2017.	34
Gráfico 3. Porcentaje colonización vesicular (inóculo propagado en <i>P. sativum</i> + <i>L. multiflorum</i>), invernadero Ayacucho 2017.	35
Gráfico 4. Porcentaje colonización micelio (inóculo propagado en <i>P. sativum</i> + <i>L. multiflorum</i>), invernadero Ayacucho 2017.	36
Gráfico 5. Longitud aérea de <i>P. sativum</i> en condiciones de invernadero. Ayacucho 2017.	38

INDICE DE IMÁGENES ETAPA I

	Pág.
Imagen 1. Registrando la información del agroecosistema de Macachacra	23
Imagen 2. Obteniendo muestra de suelo de la risosfera del agroecosistema de Huamanguilla.	24
Imagen 3. Extracción por tamizado húmedo, decantación y centrifugación con agua y sacarosa.	30
Imagen 4. Tinción de raíces para la determinación de % de colonización	31

INDICE DE ANEXOS ETAPA I

	Pág.
ANEXOS	58
Anexo matriz de consistencia	A1
INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	B1
ANEXO DE FICHAS	B1
Anexo de fichas de recolección de muestras de suelo de agroecosistemas de maíz.	B1
Ficha 1. Ccayccapampa Huamanguilla	B1
Ficha 2. Macachacra, Paquecc - Huanta	B2
Ficha 3. Villa Florida Huanta	B3
Ficha 4. Socos Huamanga	B4
ANEXOS DE TABLAS ETAPA 1	C1
Anexo tabla 1. Peso seco de follaje de <i>P. sativum</i> + <i>L. Multiflorum</i>	C1
Anexo tabla 2. Longitud del follaje de <i>P. sativum</i> + <i>L. Multiflorum</i>	C1
Anexo tabla 3. Resumen de propagación de HMA en <i>P. sativum</i> + <i>L. Multiflorum</i>	C1

INDICE ANEXO DE IMÁGENES ETAPA I

	Pág.
Anexo imagen 1. Muestras de suelo	D1
Anexo imagen 2. Preparación de bolsas y selección de semillas	D1
Anexo imagen 3. Siembra de <i>P. sativum</i> + <i>L. Multiflorum</i>	D2
Anexo imagen 4. Riego con agua hervida	D2
Anexo imagen 5. Vista general de la propagación HMA	D3
Anexo imagen 6. Comprativo entre tratamientos de la propagación de HMA	D3
Anexo imagen 7. Obtención de peso seco de follaje de las plantas hospederos	D4
Anexo imagen 8. Separación de raíces <i>P. sativum</i> + <i>L. Multiflorum</i>	D4
Anexo imagen 9. Compratvo de raíces de plantas hospederas en la propagación de HMA	D5
Anexo imagen 10. Clareo y tinción de raíces para determinar el % colonización de HMA	D5

ANEXO DE EQUIPOS Y MATERIALES DE RECOLECCIÓN DE DATOS E1

Anexo imagen 11. Balanza eléctrica de precisión	E1
Anexo imagen 12. Tamices de 250, 106 y 45 um.	E1
Anexo imagen 13. Centrifugadora	E1
Anexo imagen 14. Estereoscopio binocular eléctrico	E2
Anexo imagen 15. Baño maria	E2
Anexo imagen 16. Microscopio binocular eléctrico	E2

INDICE ANEXO BASE DE DATOS Y ARTÍCULO CIENTÍFICO ETAPA I

	Pág.
BASE DE DATOS	F1
ANVA, Tukey y gráfico del número de esporas/g de suelo	F1
ANVA, Tukey y gráfico del porcentaje colonización arbuscular	F1
ANVA, Tukey y gráfico del porcentaje colonización vesicular	F2
ANVA, Tukey y gráfico del porcentaje colonización micelio	F2
ANVA y Tukey del peso seco follaje/maceta	F3
ANVA, Tukey y gráfico de la longitud follaje de <i>P. sativum</i>	F3
ANVA, Tukey y gráfico de la longitud follaje de <i>L. multiflorum</i>	F4
ARTICULO CIENTIFICO	G1
Resumen etapa I	G1
Abstract stage I	G2
Introducción	G3
Materiales y métodos	G4
Resultados y discusión	G8
Conclusiones	G12
Agradecimiento	G13
Referencias bibliográficas	G14

ÍNDICE GENERAL ETAPA II

	Pág.
ETAPA II	i
Resumen etapa II	ii
Abstract stage II	iii
INTRODUCCIÓN (ETAPA II)	iv
CAPÍTULO I	59
EL PROBLEMA	59
1.1. Planteamiento del problema	59
1.2. Formulación del problema	60
1.3. Objetivos de la investigación	61
1.4. Justificación	61
CAPÍTULO II	63
MARCO TEÓRICO	63
2.1. Antecedentes de la investigación	63
2.2. Bases teóricas	64
2.3. Marco conceptual	69
2.4. Marco filosófico	71
2.5. Formulación de hipótesis	74
2.6. Identificación de variables	74
2.7. Definición operativa de variables e indicadores	75
CAPÍTULO III	76
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	76
3.1. Tipo de la investigación	76
3.2. Nivel de investigación	76
3.3. Método de investigación	76
3.4. Diseño de investigación	81
3.5. Población, muestra y muestreo	82
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	82

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	84
3.8. Descripción de la prueba de hipótesis	87
CAPÍTULO IV	88
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	88
4.1. Presentación e interpretación de datos	88
4.2. Discusión de resultados	98
4.3. Proceso de prueba de hipótesis	103
Conclusiones	109
Recomendaciones	110
Referencias bibliográficas	111

ÍNDICE DE TABLAS ETAPA II

	Pág
Tabla 01. Análisis de Variancia del porcentaje de emergencia, <i>Z. mays</i> micorrizado y sin micorrizar, Paquecc - Ayacucho 2018	88
Tabla 02. Análisis de Variancia de altura de tallo (cm) <i>Z. mays</i> micorrizado y sin micorrizar, Paquecc - Ayacucho 2018.	89
Tabla 03. Análisis de Variancia de diámetro de tallo (cm), Paquecc - Ayacucho 2018.	89
Tabla 04. Análisis de Variancia del número de mazorca por planta de <i>Z. mays</i> L. micorrizada y sin micorrizar, Paquecc - Ayacucho 2018.	90
Tabla 05. Análisis de Variancia de follaje seco (g) <i>Z. mays</i> micorrizado y sin micorrizar, Paquecc - Ayacucho 2018.	91
Tabla 06. Análisis de Variancia de grano fresco (kg ha ⁻¹) <i>Z. mays</i> micorrizado y sin micorrizar, Paquecc - Ayacucho 2018.	91
Tabla 07. Análisis de Variancia de grano seco (g)/planta de <i>Z. mays</i> micorrizado y sin micorrizar, Paquecc - Ayacucho 2018.	92
Tabla 08. Análisis de Variancia de grano seco (kg ha ⁻¹) <i>Z. mays</i> micorrizado y sin micorrizar, Paquecc - Ayacucho 2018.	93
Tabla 09. Análisis de Variancia del número de grano por mazorca de <i>Z. mays</i> micorrizado y sin micorrizar, Paquecc - Ayacucho 2018.	94
Tabla 10. Análisis de Variancia de peso de 1000 granos (g) de <i>Z. mays</i> micorrizado y sin micorrizar, Paquecc - Ayacucho 2018.	95
Tabla 11. Análisis de Variancia de número de esporas/g de suelo de rizósfera de cultivo de <i>Z. mays</i> micorrizado y sin micorrizar, Paquecc - Ayacucho 2018.	96
Tabla 12. Micelio de HMA de rizósfera de cultivo de <i>Z. Mayz</i> L. micorrizado y sin micorrizar; Paquecc Ayacucho 2018.	97
Tabla 13. Resumen de la influencia de consorcio HMA VAP1 (T1) en maíz (<i>Z. mays</i> L) en Paquecc Ayacucho Perú 2018.	104
Tabla 14. Resumen de la influencia de consorcio HMA Zm19 (T2) en maíz (<i>Z. mays</i> L) en Paquecc Ayacucho Perú 2018.	105

Tabla 15.	Resumen de la influencia de consorcio HMA ZmM (T3) en maíz (<i>Z. mays L</i>) en Paquecc Ayacucho Perú 2018.	106
Tabla 16.	Resumen de la influencia de consorcio HMA Zm23 (T4) en maíz (<i>Z. mays L</i>) en Paquecc Ayacucho Perú 2018.	107
Tabla 17.	Resumen de la influencia de consorcio HMA Zm0 (T5) en maíz (<i>Z. mays L</i>) en Paquecc Ayacucho Perú 2018.	108

ÍNDICE DE GRÁFICOS ETAPA II

	Pág.
Gráfico 1. Croquis de la instalación en campo experimental.	81
Gráfico 2. Diámetro del tallo de <i>Z. mays</i> micorrizados y sin micorrizar; Paquecc – Ayacucho 2018.	89
Gráfico 3. Número de mazorcas por planta de <i>Z. mays</i> micorrizados y sin micorrizar; Paquecc – Ayacucho 2018.	90
Gráfico 4. Peso de grano fresco de <i>Z. mays</i> micorrizados y sin micorrizar; Paquecc – Ayacucho 2018	92
Gráfico 5. Peso de grano seco/planta de <i>Z. mays</i> micorrizados y sin micorrizar; Paquecc – Ayacucho 2018.	93
Gráfico 6. Peso de grano seco kg ha-1 de <i>Z. mays</i> micorrizados y sin micorrizar; Paquecc – Ayacucho 2018.	94
Gráfico 7. Número de grano por mazorca de <i>Z. mays</i> micorrizados y sin micorrizar; Paquecc – Ayacucho 2018.	95
Gráfico 8. Peso de 1000 granos (g) secos de <i>Z. mays</i> micorrizados y sin micorrizar; Paquecc – Ayacucho 2018.	96
Gráfico 9. Número de esporas de HMA/g de la rizósfera de cultivo de <i>Z. mays</i> micorrizados y sin micorrizar; Paquecc – Ayacucho 2018	97

INDICE DE ANEXOS ETAPA II

	Pag.
ANEXO ETAPA II	120
Anexo Matriz de consistencia	A1
INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	B1
ANEXOS 2: TABLAS	B1
Anexo tabla 1. Porcentaje de emergencia de <i>Z.mays</i> L	B1
Anexo tabla 2. Media de altura del follaje <i>Z.mays</i> L	B1
Anexo tabla 3. Media del peso seco del follaje <i>Z.mays</i> L	B1
ANEXO 3: IMÁGENES	C1
Anexo imagen 1: Abonamiento y siembra de <i>Z. mays</i>	C1
Anexo imagen 2: Evaluación de % de emergencia y resiembra de <i>Z.mays</i>	C1
Anexo imagen 3: Aporque de <i>Z. mays</i> micorrizada y sin micorrizar	C2
Anexo imagen 4: Coordinando con el propietario para la cosecha de <i>Z. mays</i>	C2
Anexo imagen 5: Vista general de <i>Z. mays</i> micorrizada y sin micorrizar	C3
Anexo imagen 6: Vista del tratamiento T4 <i>Z. mays</i> micorrizada	C3
Anexo imagen 7: Corte de tallos de <i>Z. mays</i> micorrizada	C4
Anexo imagen 8: Obtención de la rizosfera de suelo de <i>Z. mays</i>	C4
Anexo imagen 9: Muestras de mazorcas de <i>Z. mays</i>	C5
Anexo imagen 10: Transferencia de mazorcas de bolsa polietileno a bolsas de papel de <i>Z. mays</i>	C5
Anexo imagen 11: Secado de mazorcas de <i>Z. mays</i>	C6
Anexo imagen 12: Vista comparativa de mazorcas de los cincotratamientos de <i>Z. mays</i>	C6
Anexo imagen 13: Ordenamiento de mazorcas por cada una de las 10 plantas de <i>Z. mays</i>	C7
Anexo imagen 14: Conteo de granos secos por mazorca de <i>Z. mays</i>	C7
Anexo imagen 15: Esporas de los consorcios de HMA aplicados a siembra de <i>Z. mays</i>	C8

ANEXO 4: EQUIPOS Y MATERIALES DE RECOLECCIÓN DE DATOS D1

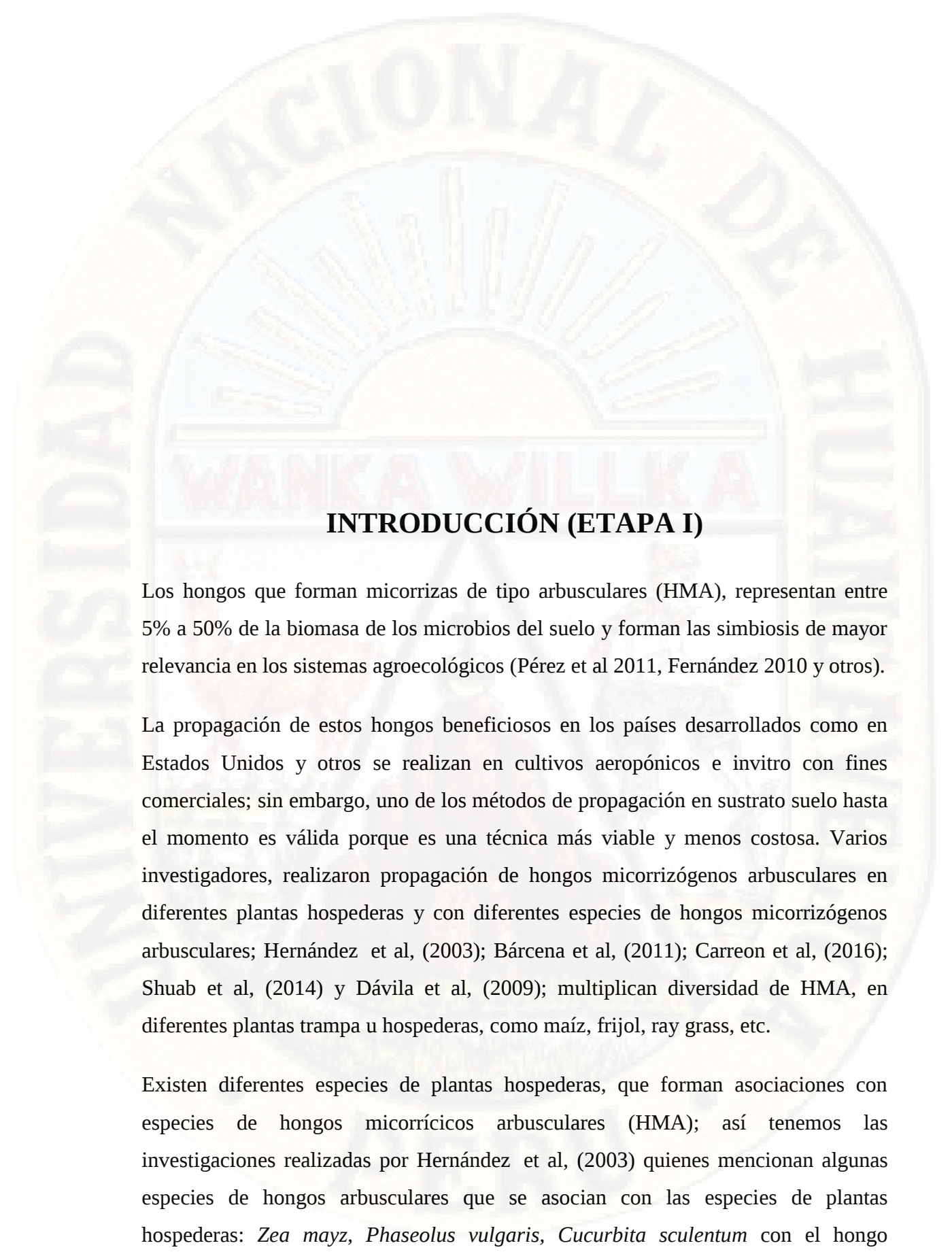
Anexo imagen 16: Balanza eléctrica de precisión	D1
Anexo imagen 17: Balanza eléctrica de precisión Baishide	D1
Anexo imagen 18: Tamices de 250, 106 y 45 μm .	D1
Anexo imagen 19: Centrifugadora	D2
Anexo imagen 20: Estereoscopio binocular eléctrico	D3
Anexo imagen 21: Microscopio binocular eléctrico	D3

BASE DE DATOS E1

Anexo base de datos 1: ANVA, Tukey y gráfico del % de emergencia de <i>Z. mays</i> L. micorrizado y sin micorrizar, Paquecc	E1
Anexo base de datos 2: ANVA, Tukey, gráfico y normalidad de altura de <i>Z. mays</i> L. micorrizado y sin micorrizar, Paquecc	E2
Anexo base de datos 3: ANVA y Tukey de diámetro de tallo de <i>Z. mays</i> L. micorrizado y sin micorrizar, Paquecc	E3
Anexo base de datos 4: ANVA, Tukey y normalidad de diámetro de tallo de <i>Z. mays</i> L. micorrizado y sin micorrizar	E4
Anexo base de datos 5: ANVA, Tukey y gráfico de peso seco follaje de <i>Z. mays</i> L. micorrizado y sin micorrizar, Paquecc	E5
Anexo base de datos 6: ANVA, Tukey y normalidad de peso fresco kg ha^{-1} de <i>Z. mays</i> L. micorrizado y sin micorrizar	E6
Anexo base de datos 7: ANVA, Tukey y normalidad de grano peso por planta de <i>Z. mays</i> L. micorrizado y sin micorrizar	E7
Anexo base de datos 8: ANVA, Tukey y normalidad de peso de grano seco kg ha^{-1} de <i>Z. mays</i> L. micorrizado y sin micorrizar	E8
Anexo base de datos 9: ANVA y Tukey y gráfico de número de grano por mazorca de <i>Z. mays</i> L. micorrizado y sin micorrizar	E9
Anexo base de datos 10: ANVA, Tukey y gráfico de mil granos secos de <i>Z. mays</i> L. micorrizado y sin micorrizar, Paquecc	E9
Anexo base de datos 11: ANVA, Tukey y gráfico de número de esporas de HMA por gramo de suelo de la rizósfera de <i>Z. mays</i>	E10

ÍNDICE ANEXOS ARTICULO CIENTÍFICO ETAPA II

	Pag.
ARTICULO CIENTIFICO	F1
Resumen etapa II	F1
Abstract stage II	F2
Introducción	F3
Materiales y métodos	F4
Resultados y discusión	F8
Conclusiones	F12
Agradecimiento	F12
Referencias bibliográficas	F13



INTRODUCCIÓN (ETAPA I)

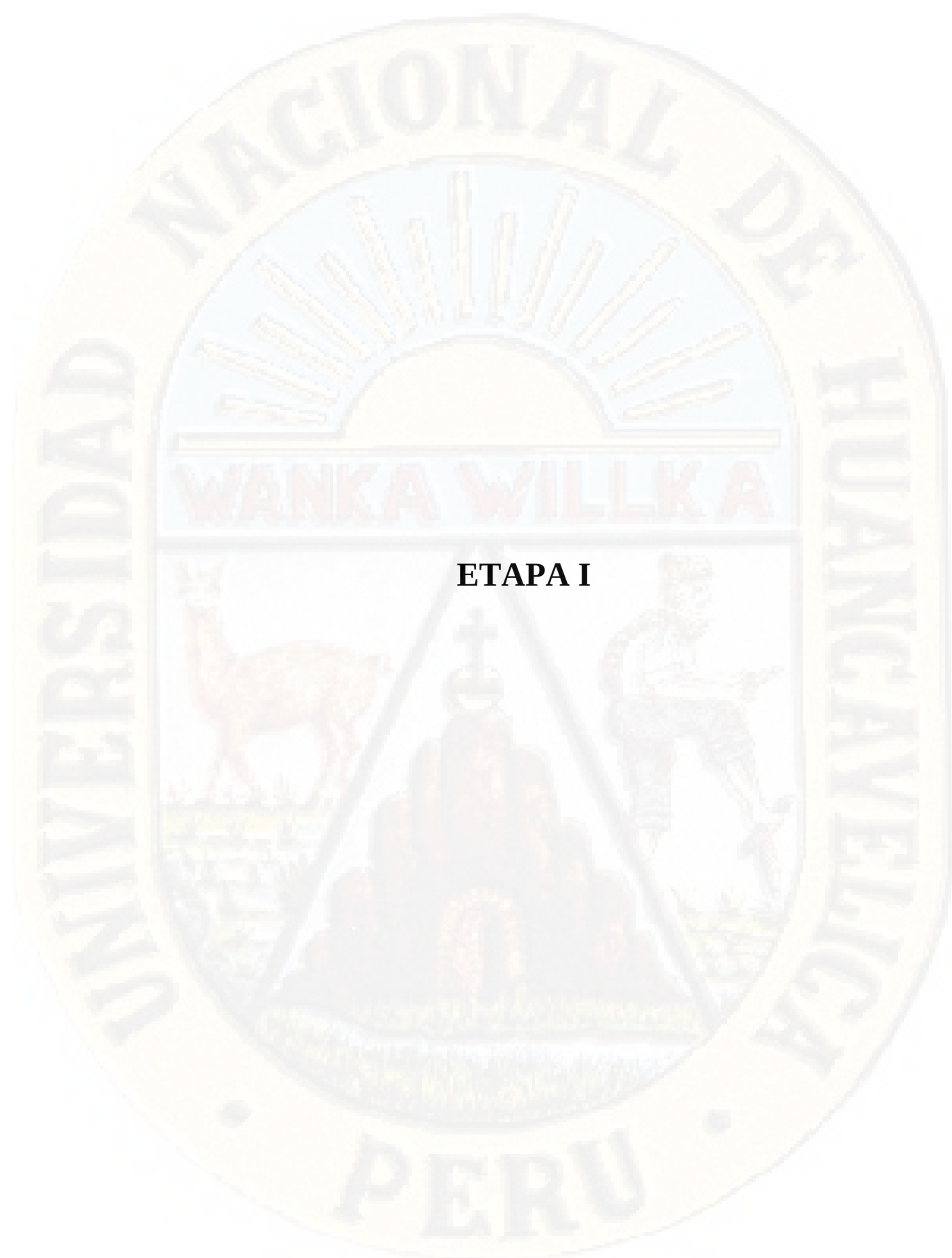
Los hongos que forman micorrizas de tipo arbusculares (HMA), representan entre 5% a 50% de la biomasa de los microbios del suelo y forman las simbiosis de mayor relevancia en los sistemas agroecológicos (Pérez et al 2011, Fernández 2010 y otros).

La propagación de estos hongos beneficiosos en los países desarrollados como en Estados Unidos y otros se realizan en cultivos aeropónicos e invitro con fines comerciales; sin embargo, uno de los métodos de propagación en sustrato suelo hasta el momento es válida porque es una técnica más viable y menos costosa. Varios investigadores, realizaron propagación de hongos micorrizógenos arbusculares en diferentes plantas hospederas y con diferentes especies de hongos micorrizógenos arbusculares; Hernández et al, (2003); Bárcena et al, (2011); Carreon et al, (2016); Shuab et al, (2014) y Dávila et al, (2009); multiplican diversidad de HMA, en diferentes plantas trampa u hospederas, como maíz, frijol, ray grass, etc.

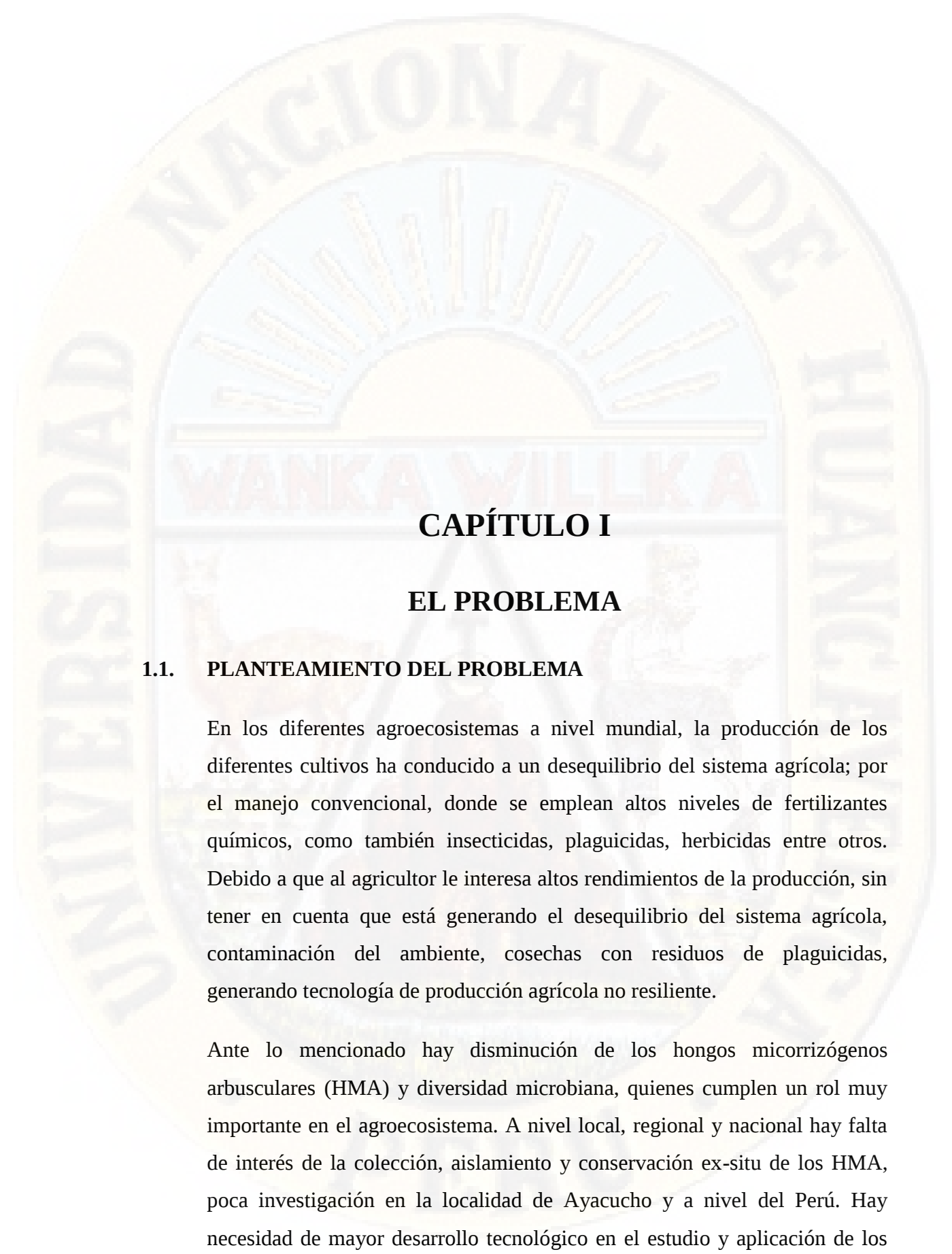
Existen diferentes especies de plantas hospederas, que forman asociaciones con especies de hongos micorrícicos arbusculares (HMA); así tenemos las investigaciones realizadas por Hernández et al, (2003) quienes mencionan algunas especies de hongos arbusculares que se asocian con las especies de plantas hospederas: *Zea mayz*, *Phaseolus vulgaris*, *Cucurbita sculentum* con el hongo

Scutellospora pellucida. De la misma manera Gutierrez y Esquivel, (2013) demostraron que *Lolium multiflorum* y *Zea mayz* constituyen buenas plantas hospederas para las especies de *Glomus*. Sin embargo a nivel local y nacional son muy pocos trabajos de investigación.

En el Laboratorio de Agrobiología de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, se cuenta con varios consorcios de HMA que influyen positivamente en el crecimiento de las plantas de papa (*S. chaucha*) en condiciones de invernadero; sin embargo, aún no se ha determinado en qué hospederos asociados se propagan y tiene efecto positivo en el crecimiento. Considerando los antecedentes y la importancia de los HMA en la producción agroecológica, se realizó el presente trabajo de investigación con los objetivos de: Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del laboratorio de Agrobiología (VAP1) y los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de cinco agroecosistemas y mezcla, al ser inoculados en los cultivos asociados de *Lolium multiflorum* y *Pisum sativum*, en condiciones de invernadero Ayacucho. Trabajo que corresponde a **la etapa I** de investigación.



ETAPA I



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los diferentes agroecosistemas a nivel mundial, la producción de los diferentes cultivos ha conducido a un desequilibrio del sistema agrícola; por el manejo convencional, donde se emplean altos niveles de fertilizantes químicos, como también insecticidas, plaguicidas, herbicidas entre otros. Debido a que al agricultor le interesa altos rendimientos de la producción, sin tener en cuenta que está generando el desequilibrio del sistema agrícola, contaminación del ambiente, cosechas con residuos de plaguicidas, generando tecnología de producción agrícola no resiliente.

Ante lo mencionado hay disminución de los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) y diversidad microbiana, quienes cumplen un rol muy importante en el agroecosistema. A nivel local, regional y nacional hay falta de interés de la colección, aislamiento y conservación ex-situ de los HMA, poca investigación en la localidad de Ayacucho y a nivel del Perú. Hay necesidad de mayor desarrollo tecnológico en el estudio y aplicación de los

HMA en los cultivos, pero con un enfoque interdisciplinario a nivel académico, científico y de productores. Cuando el hombre tiene un manejo agroecológico de sus chacras, sus componentes como la flora microbiana, la microfauna, los insectos benéficos y las plantas arvenses conducen a un agroecosistema resiliente. Considerando lo mencionado se realiza el siguiente planteamiento del problema:

En agroecosistemas de papa (*Solanum tuberosum*) y maíz (*Zea mays*), en Vinchos – Ayacucho, donde el uso de agroquímicos es escaso; se han encontrado diversidad de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) nativos de la zona. Estos hongos crecen sólo en su planta hospedera; sin embargo, se desconoce en qué especies de plantas hospederas es posible propagar y cuáles serían su influencia en la producción de maíz amiláceo variedad choclero a nivel de campo que permitan contribuir en la producción de una agricultura sostenible. Para lo cual se empleará un consorcio de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) codificado como VAP1 (Vinchos Ayacucho Perú1), las que fueron seleccionados en condiciones de invernadero en los experimentos anteriores en el Laboratorio de Agrobiología de la Escuela Profesional de Agronomía – UNSCH.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Problema General

¿Cuál de los consorcios VAP1 de hongos micorrizógenos arbusculares y los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de cinco agroecosistemas, se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) variedad *westerworld* y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad *usui* en condiciones controladas en Ayacucho?

Problemas Específicos

- ¿Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del laboratorio de Agrobiología – UNSCH (VAP1) se propagarán al ser inoculados en cultivos

asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho?

- ¿Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Paquecc (Zm19), se propagarán al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho?
- ¿Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de agroecosistemas de Macachacra (Zm23), se propagarán al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho?
- ¿Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de agroecosistemas de Huamanguilla (Zm21), se propagarán al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho?
- ¿Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de agroecosistemas de Socos (Zm22), se propagarán al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho?
- ¿Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de agroecosistemas de Villa Florida – Iguain (Zm20), se propagarán al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho?
- ¿Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares mezcla ZmM (Zm20+Zm21+Zm23) de diferentes agroecosistemas, se propagarán al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld

(*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho?

- ¿Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de suelo testigo (Zm), se propagarán al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del laboratorio de Agrobiología (VAP1) y los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de cinco agroecosistemas y mezcla, al ser inoculados en los cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) variedad westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del laboratorio de Agrobiología – UNSCH (VAP1) al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) variedad westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.
- Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Paquecc (Zm19), al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) variedad westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.
- Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Macachacra (Zm23), al ser inoculados en

cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) variedad westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.

- Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Huamanguilla (Zm21), al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) variedad westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.
- Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Socos (Zm22), al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) variedad westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.
- Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Villa Florida Iguain (Zm20), al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) variedad westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.
- Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares mezcla ZmM (Zm20+Zm21+Zm23) de diferentes agroecosistemas, al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) variedad westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.
- Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de suelo testigo (Zm), al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) variedad westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.

1.4. JUSTIFICACIÓN

En el Laboratorio de Agrobiología, de la Escuela Profesional de Agronomía UNSCH, se cuenta con un consorcio de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) nativos, codificado como VAP1, dicho consorcio de HMA han sido colectados de los diferentes agroecosistemas de siembras de papa y maíz del distrito de Vinchos – Ayacucho; pero se desconocen en qué especies de plantas hospederas es posible su propagación. Así mismo se desconoce su influencia en la producción de maíz amiláceo en condiciones de campo. Considerando que los hongos micorrícicos arbusculares juegan un papel importante en la agricultura; por su influencia en el incremento de la productividad, resistencia a diferentes factores, mejora de la calidad del suelo, de los cultivos y otros. Por dichas consideraciones; (Becerra, 2014; Pérez et al, 2011; Bolaños' 2013; Cofré' 2014; Longo, 2014; Hodge et al, 2010; Zaidi et al, 2010; Cronquist, 1992; Sieverding,1995; Ferrera et al, 2003 y Altieri et al, 2013); mencionan que es de suma importancia la propagación y aplicación de los hongos micorrícicos arbusculares para conservar el suelo, contribuir a una agricultura sostenible, evitando la contaminación del ambiente y obtener alimento saludable para la población humana.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes nacionales e internacionales

A nivel nacional, no se ha encontrado antecedentes similares al trabajo.

A nivel internacional se cuentan con la siguiente información:

2.1.2. Sobre la propagación de hongos micorrizógenos arbusculares

Shuab et al, (2014), sembraron Semillas de cebolla desinfectadas, en macetas de barro con tierra estéril. La mitad de las macetas se inocularon con 30 esporas de HMA de la especie *Glomus* y 10 gramos de raíces de maíz inoculados con las especies del género *Glomus*. Inocularon dos veces, tres días antes de la siembra de las semillas y en al inicio de la germinación. Las plantas inoculadas junto con sus controles fueron muestreadas a 20, 40, 60 y 80 días de crecimiento. Obtuvieron un incremento en el crecimiento con cada intervalo de 20 días después de la germinación. El contenido de clorofila,

como también el peso fresco y seco de planta de cebolla presentó niveles más altos en los tratamientos micorrizados en comparación con los no micorrizados.

Así mismo Carreon et al (2016) realizaron en Brazil São Paulo, el trabajo “Effects of using different host plants on the detected biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi from an agroecosystem”, con los objetivos de estudiar la influencia de maní (*Arachis hypogaea* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L.) y maíz (*Zea mays* L.) sobre el crecimiento de la diversidad de hongos micorrízicos arbusculares (HMA). Las esporas de HMA multiplicados en maíz, fueron colocados sobre macetas de plástico con arena esterilizada de cultivo de sorgo. Cinco meses después, evaluaron su colonización en la rizósfera, considerando colonización radical, número de esporas y diversidad de especies de HMA. Como resultado obtuvieron valores más altos de colonización radicular y número de esporas en el cultivo de maní, de 24.5% y 547.8/100 g de suelo, respectivamente. En maíz obtuvieron valores menores en colonización radicular y número de esporas, siendo 19,7% y 415.2 esporas/100 g de suelo respectivamente. En sorgo presentaron 15,9% de colonización radicular y 415.2 esporas/100 g de suelo. También aislaron e identificaron catorce especies de HMA. Siete fueron en maíz, siendo *Entrophospora colombiana* la más abundante y frecuente. En sorgo se identificaron 12 especies, siendo *Glomus geosporum* el taxón dominante. Además, en maíz, aislaron diez especies, siendo *Acaulospora longula* la más abundante y frecuente.

Hernández et al. (2003) realizaron el trabajo de investigación sobre “Propagación de hongos micorrizógenos arbusculares del género *Acaulospora* en diferentes hospederos” en Ixtacuixta, Tlaxcala – México. Se realizó con el objetivo de obtener la propagación de tres cepas: dos cepas de *Acaulospora laevis* y *Acaulospora morrowiae*; en once especies hospederos diferentes: Cebolla (*Allium cepa*), Cilantro (*Coriandrum sativum*), camote (*Ipomea batatas*), trigo (*Triticum aestivum*), maíz (*Zea mays*), poro (*Allium porro*),

Zanahoria (*Daucus carota*), alfalfa (*Medicago sativum*), lechuga (*Lactuca sativum*) frijol (*Phaseolus vulgaris*) y chicharo (*Pisum sativum*), en macetas.

Garcia (2000), empleó como planta hospedera el maíz (*Zea mays L.*) y alfalfa (*Medicago sativa*), las semillas de dichas plantas previamente fueron desinfectadas y sembradas en macetas también desinfectadas con hipoclorito de sodio. Empleó 20 g de inóculo primario (esporas, micelio y raíces con vesículas y arbusculas) por maceta, para la especie de *Glomus claroideum* y 25 esporas por maceta para *Acaulospora spinosa*. Encontró que en condiciones de invernadero, tanto la planta de maíz, como alfalfa, sea individual o en mezcla permitieron alta propagación de esporas de *Glomus claroideum*.

Igualmente Velázquez y Cabello (2011) evaluaron y compararon diversidad de hongos micorrícicos arbusculares (AMF) obtenida a partir de cinco especies de vegetación forestal typesdgallery, pastizales, pantanos, bosques de palma del Parque Nacional El Palmar en Argentina, utilizaron como hospederos las especies de *Lolium perenne L.*, *Plantagon argentinalanceolata L.* y *Trifolium pratense L.*dwere; demostraron que el número de esporas aumentó en el segundo año en todos los cultivos en estudio. Un total de 34 morfoespecies fueron identificadas a nivel de especie (32 morfoespecies durante el primer año y 26 en el segundo). Los resultados también confirmaron la competencia local del Glomeraceae contra otra Glomeromycota.

Fernández et al. (2007) en Cuba, evaluaron la viabilidad de *Glomus faciculatun* y *Glomus clarum* en soluciones líquidos y la capacidad de colonización en raíces modificadas de zanahoria. A los 30 días germinaron las esporas y se observó la viabilidad de las esporas por más de ocho meses en las soluciones y no así en el agua.

Ijdo et al. (2011) indican que se han desarrollado numerosos métodos durante muchas décadas para la producción de HMA y mencionan porque éste es un

requisito para la investigación ya sea a nivel de laboratorio o a nivel de campo. Hoy en día, la producción a gran escala de HMA no es posible en ausencia de un huésped adecuado; casi imposible rastrear los organismos en el campo para relacionar los efectos positivos con el hongo inoculado (Ijdo et al., 2011). También indican que se espera que en el futuro surgan nuevas técnicas de cultivo como la producción de HMA in vitro, sistemas hidropónicos, aeroponía y otros.

2.1.3. Sobre la influencia de hongos micorrizógenos arbusculares en los cultivos:

Pérez et al. (2012) micorrizan las plantas de maíz en condiciones de invernadero, y demostraron que los tratamientos inoculados con *G. claroideum* presentaron una biomasa significativamente mayor que en aquellas inoculadas con *G. irregulare*, sin embargo, éste último promovió el incremento de la acumulación de C_i . El incremento del contenido de P foliar fue significativamente mayor en los tratamientos con solo *G. claroideum* o *G. intraradices*, pero, los tratamientos con la misma proporción de esporas de ambas especies produjeron el incremento de altura y una mayor tasa fotosintética. También Fernández (2014), Esquivel, (2010), Esquivel y Huamán (2011), Paillacho, (2010); Gamalero et al. (2012); Schwarz et al. (2011); Vosatka y Albrechtova (2011) y Yeng et al. (2012) demostraron la influencia positiva en la micorrización de diferentes cultivos.

Por otro lado, Peñaloza y Sanchez (2012), indican que en la producción del cultivo de *L. esculentum* se utiliza un exceso de agroquímicos, lo que conduce a la contaminación ambiental y por tanto a un deterioro ecológico; por ello se hace necesario implementar técnicas de producción agrícola enfocadas en el uso eficiente de los recursos, como los microorganismos quienes juegan un papel importante en la producción agrícola de *L. esculentum*. Considerando dichos fundamentos evaluaron la inoculación con *Azospirillum* sp. y *Rhizophagus intraradices* sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de *L. esculentum* a nivel de invernadero. Como resultado obtuvieron que la

inoculación con *R. intraradices* tuvo efectos significativos en el crecimiento de plantas colonizadas por HMA, estas expresaron mayor altura (84.8cm y 102.5 cm respectivamente) y rendimiento.

Antecedentes locales: Esquivel (2016), determinó la influencia de tres especies de *Glomus* en la formación y crecimiento de papa (*Solanum chaucha*), en condiciones de invernadero y muestra significancia estadística en cuanto a la colonización y peso seco de raíces en los tratamientos inoculados. Igualmente, Gutiérrez y Esquivel, (2013) en trabajos preliminares sobre propagación de HMA del género *Glomus*; encontraron mayor número de esporas y colonización en el sustrato de: tierra agrícola + arena + tierra negra, (3:3:2) y sustrato de suelo sin cultivar. En ambos sustratos se cultivaron *L. multiflorum* (Ray grass) y *Z. mays* L. (maíz).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Hongos micorrizógenos arbusculares (HMA)

Sieverding (1983), Ferrera et al, (2003); Cronquist (1992); Camargo 2012), Lovato (2014); Ruiz et al. (2012), Sifuentes et al, (2013), Mahecha (1014), Montañez et al. (2010); Nzanza (2011) y Osorio (2010); mencionan que las micorrizas arbusculares son la asociación simbiótica mutualista entre las familias vegetales y un grupo de hongos beneficiosos del *Phyllum* Glomeromycota; esta asociación es conocida como las endomicorrizas. Se considera relación mutualismo, porque se benefician tanto el hongo como la planta. En este caso la planta recibe del hongo principalmente nutrientes minerales y agua; y el hongo obtiene de la planta hidratos de carbono y vitaminas porque el mismo es incapaz de sintetizar, mientras que la planta lo puede hacer gracias a la fotosíntesis y otras reacciones internas. Esta asociación ayuda a las plantas a absorber nutrientes, tolerar el estrés biótico y abiótico; permitiendo que la planta se desarrolle en ambientes con baja fertilidad. También se considera que las micorrizas son multifuncionales, porque hacen que las plantas toleren a los patógenos.

Así mismo, Feniagro (2010); Lovato (2014); Sieverding (2014) y Shaheen et al. (2012); sostienen que las plantas que tienen micorrizas tienen más ventaja a comparación de las no micorrizadas; como por ejemplo facilitando la toma de nutrientes de baja disponibilidad o de poca movilidad en el suelo.

2.2.2. *Glomus geosporum*

Presenta esporas lisas. Su pared celular esta formada por tres capas, mucilaginosos, evanescente, hialino, muy delgado, formado por láminas gruesas, de color café a café rojizo. Se asocia con *Avenae* sp, *Trifolium* sp, *Lolium* sp y otros.

Según Hernández et al (2003), esta especie se encuentra en diferentes lugares y países como en selva baja caducifolia y pastizales; en California, Escocia, Reino Unido; en México en Yucatán, Tlaxcala, Veracruz. Hoy se sabe que en Perú Ayacucho, se cuenta con esta especie.

2.2.3. *Glomus mosseae* (*Funneliformis mosseae*)

La especie *Glomus mosseae*, presenta esporas lisas, con apículo. Pared estructural formada por tres estratos (L1, L2 y L3). L1 y L2: mucilaginosos, evanescentes, delgados, hialinos, cambian a rosa o rojizo con reactivo de Melzer. L3: formado por láminas delgadas, amarillas.

Se asocia con las especies de *Zea mays*, *Pisum sativum*, *Phaseolus vulgaris*, *Cucurbita suculenta*.

Se menciona que se encuentra en Reino Unido, México (Hernández et al 2003).

2.2.4. Clasificación de las especies de *Glomus*

Recientemente Schüßler y Walker, citado por Bárcenas et al. (2011), basándose principalmente en estudios moleculares reestructuran la sistemática de Glomeromycota y establecen la posición filogenética de

muchas especies creando nuevas familias y géneros; proponen una clasificación natural basada en filogenia molecular combinada con la evidencia morfológica disponible, la clasificación de las especies de *Glomus geosporum* y *Glomus microaggregatum*, es la siguiente:

Reino : Fungi
Phylum : Glomeromycota
Clase : Glomeromycetes
Orden : Glomerales
Familia : Glomeraceae
Género : *Glomus*
Especie : *Glomus geosporum*
Especie : *Glomus mosseae*

También, Franco y Garcia (2012) caracterizan las endomicorrizas.

2.2.5. Propagación de hongos micorrizógenos arbusculares

Existen diferentes métodos de propagación de hongos micorrizógenos arbusculares. Con fines comerciales en los países como en Estados Unidos y otros lo realizan en cultivos aeropónicos e in vitro. Sin embargo, uno de los métodos de propagación en sustrato suelo hasta el momento es válido porque es una técnica más viable y menos costosa. Varios investigadores, realizaron propagación de hongos micorrizógenos en diferentes plantas hospederas y con diferentes especies de hongos micorrizógenos arbusculares (Hernández et al. 2003; Bárcena et al. 2011; Carreon et al 2016 y Shuab et al. 2014).

Dávila et al. (2009), multiplicó en planta trampa de maíz diversidad de HMA, procedentes de cacao. Obtuvo mayor cantidad de esporas de *Glomus* en los tres tratamientos que instaló en condiciones de invernadero.

2.2.6. Especies de plantas hospederas

Existen diferentes especies de plantas hospederas, que forman asociaciones con especies de hongos micorrícicos arbusculares, (HMA). Sin embargo, hay

pocos trabajos realizados en este tema, así tenemos las investigaciones realizadas por Hernández et al. (2003), quienes mencionan algunas especies de hongos arbusculares que se asocian con las siguientes especies de plantas hospederas: *Zea mayz*, *Phaseolus vulgaris*, *Cucurbita sculentum* con el hongo *Scutellospora pellucida*. De la misma manera Gutierrez y Esquivel (2013) demostraron que *Lolium multiflorum* y *Zea mayz* constituyen buenas plantas hospederas para las especies de *Glomus*.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

Hongos micorrizógenos arbusculares

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) interactúan simbióticamente con el 80 % de las familias de plantas terrestres con las cuales son capaces de formar Micorrizas Arbusculares (MA), encontrándose en casi todos los ecosistemas terrestres Smith y Read, citado por Carreón et al (2016). Estos hongos, son utilizados en la agricultura, como bioinoculantes, porque favorecen la absorción de fósforo, nitrógeno y agua, además brindan protección a la planta contra organismos patógenos (Carreón et al. 2016).

Propagación

En primer lugar, se debe aclarar que los hongos micorrizógenos, no crecen en medios de cultivo, los hongos necesitan de su hospedero vegetal para producir micelios y esporas dentro y fuera de la raíz. Por ello el inóculo es el sustrato sólido por ejemplo el suelo, vermiculita, y otros, que contienen restos de raíces con micelio y esporas producidas en dichos sustratos, (Martin, 2010 y Hernández 2013).

Concepto de algunos términos:

- **Efectividad:** Es la habilidad de los hongos micorrizogenos, para estimular el crecimiento de la planta hospedera.
- **Espora:** Pequeña unidad de propagación, unicelular, multinuclear y asexual.

- **Esporocarpo:** Unión de esporas envueltas de una membrana común.
- **Hifas:** Células filamentosas, que puede ser cenocítica o septada. Constituye la unidad estructural de la mayoría de los hongos.
- **Hongo:** Microorganismo heterótrofo, con estructura somática, generalmente filamentosa y pared celular definida.
- **Hospedero:** organismo que alberga en su interior o en su superficie a otro organismo.
- **Influencia:** Es la acción y efecto del verbo influir, del latín “influere”. Este verbo se refiere a los efectos que una cosa produce sobre otra o al predominio que ejerce.
- **Infectividad:** capacidad de los hongos micorrizógenos de colonizar la raíz de una planta.
- **Micelio:** Conjunto de hifas.
- **Micorriza arbuscular:** Micorriza endótrofa, donde el hongo crece entre las células de la raíz del huésped, produciendo vesículas intercelulares y arbusculos intercelulares.
- **Mutualista:** Relación simbiótica, donde ambos organismos se benefician; generalmente implica dependencia completa de ambos participantes entre si. Algunos consideran como simbiote mutualismo, ejemplo las micorizas.
- **Propagación:** Es la acción de multiplicar, incrementar; palabra que se refiere en términos micológicos, al elemento celular formado por estructura de proliferación.
- **Septo:** Pared transversal en una hifa, formada por crecimiento centrípeto de la pared celular.

2.4. MARCO FILOSÓFICO

Los hongos son microorganismos menos estudiados que las plantas y animales, por lo que son menos comprendidos pasan desapercibidos ante nuestros sentidos, pues sus estructuras microscópicas está inmersa en los sustratos en donde viven no son apreciados a simple vista. Con frecuencia casi todos hemos disfrutado alguna vez de un buen vino, cerveza, casi diario se tiene que conservar en refrigeradora el alimento para evitar a que se deteriore, a veces nuestras plantas de ornato se secan lentamente y mueren sin razón aparente; algunos de los hombres también han sufrido del llamado pie de atleta. Nuestra experiencia diaria con éstos y otros hechos hace que interaccionemos con el mundo de los hongos muchas veces sin saberlo, vivimos en un mundo enmohecido, en donde los hongos juegan un papel central en los procesos de la vida del planeta, coexistimos con ellos, pero frecuentemente no los percibimos aunque sus acciones silenciosas transformen el entorno en que vivimos. (Hernández y Estrada, 2013; Subnargem 2011 y Fernández, 2010).

Así mismo mencionan Hernández y Estrada (2013), que la gran diversidad de especies de hongos (alrededor de 98,000) se sitúa como el tercer reino biológico con mayor diversidad. Los hongos habitan todos los ecosistemas terrestres y acuáticos; muchos de ellos forman simbiosis, esto es, se asocian íntimamente con otros organismos ya sea afectando o beneficiándose entre ambos organismos como sucede con los hongos que se asocian con las raíces de muchas plantas. Se ha propuesto que las primeras formas fúngicas se originaron hace cerca de 460 millones de años y su importancia en la historia de la vida queda manifiesta cuando se considera que algunos de los grupos fúngicos ancestrales contribuyeron a que las plantas verdes pudieran colonizar los ambientes terrestres, dando lugar a la vida en la Tierra como se conoce en la actualidad.

Estrada et al. (2013); mencionan tres aspectos de los hongos: el lado oscuro de los hongos, porque hay especies que dañan al hombre y a su economía, al

producir enfermedades tanto en la agricultura, piscicultura y ganadería no han dejado de ser importante a pesar de los esfuerzos por prevenir y controlar enfermedades de plantas y animales domésticos. Pérdidas millonarias anuales son ocasionadas por enfermedades como la roya, el tizón tardío de la papa y otros. Mientras cuando mencionan hongos aliados al hombre es porque los hongos ofrecen muchos beneficios al hombre como las levaduras para la panificación, para la elaboración de vinos y otros licores. Varios hongos silvestres para la alimentación otros industrializados como los champiñones. Así mismo varias especies son empleados en la medicina como la penicilina entre otros.

También mencionan que, a nivel agrícola, varios hongos son de gran utilidad como controladores biológicos, al competir con las especies patógenas por espacio o por nutrientes, inhibiendo así el crecimiento de los patógenos. Varios hongos endófitos de pastos liberan sustancias tóxicas que destruyen a los patógenos de las plantas. También se emplean como biopesticidas, ya que pueden infectar insectos plagas, como es el caso de *Beauveria bassiana*, hongo que es utilizado para matar a las diferentes plagas agrícolas. Algunos hongos micorrizógenos se producen a gran escala para ser usados como biofertilizantes, para incrementar la producción agrícola o en la producción de plantas de interés forestal para reforestación.

Finalmente cuando hablan sobre el potencial de los hongos al servicio de la humanidad, indican Estrada et al. (2013): ¿Has oído hablar del pentaclorofenol?, ¿sabes los daños que causa a los seres vivos expuestos?, te sorprenderá saberlo, pero te sorprenderá más saber que algunas especies de hongos de los géneros *Aspergillus*, *Fusarium*, *Rhizopus* y *Amylomyces*, entre otros, son capaces de degradar éste y otros compuestos contaminantes del ambiente, gracias al complejo enzimático que poseen y que a través de una buena estrategia de manipulación génica para mejorar dicho complejo, pueden lograr limpiar una muestra contaminada en pocos días e incluso horas.

En agroecosistemas a nivel local, regional, nacional y mundial; cuando el hombre tiene un manejo agroecológico de sus chacras; sus componentes como la flora microbiana, la microfauna, los insectos benéficos y las plantas arvenses conducen a un equilibrio del agroecosistema. Sin embargo, actualmente la producción de los diferentes cultivos ha conducido a un desequilibrio del sistema agrícola; por el manejo convencional, donde se emplean altos niveles de fertilizantes químicos, como también insecticidas, plaguicidas, herbicidas entre otros. Lo que le interesa al productor es obtener altos rendimientos de la producción, sin tener en cuenta que está generando el desequilibrio del sistema agrícola, contaminación del ambiente, la cosecha no es de calidad e incluso con residuos de plaguicidas, generando diferentes enfermedades en la población humana y otros seres vivos.

Ante lo mencionado, hay disminución de los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) y de la diversidad microbiana, quienes cumplen un rol muy importante en el agroecosistema. A nivel local y nacional hay falta de interés de la colección, aislamiento y conservación ex-situ de los HMA, poca investigación en la localidad de Ayacucho y a nivel del Perú.

Hay necesidad de mayor desarrollo tecnológico en la aplicación de los HMA, en los diferentes cultivos de la agricultura; pero con enfoque interdisciplinario a nivel académico, científico y de productores.

2.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Hipótesis general

Los consorcios VAP1 de hongos micorrizógenos arbusculares y los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de cinco agroecosistemas, se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.

Hipótesis específico

- Los consorcios VAP1 de hongos micorrizógenos arbusculares del laboratorio de Agrobiología – UNSCH (VAP1), se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.
- Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Paquecc (Zm19), se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.
- Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de agroecosistemas de Macachacra (Zm23), se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.
- Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de agroecosistemas de Huamanguilla (Zm21), se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.
- Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de agroecosistemas de Socos (Zm22), se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.
- Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de agroecosistemas de Villa Florida-Iguain, se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.
- Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares mezcla ZmM

(Zm20+Zm21+Zm23) de diferentes agroecosistemas, se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.

- Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de suelo testigo (Zm), se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.

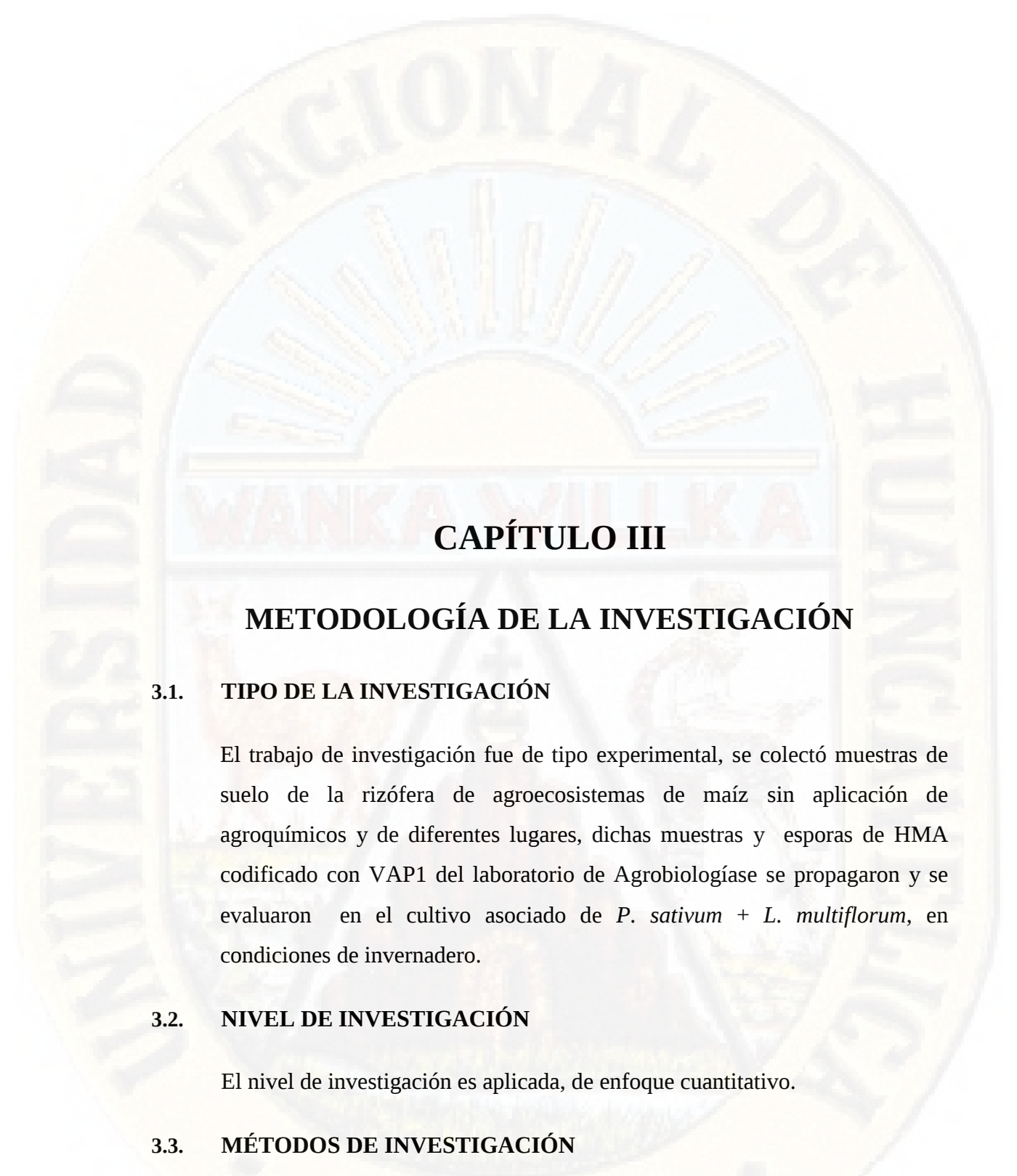
2.6. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Variables e Indicadores:

Variable Independiente	Indicadores V. Independiente
Cultivos asociados de “ray grass” (<i>Lolium multiflorum</i>) y “arveja” (<i>Pisum sativum</i>).	Peso seco del follaje Longitud del follaje
Variable Dependiente (HMA)	Indicadores V. Dependiente
Consorcio VAP1 de HMA	Número de esporas / g de suelo.
Consorcio de HMA de Paqecc	
Consorcio de HMA de Macachacra	Cantidad de micelio.
Consorcio de HMA de Huamanguilla	
Consorcio de HMA de Socos	Porcentaje de colonización arbuscular.
Consorcio de HMA de V. Florida	
Consorcio de HMA mezcla	Porcentaje de colonización vesicular.
Consorcio de HMA testigo	

2.7. DEFINICIÓN OPERATIVA DE VARIABLES E INDICADORES

CONCEPTUAL	OPERATIVA	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Variables independientes (causa)			
Cultivos asociados de “ray grass” (<i>Lolium multiflorum</i>) y “arveja” (<i>Pisum sativum</i>).	La medida de la longitud del follaje se realizó, utilizando una regla graduada.	Longitud aérea	cm cm
	El peso seco del follaje se obtuvo luego del corte al ras del cuello de las plantulas, después de someter al estrés hídrico, las que se colocaron en bolsas de papel codificados, llevando a la estufa a 70°C hasta obtener un peso constante; luego se obtuvo el peso seco, dichos resultados se registraron en la ficha de evaluación.	Peso seco	g
Variable dependiente (efecto)			
Consortio de HMA VAP1	Para la extracción de esporas de la variable VAP1 se homogenizó el suelo de cada maceta y se obtuvo una muestra de 10 g por cada maceta y se procedió al conteo de las esporas.	Esporas de HMA seleccionados	Número de esporas por 10 g de suelo
Consortio HMA Paquecc.	Las esporas de las variables de Paquecc, Macachacra, Huamanguilla, Socos, Villa Florida-Iguaín, mezcla y suelo testigo: se obtuvo submuestras de 100 g por por tratamiento y repetición, de la cual se determinó el número de esporas por cada 10 g de suelo.	Esporas de HMA procedentes de agroecosistemas de cultivo de maíz.	Número de 5 esporas por 10 g de suelo.
Consortio HMA Macachacra		Vesicular	Número vesicular
Consortio HMA Huamanguilla.			Número
Consortio HMA Socos		Arbuscular	Micelio
Consortio HMA Villa Florida Iguaín.		Micelio	
Consortio HMA mezcla	Conteo de estructuras vesiculares.		
Consortio de HMA suelo testigo	Conteo de estructuras arbusculares		
% de colonización	Conteo de micelio		



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación fue de tipo experimental, se colectó muestras de suelo de la rizófera de agroecosistemas de maíz sin aplicación de agroquímicos y de diferentes lugares, dichas muestras y esporas de HMA codificado con VAP1 del laboratorio de Agrobiología se propagaron y se evaluaron en el cultivo asociado de *P. sativum* + *L. multiflorum*, en condiciones de invernadero.

3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es aplicada, de enfoque cuantitativo.

3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Se empleó el método científico, el procedimiento permitió demostrar la propagación de los HMA en el cultivo asociado de *P. sativum* + *L. multiflorum*, en condiciones de invernadero. Los datos se analizaron, interpretando a través análisis estadístico.

3.3.1. Muestreo de suelo de los diferentes agroecosistemas de cultivos de maíz (*Z. mays* L.)

Para la evaluación de la propagación de los consorcios de HMA, de diferentes agroecosistemas de cultivos de maíz; previamente se realizó una encuesta a los productores de cada agroecosistema, anotando las características de agroecosistemas que no fueron abonados con fertilizantes químicos, como se muestran en la imagen 1 y fichas 1 a 4 del anexo. Se colectaron un promedio de 3 kilos de suelo de cinco puntos diferentes, marcados en restos de tallos de mayor grosor; previamente se eliminó la parte superior de rastrojos, obteniéndose solo la parte de la reizósfera en cada agroecosistema, como se muestra en la imagen 2. Cada muestra se colocó en bolsas de polietileno con su respectiva etiqueta. En el laboratorio se homogenizaron y se realizaron las observaciones rápidas en estereoscopio y se secaron en sombra las muestras de suelo que tenían mayor cantidad de micelio y esporas viables; codificando cada muestra como se muestra en la tabla 1.



Imagen 1. Registrando la información del agroecosistema de Macachacra



Imagen 2. Obteniendo muestra de suelo de la rizósfera del agroecosistema de Huamanguilla

Tabla 1: Muestras de suelo de 5 agroecosistemas de *Z. mays* para la propagación de HMA

Código	Lugar de procedencia	Provincia - Departamento
Zm19	Paquecc - paqpa Urccu.	Huanta - Ayacucho
Zm20	Villa Florida-Iguaín	Huanta - Ayacucho
Zm21	Huamanguilla	Huanta - Ayacucho
Zm22	Socos	Huamanga - Ayacucho
Zm23	Macachacra	Huanta - Ayacucho

3.3.2. Propagación de HMA en cultivos de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui

Para la propagación de los HMA, se ha empleado suelo extraído de la ciudad universitaria, del área no cultivada, la cual ha sido secada y tamizada; cuyo análisis de la muestra de suelo se muestra en la tabla 2.

Tabla 2 Análisis de fertilidad de suelo

Análisis Mecánico (%)			Clase textural	pH (H ₂ O)	C.E. (dS/m)	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos disp. (ppm)	
Arena	Limo	Arcilla							P	K
44,0	19,8	36,2	Ar-Ao	7,2	0,376	0,0	0,64	0,03	3,5	59,1

Fuente Laboratorio de Suelos y Análisis foliar - UNSCH

El sustrato obtenido y previo análisis de fertilidad se ha colocado en bolsas polipropileno resistente a la esterilización a razón de 1.5 kilogramo por bolsa y se ha esterilizado una hora por día y por tres días consecutivos; a una temperatura de 100°C.

Propagación de inóculos

Los inóculos se prepararon empleando el método utilizado por Seiverding (1983), Martin et al (2010) y la técnica que emplean en el laboratorio de Micorrizas del Centro de Investigación en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Tlaxcala – México Fernández (2010), Información personal y Esquivel (2015).

Para la propagación de los consorcios de HMA que se muestran en la tabla 3, se utilizaron bolsas polietileno de 1.5 kilogramos de capacidad, dichas bolsas fueron desinfectadas con clorox, seguidamente se colocaron las etiquetas y se llenaron con el sustrato esterilizado hasta la altura del tercio superior de la maceta, luego se aplicó 200 g de muestra de suelo que contenían los consorcios de HMA, seguidamente se añadió el sustrato suelo. Seguidamente se regaron con agua reposada y hervida a capacidad de campo. Posteriormente se realizó siembra asociada de las semillas de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y semillas de arveja variedad “usui” (*Pisum sativum*); ambas semillas fueron desinfectadas con clorox 2% por 2 minutos y constituyen como plantas trampa. Ver en la imagen anexo 4. Esta técnica de propagación de HMA, es utilizada por varios investigadores y es considerada válida por ser más económica (González y Carrillo, 2016; Martinez et al, 2009 y Hernández y Garcia, 2008). También Bárcena et al

(2011) y Shuab et al, (2014) indican que la propagación de HMA en sustrato suelo hasta el momento es válido porque es una técnica más viable y menos costosa.

Tabla 3 Tratamientos para la propagación de HMA en invernadero. Ayacucho 2017

Tratamientos (Código)	Consortio de HMA	Agroecosistemas
VAP1	Consortio de HMA	Laboratorio de Agrobiología EPA- UNSCH
Zm19	Consortio de HMA	Paquecc Huanta - Ayacucho
Zm20	Consortio de HMA	Villa Florida Iguain Huanta
Zm21	Consortio de HMA	Huamanguilla Huanta - Ayacucho
Zm22	Consortio de HMA	Socos Huamanga - Ayacucho
Zm23	Consortio de HMA	Macachacra Huanta
ZmM	Mezcla de consorcios HMA	Zm20 + Zm21 + Zm23
Zm	Testigo	Suelo testigo

Cada tratamiento con cinco repeticiones.

3.3.3. Variables evaluadas

Se evaluaron lo siguiente:

- Número de esporas por gramo de suelo
- Porcentaje de colonización
- Presencia de micelio
- Peso seco del follaje
- Longitud del follaje

3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Se empleó el diseño completamente randomizado, con ocho tratamientos y cinco repeticiones; siendo cuarenta unidades experimentales.

3.5. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

Población: Constituida por 40 unidades que contiene 240 plantas (6 plantas por maceta), 8 tratamientos y cada tratamiento con 5 repeticiones.

Muestra: Se evaluó 24 unidades experimentales, tomando 50 g de suelo + raíces.

Muestreo: El muestreo fue simple aleatorio.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La cuantificación de esporas se realiza utilizando el método de tamizado húmedo y decantación (Ferrera, 2003; Hernández, 2011).

VARIABLES INDEPENDIENTES (CAUSA)

Cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) y “arveja” (*Pisum sativum*).

(Peso del follaje y las raíces)

TÉCNICA

Observación asistida

Medición de peso del follaje y raíces

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Balanza eléctrica de precisión modelo: MW503. Pantalla LCD con retroiluminación y contraste ajustable. Unidad de medida seleccionable. Rango 500; resolución 0.001. Linealidad +/- 0.002.

PROCEDIMIENTO

Luego de tres meses de inoculación se procedió a cortar el follaje de la planta desde el cuello y se colocaron en la estufa a 60°C para obtener materia seca, cuyos resultados se registraron en una ficha y considerando tres decimales en g.

Posteriormente se han extraído todas las raíces sobre un tamiz a fin de no perder; finalmente se procedió a lavar y procesar para determinar el % de

colonización.

Variable dependiente (efecto)

- Consorcio de HMA VAP1
- Consorcio HMA - Paquecc
- Consorcio HMA - Macachacra
- Consorcio HMA - Huamanguilla
- Consorcio HMA - Socos
- Consorcio HMA – Vinchos
- % de colonización arbúscular

TÉCNICA

- El número de Esporas de HMA, se realizó empleando la técnica de Brundett et al. 1996 Gerderman.
- El porcentaje de colonización arbuscular y visicular, se obtuvo empleando la técnica de Phillips y Hayman.

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

- Balanza eléctrica de precisión modelo: MW503. Pantalla LCD con retroiluminación y contraste ajustable. Unidad de medida seleccionable. Rango 500; resolución 0.001. Linialidad +/- 0.002.
- Tamices: Con apertura de malla de 250, 106 y 45 μm .
- Estereoscopio eléctrico binocular: Marca euromex. Modelo Nexiuszoom; con aumentos: 0.67x a 4.5x. Oculares: WF 20x/22. Objetivos: zoom 1:6:7
- Reactivos: KOH 10%, HCl 0.1 N, Azul de tripán en ácido láctico.
- Baño maría: Capacidad de 7 litros, rango de ajuste de 10°C a 95°C. Digita temperatura con una resolución de 0,1°C. Calentamiento de tres lados que proporciona una homogeneidad óptima de la temperatura.
- Láminas porta y cubre objetos.

PROCEDIMIENTO

Evaluación del número de esporas por gramo de suelo (inóculo)

- Se ha pesado 10 g de una submuestra de suelo tamizado de la rizósfera; de macetas cosechas; seguidamente se colocaron en vaso precipitado de un litro de capacidad y se ha añadido agua hasta completar a un litro. Agitando con varilla de vidrio tres veces. Se decantó sobre los tamices lavando con agua de caño. Se repite por tres veces.
- En tubos de prueba se colocaron soluciones de sacarosa de 20 y 60%, a dichas soluciones se colocaron cada una de las muestras del tamiz de 45 μ de apertura de malla y se centrifugaron a 2500 rpm por tres minutos.
- Se decantó el sobrenadante sobre los tamices y se procedió a lavar.
- La muestra se transfirió a un tubo de centrifugación, dicha suspensión se completó a 10 ml a partir de ella se tomaron 4 muestras, cada muestra de 1 ml, las cuales se colocaron sobre la luna de reloj, a fin de realizar el conteo solo de esporas viables en un estereoscopio eléctrico binocular a 10x4. Luego se obtuvo el número de esporas por g de inóculo.

Evaluación del porcentaje de colonización

- Luego de la cosecha se obtuvo las raicillas de plantas de cada maceta, colocando sobre placas petri numeradas según tratamientos, seguidamente se procedió a lavar y se colocaron a tubos de prueba para decolorar los pigmentos de las raicillas mediante álcali y acidificación.
- Sometiendo a baño maría a 70°C x 30 minutos con KOH. Se eliminó el KOH y se lavaron varias veces con agua. Seguidamente se añadió HCl 0.1N, se dejó por 5 minutos a temperatura ambiente. Se llevó a baño maría con 0.05% de azul de tripán en ácido láctico por 30 minutos. Concluida se quitó el exceso de azul de tripán y se guardó en ácido láctico hasta el momento de la observación en microscopio.

- Las raicillas teñidas se cortaron en trozos de 1 cm de longitud y se colocaron 10 trocitos de raicillas sobre las láminas porta objeto marcados con líneas horizontales y se procedió a realizar el conteo de las estructuras vesículo arbuscular en cada intersección.

3.7. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Los resultados obtenidos se anotaron en fichas por tratamientos, considerando todos los parámetros de evaluación.

Los datos digitados se guardaron en Excel 2003, para su análisis se empleó el programa estadístico InfoStat, con la que se obtuvo el ANOVA y la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 95%.

Además, se hizo el uso de la estadística descriptiva para presentar gráficos y tablas empleando el Programa de Minitab versión 17.

PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La obtención de datos se realizó, siguiendo la técnica, como se muestra en la siguiente imagen.

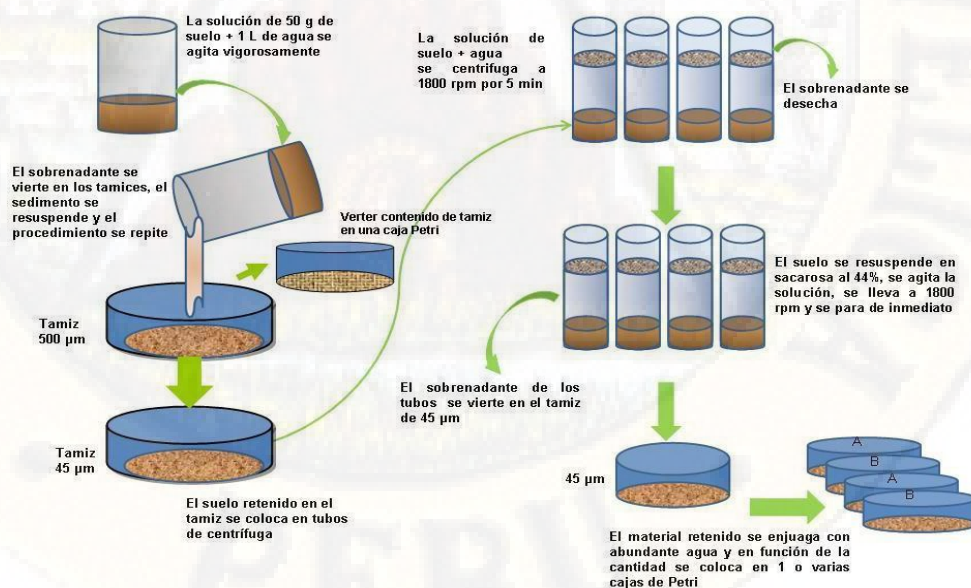


Imagen 3. Extracción por tamizado húmedo, decantación y centrifugación con agua y sacarosa (modificado de Brundett *et al* 1996).

Para la evaluación del porcentaje de colonización Arbuscular de los HMA se utilizó la técnica descrita por Seiverding³⁰.

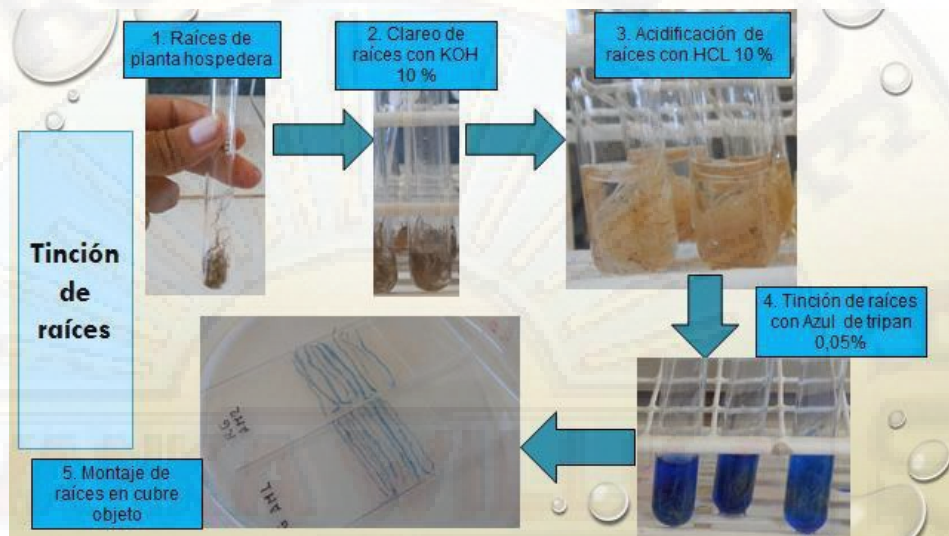


Imagen 4. Tinción de raíces para la determinación de % de colonización

3.8. DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA DE LA HIPÓTESIS

Hipótesis alterna:

Al menos uno de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares se propagan cuando son inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) variedad westerworld y “arveja (*Pisum sativum*)” variedad usui, en condiciones controladas en Ayacucho. Con un error de alfa = 0,05.

Hipótesis nula:

Ninguno de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares se propagan cuando son inoculados en cultivos asociados de “ray Grass” (*Lolium multiflorum*) variedad westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE DATOS

4.1.1. Número de esporas de hongos micorrizógenos arbusculares

Tabla 4 Análisis de Variancia del número de esporas de HMA (inóculo propagado en *P. sativum* + *L. multiflorum* en condiciones de invernadero. Ayacucho 2017

F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr > F
TRATAMIENTO	7	2,124.58	303.51	3.61	<0.0159*
Error	16	1,346.67	84.17		
Total	23	3,471.25			

La tabla 4, muestra el Análisis de Variancia del número de esporas de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA), que fueron propagados utilizando *Pisum sativum* (arveja) y *Lolium multiflorum* (ray grass) como plantas hospederas o plantas trampa; en condiciones de invernadero. Se observa que existe diferencia entre los tratamientos. Dicha diferencia se muestra en el gráfico 1.

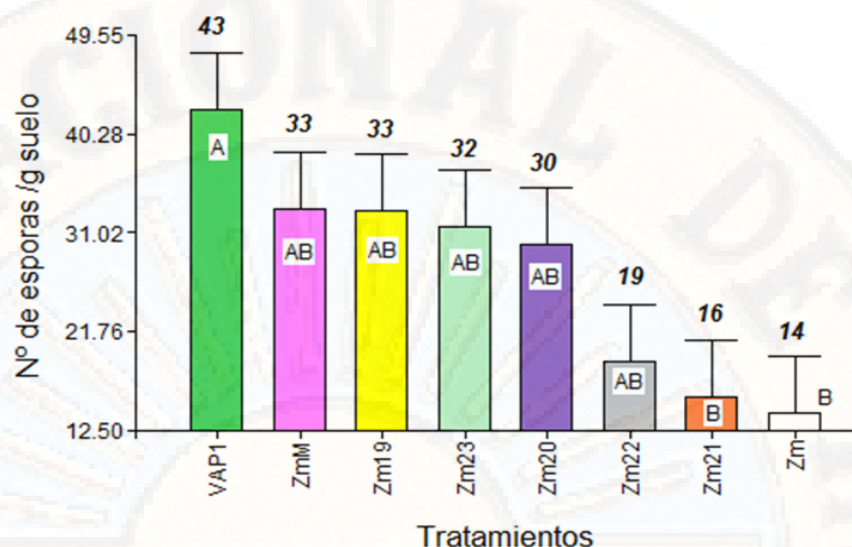


Gráfico 1. Número de esporas de HMA /g de suelo (inóculo propagado en *P. sativum* + *L. multiflorum*), en invernadero Ayacucho 2017.

Como se observa en el gráfico 1, el mayor número de esporas que se obtuvo fue el tratamiento VAP1 (consorcio de HMA del Laboratorio de Agrobiología UNSCH.) 43 esporas por gramo de suelo, que supera con significancia al resto de los tratamientos. Los tratamientos ZmM (mezcla de consorcio de HMA de Zm20+Zm21+Zm23) 33 esporas, Zm19 (consorcio de HMA de Paquecc) 33 esporas, Zm23 (consorcio de HMA de Macachacra) 32 esporas y Zm20 (consorcio de HMA de Villa Florida Macachacra) 30 esporas; los cuales no tienen diferencia entre ellos, sin embargo los tratamientos Zm21 (consorcio de HMA de Huamanguilla) 19 esporas y Zm Testigo) 14 esporas son inferiores al resto de los tratamientos. Las medias de los resultados se obtuvieron mediante la prueba de Tuckey.

4.1.2. Porcentaje de colonización arbuscular

Tabla 5 Análisis del porcentaje de colonización Arbuscular, (inóculo propagado en *P. sativum* + *L. multiflorum*) en invernadero. Ayacucho 2017.

F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr > F
TRATAMIENTO	7	13,866.67	1,980.95	4.83	<0.0044*
Error	16	6,566.67	410.42		
Total	23	20,433.33			

En la tabla 5 se observa el Análisis de porcentaje de colonización Arbuscular del inóculo propagado en las plantas hospederas de *P. sativum* y *L. multiflorum*; en condiciones de invernadero. Se muestra que existe diferencia entre los tratamientos, la cual se observa en el siguiente gráfico 2.

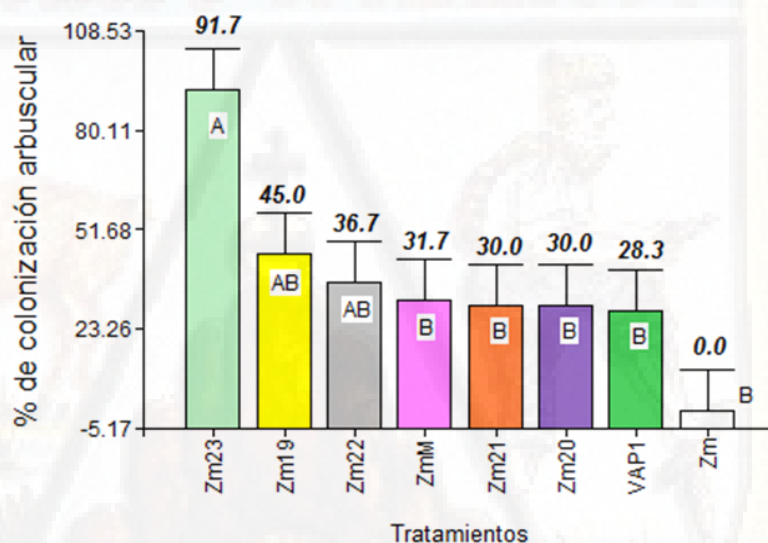


Gráfico 2. Porcentaje colonización Arbuscular (inóculo propagado en *P. sativum* + *L. multiflorum*), invernadero Ayacucho 2017.

En el gráfico 2, se observa las medias de porcentaje de colonización arbuscular (inóculo propagado en *P. sativum* + *L. multiflorum*) en condiciones de invernadero; obtenidas mediante la prueba de Tukey. Se demostró que la media mayor del porcentaje de colonización Arbuscular es el tratamiento Zm23 (que corresponde al consorcio de HMA de la localidad de Macachacra Iguain) tiene mayor porcentaje de colonización arbuscular 91.7%

con significancia; seguido de los tratamientos Zm19 (consorcios de HMA de Paquecc) 45% y Zm22 (consorcio de HMA de Socos) 36.7%, con diferencia estadística frente al resto de los tratamientos.

4.1.3. Porcentaje de colonización vesicular

Tabla 6: Análisis del porcentaje de colonización vesicular, (inóculo propagado en *P. sativum* + *L. multiflorum*) en condiciones de invernadero. Ayacucho 2017.

F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr > F
TRATAMIENTO	7	9,716.67	1,388.10	6.90	<0.0007*
Error	16	3,216.67	201.04		
Total	23	12,933.33			

En la tabla 6, se observa el Análisis de Variancia de la colonización vesicular de HMA, propagados en *P. sativum* y *L. multiflorum*, en condiciones de invernadero. Se muestra que existe diferencia estadística entre los tratamientos.

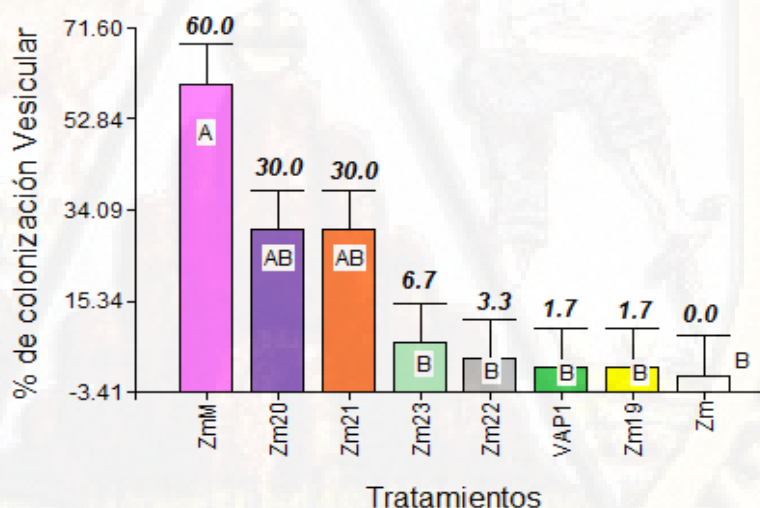


Gráfico 3. Porcentaje colonización vesicular (inóculo propagado en *P. sativum* + *L. multiflorum*), invernadero Ayacucho 2017.

En el gráfico 3, se observa las medias de porcentaje de colonización vesicular (inóculo propagado en *P. sativum* + *L. multiflorum*) en condiciones de invernadero; obtenidas mediante la prueba de Tuckey. Se demostró que la media mayor del porcentaje de colonización vesicular es el tratamiento ZmM

(corresponde a la mezcla de consorcios de HMA Zm20+Zm21+Zm23) tiene 60.0% de colonización con significancia; seguido de los tratamientos Zm20 (consorcios de HMA de Villa Florida) 30% y Zm21 (consorcio de HMA de Huamanguilla) 30.0%, con diferencia estadística frente al resto de los tratamientos.

4.1.4. Presencia de micelio

Tabla 7: Análisis del porcentaje de colonización de micelio, (inóculo propagado en *P. sativum* + *L. multiflorum*) en condiciones de invernadero. Ayacucho 2017.

F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr > F
TRATAMIENTO	7	6,057.29	865.33	12.22	<0.0001**
Error	16	1,133.33	70.83		
Total	23	7,190.63			

En la tabla 7 se muestra que existe una diferencia estadística altamente significativa entre algunos de los tratamientos.

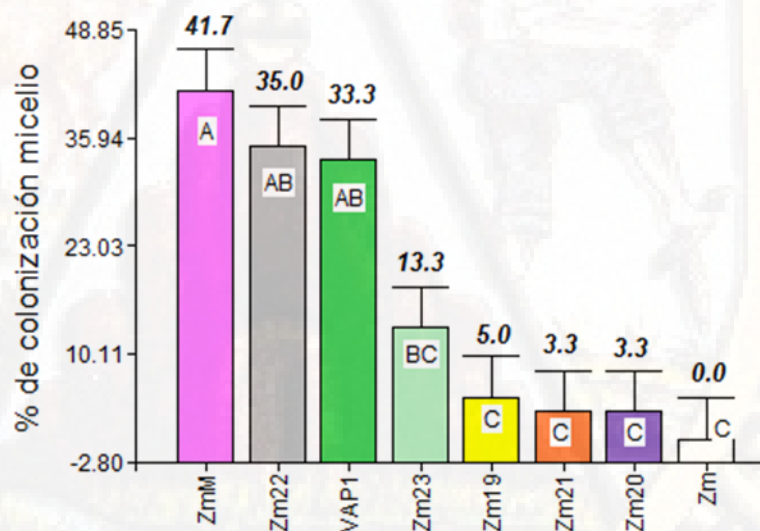


Gráfico 4. Porcentaje colonización micelio (inóculo propagado en *P. sativum* + *L. multiflorum*), invernadero Ayacucho 2017

En el gráfico 4, se observa las medias del porcentaje de colonización de micelio de los HMA, obtenidas mediante la prueba de Tuckey. Se demostró que la media mayor del porcentaje de colonización corresponde al

tratamiento ZmM, (mezcla de los consorcios de HMA (Zm20 + Zm 21 + Zm23) con 41.7% de micelio, seguido del tratamiento Zm22 (consorcio de HMA de Socos) 35% y VAP1 (consorcio de HMA del laboratorio) 33.3%.

4.1.5. Peso seco de follaje de *P. sativum* + *L. multiflorum* en condiciones de invernadero. Ayacucho 2017.

Tabla 8: Análisis de Variancia del peso seco follaje de *P. sativum* + *L. multiflorum* en condiciones de invernadero. Ayacucho 2017.

F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr > F
TRATAMIENTO	7	58.20	8.33	2.33	<0.0485NS
Error	16	114.33	3.57		
Total	23				

CV 13.04

En la tabla 8 se muestra el Análisis de Variancia del peso seco del follaje de *P. sativum* + *L. multiflorum*. Consideradas como plantas trampa a fin de propagar los diferentes consorcios de HMA

Se observa que no existe diferencia estadística entre los tratamientos y tiene un coeficiente de variabilidad de 13.04%, que se considera aceptable para la condición de invernadero. Si bien el ANVA muestra que no existe diferencia entre los tratamientos, sin embargo numéricamente todos los tratamientos micorrizados con los diferentes consorcios de HMA, son superiores al testigo como se muestra en el anexo tabla 01; donse se muestra que los tratamientos Zm23, Zm19, VAP1, Zm20 tienen 16.01, 15.63, 15.51 y 15.37 g de peso seco por maceta respectivamente, que son superiores a comparación del testigo sin micorrizar que tiene 12.95 g por maceta, que es el más bajo de todos los tratamientos.

4.1.6. Longitud follaje *Pisum sativum* (arveja)

Tabla 9 Análisis de Variancia de la longitud aérea de *P. sativum* en condiciones de invernadero. Ayacucho 2017.

F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr > F
TRATAMIENTO	7	2,124.70	303.53		<0.0078
Error	16	2,851.20	89.10		
Total	23	4,975.90			

CV 13.97

En la tabla 9 se muestra el Análisis de Variancia de la longitud del follaje de *P. sativum*, empleada como planta trampa a fin de propagar los diferentes consorcios de HMA.

Se observa que existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos y tiene un coeficiente de variabilidad de 13.97, que se considera aceptable para la condición de invernadero.

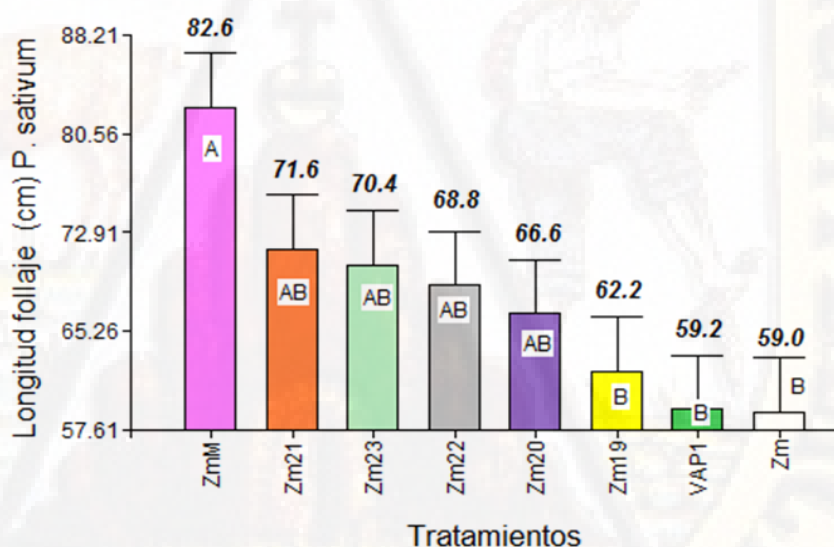


Gráfico 5. Longitud aérea de *P. sativum* en condiciones de invernadero. Ayacucho 2017.

En el gráfico 5, se observa las medias de la longitud de la parte aérea de *P. sativum*, conducidas en condiciones de invernadero, de los HMA, obtenidas mediante la prueba de Tukey. Se demostró que la media mayor de la longitud aérea corresponde al tratamiento ZmM, (mezcla de los consorcios de HMA

Zm20 + Zm 21 + Zm23) con 82.6 cm, seguido de los tratamientos Zm21 (consorcio de HMA de Huamanguilla) 71.6 cm, Zm23 (consorcio de HMA de Macachacra) 70.4 cm, Zm22 (consorcio de HMA de Socos) 68.8 y Zm20 (consorcio de HMA Villa Florida Macachacra) 66.6 cm que superan con significancia al resto de los tratamientos incluido al testigo.

4.1.7. Longitud aérea de *Lolium multiflorum* (ray grass)

Tabla 10 Análisis de Variancia de la longitud aérea de *L.multiflorum* en condiciones de invernadero. Ayacucho 2017.

F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr > F
TRATAMIENTO	7	345.98	49.43		<0.0449NS
Error	16	666.00	20.81		
Total	23	1,011.98			

CV 17.87

La tabla 10 muestra el Análisis de Variancia de la longitud del follaje de *L. multiflorum*, empleada como planta trampa con fines de propagar los diferentes consorcios de HMA.

Se observa que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos y tiene un coeficiente de variabilidad de 17.87, que se considera aceptable para la condición de invernadero.

4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la tabla 4 y el gráfico 1 se observan el Análisis de Variancia del número de esporas de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA), que fueron propagados utilizando como plantas hospederas o trampa *Pisum sativum* (arveja) y *Lolium multiflorum* (ray grass); en condiciones de invernadero.

En el ANVA se observa que existe diferencia entre los tratamientos, dichas diferencias se muestran en el gráfico 1, observándose que el mayor número de esporas que se obtuvo fue con el tratamiento VAP1 (consorcio de HMA del Laboratorio de Agrobiología UNSCH.) 43 esporas por gramo de suelo que supera con significancia al resto de los tratamientos. Los tratamientos

ZmM (mezcla de consorcio de HMA de Zm20+Zm21+Zm23) 33 esporas, Zm19 (consorcio de HMA de Paquecc) 33 esporas, Zm23 (consorcio de HMA de Macachacra) 32 esporas y Zm20 (consorcio de HMA de Villa Florida Macachacra) 30 esporas; los cuales no tienen diferencia significativa entre los tratamientos; sin embargo, los tratamientos Zm21 (consorcio de HMA de Huamanguilla) 19 esporas y Zm Testigo) 14 esporas son inferiores a comparación al resto de los tratamientos. Estos resultados obtenidos concuerdan con los resultados obtenidos de varios investigadores como se mencionan a continuación.

Jimenez et al. (2014) obtuvieron 20 y 9 esporas de HMA *Gigaspora* por g de sustrato seco en 75 días de propagación, indican que el sustrato utilizado estimuló la esporulación temprana de la producción de esporas, porque *Gigaspora* requiere mayor tiempo para la esporulación. Mientras Santos et al citado por Jiménez (2014) obtuvieron 49 y 430 esporas por gramo de sustrato respectivamente después de 150 días, utilizaron una mezcla de suelo y arena (1:1 v/v) para propagar hongos de *Gi margarita* y *Rhizoplagus clarus* (antes *Glomus clarum*) con *Brachiara decumbens* como planta hospedera. También Esquivel y Gonzáles (2018), al realizar experimentos en condiciones de laboratorio sobre la propagación de las especies de hongos *Glomus geosporum* y *Glomus fasciculatum*; emplearon 1kg de suelo esterilizado utilizando como macetero bolsa de polietileno de 12 cm de diámetro; como sustrato 10 g de compost y 500 g de suelo esterilizado, sembraron semillas de arveja y ray grass independiente y previamente desinfectadas. La evaluación del número de esporas se realizó empleando la técnica descrita por Gerdemann y Nicolson (1963) y Daniels y Skipper (1962) modificado, citado por Hernández (2008). Obtuvieron 24 y 28 esporas/g de suelo, cuando se micorriza con *G. geosporum* y *G. fasciculatum* respectivamente; emplea como planta hospedera *L. multiflorum*; sin embargo, cuando utilizan como planta hospedera a *P. sativum* obtienen 19.3 esporas por g de suelo con la especie *G. fasciculatum* y 18.8 esporas por gramo de suelo, es decir es ligeramente menos que cuando se propagan en *P. sativum*.

Respecto al porcentaje de colonización Arbuscular, se visualiza en la tabla 5 sobre el Análisis de Varianza del inóculo propagados en las plantas hospederas de *P. sativum* y *L. multiflorum*; en codiciones de invernadero. Se muestra que existe diferencia entre los tratamientos, dicha diferencia se muestra en el gráfico 2, donde el tratamiento Zm23 que corresponde al consorcio de HMA del agroecosistema de la localidad de Macachacra del distrito de Iguain tiene mayor porcentaje de colonización arbuscular (91.7%), seguido de los consorcios de HMA Zm19 y Zm22, con diferencia estadística frente al resto de los tratamientos. En la tabla 6, se observa el Análisis de Varianza de la colonización vesicular de HMA, propagados en *P. sativum* y *L. multiflorum*, en condiciones de invernadero. Se muestra que existe diferencia estadística entre los tratamientos, dichas diferencias se detallan en el gráfico 3, demostrando que el tratamiento ZmM, que corresponde a la mezcla de los consorcios de HMA Zm20+Zm21+Zm23 tienen mayor porcentaje de colonización vesicular, seguido de los tratamientos Zm20 y Zm21. Dichos tratamientos superan estadísticamente al resto de los tratamientos o consorcios de HMA. Estos resultados tienen cierta similitud con los resultados obtenidos por Tufiño et al, (2011) quienes usaron especies de HMA nativos en camas de propagación, utilizando una mezcla de 50% de inóculo, 20% de turba y 30% de suelo franco arenoso esterilizado con agua hirviendo. Utilizaron semillas de las especies de *Brachiaria toledo* y *Brachiaria decumbens*, cuyo tiempo de propagación fue de tres meses a 200 días. Obtuvieron como resultados 36.6 esporas/ g de suelo y 77% de colonización y concluyen que la técnica empleada proporciona un inóculo efectivo para su utilización.

También Esquivel y Gonzáles (2018), obtuvieron 50% de colonización Arbuscular con la cepa *G. fasciculatum* y 6% con la cepa *G. geosporum*, cuando emplean como hospedero *L. multiflorum*. Sin embargo, cuando utilizan como planta hospedera *P. sativum* obtienen 36% de colonización vesicular con la cepa *G. geosporum* y 27% de colonización vesicular con la cepa *G. fasciculatum*. Mientras Gutierrez y Esquivel (2016), realizaron la

propagación de *Glomus sp* en tres tipos de sustratos: sustrato A = 3 de tierra agrícola + 3 de arena de río + 2 de tierra negra, sustrato B = 1 de tierra negra + 1 de compost y sustrato C = tierra sin cultivar o tierra virgen. Como resultado obtuvieron en el hospedero maíz entre 40 a 30% de colonización; en *L. multiflorum* 32.5 a 25.83% de colonización y en *Allium cepa* 30 a 15% de colonización. En cuanto al número de esporas reportan que en plantas de maíz obtienen entre 4483 - 1382 esporas por 100 gramos de suelo; en el hospedero *L. multiflorum* obtienen entre 2432 - 1508 esporas por gramo de suelo y en el hospedero *A. cepa* 1480 - 1382 esporas por 100 gramos de suelo. Concluyendo que hay un mayor porcentaje de colonización en los sustratos A y C (17,64 % y 17, 36 % respectivamente) y en plantas hospederas maíz y ray grass (18 % y 17 % de respectivamente). Encontraron un mayor número de esporas en el sustrato C (1610 esporas) y en las plantas hospederas maíz y ray grass (1633 y 1050 esporas respectivamente).

Respecto al porcentaje de colonización de micelio, en la tabla 6, se muestra que existe una diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos. Esta diferencia se observa en el gráfico 4, se muestra las medias del porcentaje de colonización de micelio de los HMA, obtenidas mediante la prueba de Tuckey. Se demostró que la media mayor del porcentaje de colonización corresponde al tratamiento ZmM (mezcla de los consorcios de HMA Zm20 + Zm 21 + Zm23) con 41.7% de micelio, seguido del tratamiento Zm22 (consorcio de HMA de Socos) 35% y VAP1 (consorcio de HMA del laboratorio) 33.3%. Resultados que se asemejan a los estudios realizados por Gutierrez y Esquivel (2016), como también Aguilar et al, (2016) obtuvieron 25% de colonización cuando inocularon con suelo y raíces, 75% cuando inocularon con esporas de HMA.

En la tabla 8 se muestra el Análisis de Varianza del peso seco del follaje de *P. sativum* + *L. multiflorum*. Consideradas como plantas trampa a fin de propagar los diferentes consorcios de HMA.

Se observa que no existe diferencia estadística entre los tratamientos y tiene

un coeficiente de variabilidad de 13.04%, que se considera aceptable para la condición de invernadero. Si bien el ANVA muestra que no existe diferencia entre los tratamientos sin embargo numéricamente todos los tratamientos micorrizados con los diferentes consorcios de HMA, son superiores al testigo como se muestra en el anexo tabla 01; donde se observa que los tratamientos Zm23, Zm19, VAP1, Zm20 tienen 16.01, 15.63, 15.51 y 15.37 g de peso seco por maceta respectivamente, que son superiores a comparación del testigo sin micorrizar que tiene 12.95 g por maceta, que es el más bajo de todos los tratamientos. Estos resultados son ligeramente superiores a los resultados obtenidos por Esquivel y Gonzáles (2018), y Gutierrez y Esquivel (2016), quienes obtienen pesos menores a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación. Se debe destacar que los tratamientos que presentan mayor peso seco del follaje se destacan en tener mayor número de esporas por gramo de suelo.

El Análisis de Variancia de la longitud del follaje de *P. sativum*, empleada como planta trampa a fin de propagar los diferentes consorcios de HMA, se muestra en la tabla 9, mostrando que existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos y tiene un coeficiente de variabilidad de 13.97, que se considera aceptable para la condición de invernadero. Se observa en el gráfico 5, las medias de la longitud de la parte aérea de *P. sativum*, experimento conducidas en condiciones de invernadero, las medias fueron obtenidas mediante la prueba de Tukey. Se demuestra que la media mayor de la longitud aérea corresponde al tratamiento ZmM, (mezcla de los consorcios de HMA Zm20 + Zm 21 + Zm23) con 82.6 cm que supera con significancia al resto de los tratamientos. Los tratamientos Zm21 (consorcio de HMA de Huamanguilla) 71.6 cm, Zm23 (consorcio de HMA de Macachacra) 70.4 cm, Zm22 (consorcio de HMA de Socos) 68.8 y Zm20 (consorcio de HMA Villa Florida) 66.6 cm son similares entre ellos; mientras los tratamientos Zm19, VAP1 y Zm (testigo) tienen 62.2, 59.2 y 59.0 cm respectivamente, estadísticamente son similares al testigo Zm, pero numéricamente son ligeramente superiores.

La tabla 10 muestra el Análisis de Variancia de la longitud del follaje de *L. multiflorum*, empleada como planta trampa con fines de propagar los diferentes consorcios de HMA. Se observa que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos y tiene un coeficiente de variabilidad de 17.87, que se considera aceptable para la condición de invernadero. Si bien el ANVA no muestra diferencia entre los tratamientos, sin embargo, todos los tratamientos que fueron micorrizados con los consorcios de HMA son superiores numéricamente frente al testigo sin HMA que alcanza solo 22.80 cm a excepción del tratamiento VAP1 que tuvo 21.80 cm de longitud, como se observa en la tabla 02 del anexo. Estos resultados son similares, hasta superiores, a los resultados obtenidos por Yeng et al, (2012) y Esquivel y Gonzáles (2018) quienes obtienen en *L. multiflorum* solo hasta un promedio de 6 cm de longitud del follaje o aérea.

Como resumen de los diferentes parámetros estudiados en la primera etapa de investigación, con fines de demostrar la propagación de los consorcios de HMA obtenidos de cinco agroecosistemas y los HMA codificado con VAP1 que corresponde a los consorcios de HMA de laboratorio de Agrobiología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; se muestra la tabla 3 en el anexo; mediante dicho resumen, se concluye que los consorcios de HMA que presentan mejores características en función del número de espora, porcentaje de colonización, peso seco follaje y longitud de las plantas hospedadas se consideraron como consorcios de HMA aceptables para la aplicación a nivel de campo en la segunda etapa del presente trabajo de investigación; a los consorcios de HMA: Zm23 (consorcio de HMA de los agroecosistemas de Macachacra), VAP1 (consorcio de HMA del laboratorio de Agrobiología UNSCH), Zm19 (consorcio de HMA del agroecosistema de Paquecc) y ZmM (mezcla de Zm20+Zm21+Zm23). Dichos consorcios de HMA, fueron seleccionados en función al análisis minucioso, sumatorio de valores según los valores de resultados comparativos de la tabla anexo 3.

4.3. PROCESO DE PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.3.1. Determinar la propagación de los consorcios VAP1 de HMA al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) variedad westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.

a) Para determinar se planteó la siguiente hipótesis

Hipótesis nula (Ho). Los consorcios VAP1 de hongos micorrizógenos arbusculares no se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.

Hipótesis alterna (Ha). Los consorcios VAP1 de hongos micorrizógenos arbusculares se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.

b) Estadística de prueba Se realizó ANVA y la prueba de Tuckey

Tabla 11 Resumen de la propagación de VAP1 en *P. sativum* + *L. multiflorum*

Variables evaluadas	Medias	Prueba de Tuckey
Nº de esporas/ g de suelo	43.0	A
% colonización arbuscular	28.3	B
% colonización vesicular	1.7	B
% colonización micelio	33.3	AB
Peso seco follaje/maceta (g) media	15.5	A
Longitud follaje <i>P. sativum</i> (cm)	59.2	B
Longitud follaje <i>L. multiflorum</i> (cm) media	21.8	A

Por los valores ocupa el segundo lugar en la propagación de HMA

c) **Toma de decisiones,** Por demostrar que se logró la propagación de los consorcios VAP1 en los cultivos asociados de especies de HMA “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho. Se acepta la hipótesis alterna.

4.3.2. Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Paquecc (**codificado como Zm19**), al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) variedad westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.

a) Para determinar se planteó la siguiente hipótesis

Hipótesis nula (Ho). Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Paquecc (**codificado como Zm19**), no se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) variedad westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.

Hipótesis alterna (Ha). Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Paquecc (**codificado como Zm19**), se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) variedad westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.

b) Estadística de prueba Se realizó ANVA y la prueba de Tukey

Tabla 12 Resumen de la propagacion de consorcio HMA del agroecosistema Paquecc (Zm19) en *P. sativum* + *L. multiflorum*

Variables evaluadas	Medias	Prueba de Tuckey
Nº de esporas/ g de suelo	33	AB
% colonización arbuscular	45	AB
% colonización vesicular	1.7	B
% colonización micelio	5	C
Peso seco follaje/maceta (g) media	15.63	A
Longitud follaje <i>P. sativum</i> (cm)	62.2	B
Longitud follaje <i>L. multiflorum</i> (cm) media	22.8	A

Por los valores ocupa el tercer lugar en la propagación de HMA

c) Toma de decisiones, Por demostrar que se logró la propagación de los consorcios de HMA del agroecosistema de Paquecc (Zm19) en los cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y

“arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho. Se acepta la hipótesis alterna.

- 4.3.3.** Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Macachacra (Zm23), al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) variedad westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.

a) Para determinar se planteó la siguiente hipótesis

Hipótesis nula (Ho). Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Macachacra (**codificado como Zm23**), no se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) variedad westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.

Hipótesis alterna (Ha). Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Macachacra (**codificado como Zm23**), se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) variedad westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.

b) Estadística de prueba Se realizó ANVA y la prueba de Tuckey

Tabla 13: Resumen de la propagacion de consorcio HMA del agroecosistema Macachacra (Zm23) en *P. sativum* + *L. multiflorum*

Variables evaluadas	Medias	Prueba de Tuckey
Nº de esporas/ g de suelo	32	AB
% colonización arbuscular	91.7	A
% colonización vesicular	6.7	B
% colonización micelio	13.3	BC
Peso seco follaje/maceta (g) media	16.01	A
Longitud follaje <i>P. sativum</i> (cm)	70.4	AB
Longitud follaje <i>L. multiflorum</i> (cm) me	24.4	A

Por los valores ocupa primer lugar en la propagación de HMA

c) **Toma de decisiones**, se logró la propagación de los consorcios de HMA del agroecosistema de Macachacra (Zm23) en los cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho. Se acepta la hipótesis alterna.

4.3.4. Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Huamanguilla (**codificado Zm21**), al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) variedad westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.

a) **Para determinar se planteó la siguiente hipótesis**

Hipótesis nula (Ho). Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Huamanguilla (**codificado Zm21**) no se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.

Hipótesis alterna (Ha). Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Huamanguilla (**codificado Zm21**) se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.

b) **Estadística de prueba** Se realizó ANVA y la prueba de Tuckey

Tabla 14 Resumen de la propagación de consorcio HMA del agroecosistema Huamanguilla (Zm21) en *P. sativum* + *L. multiflorum*

Variables evaluadas	Medias	Prueba de Tuckey
Nº de esporas/ g de suelo	16.00	B
% colonización arbuscular	30.00	B
% colonización vesicular	30.00	AB
% colonización micelio	3.30	C
Peso seco follaje/maceta (g) media	14.23	A
Longitud follaje <i>P. sativum</i> (cm)	71.60	AB
Longitud follaje <i>L. multiflorum</i> (cm) media	30.80	A

Por los valores ocupa el sexto lugar en la propagación de HMA

c) **Toma de decisiones**, se logra la propagación de los consorcios de HMA del agroecosistema de Huamanguilla (**codificado Zm21**) en los cultivos asociados de especies de HMA “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho. Se acepta la hipótesis alterna, sin embargo no se considera óptimo para uso en campo por tener valores menores en los diferentes parámetros evaluados a comparación de otros tratamientos.

4.3.5. Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Socos (**codificado Zm22**), al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) variedad westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.

a) **Para determinar se planteó la siguiente hipótesis**

Hipótesis nula (Ho). Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Socos (**codificado Zm22**), no se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.

Hipótesis alterna (Ha). Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema Socos (**codificado Zm22**), se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.

b) **Estadística de prueba** Se realizó ANVA y la prueba de Tukey

Tabla 15 Resumen de la propagación de consorcio HMA del agroecosistema Socos (Zm22) en *P. sativum* + *L. multiflorum*

Variables evaluadas	Medias	Prueba de Tuckey
Nº de esporas/ g de suelo	19.00	AB
% colonización arbuscular	36.70	AB
% colonización vesicular	3.30	B
% colonización micelio	35.00	AB
Peso seco follaje/maceta (g) media	13.24	A
Longitud follaje <i>P. sativum</i> (cm)	68.80	AB
Longitud follaje <i>L. multiflorum</i> (cm) media	26.40	A

Por los valores ocupa el séptimo lugar en la propagación de HMA

- c) **Toma de decisiones**, Se logró la propagación de los consorcios de HMA del agroecosistema de Socos (Zm22) en los cultivos asociados de especies de HMA “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho. Se acepta la hipótesis alterna, sin embargo no se considera para la aplicación en campo porque existen otros HMA que tienen mayor valor de los diferentes parámetros, mientras estos consorcios de HMA, ocupó el séptimo lugar.

4.3.6. Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Villa Florida – Iguain (**Zm20**), al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.

a) Para determinar se planteó la siguiente hipótesis

Hipótesis nula (Ho). Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Villa Florida – Iguain (**Zm20**), no se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.

Hipótesis alterna (Ha). Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Villa Florida – Iguain (**Zm20**) se

propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.

b) Estadística de prueba se realizó ANVA y la prueba de Tukey

Tabla 16 Resumen de la propagación de consorcio HMA del agroecosistema Villa Florida (Zm20) en *P. sativum* + *L. multiflorum*

Variables evaluadas	Medias	Prueba de Tuckey
Nº de esporas/ g de suelo	30.00	AB
% colonización arbuscular	30.00	B
% colonización vesicular	30.00	AB
% colonización micelio	3.30	C
Peso seco follaje/maceta (g) media	15.37	A
Longitud follaje <i>P. sativum</i> (cm)	66.60	AB
Longitud follaje <i>L. multiflorum</i> (cm) media	26.60	A

Por los valores ocupa el quinto lugar en la propagación de HMA

c) Toma de decisiones, Por demostrar que se logró la propagación de los consorcios de HMA del agroecosistema de Villa Florida – Iguain (**Zm20**) en los cultivos asociados de especies de HMA “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho. Se acepta la hipótesis alterna; sin embargo, no se considera para la aplicación en campo por tener valores menores que los otros HMA, así como porque ocupa el quinto lugar en el orden de mérito.

4.3.7. Evaluar la propagación de los consorcios de HMA mezcla **ZmM** ($Zm20 + Zm21 + Zm23$) de diferentes agroecosistemas, al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.

a) Para determinar se planteó la siguiente hipótesis

Hipótesis nula (H_0). Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares mezcla ZmM ($Zm20+Zm21+Zm23$) de diferentes agroecosistemas no se

propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.

Hipótesis alterna (Ha) Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares mezcla **Z m M** (Z m 2 0 + Z m 2 1 + Z m 2 3) de diferentes agroecosistemas se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.

b) Estadística de prueba Se realizó ANVA y la prueba de Tukey

Tabla 17 Resumen de la propagación de consorcio HMA mezcla ZmM (Zm20+Zm21+Zm23) de diferentes agroecosistemas en *P. sativum* + *L. multiflorum*

Variables evaluadas	Medias	Prueba de Tuckey
Nº de esporas/ g de suelo	33.0	AB
% colonización arbuscular	31.7	B
% colonización vesicular	60.0	A
% colonización micelio	41.7	A
Peso seco follaje/maceta (g) media	13.0	A
Longitud follaje <i>P. sativum</i> (cm)	82.6	A
Longitud follaje <i>L. multiflorum</i> (cm) media	28.8	A

Por los valores ocupa el cuarto lugar en la propagación de HMA

c) Toma de decisiones, se demostró la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares mezcla **Z m M** (Z m 2 0 + Z m 2 1 + Z m 2 3) de diferentes agroecosistemas en los cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho. Se acepta la hipótesis alterna y es seleccionado para utilizar en la micorrización en campo, en vista que supera en valores a otros consorcios de HMA.

4.3.8. Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de suelo **testigo (Zm)** en cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) westerworld y “arveja” (*Pisum sativum*) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.

a) Para determinar se planteó la siguiente hipótesis

Hipótesis nula (Ho) Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de suelo **testigo (Zm)** no se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.

Hipótesis alterna (Ha) Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de suelo **testigo (Zm)** se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho.

b) Estadística de prueba Se realizó ANVA y la prueba de Tukey.

Tabla 18 Resumen de la propagación de consorcio de HMA de suelo testigo (Zm) en *P. sativum* + *L. multiflorum*

Variables evaluadas	Medias	Prueba de Tuckey
Nº de esporas/ g de suelo	14.00	B
% colonización arbuscular	0.00	B
% colonización vesicular	0.00	B
% colonización micelio	0.00	C
Peso seco follaje/maceta (g) media	12.95	A
Longitud follaje <i>P. sativum</i> (cm)	59.00	B
Longitud follaje <i>L. multiflorum</i> (cm) media	22.80	A

Por los valores ocupa el octavo o el último lugar en la propagación de HMA

c) **Toma de decisiones**, No se logró la propagación de los consorcios de HMA de suelo **testigo (Zm)** a excepción de esporas pero en menor número y no tuvo colonización Arbuscular, vesicular ni micelio, en los cultivos asociados de especies de HMA “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y “arveja” variedad usui (*Pisum sativum*) en condiciones controladas en Ayacucho. Se rechaza la hipótesis alterna. Es el que ocupa el último lugar en orden de mérito.

CONCLUSIONES

Considerando los resultados obtenidos se concluye.

1. Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) de los agroecosistemas de Macachacra (Zm23), laboratorio de Agrobiología – UNSCH (VAP1), Paquecc (Zm19) y mezcla (ZmM=Zm20+Zm21+Zm23), se propagan en los cultivos asociados de *P. sativum* + *L. multiflorum*, produciendo entre 32 a 43 esporas/ g de suelo y 15 a 35% de colonización.
2. Los consorcios de HMA de los agroecosistemas de Villa Florida Iguain (Zm20), Huamanguilla (Zm21) y de Socos (Zm22) también se propagan en los cultivos asociados de *P. sativum* + *L. multiflorum*, pero tiene menor significancia a comparación de los consorcios de HMA Zm23, VAP1, Zm19 y mezcla (ZmM) a excepción de la longitud y peso seco de follaje.
3. Se logra demostrar la hipótesis alterna porque los consorcios de HMA de los seis agroecosistemas y HMA del laboratorio de Agrobiología se propagan, colonizan e incrementan la biomasa del cultivo asociado *P. sativum* + *L. multiflorum* en condiciones de invernadero.
4. Se demuestra que el tratamiento testigo (Zm) no coloniza y tiene menor peso seco del follaje frente al resto de los tratamientos aplicados con los consorcios de HMA; demostrándose la hipótesis nula.
5. El consorcio VAP1 corresponde a las especies de *Claroideoglossum luteum* y *Funneliformis geosporum*; el consorcio Macachacra (Zm23), a las especies de *Gigaspora* sp, *Claroideoglossum etunicatum* y *Sclerocystis* sp; el consorcio de Paquecc (Zm19), a las especies de *Entrophospora infrequens*, *Claroideoglossum claroideo* y *Glomus microaggregatum*; el consorcio de Villa Florida Iguain (Zm20), a las especies de *Funneliformis geosporum*, *Glomus* sp, y

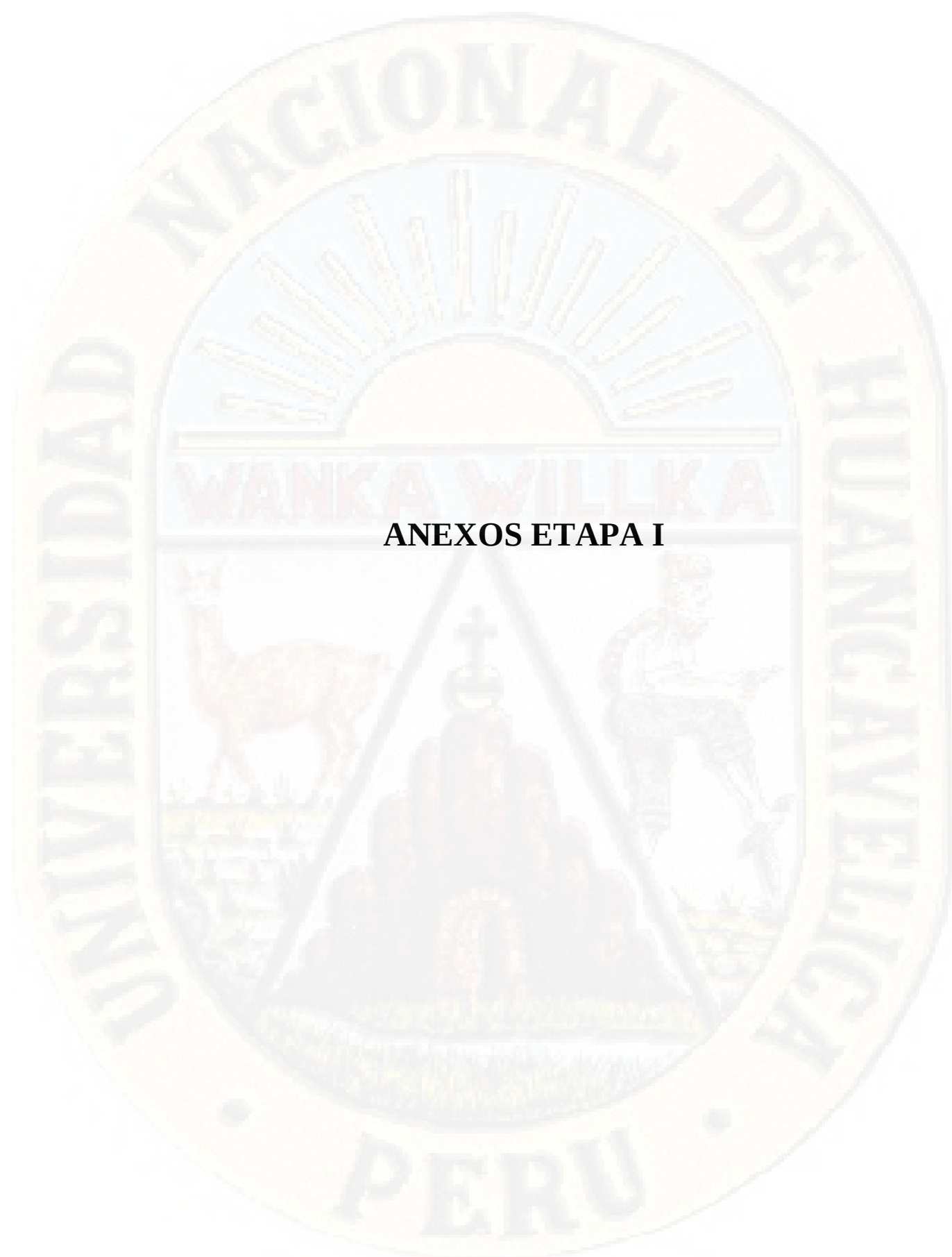
Claroideoglossus etunicatus; y el consorcio de Huamanguilla (Zm21), a las especies *Funneliformis geosporum*, *Sclerocystis sp* y *Claroideoglossus sp*.

6. Por los valores aceptables del número de esporas, porcentaje de colonización y peso seco del follaje se considera a los HMA codificados Zm23, VAp1, Zm19 y ZmM, para la prueba a nivel de campo en la segunda etapa del presente trabajo de investigación.

RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos se sugiere lo siguiente:

1. Utilizar cultivos asociados de “ray grass” *Lolium. multiflorum* variedad westerworld y “arveja” *Pisum sativum*, variedad usui, como plantas hospederas para la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA).
2. Realizar otros experimentos de investigación a nivel de campo, micorrizando con los consorcios de HMA de los tratamientos Zm23 (*Gigaspora* + *C. etunicatum* + *Sclerocystis*), VAP1 (*C. luteum* + *F. geosporum*), Zm19 (*E. infrequens* + *C. cloroideo* + *G. microaggregatum*), Zm20 (*F. geosporum* + *Glomus* + *C. etunicatum*) y ZmM; (*Gigaspora* + *Claroideoglomus* + *Sclerocystis* + *Funneliformis* + *Glomus*).



ANEXOS ETAPA I

ANEXO MATRIZ DE CONSISTENCIA ETAPA I
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA, ESCUELA DE POST GRADO

TITULO: Propagación de hongos micorrizógenos arbusculares nativos y su influencia en la producción de maíz amiláceo en Paquecc - Ayacucho.	Autora: Roberta ESQUIVEL QUISPE Asesor Dr. Gregorio José ARONE GASPAR
---	---

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
PROBLEMA GENERAL ¿Cuál de los consorcios VAP1 de hongos micorrizógenos arbusculares y los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de cinco agroecosistemas, se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (<i>Lolium multiflorum</i>) variedad westerworld y “arveja” (<i>Pisum sativum</i>) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho?	OBJETIVO GENERAL Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del laboratorio de Agrobiología (VAP1) y los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de cinco agroecosistemas y mezcla, al ser inoculados en los cultivos asociados de “ray grass” (<i>Lolium multiflorum</i>) variedad westerworld y “arveja” (<i>Pisum sativum</i>) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho	HIPÓTESIS GENERAL Los consorcios VAP1 de hongos micorrizógenos arbusculares y los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de cinco agroecosistemas, se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (<i>Lolium multiflorum</i>) y “arveja” variedad usui (<i>Pisum sativum</i>) en condiciones controladas en Ayacucho.	Variable independiente Cultivos asociados de “ray grass” (<i>Lolium multiflorum</i>) y “arveja” (<i>Pisum sativum</i>).	Indicador V. independiente: Peso seco del follaje Longitud del follaje.
PROBLEMA ESPECIFICO ¿Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del laboratorio de Agrobiología – UNSCH (VAP1) se propagarán al ser inoculados	OBJETIVO ESPECIFICO Determinar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del laboratorio de Agrobiología – UNSCH (VAP1) al ser	HIPÓTESIS ESPECÍFICO Los consorcios VAP1 de hongos micorrizógenos arbusculares del laboratorio de Agrobiología – UNSCHA (VAP1) propagan al ser	Variable dependiente Consortio VAP1 de HMA	Indicadores Variable dependiente Número de esporas

en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (<i>Lolium multiflorum</i>) y “arveja” variedad usui (<i>Pisum sativum</i>) en condiciones controladas en Ayacucho? ¿Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistemas de Paquecc (Zm19), se propagarán al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (<i>Lolium multiflorum</i>) y “arveja” variedad usui (<i>Pisum sativum</i>) en condiciones controladas en Ayacucho? ¿Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de agroecosistemas de Macachacra (Zm23), se propagarán al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (<i>Lolium multiflorum</i>) y “arveja” variedad usui (<i>Pisum sativum</i>) en condiciones controladas en Ayacucho? ¿Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de agroecosistemas de Huamanguilla	inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (<i>Lolium multiflorum</i>) variedad westerworld y “arveja” (<i>Pisum sativum</i>) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho. Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistemas de Paquecc (Zm19), al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (<i>Lolium multiflorum</i>) variedad westerworld y “arveja” (<i>Pisum sativum</i>) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho. Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistemas de Macachacra (Zm23), al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (<i>Lolium multiflorum</i>) variedad westerworld y “arveja” (<i>Pisum sativum</i>) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho. Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos	inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (<i>Lolium multiflorum</i>) y “arveja” variedad usui (<i>Pisum sativum</i>) en condiciones controladas en Ayacucho. Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistema de Paquecc (Zm19), se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (<i>Lolium multiflorum</i>) y “arveja” variedad usui (<i>Pisum sativum</i>) en condiciones controladas en Ayacucho. Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de agroecosistemas de Macachacra (Zm23), se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (<i>Lolium multiflorum</i>) y “arveja” variedad usui (<i>Pisum sativum</i>) en condiciones controladas en Ayacucho.	Consortio de HMA de Paquecc Consortio de HMA de Macachacra Consortio de HMA de Huamanguilla Consortio de HMA de Socos Consortio de HMA de V. Florida Consortio de HMA mezcla Consortio de HMA testigo	/ g de suelo. Cantidad de miscelio. Porcentaje de colonización arbuscular. Porcentaje de colonización vesicular.
--	---	--	--	--

(Zm21), se propagarán al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (<i>Lolium multiflorum</i>) y “arveja” variedad usui (<i>Pisum sativum</i>) en condiciones controladas en Ayacucho? ¿Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de agroecosistemas de Socos (Zm22), se propagarán al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (<i>Lolium multiflorum</i>) y “arveja” variedad usui (<i>Pisum sativum</i>) en condiciones controladas en Ayacucho? ¿Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de agroecosistemas de Villa Florida – Iguain (Zm20), se propagarán al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (<i>Lolium multiflorum</i>) y “arveja” variedad usui (<i>Pisum sativum</i>) en condiciones controladas en Ayacucho?	arbusculares del agroecosistemas de Huamanguilla (Zm21), al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (<i>Lolium multiflorum</i>) variedad westerworld y “arveja” (<i>Pisum sativum</i>) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho. Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistemas de Socos (Zm22), al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (<i>Lolium multiflorum</i>) variedad westerworld y “arveja” (<i>Pisum sativum</i>) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho. Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del agroecosistemas de Villa Florida Iguain (Zm20), al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (<i>Lolium multiflorum</i>) variedad westerworld y “arveja” (<i>Pisum sativum</i>) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.	Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de agroecosistemas de Huamanguilla (Zm21), se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (<i>Lolium multiflorum</i>) y “arveja” variedad usui (<i>Pisum sativum</i>) en condiciones controladas en Ayacucho. Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de agroecosistemas de Socos (Zm22), se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (<i>Lolium multiflorum</i>) y “arveja” variedad usui (<i>Pisum sativum</i>) en condiciones controladas en Ayacucho. Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de agroecosistemas de Villa Florida-Iguain, se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (<i>Lolium</i>		
---	--	---	--	--

¿Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares mezcla ZmM (Zm20+Zm21+Zm23) de diferentes agroecosistemas, se propagarán al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (Lolium multiflorum) y “arveja” variedad usui (Pisum sativum) en condiciones controladas en Ayacucho?	Evaluar la propagación de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de suelo testigo (Zm), al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” (Lolium multiflorum) variedad westerworld y “arveja” (Pisum sativum) variedad usui en condiciones controladas en Ayacucho.	<i>multiflorum</i>) y “arveja” variedad usui (<i>Pisum sativum</i>) en condiciones controladas en Ayacucho.		
¿Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de suelo testigo (Zm), se propagarán al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (Lolium multiflorum) y “arveja” variedad usui (Pisum sativum) en condiciones controladas en Ayacucho?		Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de suelo testigo (Zm), se propagan al ser inoculados en cultivos asociados de “ray grass” variedad westerworld (Lolium multiflorum) y “arveja” variedad usui (Pisum sativum) en condiciones controladas en Ayacucho.		

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

ANEXO FICHAS DE RECOLECCIÓN

FICHA 1 DE COLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO DE AGROECOSISTEMAS DE MAIZ

LUGAR: CCAYCCAPAMPA ANEXO CURIPATA PROVINCIA HUAMANGUILLA

Propietario	Bonifacio Oré Árias
Nombre del predio	Ccayccapampa
Altitud	3320 msnm
Estado del cultivo	Cosechado
Cultivo anterior	Maíz
Abonamiento	Fosfato diamónico 2 sacos de 50 k
Enfermedades	No utiliza plaguicidas

LUGAR: CCAYCCAPAMPA ANEXO CURIPATA PROVINCIA HUAMANGUILLA

Propietario	Paulina Pérez Valdivia
Nombre del predio	Ccayccapampa
Altitud	3320 msnm
Estado del cultivo	Cosechado
Cultivo anterior	Maíz, variedad almidón, morocho y cancha
Abonamiento	Guano de corral de vaca
Enfermedades	No utiliza plaguicidas

LUGAR: CCAYCCAPAMPA ANEXO CURIPATA PROVINCIA HUAMANGUILLA

Propietario	Moises Pérez Saccacu
Nombre del predio	Ccayccapampa
Altitud	3163 msnm
Estado del cultivo	Cosechado
Cultivo anterior	Cebolla
Abonamiento	Estiércol de col
Enfermedades	No utiliza plaguicidas

**FICHA 2 DE COLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO DE
AGROECOSISTEMAS DE MAIZ**

LUGAR: Iguain - Macachacra PROVINCIA HUANTA

Propietario	Pelagia Huaman de Pino
Nombre del predio	Iguain
Altitud	msnm
Estado del cultivo	Cosechado
Cultivo anterior	Maíz
Abonamiento	Guano de isla y gallinazo
Enfermedades	"Pukapunchu", garzu . Fumiga con legía

LUGAR: Iguain - Macachacra PROVINCIA HUANTA

Propietario	David Espinoza
Nombre del predio	Hospitalpampa
Altitud	3033 msnm
Estado del cultivo	Cosechado
Cultivo anterior	maíz, cambia cada dos años
Abonamiento	Guano de corral más guano de isla
Enfermedades	"Pukapunchu". No fumiga

LUGAR: Paquecc PROVINCIA HUANTA

Propietario	Benigno Gutierrez Quintero
Nombre del predio	Paccpa Urccu
Altitud	2,391 msnm
Estado del cultivo	Cosechado
Cultivo anterior	Hortalizas brócoli
Abonamiento	Bocachi un puñado por golpe
Enfermedades	Solución sulfocácica

FICHA 3 DE COLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO DE AGROECOSISTEMAS DE MAÍZ

LUGAR: Villa Florida - Macachacra PROVINCIA HUANTA	
Propietario	Maximiliano Quispe Nolzco
Nombre del predio	Permentina
Altitud	2899 msnm
Estado del cultivo	Cosechado
Cultivo anterior	maíz
Abonamiento	20/20 + guano de corral de burro y ovino
Enfermedades	Fumiga contra pucapunchu

LUGAR: Villa Florida - Macachacra PROVINCIA HUANTA	
Propietario	Delfina Delgadillo
Nombre del predio	Permentina
Altitud	2,899 msnm
Estado del cultivo	Cosechado
Cultivo anterior	siempre maíz
Abonamiento	Guano de corral
Enfermedades	No reporta

LUGAR: Villa Florida - Macachacra PROVINCIA HUANTA	
Propietario	Misael Muñoz Díaz
Nombre del predio	Parccay
Altitud	2,391 msnm
Estado del cultivo	En plena cosecha
Cultivo anterior	siempre maíz
Abonamiento	guano de corral de vacuno, ovino + urea
Enfermedades	"Puka punchu" y fumiga con insecticida

FICHA 4 COLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO DE AGROECOSISTEMAS DE MAÍZ

LUGAR: Socos - PROVINCIA HUAMANGA	
Propietario	Natividad Sicha de Pariona
Nombre del predio	Molleccasa - Yanayaku
Altitud	3285 msnm
Estado del cultivo	Cosechado
Cultivo anterior	Siempre maíz
Abonamiento	Guano de vacuno
Enfermedades	"Puka punchu" no fumiga

LUGAR: Socos - PROVINCIA HUAMANGA	
Propietario	Ignasio Quispe Janampa
Nombre del predio	Molleccasa
Altitud	3,255 msnm
Estado del cultivo	Cosechado
Cultivo anterior	Siempre maíz
Abonamiento	Guano de corral
Enfermedades	No reporta

ANEXO TABLAS ETAPA I

Anexo tabla 01 Peso seco de Follaje de *P. sativum* + *L. multiflorum* en invernadero Ayacucho 2017.

Tratamientos	Medias del peso seco follaje (g)
Zm23	16.01
Zm19	15.63
VAP1	15.51
Zm20	15.37
Zm21	14.23
Zm22	13.24
ZmM	13
Zm	12.95

Anexo tabla 02 Longitud del Follaje de *L. multiflorum* en invernadero Ayacucho 2017

Tratamientos	Medias de la longitud del follaje (cm)
Zm21	30.8
ZmM	28.6
Zm20	26.6
Zm22	26.4
Zm23	24.4
Zm19	22.8
Zm	22.8
VAP1	21.8

Anexo tabla 03 Resumen de la propagacion de hongos micorrizógenos arbusculares en *P. sativum* + *L. multiflorum* . Ayacucho 2017

TRATAMIENTOS	N° ESPORAS	% COLONIZACION			Peso seco follaje g	Longitud follaje (cm)	
		Arbuscular	Vesicular	Micelio		<i>P. sativum</i>	<i>L. multiflorum</i>
VAP1 Consorcio HMA Agrobiología - UNSCH	43A	28.3 B	1.7 B	33.3 AB	15.51	59.2 B	21.8
Zm19 Consorcio HMA Agroecosistema - Paquecc	33 AB	45 AB	1.7 B	5.0 C	15.63	62.2 B	22.8
Zm23 Consorcio HMA - Agroecosistema - Macachacra	32 AB	91.7 A	6.7 B	13.3 BC	16.01	70.4 AB	24.4
Zm21 Consorcio HMA Agroecosistema - Huamanguilla	16 B	30.0 B	30.0 AB	3.3 C	14.23	71.6 AB	30.8
Zm22 Consorcio HMA Agroecosistema - Socos	19 AB	36.7 AB	3.3 B	35.0 AB	13.24	68.8 AB	26.4
Zm20 Consorcio HMA Agroecosistema - Villa Florida Iguain	30 AB	30.0 B	30.0 AB	3.3 C	15.37	66.6 AB	26.6
ZmM Consorcio HMA Agroecosistema - Mezcla (Zm20+ Zm23)	33 AB	31.7 B	60.0 A	41.7 A	13	82.6 A	28.6
Zm (testigo) = control	14 B	0.0 B	0.0 B	0.0 C	12.95	59.0 B	22.8

ANEXO IMÁGENES (FOTOS)



Anexo imagen 1: muestras de suelo de diferentes agroecosistemas



Anexo imagen 2: Preparación de bolsas polietileno y selección de semillas.



Anexo imagen 3: Siembra de *P. sativum* + *L. multiflorum*



Anexo imagen 4: Riego con agua hervida



Anexo imagen 5: Vista general de la propagación de HMA



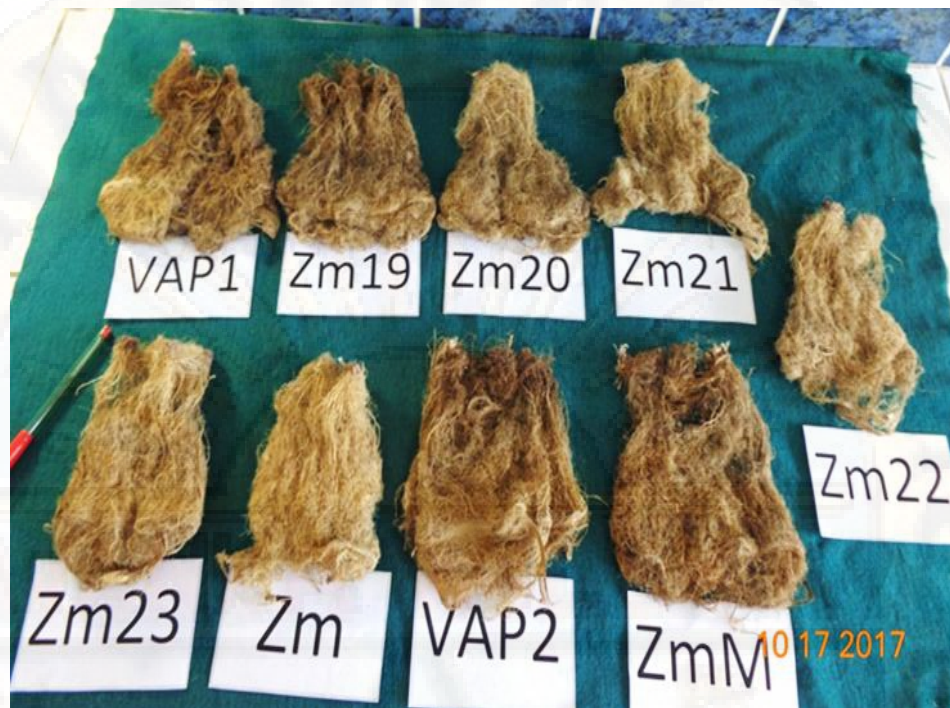
Anexo imagen 6: Comparativo entre los tratamientos de la propagación de HMA



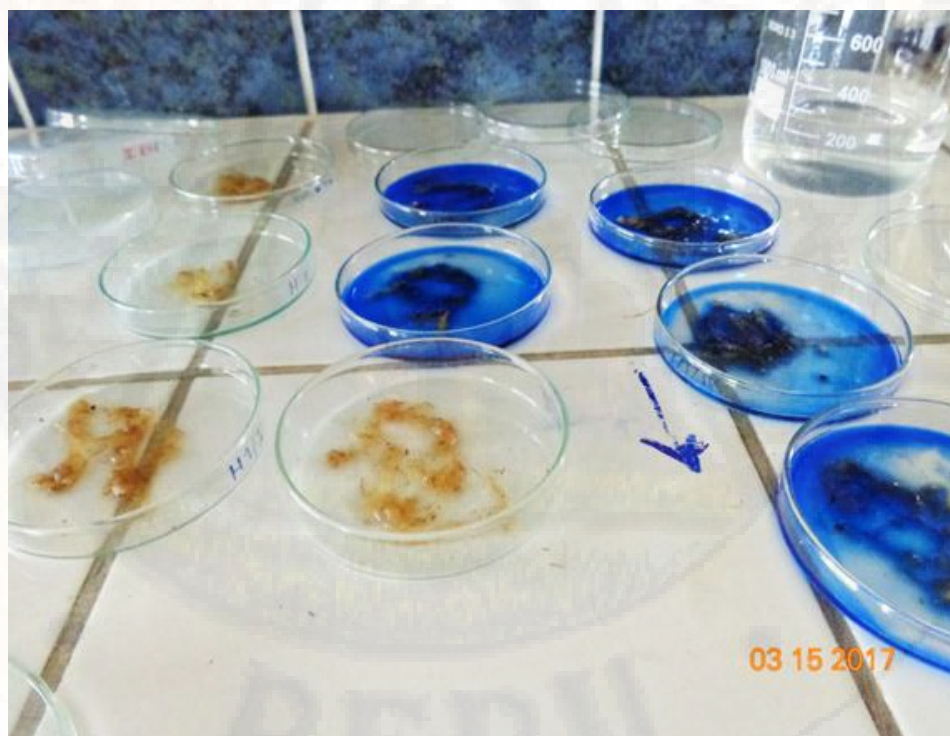
Anexo imagen 7: Obtención de peso seco de follaje de las plantas hospederas



Anexo imagen 8: separación de raíces de *P. sativum* + *L. multiflorum*



Anexo imagen 9: Comparativo de las raíces de las plantas Hospederas en la propagación de HMA



Anexo imagen 10: Clareo y tinción de raíces para determinar el % de colonización de HMA

ANEXO EQUIPOS Y MATERIALES DE RECOLECCIÓN DE DATOS



Anexo Imagen 11: Balanza eléctrica de precisión modelo MW503 del laboratorio Agrobiología



Anexo Imagen 12: Tamices de 250, 106 y 45 μm



Anexo imagen 13: Centrifugadora para 4 tubos de 50 ml



Anexo imagen 14: Estereoscopio binocular eléctrico (aumento hasta 90x)



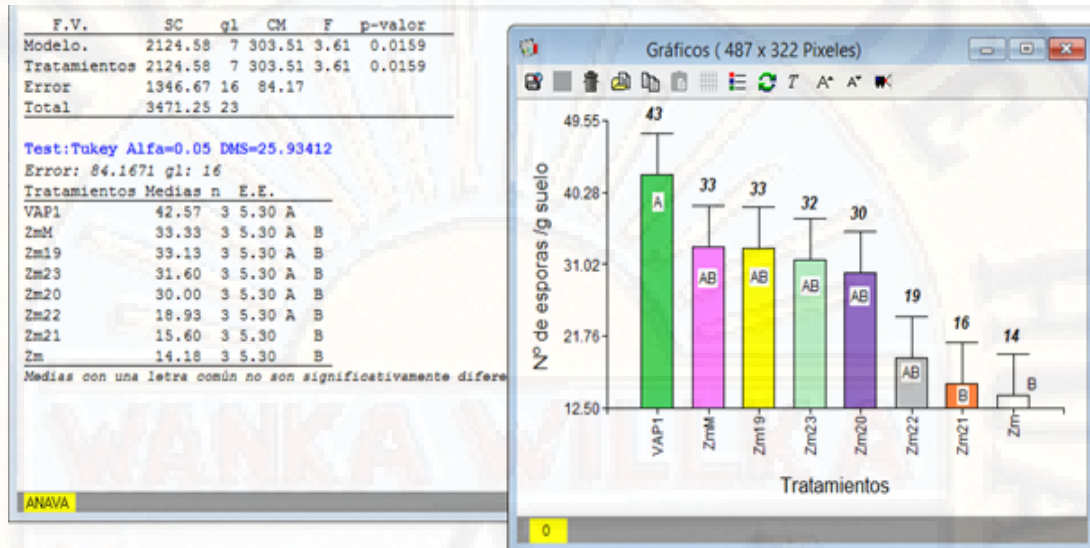
Anexo imagen 15: Baño María



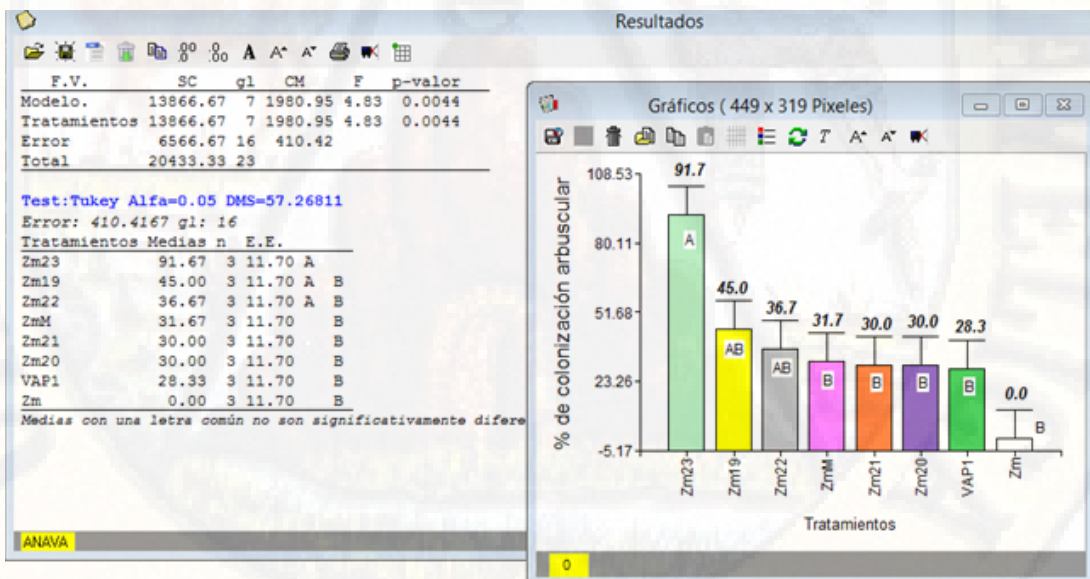
**Anexo imagen 16: Microscopio binocular eléctrico
marca oxion**

BASE DE DATOS

ANVA, Tukey y gráfico del número de esporas/g de suelo



ANVA, Tukey y gráfico del porcentaje colonización arbuscular



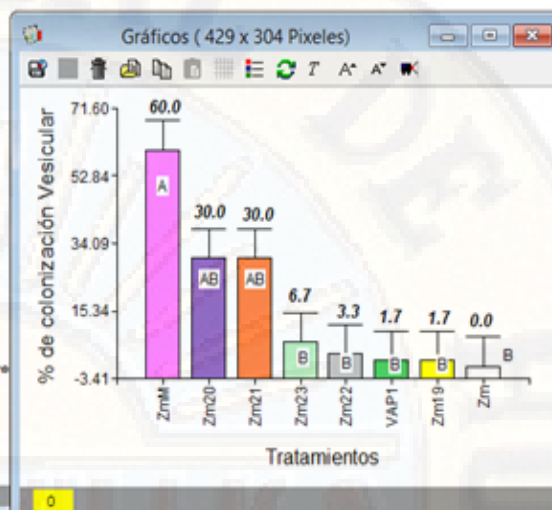
ANVA, Tukey y gráfico del porcentaje colonización vesicular

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9716.67	7	1388.10	6.90	0.0007
Tratamientos	9716.67	7	1388.10	6.90	0.0007
Error	3216.67	16	201.04		
Total	12933.33	23			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=40.08145
Error: 201.0417 gl: 16
Tratamientos Medias n E.E.

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
ZmM	60.00	3	8.19	A
Zm20	30.00	3	8.19	A B
Zm21	30.00	3	8.19	A B
Zm23	6.67	3	8.19	B
Zm22	3.33	3	8.19	B
VAP1	1.67	3	8.19	B
Zm19	1.67	3	8.19	B
Zm	0.00	3	8.19	B

Medias con una letra común no son significativamente difere



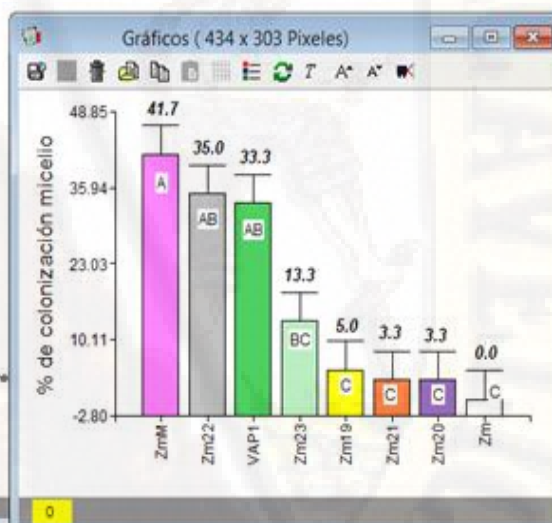
ANVA, Tukey y gráfico del porcentaje colonización micelio

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6057.29	7	865.33	12.22	<0.0001
Tratamientos	6057.29	7	865.33	12.22	<0.0001
Error	1133.33	16	70.83		
Total	7190.63	23			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=23.79135
Error: 70.8333 gl: 16
Tratamientos Medias n E.E.

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
ZmM	41.67	3	4.86	A
Zm22	35.00	3	4.86	A B
VAP1	33.33	3	4.86	A B
Zm23	13.33	3	4.86	B C
Zm19	5.00	3	4.86	C
Zm21	3.33	3	4.86	C
Zm20	3.33	3	4.86	C
Zm	0.00	3	4.86	C

Medias con una letra común no son significativamente difere



ANVA y Tukey del peso seco follaje/ maceta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Follaje seco (g)/maceta	40	0.34	0.19	13.04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	58.29	7	8.33	2.33	0.0485
Tratamientos	58.29	7	8.33	2.33	0.0485
Error	114.33	32	3.57		
Total	172.62	39			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.87252

Error: 3.5729 gl: 32

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Zm23	16.01	5	0.85 A
Zm19	15.63	5	0.85 A
VAP1	15.51	5	0.85 A
Zm20	15.37	5	0.85 A
Zm21	14.23	5	0.85 A
Zm22	13.24	5	0.85 A
ZmM	13.00	5	0.85 A
Zm	12.95	5	0.85 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

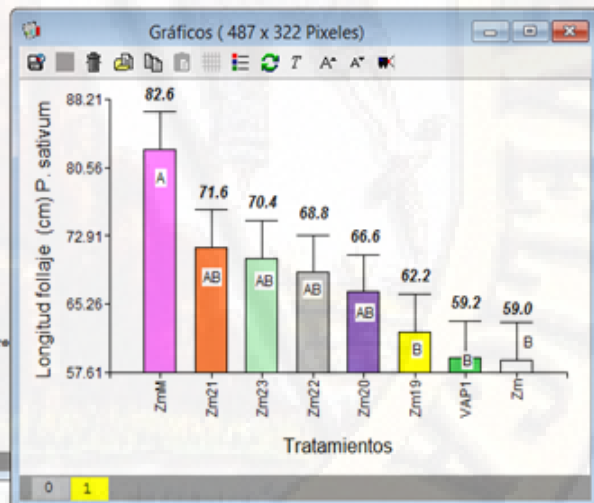
ANVA y Tukey y gráfico de la longitud follaje de *P. sativum* (planta hospedera)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2124.70	7	303.53	3.41	0.0078
Tratamientos	2124.70	7	303.53	3.41	0.0078
Error	2851.20	32	89.10		
Total	4975.90	39			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=19.33837
Error: 89.1000 gl: 32

Tratamientos	Medias	n	E.E.
ZmM	82.60	5	4.22 A
Zm21	71.60	5	4.22 A B
Zm23	70.40	5	4.22 A B
Zm22	68.80	5	4.22 A B
Zm20	66.60	5	4.22 A B
Zm19	62.20	5	4.22 B
VAP1	59.20	5	4.22 B
Zm	59.00	5	4.22 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)



ANVA, Tukey y gráfico de la longitud follaje de *L. multiflorum* (planta hospedera)

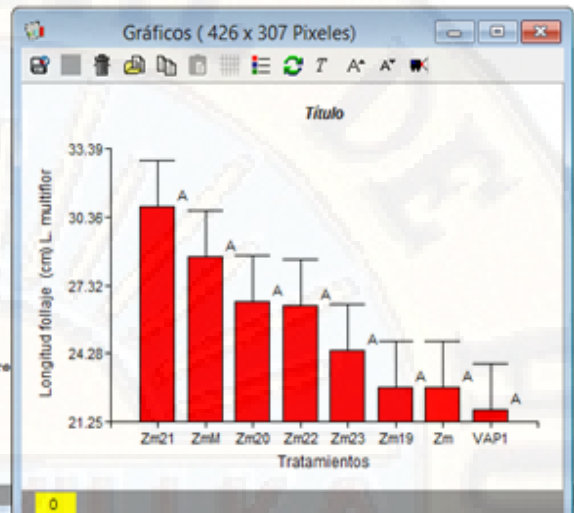
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	345.98	7	49.43	2.37	0.0449
Tratamientos	345.98	7	49.43	2.37	0.0449
Error	666.00	32	20.81		
Total	1011.98	39			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=9.34637

Error: 20.8125 gl: 32

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Zm21	30.80	5	2.04 A
ZmM	28.60	5	2.04 A
Zm20	26.60	5	2.04 A
Zm22	26.40	5	2.04 A
Zm23	24.40	5	2.04 A
Zm19	22.80	5	2.04 A
Zm	22.80	5	2.04 A
VAP1	21.80	5	2.04 A

Medias con una letra común no son significativamente difere



ANAVA

0

PROPAGACIÓN DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES NATIVOS Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ AMILÁCEO EN PAQUECC - AYACUCHO.

Roberta Esquivel Quispe

Universidad Nacional de Huancavelica
Escuela de Posgrado
Facultad de Ciencias Agrarias - Unidad de Posgrado
e-mail roberesqui@hotmail.com

RESUMEN ETAPA I

Los hongos que forman micorrizas arbusculares (HMA) son microorganismos que representan hasta el 50% de la biomasa de los microbios del suelo y forman simbiosis de mayor relevancia con más del 90% de plantas. Considerando la importancia de dichos hongos, se realizó el presente trabajo con el objetivo de: evaluar la propagación de consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del laboratorio de Agrobiología (VAP1) y los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de cinco agroecosistemas y mezcla de estos consorcios, al ser inoculados en los cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) y “arveja” (*Pisum sativum*) en condiciones de invernadero en Ayacucho. Se consideraron siete tratamientos inoculados con los consorcios de HMA codificados como VAP1, Zm19, Zm20, Zm21, Zm22, Zm23, ZmM y testigo (Zm). La siembra se realizó en suelo esterilizado en maceteros de 1.5 kg de capacidad, los cuales fueron inoculados con un promedio de 200 g de suelo que contenían esporas de consorcio de HMA. La propagación de los consorcios de HMA se evaluó mediante: número de esporas, porcentaje de colonización, peso seco y longitud del follaje; dichos parámetros resultaron ser mayores con significancia frente al tratamiento testigo, a excepción de la longitud del follaje. Se concluyó que los consorcios de HMA de Macachacra (Zm23), laboratorio de Agrobiología – UNSCH (VAP1), Paquecc (Zm19) y mezcla (ZmM=Zm20+Zm21+Zm23) se propagan en los cultivos asociados de *P. sativum* + *L. multiflorum*, produciendo entre 32 a 43 esporas/g de suelo, 15% a 35% de colonización y peso seco del follaje superior al resto de los consorcios de HMA, demostrándose así la hipótesis alterna, es decir, que los consorcios se propagan en cultivos asociados. El consorcio VAP1 corresponde a las especies de *Claroideoglossum luteum* y *Funneliformis geosporum*; el consorcio Macachacra (Zm23), a las especies de *Gigaspora* sp, *Claroideoglossum etunicatum* y *Sclerocystis* sp; el consorcio de Paquecc (Zm19), a las especies de *Entrophospora infrequens*, *Claroideoglossum claroideo* y *Glomus microaggregatum*; el consorcio de Villa Florida Iguain (Zm20), a las especies de *Funneliformis geosporum*, *Glomus* sp, y *Claroideoglossum etunicatum*; y el consorcio de Huamanguilla (Zm21), a las especies *Funneliformis geosporum*, *Sclerocystis* sp y *Claroideoglossum* sp. Se recomienda utilizar cultivos asociados de *L. multiflorum* y *P. sativum* para la propagación de los consorcios de HMA y probar a nivel de campo los consorcios de HMA de los tratamientos Zm23, VAP1, Zm19, y ZmM.

Palabra clave: Propagación HMA en cultivos asociados.

NATIVE ARBUSCULAR MICORRIZOGEN FUNGI PROPAGATION AND THEIR INFLUENCE IN AMYLACEOUS CORN PRODUCTION, IN PAQUECC –AYACUCHO

Roberta Esquivel Quispe

National University of Huancavelica
Postgraduate School
Faculty of Agrarian Sciences - Postgraduate Unit
e-mail roberesqui@hotmail.com

ABSTRACT STAGE I

Fungus that form arbuscular mycorrhizal (AMF) are microorganisms which represent up to 50% of the biomass of soil microbes and form symbiosis of greater relevance with more than 90% of plants. Considering the importance of the mentioned fungus, the present work was carried out with the objective of evaluating the propagation of consortiums of arbuscular mycorrhizal fungus from the Agrobiology laboratory (VAP1), consortiums of arbuscular mycorrhizal fungus of five agroecosystems, and mixture of this consortiums, as they are inoculated in the combined crops of *Lolium multiflorum* and *Pisum sativum*, under greenhouse conditions - Ayacucho. Seven treatments inoculated with the AMF consortiums encoded as VAP1, Zm19, Zm20, Zm21, Zm22, Zm23, ZmM and control (Zm) were considered. The sowing was carried out in sterilized soil, inoculating with 200 g of soil containing spores of AMF consortium. After three months of propagation of AMF, the following were evaluated: number of spores, percentage of colonization, dry weight, and length of the foliage. The results shown that Macachacra AMF consortiums (Zm23), Agrobiology-UNSCH laboratory (VAP1), Paquecc (Zm19) and mixture (ZmM = Zm20 + Zm21 + Zm23) are propagated in the combined crops of *P. sativum* + *L. multiflorum*, producing between 32 to 43 spores/g of soil, 15 to 35% of colonization and dry foliage weight superior to the rest of the AMF consortiums; thus demonstrating the alternative hypothesis, that is, that the AMF consortiums are propagated in combined crops. The VAP1 consortium correspond to the species of *Claroideoglomus luteum* and *Funneliformis geosporum*; the Macachacra consortium (Zm23), to the species of *Gigaspora* sp, *Claroideoglomus etunicatum* and *Sclerocystis* sp; the Paquecc consortium (Zm19), to the species of *Entrophospora infrequens*, *Claroideoglomus claroideo* and *Glomus microaggregatum*; the Villa Florida Iguain consortium (Zm20), to the species of *Funneliformis geosporum*, *Glomus* sp, and *Claroideoglomus etunicatum*; and the Huamanguilla consortium (Zm21), to the species *Funneliformis geosporum*, *Sclerocystis* sp and *Claroideoglomus* sp. It is recommended to use combined cultures of *L. multiflorum* and *P. sativum* for the propagation of the AMF consortiums and to test at the field level the AMF consortiums of the Zm23, VAP1, Zm19, Zm20 and ZmM treatments.

Keyword: AMF propagation in combined crops

INTRODUCCIÓN

Los hongos que forman micorrizas de tipo arbusculares (HMA) representan entre 5 a 50% de la biomasa de los microbios del suelo y forman la simbiosis mutualista de mayor relevancia en los sistemas agroecológicos, como mencionan (Pérez et al, 2011 y Fernández, 2013).

La propagación de estos hongos, beneficiosos en países desarrollados como en Estados Unidos y otros, se realiza en cultivos aeropónicos e invitro con fines comerciales; sin embargo, el método de propagación en sustrato suelo también resulta válida, además de ser una técnica más viable y menos costosa. Varios investigadores realizaron propagación de hongos micorrizógenos arbusculares en diferentes plantas hospederas y con diferentes especies de hongos micorrizógenos arbusculares. Hernández *et al*, (2003); Bárcena *et al*, (2011) Carreon *et al*, Shuab *et al* (2014) y Dávila *et al*, (2009), multiplican diversidad de HMA, en diferentes plantas trampa o hospederas, como maíz, frijol, ray grass etc.

Existen diferentes especies de plantas hospederas que forman asociaciones con especies de hongos micorrícicos arbusculares (HMA). Al respecto, tenemos las investigaciones realizadas por Hernández *et al*, (2003), quienes mencionan algunas especies de hongos arbusculares que se asocian con las especies de plantas hospederas: *Zea mayz*, *Phaseolus vulgaris*, *Cucurbita sculentum* con el hongo *Scutellospora pellucida*. De la misma manera Gutiérrez y Esquivel (2016), demostraron que *Lolium multiflorum* y *Zea mayz* constituyen buenas plantas hospederas para las especies de *Glomus*. Sin embargo, a nivel local y nacional son muy pocos los trabajos de investigación relacionados a este tema.

En el Laboratorio de Agrobiología de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, se cuenta con varios consorcios de HMA que influyen positivamente en el crecimiento de las plantas de papa (*S. chaucha*) en condiciones de invernadero; sin embargo, aún no se ha determinado en qué hospederos asociados se propagan y tiene efecto positivo en el crecimiento. Considerando los antecedentes y la importancia de los HMA en la producción agroecológica, se realizó el presente trabajo de investigación con el objetivo de evaluar la propagación de: consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares del laboratorio de Agrobiología (VAP1), consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares de cinco agroecosistemas y mezcla, al ser inoculados en los cultivos asociados de *Lolium multiflorum* y *Pisum sativum*, en condiciones de invernadero Ayacucho. Trabajo que corresponde a la **etapa I** de investigación realizado en 2017.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el laboratorio de Agrobiología, ubicado en pampa del Arco de la ciudad universitaria, a 2750 m.s.n.m. Ayacucho – Perú.

El tipo de investigación fue experimental aplicada. Las variables estudiadas fueron: Variables Independientes (VI): cultivos asociados de “ray grass” (*Lolium multiflorum*) + “arveja” (*Pisum sativum*), Variables Dependientes (VD): Consorcios de HMA VAP1, consorcio de HMA de agroecosistema Paquecc (Zm19), consorcio de HMA de agroecosistema Macachacra (Zm23), consorcio de HMA de agroecosistema Huamanguilla (Zm21), consorcio de HMA de agroecosistema Socos (Zm22), consorcio de HMA de agroecosistema Villa Florida (Zm20), consorcio de HMA de agroecosistema mezcla (ZmM) y suelo estéril (testigo).

Metodología

Para la determinar la propagación de los consorcios de HMA a nivel de esporas, se empleó el método tamizado húmedo modificado, técnica que emplea el Laboratorio de Micorrizas del Centro de Investigación en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Tlaxcala – México; mientras que para obtener el porcentaje de colonización de las muestras de las raíces, se ha empleado el método descrito por Phillips y Hayman modificado (1970) citado por Seiverding (1983) y Hernández (2008), que consiste en la coloración de raíces y su observación al microscopio, considerado como el único método para determinar la presencia de las estructuras de los hongos endomicorrizógenos a nivel de las raíces.

Técnicas de extracción de esporas de HMA a partir de suelo de macetas del experimento

La extracción de esporas a partir de suelo rizosférico de los ensayos, se ha realizado utilizando el tamizado húmedo modificado de Gerdeman y Nicolson (1963) y Daniels y Skipper (1962), citados por Hernández *et al*, (2008).

Técnica para la obtención del porcentaje de colonización en láminas

Para determinar la colonización de las raicillas existen varios métodos, pero para el presente trabajo se ha utilizado la técnica descrita por Phillips y Hayman (1970), modificado y citado por Sieverding (1983) y Hernández *et al*, (2008). Esta técnica consiste en quitar el pigmento de las raicillas, mediante el uso de base y ácido, luego se colorean y se cortan en 2 cm de longitud, colocándolos paralelamente los trocitos sobre la lámina porta objeto, seguidamente se cubren con laminilla cubre objeto para observar al microscopio.

En las observaciones microscópicas se cruzan por ciertos puntos las raíces y se

cuentan los campos infectados o no infectados. Los cálculos se efectúan utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ infección} = \frac{\text{Número de campos infectados}}{\text{Número total de campos observados}} \times 100$$

Tratamientos

Se consideraron los siguientes tratamientos:

Tabla 1 Tratamientos para la propagación de HMA en invernadero. Ayacucho 2017

Tratamientos (Código)	Consortio de HMA	Agroecosistemas
VAP1	Consortio de HMA	Laboratorio de Agrobiología EPA-UNSCH
Zm19	Consortio de HMA	Paquecc Huanta - Ayacucho
Zm20	Consortio de HMA	Villa Florida Iguain Huanta
Zm21	Consortio de HMA	Huamanguilla Huanta - Ayacucho
Zm22	Consortio de HMA	Socos Huamanga - Ayacucho
Zm23	Consortio de HMA	Macachacra Huanta
ZmM	Mezcla de consorcios HMA	Zm20 + Zm21 + Zm23
Zm	Testigo	Suelo testigo

Se ha empleado el Diseño Completamente Randomizado, con cinco repeticiones por tratamiento, siendo una población de 40 unidades experimentales.

Preparación de materiales:

Obtención de sustrato suelo y análisis

Se ha empleado el suelo extraído de la ciudad universitaria, del área no cultivada, el cual ha sido secado y tamizado. El análisis de la muestra de dicho suelo fue la siguiente:

Tabla 2 Análisis de fertilidad de suelo

Análisis Mecánico (%)			Clase textural	pH (H ₂ O)	C.E. (dS/m)	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos disp. (ppm)	
Arena	Limo	Arcilla							P	K
44,0	19,8	36,2	Ar-Ao	7,2	0,376	0,0	0,64	0,03	3,5	59,1

Fuente Laboratorio de Suelos y Análisis foliar - UNSCH

Esterilización del sustrato suelo:

El sustrato obtenido se ha colocado en bolsas plásticas aplicando 1 kg por bolsa y se ha esterilizado por tres días consecutivos, siendo una hora por día y a una temperatura de 100°C.

Semillas

Se emplearon semillas de Ray grass (*Lolium multiflorum*) y arveja (*Pisum sativum*), las cuales se seleccionaron y se desinfectaron antes de la siembra.

Propagación de inóculos

Los inóculos se prepararon empleando el método utilizado por Seiverding, (1983), Martin et al (2010) y la técnica que emplean en el Laboratorio de Micorizas del Centro de Investigación en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Tlaxcala – México Fernández (2010), Información personal y Esquivel (2015).

Preparación de macetas, siembra e inoculación:

La propagación de los consorcios de HMA, cuyos tratamientos se muestran en la tabla 1; se efectuó utilizando bolsas polietileno de 1.5 kilogramos de capacidad, previamente desinfectadas. Seguidamente, se etiquetaron y se colocó el sustrato esterilizado hasta la altura del tercio superior de la maceta. Luego se añadió 200 g de muestra de suelo que contenían los consorcios de HMA, cubriendo con el resto de sustrato suelo esterilizado. Después de regar con agua hervida y reposada, se realizó la siembra asociada con las semillas de “ray grass” variedad westerworld (*Lolium multiflorum*) y semillas de arveja variedad “usui” (*Pisum sativum*). Ambas semillas previamente fueron desinfectadas con clorox 2% por 2 minutos, enjuándose con agua esterilizada. Este cultivo constituyó como plantas trampa para la propagación de HMA.

Conducción y evaluación

Conducción:

Las macetas inoculadas y sembradas según los tratamientos se colocaron en el invernadero, realizando riegos a capacidad de campo cada vez que fue necesario (ver imagen 1). Para evitar la contaminación fueron protegidos con bolsas transparentes cada maceta (ver imagen 2).

Evaluación:

Luego de tres meses de siembra e inoculación, se evaluaron considerando los siguientes criterios en cada factor de estudio.

Evaluación del factor dependiente (número de esporas y porcentaje de colonización de los consorcios de HMA): se determinó empleando la técnica descrita por Phillips y Hayman (1970), modificado y citado por Sieverding (1983) y la técnica descrita por Gerdemann y Nicolson (1963) y Daniels y Skipper (1962) modificado, citado por Hernández *et al* (2008). Para determinar el porcentaje de colonización se realizó la separación de raíces y montaje (ver imagen 3).

Evaluación del factor independiente (cultivos asociados, peso y longitud del follaje): Después de tres meses de siembra e inoculación se procedió a medir la longitud de las plantas hospederas desde el cuello hasta el ápice; a continuación, se procedió a cortar el follaje de las plantas desde el cuello. Después, se colocaron en la estufa a 60°C para obtener materia seca.



Imagen 1: Riego con agua hervida



Imagen 2: Vista general de la propagación de HMA, cada maceta cubierta con plástico transparente

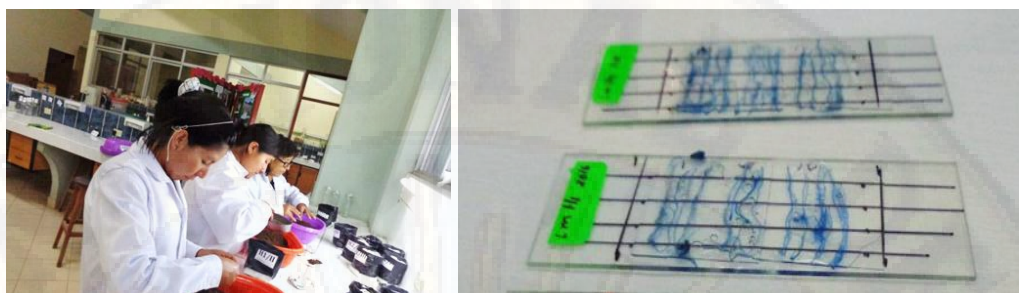


Imagen 3: Separación y montaje de las raíces de plantas de ray grass y arveja para la observación microscópica del porcentaje de colonización

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sobre la propagación de los consorcios de HMA (Número de esporas y porcentaje de colonización) en “Ray grass (*L. multiflorum*) + “arveja” (*P. sativum*).

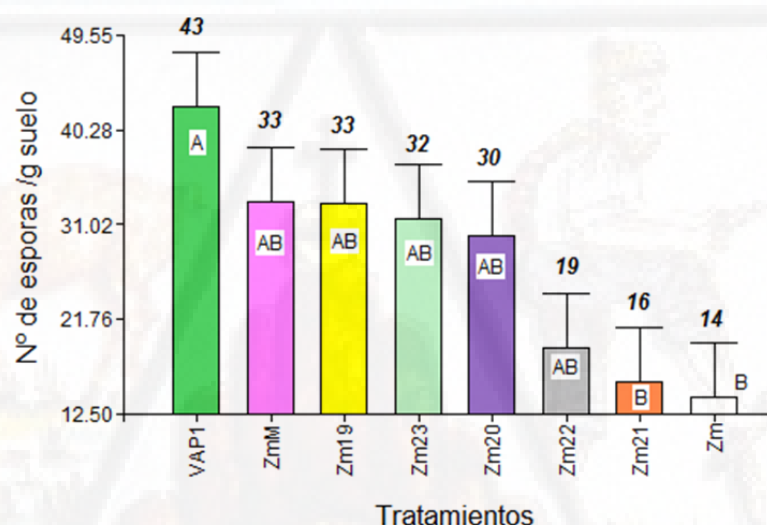


Gráfico 1: Número de esporas de consorcios de HMA /g de suelo propagado en *P. sativum* + *L. multiflorum*. Invernadero Ayacucho 2017

En el gráfico 1 se muestran las medias de los resultados obtenidos mediante la prueba de Tukey. Se visualiza 43 esporas/g de suelo con el tratamiento VAP1 (consorcio de HMA del Laboratorio de Agrobiología UNSCH.) que supera con significancia al resto de los tratamientos. Los tratamientos ZmM (mezcla), Zm19 (Paquecc), Zm23 (Macachacra), Zm20 (Villa Florida) y Zm22 (Socos), presentan entre 33 a 19 esporas/g de suelo, sin diferencia significativa entre ellos. El tratamiento Zm21 (Huamanguilla) es similar al testigo, ambas tienen 16 y 14 esporas, respectivamente.

Los resultados del presente trabajo de investigación concuerdan con algunos investigadores como Jiménez *et al*, (2014), que obtuvieron 20 y 9 esporas de HMA

Gigaspora por g de sustrato seco en 75 días de propagación. También Esquivel y Gonzáles (2018), al propagar las especies de *Glomus geosporum* y *Glomus fasciculatum* en semillas de arveja y “ray grass” sembradas independientemente. Obtuvieron 24 y 28 esporas/g de suelo en planta hospedera *L. multiflorum* y 19.3 y 18.8 esporas/g de suelo en *P. sativum*. Mientras, Santos *et al* citado por Jiménez *et al* (2014), obtuvieron 49 y 430 esporas por gramo de sustrato, después de 150 días de micorrización, al propagar hongos de *Gi margarita* y *Rhizoplagus clarus* con *Brachiara decumbens* como planta hospedera.

En el gráfico 2 se observan las medias de porcentaje de colonización arbúscular por los consorcios de HMA propagados en *P. sativum* + *L. multiflorum* en condiciones de invernadero, obtenidas mediante la prueba de Tukey. Se demostró que la media mayor del porcentaje de colonización arbúscular es con el tratamiento Zm23 (Macachacra) se obtiene 91.7% de colonización con significancia estadística; seguido de los tratamientos Zm19 (Paquecc) 45% y Zm22 (Socos) 36.7%, con diferencia estadística frente al resto de los tratamientos.

Esquivel y Gonzáles (2018), obtuvieron 50% de colonización arbúscular con la cepa *G. fasciculatum* y 6% con la cepa *G. geosporum*, cuando emplean como hospedero *L. multiflorum*. Sin embargo, cuando utilizan como planta hospedera *P. sativum* obtienen 36% de colonización vesicular con la cepa *G. geosporum* y 27% de colonización vesicular con la cepa *G. fasciculatum*. Mientras Gutiérrez y Esquivel (2016), como resultado obtuvieron en el hospedero maíz entre 40 a 30% de colonización; en *L. multiflorum* 32.5 a 25.83% y en *Allium cepa* 30 a 15% de colonización.

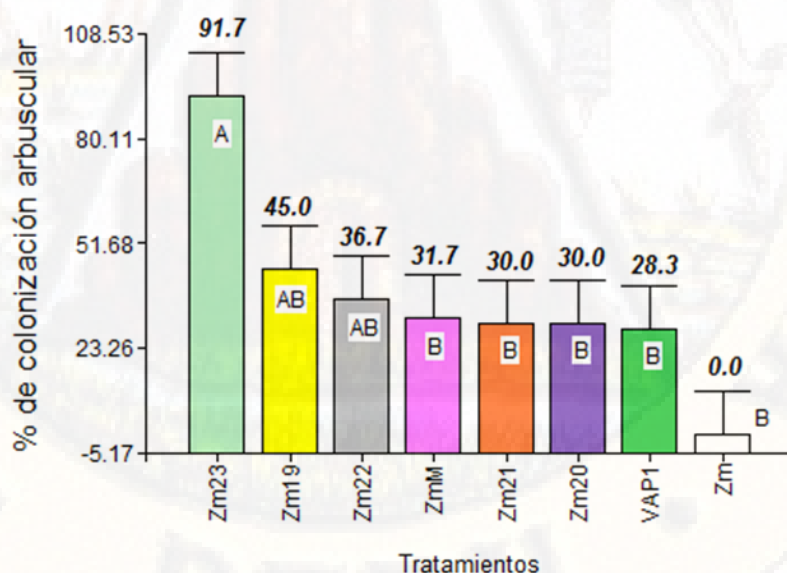


Gráfico 2: Porcentaje colonización Arbúscular de consorcios de HMA propagados en *P. sativum* + *L. multiflorum*, invernadero Ayacucho 2017.

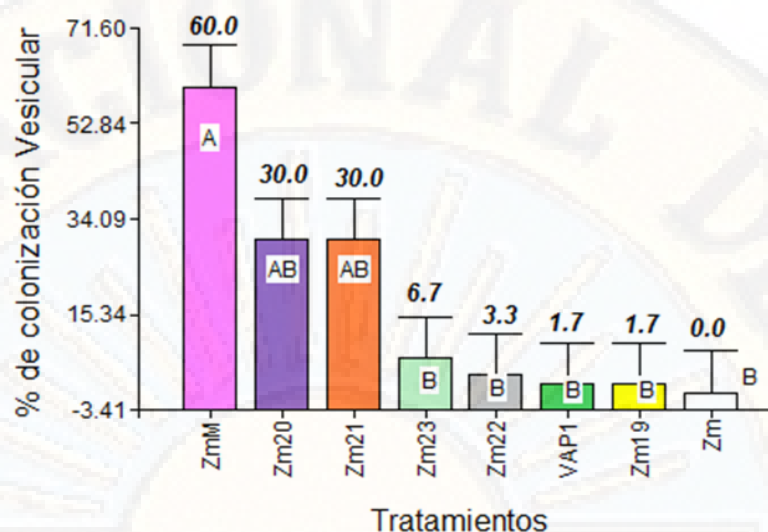


Gráfico 3: Porcentaje colonización vesicular de consorcios de HMA propagados en *P. sativum* + *L. multiflorum*, Invernadero Ayacucho 2017.

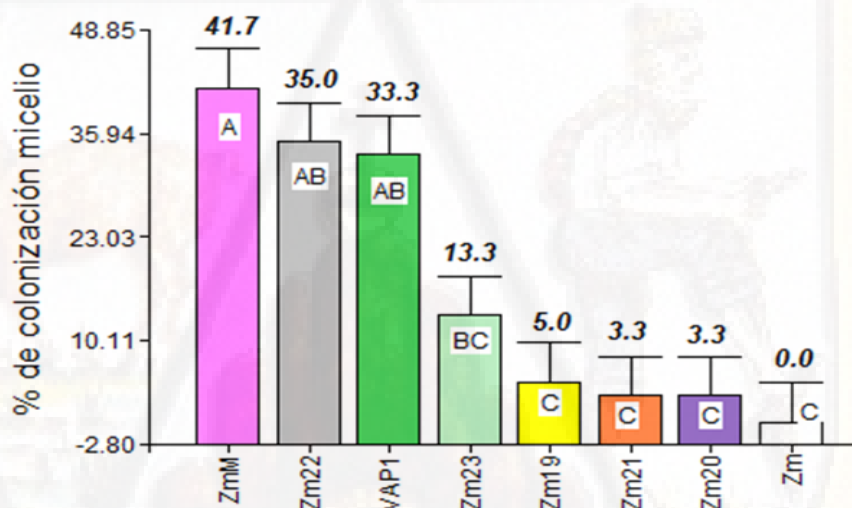


Gráfico 4: Porcentaje colonización micelio de consorcios de HMA propagados en *P. sativum* + *L. multiflorum*, Invernadero Ayacucho 2017.

En gráfico 3 se muestran las medias de porcentaje de colonización vesicular. Se observa que la media mayor del porcentaje de colonización vesicular es con el tratamiento ZmM (mezcla de consorcios Zm20+Zm21+Zm23) tiene 60.0% de colonización con significancia estadística; seguido de los tratamientos Zm20 (Villa Florida) 30% y Zm21 (Huamanguilla) 30.0%, con diferencia estadística frente al resto de los tratamientos.

En el gráfico 4 se observan las medias del porcentaje de colonización de micelio de los HMA, obtenidas mediante la prueba de Tuckey. Se demostró que la media mayor del porcentaje de colonización corresponde al tratamiento ZmM, (mezcla de los

consorcios de HMA (Zm20 + Zm 21 + Zm23) con 41.7% de micelio, seguido del tratamiento Zm22 (Socos) 35% y VAP1 (consorcio de HMA del laboratorio) 33.3%.

Los resultados se asemejan a los estudios realizados por Tufiño et al (2011), en el que obtienen 77% de colonización de HMA nativos y concluyen que la técnica empleada proporciona un inóculo efectivo para su utilización. Asimismo, Gutierrez y Esquivel (2016) y Aguilar et al (2016), obtuvieron 25% de colonización cuando inocularon con suelo y raíces, 75% cuando inocularon con esporas de HMA.

Sobre el peso seco de Follaje de *P. sativum* + *L. multiflorum* (plantas hospederas) en condiciones de invernadero. Ayacucho 2017

En la tabla 03 se muestra las medias del peso seco del follaje de *P. sativum* + *L. multiflorum*, plantas trampa o hospederas. Se observa que no existe diferencia estadística entre los tratamientos sin embargo numéricamente todos los tratamientos inoculados con los consorcios de HMA, son superiores al testigo. Se destacan los tratamientos Zm23, Zm19, VAP1 y Zm20, los cuales tienen 16.01, 15.63, 15.51 y 15.37 g de peso seco por maceta, respectivamente, y que son superiores a comparación del testigo sin inocular que alcanza sólo 12.95 g por maceta, es decir, inferior a todos los tratamientos. Estos resultados son ligeramente superiores a los resultados obtenidos por Esquivel y Gonzáles (2018) y Gutiérrez y Esquivel (2016), quienes obtienen pesos menores a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación. Se debe destacar que los tratamientos que presentan mayor peso seco del follaje también tienen mayor número de esporas por gramo de suelo.

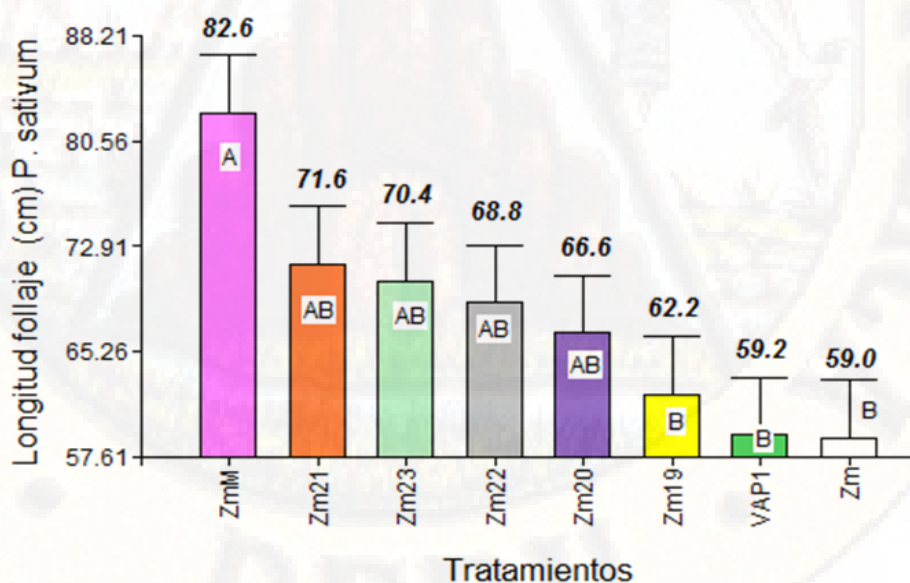


Gráfico 5 Longitud follaje de *P. sativum* en condiciones de invernadero. Ayacucho 2017

En el gráfico 5, se observan las medias de la longitud de la parte aérea de *P. sativum*. Se obtuvo 82.6 cm de longitud con el tratamiento ZmM, (mezcla), considerándose de mayor longitud frente al resto de tratamientos. También los tratamientos Zm21, Zm23, Zm22 y Zm20, superan con significancia al Zm19, VAP1 y Zm.

En la tabla 3 se muestra la media de la longitud del follaje de *L. multiflorum*, se observa que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos; sin embargo, todos los tratamientos que fueron inoculados con los consorcios de HMA son superiores numéricamente frente al testigo que alcanza sólo 22.80 cm a excepción del tratamiento VAP1 que tuvo 21.80. Estos resultados son similares y hasta superiores a los resultados obtenidos por Vosatka (2011) y Esquivel y Gonzáles (2018), quienes obtienen en *L. multiflorum* máximo un promedio de 6 cm de longitud del follaje.

Tabla 03 Resumen de la propagación de hongos micorrizógenos arbusculares en *P. sativum* + *L. multiflorum*. Ayacucho 2017

TRATAMIENTOS	N° ESPORAS	% COLONIZACION			Peso seco follaje g	Longitud follaje (cm)	
		Arbuscular	Vesicular	Micelio		<i>P. sativum</i>	<i>L. multiflorum</i>
VAP1 Consorcio HMA Agrobiología - UNSCH	43A	28.3 B	1.7 B	33.3 AB	15.51	59.2 B	21.8
Zm19 Consorcio HMA Agroecosistema - Paquecc	33 AB	45 AB	1.7 B	5.0 C	15.63	62.2 B	22.8
Zm23 Consorcio HMA - Agroecosistema - Macachacra	32 AB	91.7 A	6.7 B	13.3 BC	16.01	70.4 AB	24.4
Zm21 Consorcio HMA Agroecosistema - Huamanguilla	16 B	30.0 B	30.0 AB	3.3 C	14.23	71.6 AB	30.8
Zm22 Consorcio HMA Agroecosistema - Socos	19 AB	36.7 AB	3.3 B	35.0 AB	13.24	68.8 AB	26.4
Zm20 Consorcio HMA Agroecosistema - Villa Florida Iguain	30 AB	30.0 B	30.0 AB	3.3 C	15.37	66.6 AB	26.6
ZmM Consorcio HMA Agroecosistema - Mezcla (Zm20+ Zm21+ Zm23)	33 AB	31.7 B	60.0 A	41.7 A	13	82.6 A	28.6
Zm (testigo = sin inocular)	14 B	0.0 B	0.0 B	0.0 C	12.95	59.0 B	22.8

CONCLUSIONES

1. Los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) de los agroecosistemas de Macachacra (Zm23), laboratorio de Agrobiología – UNSCH (VAP1), Paquecc (Zm19) y mezcla (ZmM=Zm20+Zm21+Zm23), se propagan en los cultivos asociados de *P. sativum* + *L. multiflorum*, produciendo entre 32 a 43 esporas/ g de suelo y 15 a 35% de colonización.
2. Todos los inoculados con HMA superan en los diferentes parámetros evaluados al tratamiento sin inocular.
3. Se demuestra la hipótesis alterna porque todos los consorcios de HMA de los seis agroecosistemas y HMA del laboratorio de Agrobiología se propagan y colonizan en el cultivo asociado *P. sativum* + *L. multiflorum* en condiciones de invernadero.

4. Los consorcios de HMA de los diferentes agroecosistemas que se emplearon corresponden a las especies de: *Claroideoglomus luteum*, *Funneliformis gesosporum*, *Gigaspora* sp, *Claroideoglomus etunicatum*, *Sclerocystis* sp, *Entrophospora infrequens*, *Claroideoglomus* sp. y *Glomus microaggregatum*. Se encontraron con mayor frecuencia especies de los géneros: *Funneliformis*, *Glomus*, *Claroideoglomus* y *Sclerocystis*.
5. Se recomienda utilizar cultivos asociados de *L. multiflorum* y *P. sativum* para la propagación de los consorcios de HMA y probar el efecto a nivel de campo de los consorcios de HMA de los tratamientos Zm23, VAP1, Zm19 y ZmM.

AGRADECIMIENTOS

A mis maestros del doctorando de la Universidad Nacional de Huancavelica y a su excelente equipo de profesionales.

Mi profundo reconocimiento a mi asesor Dr. Gregorio J. Arone Gaspar y a la Dra. Laura Hernández Cuevas del Laboratorio de Micorrizas de la Universidad Autónoma de Tlaxcala – México, por sus sugerencias y aportes.

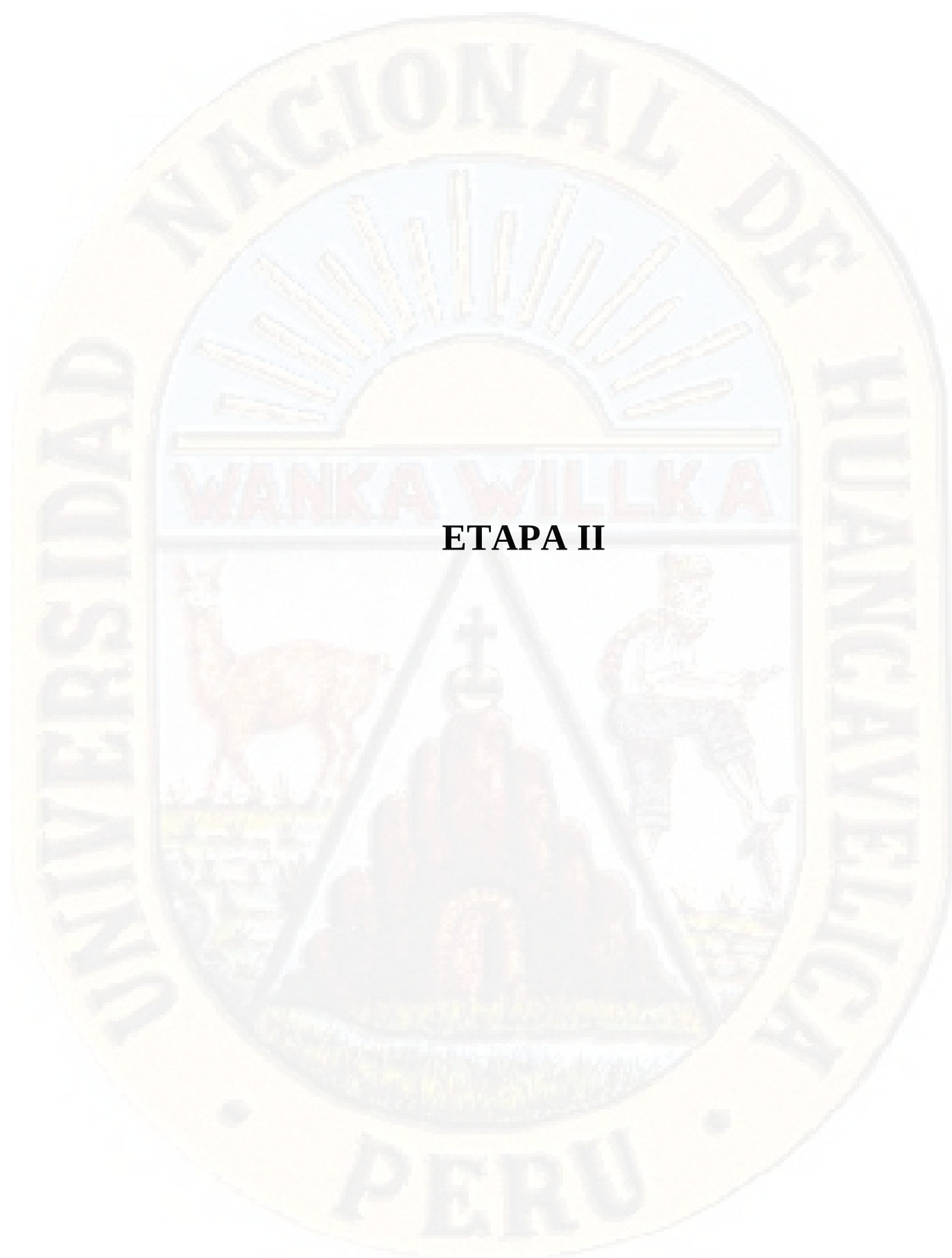
Mi alma mater, la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, a través del Proyecto de investigación FOCAM de: Recuperación, conservación y aplicación de hongos micorrícicos y entomopatógenos nativos en Vinchos y Chiara Ayacucho FOCAM, me facilitaron los equipos y ambientes.

Mi agradecimiento infinito a todas las personas y familias que me apoyaron para la culminación de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, W., Arce, P., Galiano, F., & Torres, T. (2016). Aislamiento de esporas y evaluación de métodos de inoculación en la producción de micorrizas en cultivos trampa. *Tecnología en Marcha, Edición Especial Biocontrol*, 5-14.
- Bárcenas, A., Varela, L., Stürmer, S., & Chávez, A. (2011). Catálogo de hongos micorrizógenos arbusculares de huertos de aguacate de Michoacán, México. *VII World Avocado Congress*. Cairns, Australia: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo - Departamento de Ciencias Naturales, Universidad Regional de Blumenau, Rua Richard Franz.
- Carreón-Abud, Y., Jerónimo-Treviño, E., Beltrán-Nambo, M., Martínez-Trujillo, M., Trejo, D., & Gavito, M. (n.d.). Aislamiento y propagación de cultivos puros de hongos micorrízicos arbusculares provenientes de huertas de aguacate con diferente manejo agrícola por la técnica de minirizotróf. *Revista Mexicana de Micología*, 37, 29-39. Retrieved November 13, 2016, from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802013000100005&lng=es&tlng=es
- Davila, L., Ramos, J., & Rosales, C. (2009). Multiplicación de hongos micorrizicos arbusculares nativos de cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en maíz (*Zea mays*) bajo distintos tratamientos agronómico (Tesis Grado). Valledupar: Universidad Popular del Cesar Facultad de Ciencias Basicas y Educacion Licenciatura en Ciencias Naturales y Educacion Ambiental.
- Esquivel, R. (2015). Informe Técnico de la Estancia en laboratorio de Micorrizas del CICB. *CONCYTEC – FONDECYT*.
- Esquivel, R., & Gonzáles, W. (2018). Propagación y efectividad de dos especies de hongos beneficios en dos hospederos en condiciones de laboratorio. *Resúmenes del XVI Congreso Nacional de Botánica* (pág. 55). Ayacucho, Perú: Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.
- Fernandez, K., Fernández, F., Rivera, R., & Olalde, V. (Junio de 2010). Micorrización in vitro e in vivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum* var. Alfa). *Cultivos Tropicales*, 31(2), 21-31. Recuperado el 01 de Octubre de 2014, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000200004
- Gutiérrez, J., & Esquivel, R. (2016). Influencia de tipo de sustrato y planta hospedera en la colonización de *Glomus* sp. Ayacucho 2013. *VIII Simposio Nacional y V Reunión Iberoamericana de la Simbiosis Micorrízica* (pág. 239). México: Sociedad Mexicana de la Simbiosis Micorrízica (SOMESIMI), Universidad Autónoma Metropolitana Oaxtepec.
- Hernández, L., Castillo, S., Guadarrama, P., Martínez, Y., Romero, M., & Sánchez, I. (2003). *Hongos micorrizógenos arbusculares del Pedregal de San Ángel* (1 ed.). México: Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Hernández, L., Guadarrama, I., & Ramos, J. (2008). Micorriza Arbuscular: Colonización intraradical y extracción de esporas de suelo. En J. Álvarez, A. Monroy, & P. d. Ciencias (Ed.), *Técnicas de estudio de las asociaciones micorrízicas y sus implicaciones en la restauración* (págs. 1-14). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Jiménez, A., González, M., Gutiérrez, C., Lara, E., & Garcia, J. (2014). Producción

- de inóculo micorrízico de *Gigaspora gigantea* en mezclas de sustratos con diferentes tamaños de particular. *Agrociencia*, 239-254. Recuperado el 27 de Febrero de 2019, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30230744001>
- Martin, G., Arias, M., & Rivera, R. (2010). Selección de las cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) más efectivas para la *Canavalia ensiformis* cultivada en suelo Ferralítico Rojo. *Cultivos Tropicales*, 31(1). Recuperado el 01 de Octubre de 2014, de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362010000100004&lng=es&nrm=iso
- Perez, A., Rojas, J., & Donicer, M. (2011). Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. *Revista Colombiana cienc. Anim.*, 3(2).
- Shuab, R., Lone, R., Naidu, J., Sharma, V., Imtiyaz, S., & Koul, K. (2014). Benefits of Inoculation of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth and Development of Onion (*Allium cepa*) Plant. (I. Publications, Ed.) *American-Euracian J. Agric. & Environ. Sci.*, 527-535.
- Sieverding, E. (1983). *Manual de métodos para la investigación de la micorriza vesículo-arbuscular en el laboratorio*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT.
- Tufiño, C. (2011). Efecto de la interacción de hongos micorrízicos Arbúsculares (HMA) y la fertilización, sobre el crecimiento y desarrollo de plantas micropropagadas de banano (*Musa paradisiaca*) durante la fase de aclimatación (Tesis Grado). Sangolquí, Ecuador: Departamento de Ciencias de la Vida - Escuela Politécnica del Ejército.
- Vosatka, M., & Albrechtova, J. (2011). Benefits of Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Sustainable Crop Production. En M. Khan, A. Zaidi, & J. Musarrat, *Microbial Strategies for Crop Improvement* (págs. 205-225). Berlin, Heidelberg: Springer.



ETAPA II

RESUMEN ETAPA II

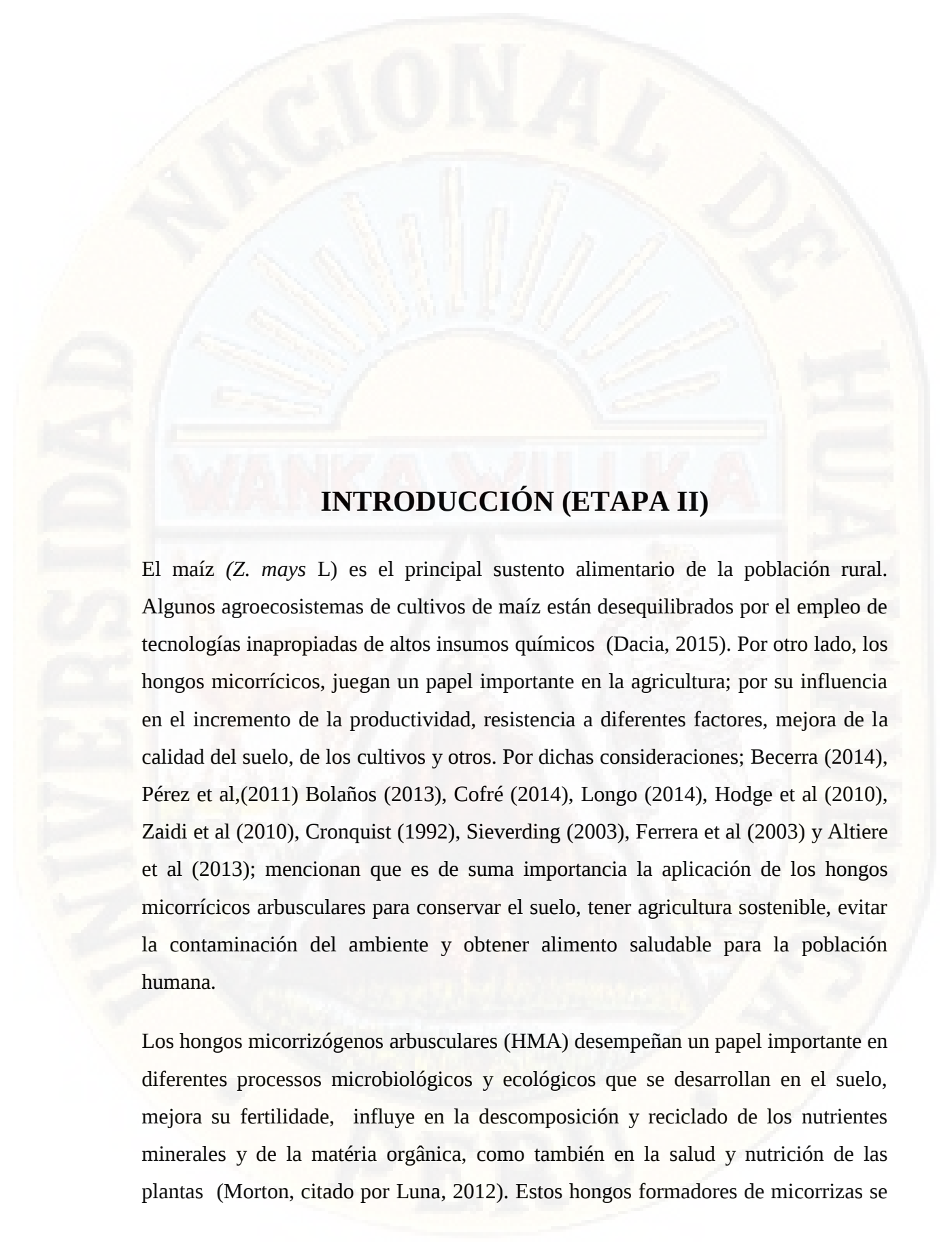
Los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) son microorganismos que mejoran el crecimiento de plantas. Considerando la importancia de dichos hongos, el objetivo de la investigación fue evaluar la influencia de la aplicación de cuatro inóculos de HMA en el desarrollo y rendimiento de maíz (*Z. mays* L.) amiláceo variedad choclero en la comunidad de Paquecc, Ayacucho - Perú. Se sembró siguiendo la metodología del agricultor; modificando sólo en el abonamiento y micorrización, aplicando por golpe 29 gramos de guano de isla en la siembra y aporque; y 55 gramos de roca fosfórica en la siembra. Lo cual corresponde a un nivel de abonamiento bajo. Se empleó el diseño bloque completo al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, utilizando un área total de 836 m². Con la aplicación del consorcio de HMA tratamiento T4 (*Claroideoglossum etunicatum*, *Gigaspora* sp y *Sclerocystis* sp) se obtuvo un rendimiento de 3 909.04 kg ha⁻¹ de grano seco, 4 779.04 kg ha⁻¹ de grano fresco, 1.7 mazorcas por planta, 176 granos por mazorca, 557.75 g de peso de 1000 semillas y 2.35 cm de diámetro del tallo; seguido de los tratamientos T3 (mezcla) y T1 (*Funneliformis geosporum* y *Claroideoglossum luteum*), los cuales tuvieron influencia positiva; mientras el tratamiento sin aplicación de HMA (T5) tuvo 1578.04 kg ha⁻¹ de grano seco. Los tratamientos T4, T3 y T1, también tuvieron mayor número de esporas de HMA 31.33, 29 y 20.44 esporas por gramo de suelo respectivamente; frente a 16.47 y 18 esporas en los tratamientos T2 y testigo (T5). Los tres inóculos de consorcio de hongos micorrizógenos arbusculares influyen con significancia en las diferentes variables e indicadores evaluados a excepción del tratamiento T2 (*Entrophospora infrequens*, *Cl. luteum* y *Glomus microaggregatum*). Se recomienda micorrizar en cultivo de maíz (*Zea mays* L) con el consorcio de *Cl. etunicatum*, *Gigaspora* sp y *Sclerocystis* sp.; como también con el consorcio de *F. geosporum* y *Cl. luteum*.

Palabra clave: Consorcios de HMA en cultivos de *Zea mays* L.

ABSTRACT STAGE II

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are microorganisms, which improve the plant growth. Considering the importance of these fungi, the objective of this investigation was assess the influence of the application of four AMF inoculums on the development and yield of corn (*Z. mays* L.) white “choclero” variety in the community of Paquecc Ayacucho Peru. It was sown following the farmer's methodology, modifying only in the fertilization and mycorrhization, applying per each plant 29 grams of island guano in the sowing and hilling; and 55 g of phosphoric rock in the sowing. T corresponds to a low fertilization level. The randomized complete block design (DBCA) with five treatments and four repetitions was used, using a total area of 836 m². With the application of the consortium of AMF T4 treatment (*Claroideoglossum etunicatum*, *Gigaspora* sp and *Sclerocystis* sp), it was obtain a yield of 3909.04 kg ha⁻¹ of dry grain, 4 779.04 kg ha⁻¹ of fresh grain, 1.7 ears per plant, 176 grains per ear, 557.75 g of weight of 1000 seeds and 2.35 cm of stem diameter; this treatment was followed by treatments T3 (mixture) and T1 (*Funneliformis geosporum* and *Claroideoglossum luteum*), which had a positive influence; while the treatment without application of AMF (T5) had 1578.04 kg ha⁻¹ of dry grain. The treatments T4, T3 and T1, also had a higher number of HMA spores with 31.33, 29 and 20.44 spores per gram of soil respectively; compared to 16.47 and 18 spores in the T2 and control (T5) treatments respectively. The three inoculums of the arbuscular mycorrhizal fungi consortium have a significant influence on the different variables and indicators evaluated; with the exception of T2 treatment (*Entrophospora infrequens*, *Cl. luteum* and *Glomus microaggregatum*). It is recommended to mycorrhize in corn (*Zea mays* L) crops with the consortium of *Cl. etunicatum*, *Gigaspora* sp and *Sclerocystis* sp; as well as with the consortium of *F. geosporum* and *Cl. luteum*

Key words: Consortiums of AMF in *Zea mays* L. crops.



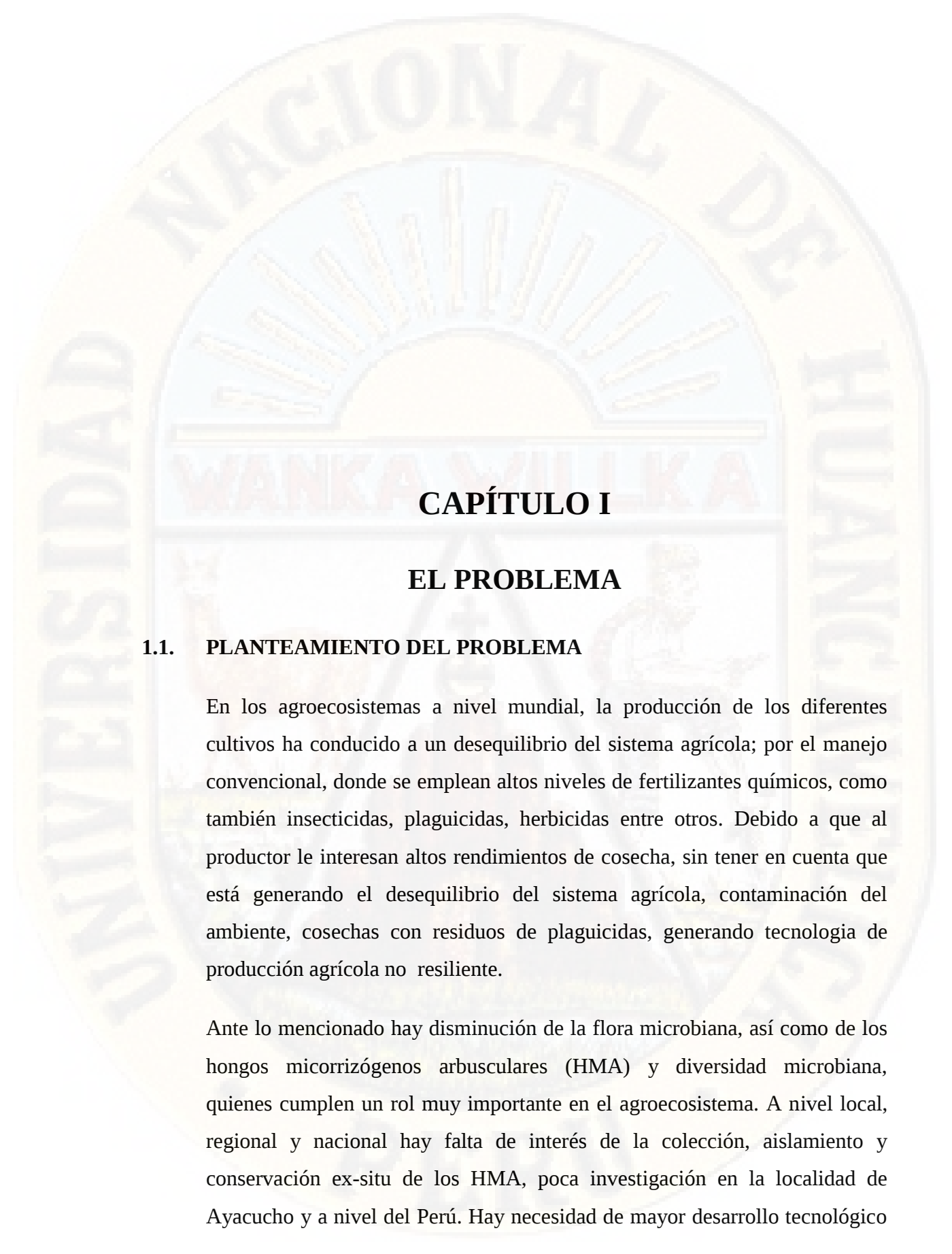
INTRODUCCIÓN (ETAPA II)

El maíz (*Z. mays* L) es el principal sustento alimentario de la población rural. Algunos agroecosistemas de cultivos de maíz están desequilibrados por el empleo de tecnologías inapropiadas de altos insumos químicos (Dacia, 2015). Por otro lado, los hongos micorrícicos, juegan un papel importante en la agricultura; por su influencia en el incremento de la productividad, resistencia a diferentes factores, mejora de la calidad del suelo, de los cultivos y otros. Por dichas consideraciones; Becerra (2014), Pérez et al,(2011) Bolaños (2013), Cofré (2014), Longo (2014), Hodge et al (2010), Zaidi et al (2010), Cronquist (1992), Sieverding (2003), Ferrera et al (2003) y Altieri et al (2013); mencionan que es de suma importancia la aplicación de los hongos micorrícicos arbusculares para conservar el suelo, tener agricultura sostenible, evitar la contaminación del ambiente y obtener alimento saludable para la población humana.

Los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) desempeñan un papel importante en diferentes procesos microbiológicos y ecológicos que se desarrollan en el suelo, mejora su fertilidade, influye en la descomposición y reciclado de los nutrientes minerales y de la materia orgánica, como también en la salud y nutrición de las plantas (Morton, citado por Luna, 2012). Estos hongos formadores de micorrizas se

caracterizan por vivir como simbioses mutualistas asociándose con las raíces de plantas (Pérez et al, 2011; Fernández 2013).

En la primera etapa del presente trabajo de investigación se propagó diferentes consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares correspondientes a *Claroideoglomus luteum* y *Funneliformis gesosporum* (VAP1); *Gigaspora sp*, *Claroideoglomus etunicatum* y *Sclerocystis sp* (Zm23), *Entrophospora infrequens*, *Claroideoglomus luteum* y *Glomus microaggregatum* (Zm19) y otros consorcios; así mismos en el Laboratorio de Agrobiología de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, se cuenta con varios consorcios de HMA demostrados que influyen positivamente en el crecimiento y rendimiento de las plantas de papa (*S. chaucha*) en condiciones de invernadero y campo; sin embargo aún no se ha determinado en maíz en condiciones de campo. Considerando los antecedentes y la importancia de los HMA en la producción agroecológica de maíz, se realizó el presente trabajo de investigación con el objetivo de Evaluar la influencia de la aplicación de cuatro inóculos de HMA en el desarrollo y rendimiento de maíz (*Z. mays* L.) amiláceo variedad choclero en la comunidad de Paquecc Huanta Ayacucho Perú.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los agroecosistemas a nivel mundial, la producción de los diferentes cultivos ha conducido a un desequilibrio del sistema agrícola; por el manejo convencional, donde se emplean altos niveles de fertilizantes químicos, como también insecticidas, plaguicidas, herbicidas entre otros. Debido a que al productor le interesan altos rendimientos de cosecha, sin tener en cuenta que está generando el desequilibrio del sistema agrícola, contaminación del ambiente, cosechas con residuos de plaguicidas, generando tecnología de producción agrícola no resiliente.

Ante lo mencionado hay disminución de la flora microbiana, así como de los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) y diversidad microbiana, quienes cumplen un rol muy importante en el agroecosistema. A nivel local, regional y nacional hay falta de interés de la colección, aislamiento y conservación ex-situ de los HMA, poca investigación en la localidad de Ayacucho y a nivel del Perú. Hay necesidad de mayor desarrollo tecnológico

en el estudio y aplicación de los HMA en los cultivos. Pero con un enfoque interdisciplinario a nivel académico, científico y de productores. Cuando el hombre tiene un manejo agroecológico de sus chacras, sus componentes como la flora microbiana, la microfauna, los insectos benéficos y las plantas arvenses conducen a un agroecosistema resiliente. Considerando lo mencionado se realizó el siguiente planteamiento del problema:

En algunos agroecosistemas de papa (*Solanum tuberosum*) y maíz (*Zea mays*), en el distrito de Vinchos - Ayacucho, donde el uso de agroquímicos es escaso; se han encontrado diversidad de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) nativos de la zona. El efecto de estos hongos fue probado en condiciones de invernadero y en campo en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*); sin embargo, se desconoce cuáles serían su influencia en la producción de maíz amiláceo variedad choclero a nivel campo que permitan contribuir en la producción de una agricultura sostenible. Para lo cual se empleó consorcios de hongos micorizógenos arbusculares (HMA) codificados como VAP1 (HMA del laboratorio de Agrobiología – UNSCH) y consorcios de HMA de tres agroecosistemas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Problema General

¿Cuál será la influencia de la aplicación de cuatro inóculos de HMA en el crecimiento, desarrollo y producción del maíz, (*Z. mays* L.) amiláceo variedad choclero en la comunidad de Paquecc Ayacucho?

Problema Específico

- ¿En qué medida influyen la aplicación de cuatro inóculos de HMA en el crecimiento y desarrollo de maíz (*Z. mays* L.) amiláceo variedad choclero, en la comunidad de Paquecc Ayacucho?
- ¿En qué medida influye la aplicación de cuatro inóculos de HMA en la

producción de grano fresco y seco de maíz (*Z. mays* L.) amiláceo variedad choclero, en la comunidad de Paquecc Ayacucho?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la influencia de la aplicación de cuatro inóculos de HMA en el desarrollo y producción de maíz (*Z. mays* L.) amiláceo variedad choclero en la comunidad de Paquecc Ayacucho.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la influencia de la aplicación de cuatro inóculos de HMA en el crecimiento y desarrollo de maíz (*Z. mays* L.) amiláceo variedad choclero en la comunidad de Paquecc Ayacucho.
- Evaluar la influencia de la aplicación de cuatro inóculos de HMA en la producción de grano fresco de maíz (*Z. mays* L.) amiláceo variedad choclero en la comunidad de Paquecc Ayacucho.
- Cuantificar el número de esporas de hongos micorrizógenos.

1.4. JUSTIFICACIÓN

En el Laboratorio de Agrobiología, Escuela de Formación Profesional de Agronomía UNSCH, se cuenta con un consorcio de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) nativos, codificado como VAP1, dicho consorcio de HMA han sido colectados de los diferentes agroecosistemas de siembras de papa del distrito de Vinchos – Ayacucho; también se cuenta con conorcios de HMA colectados y propagados en la primera parte del presente trabajo de investigación; pero se desconoce su influencia en la producción de maíz amiláceo en condiciones de campo.

El maíz (*Z. mays*) es el principal sustento alimentario y económico de los habitantes, sin embargo algunos agroecosistemas están desequilibrados por el

empleo de tecnología inapropiada de altos insumos (Dácia 2015). Considerando que los hongos micorrícicos arbusculares juegan un papel importante en la agricultura; por su influencia en el incremento de la productividad, resistencia a diferentes factores, mejora de la calidad del suelo, de los cultivos y otros. Por dichas consideraciones; Becerra (2014), Pérez et al (2011) Bolaños (2013), Cofré (2014), Longo (2014), Hodge et al 2010), Zaidi et al (2010), Cronquist (1992), Sieverding (1983), Ferrera et al (2003) y Altieri et al (2013); mencionan que es de suma importancia la propagación y aplicación de los hongos micorrícicos arbusculares para conservar el suelo, tener agricultura sostenible, evitar la contaminación del ambiente y obtener alimento saludable para la población humana.

El presente trabajo de investigación tiene la justificación e importancia de conocer la respuesta de la aplicación de los cuatro consorcios de HMA procedentes de diferentes agroecosistemas, cuyos resultados permite una producción agroecológica, por ende la conservación del ambiente y un alimento de calidad tanto para los productores como también para el mercado.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes nacionales e internacionales

Es muy escasa la información sobre la aplicación de hongos micorrizógenos arbusculares en maíz a nivel local y nacional. Sin embargo, a nivel internacional se cuentan con las siguientes informaciones:

2.1.2. Sobre la influencia de hongos micorrizógenos arbusculares en los cultivos:

Pérez et al (2012), al micorrizar las plantas de maíz en condiciones de invernadero demostraron que los tratamientos inoculados con *G. claroideum* presentaron una biomasa significativamente mayor que en aquellas inoculadas con *G. irregulare*, sin embargo, éste último promovió el incremento de la acumulación de C_i . El incremento del contenido de P foliar fue significativamente mayor en los tratamientos con solo *G. claroideum* o *G. intraradices*, pero, los tratamientos con la misma proporción de esporas de

ambas especies produjeron el incremento de altura y una mayor tasa fotosintética. También Fernández (2010), Esquivel (2010), Esquivel y Huamán (2011), Paillacho (2010), Gamalero et al (2012), Schwarz et al (2011), Vosatka y Albrechtova (2011) y Yeng et al (2012) demostraron la influencia positiva en la micorrización de diferentes cultivos.

Por otro lado, Peñaloza y Sánchez (2012) indican que en la producción del cultivo de *L. esculentum* se utiliza un exceso de agroquímicos, lo que conduce a la contaminación ambiental y por tanto a un deterioro ecológico; por ello se hace necesario implementar técnicas de producción agrícola enfocadas en el uso eficiente de los recursos, como los microorganismos quienes juegan un papel importante en la producción agrícola de *L. esculentum*. Considerando dichos fundamentos evaluaron la inoculación con *Azospirillum* sp. y *Rhizophagus intraradices* sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de *L. esculentum* a nivel de invernadero. Como resultado obtuvieron que la inoculación con *R. intraradices* tuvo efectos significativos en el crecimiento de plantas colonizadas por HMA, estas expresaron mayor altura (84.8cm y 102.5 cm respectivamente) y rendimiento.

2.1.3. Antecedentes locales: Esquivel (2016), determinó la influencia de tres especies de *Glomus* en la formación y crecimiento de papa (*Solanum Chaucha*), en condiciones de invernadero y muestra significancia estadística en cuanto a la colonización y peso seco de raíces en los tratamientos inoculados. Igualmente, Gutiérrez y Esquivel (2016), en trabajos preliminares sobre propagación de HMA del género *Glomus*; encontraron mayor número de esporas y colonización en el sustrato de: tierra agrícola + arena + tierra negra, (3:3:2) y sustrato de suelo sin cultivar. En ambos sustratos se cultivaron *L. multiflorum* (Ray grass) y *Z. mays* L. (maíz).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Importancia o utilidad de los hongos micorrizógenos arbusculares.

Sieverding (1983); Cronquist (1992) y Zaidi et al (2010), mencionan que los

hongos formadores de micorrizas arbusculares juegan un papel importante en el establecimiento y desarrollo de la mayoría de las plantas, mejoran las condiciones de productividad, supervivencia y resistencia ante factores patológicos, su simbiosis mutualista contribuye a la retención física de partículas del suelo limitando los efectos dañinos de la erosión.

Así mismo Fernandez (2013); Salmanca (2013) y Arone (2012), indican que los hongos formadores de micorrizas arbusculares o endomicorrícicos; al formar simbiosis con las diferentes especies de plantas; incrementan el crecimiento y desarrollo. También aumentan la capacidad de absorción de las raíces para obtener mayores nutrientes tales como fósforo, potasio, cobre, hierro. Nitrógeno, azufre y zinc.

Lovato (2014) indica que las micorrizas son muy importantes en la recuperación de suelos degradados, y también son indicadores de la buena calidad del suelo. Por esta importancia que tienen las micorrizas se realizan investigaciones en el área de micorrizas para el establecimiento de diversas especies de plantas en ambientes agrícolas o de recuperación. Estos hongos micorrícicos arbusculares (HMA), es un componente principal de la microbiota del suelo, representan una herramienta prometedora como proveedores de servicios ecológicos clave.

También Rivera (2011) et al, indican que con el uso de la endomicorriza y en la medida en que se dé más importancia a las estructuras ecológicas involucradas en los sistemas de producción, se tenderá a la creación de sistemas sustentables que contribuyan en la preservación del ambiente, reduciendo además los costos de producción al utilizar en menor proporción insumos externos.

Esquivel (2010) demostró en condiciones de invernadero y campo, el incremento de crecimiento de *Lactuca sativa*; cuando aplicó mezcla del hongo simbionte + *Azotobacter* y biol. Demostrando mayor producción de *Lactuca sativa* tanto en condiciones de invernadero como en campo, en los

huertos de adultos mayores en Vista Alegre Ayacucho – Perú.

2.2.2. Importancia y la producción de maíz

El maíz (*Zea mays* L.) amiláceo, es uno de los principales alimentos eminentemente energético y rico en nutrientes digestibles totales, (Dacia et al, 2015).

La producción de maíz en el Perú tiene diferenciaciones marcadas entre la costa, sierra y selva. El maíz amiláceo se cultiva más en la sierra, en todos los valles interandinos. Las extensiones y volúmenes de producción de maíz son variables; dependiendo de los aspectos climáticos de cada año. Generalmente se instala como monocultivo, pero en algunos valles se siembra asociados con leguminosas como frijol, tarwi, habas, según de la disponibilidad de lluvias y el microclima de cada valle. (Mescoco 2011).

El Rendimiento está por encima de 5,000 kg ha⁻¹ y algunos productores alcanzan hasta 8,000 Kg ha⁻¹ bajo riego y con adecuada tecnología de cultivo, (Mescoco, 2011)

2.2.3. Taxonomía de maíz (*Zea mays* L)

Según Iquiza citado por Tamayo (2014), la taxonomía del maíz es la siguiente:

- Reino: Plantae
- División: Traqueofita
- Clases: Angiosperma
- Subclase: Monocotiledónea
- Orden: Glumerales
- Familia: Poaceae (gramíneas)
- Género: *Zea*
- Especie: *Zea mays* (L)

2.2.4. Fertilización de maíz

El maíz necesita ciertos elementos minerales en cantidades adecuadas para desarrollarse bien, aunque la planta de maíz usa 16 elementos diferentes, sólo tres son necesarios en cantidades relativamente grandes: el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K). La falta de estos nutrientes limita frecuentemente la producción de maíz, aunque el azufre y algunos micronutrientes como el zinc y el magnesio pueden ser restricciones importantes en ciertas localidades. También es importante incorporar materia orgánica al suelo porque retiene humedad, nutrientes y crea condiciones favorables para la actividad de los microorganismos (García 2013).

La extracción media que requiere el maíz es de: 25 kg de N; 11 kg de P_2O_5 y 23 kg de K_2O por tm. Para una producción de 12 toneladas métricas se debe aplicar: 300 kg de N; 130 kg de P_2O_5 y 280 kg de K_2O (ABCAGRO).

El cultivo de maíz tiene un requerimiento por hectárea de: 140 kg de nitrógeno (30% a la siembra y 70 % a los 25 días después de la siembra); 50 kg de fósforo, 160 kg de potasio y 20 kg de magnesio todos 100 % a la siembra (INIAP 2009).

En las chacras de los andes del Perú, tanto de riego como de secano; después del segundo aporque emergen las leguminosas conocidas por los campesinos como el trébol andino (*Medicago polymorpha* L. syn *Medicago hispida* Gaertn). La bacteria *Ensifer medicae* es el microsimbionte específico del trébol andino *Medicago hispida*. La fertilización nitrogenada disminuye la abundancia de las bacterias promotoras de crecimiento vegetal (Arone 2012).

2.2.5. Tecnología de cultivo de maíz

Este año participaron representantes de más de veinte naciones indígenas en la conferencia titulada Annual Indigenous Farming Conference, donde gran parte de las discusiones se enfocaron en técnicas de agricultura sostenible, compartir experiencias a nivel local y de escala pequeña, e intercambiar

ideas, semillas o productos, técnicas y contactos; (Eguren 2016).

La época de siembra es la segunda quincena de junio y primera quincena de julio para choclo, mientras para grano es la segunda quincena de agosto a primera quincena de setiembre (Mescoco, 2011). La siembra está limitada por la temperatura y la disponibilidad de agua. Generalmente se siembran con el inicio de las lluvias en los casos de siembra en secano (agosto a octubre) (Garcia, 2000).

La densidad de siembra es generalizada y en menor escala a surco corredor o a cola de buey; se puede utilizar de 80 a 100 kg ha de semilla, 3 semillas/golpe distanciados a 0.50 y 0.40 m, a 0.80 m, entre surcos, dejando al desahije 2 plantas por golpe para tener una población de 50000 a 62500 plantas/ha. o 55 000 a 65 000 plantas/ha; Garcia¹⁵ y Mescoco⁵⁰. Con sembradora es de 0.80x 0.20 ó 0.85 x 15 cm. La uniformidad de tamaño de semilla y profundidad de siembra son muy importantes para lograr una buena y uniforme emergencia de plántulas (Mescoco, 2011).

2.2.6. Plagas y enfermedades de maíz

Las principales plagas de importancia se consideran a los Gusanos de tierra. (Cuchi cuchi, Raqa, Silwi). Gusano de Planta (Cogollero, choclero), Insectos de almacén (Gorgojos) (Mescoco, 2011). Un grupo de gusanos de tierra o gusanos cortadores como la *Feltia experta*, *Agrotis ypsilon* y *Copitarsia turbata*, ocasionan daños en las raíces y cuello de las plántulas de maíz (Garcia, 2013).

Se han registrado especies como la *Diabrotica decempunctata*, *Diabrotica viridula* y *Diabrotica sicuanica*. Son escarabajos de color verde, con manchas rojizo amarillentas de 5 a 6 mm de tamaño. También está el cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) (Garcia, 2013).

Dentro de los picadores chupadores de la planta: se encuentran Cigarritas (*Dalbulus maidis*, *Peregrinus maidis*) Pulgones (*Rhopalosiphum maidis*).

También el gusano masticador de granos lechosos o el gusano de la mazorca (*Heliothis zea*) (Garcia, 2013).

Las enfermedades principales del maíz a nivel de hojas, se tiene a la Roya común (*Puccinia sorghi*), Mancha negra (*Cercospora maydis*) y Mancha parda de las hojas (*Helminthosporium* sp). A nivel de granos: Pudrición de los granos (*Fusarium moniliforme*). Tallo y mazorca de maíz es afectado por (*Diplodia zeae maydis*); (Garcia, 2013).

Evitar el exceso uso de fertilizantes nitrogenados que provocan el desarrollo mayor de las hojas y altura de la planta, mientras el fósforo, potasio, magnesio y calcio hacen tolerantes a las plantas al ataque de la enfermedad; (Garcia, 2013).

Adquirir semillas de agricultores que maneja bien sus cultivos o de instituciones que producen semillas garantizadas. Desinfectar la semilla con fungicidas de contacto antes de la siembra; (Garcia, 2013).

2.3. MARCO CONCEPTUAL

Maíz (*Zea mays* L.)

El maíz (*Zea mays* L) es una especie de gramínea anual, conocida como cereal nativo, originaria y domesticada por los pueblos en el centro de México desde hace unos 10.000 años, e introducida en Europa en el siglo XVII. Otros mencionan que el centro original de domesticación fue Mesoamérica desde donde se difundió hacia otros continentes de América. No hay un acuerdo sobre cuándo se empezó a domesticar el maíz, pero los indígenas mexicanos dicen que esta planta representa para ellos, diez mil años de cultura. La planta es usada para producir granos y forraje, los cuales constituyen la base para la alimentación humana y animales, así como para la industria farmacéutica y manufacturera (Salvador y Paliwa, citado por Tamayo 2014). Actualmente es el cereal con el mayor volumen de producción a nivel mundial, superando incluso al trigo y al arroz.

Resiliencia: Es a la capacidad de los ecosistemas de absorber y sobreponerse a las perturbaciones. Fuentes: Hernández et al (2003); Frutis y Huidobro (2013) y Altieri (2013).

Influencia: Es la acción y efecto del verbo influir, del latín “influere”. Este verbo se refiere a los efectos que una cosa produce sobre otra o al predominio que ejerce. Influir es el verbo que causa efecto una sobre otra. Respecto al presente trabajo, se refiere a la influencia de los Hongos micorrizógenos arbusculares en el cultivo de maíz.

Crecimiento y desarrollo: Se entiende por crecimiento un aumento en la masa del organismo, según enciclonet Botánica, las diversas partes de una planta se desarrollan a través de un complejo sistema de división y diferenciación celular, el cual sigue un patrón determinado genéticamente. El desarrollo es el conjunto de procesos de crecimiento y diferenciación mediante los cuales, a partir de una semilla sexual o vegetativa, se obtiene una planta completa con capacidad para producir otras semillas.

Producción: Producción es el proceso mediante el cual los factores de producción se combinan entre sí para fabricar los bienes y servicios que desea la población. Dicho de otra manera, la producción es el resultado de la acción de producir, o de generar un producto con el objetivo de satisfacer necesidades de la población. En su etimología debemos remitirnos al latín productiō, y designa a una acción típicamente humana que lleva a la generación de productos o el conjunto de productos de los suelos o la industria.

Producción primaria bruta de un ecosistema es la energía total fijada por fotosíntesis por las plantas.

Producción primaria neta es la energía fijada por fotosíntesis menos la energía empleada en la respiración, es decir la producción primaria bruta menos la respiración.

2.4. MARCO FILOSÓFICO

Los hongos son microorganismos menos estudiados que las plantas y animales, por lo que son menos comprendidos pasan desapercibidos ante nuestros sentidos, pues sus estructuras microscópicas inmersa en los sustratos en donde viven no son apreciados a simple vista. Con frecuencia casi todos hemos disfrutado alguna vez de un buen vino, cerveza, casi diario se tiene que conservar en refrigeradora el alimento para evitar a que se deteriore, a veces nuestras plantas de ornato se secan lentamente y mueren sin razón aparente; algunos de los hombres también han sufrido del llamado pie de atleta. Nuestra experiencia diaria con éstos y otros hechos hace que interaccionemos con el mundo de los hongos muchas veces sin saberlo, vivimos en un mundo enmohecido, en donde los hongos juegan un papel central en los procesos de la vida del planeta, coexistimos con ellos, pero frecuentemente no los percibimos aunque sus acciones silenciosas transformen el entorno en que vivimos. (Hernández y Estrada, 2013; Subnargem, 2011 y Fernández, 2010).

Así mismo Hernández y Estrada, (2013) mencionan, que la gran diversidad de especies de hongos se sitúa como el tercer reino biológico con mayor diversidad. Los hongos habitan todos los ecosistemas terrestres y acuáticos; muchos de ellos forman simbiosis, esto es, se asocian íntimamente con otros organismos ya sea afectando o beneficiándose entre ambos organismos como sucede con los hongos que se asocian con las raíces de muchas plantas. Se ha propuesto que las primeras formas fúngicas se originaron hace cerca de 460 millones de años y su importancia en la historia de la vida queda manifiesta cuando se considera que algunos de los grupos fúngicos ancestrales contribuyeron a que las plantas verdes pudieran colonizar los ambientes terrestres, dando lugar a la vida en la Tierra como se conoce en la actualidad.

Estrada et al, (2013), mencionan tres aspectos de los hongos: el lado oscuro de los hongos, porque hay especies que dañan al hombre y a su economía, al producir enfermedades tanto en la agricultura, piscicultura y ganadería no han

dejado de ser importante a pesar de los esfuerzos por prevenir y controlar enfermedades de plantas y animales domésticos. Pérdidas millonarias anuales son ocasionadas por enfermedades como la roya, el tizón tardío de la papa y otros. Mientras cuando mencionan hongos aliados al hombre es porque los hongos ofrecen muchos beneficios al hombre como las levaduras para la panificación, para la elaboración de vinos y otros licores. Varios hongos silvestres para la alimentación otros industrializados como los champiñones. Así mismo varias especies son empleados en la medicina como la penicilina entre otros.

También mencionan que, a nivel agrícola, varios hongos son de gran utilidad como controladores biológicos, al competir con las especies patógenas por espacio o por nutrientes, inhibiendo así el crecimiento de los patógenos. Varios hongos endófitos de pastos liberan sustancias tóxicas que destruyen a los patógenos de las plantas. También se emplean como biopesticidas, ya que pueden infectar insectos plagas, como es el caso de *Beauveria bassiana*, hongo que es utilizado para matar a las diferentes plagas agrícolas. Algunos hongos micorrizógenos se producen a gran escala para ser usados como biofertilizantes, para incrementar la producción agrícola o en la producción de plantas de interés forestal para reforestación.

Finalmente cuando hablan sobre el potencial de los hongos al servicio de la humanidad, indican Estrada et al (2013): ¿Has oído hablar del pentaclorofenol?, ¿sabes los daños que causa a los seres vivos expuestos?, te sorprenderá saberlo, pero te sorprenderá más saber que algunas especies de hongos de los géneros *Aspergillus*, *Fusarium*, *Rhizopus* y *Amylomyces*, entre otros, son capaces de degradar éste y otros compuestos contaminantes del ambiente, gracias al complejo enzimático que poseen y que a través de una buena estrategia de manipulación génica para mejorar dicho complejo, pueden lograr limpiar una muestra contaminada en pocos días e incluso horas.

En agroecosistemas a nivel local, regional, nacional y mundial; cuando el

hombre tiene un manejo agroecológico de sus chacras; sus componentes como la flora microbiana, la microfauna, los insectos benéficos y las plantas arvenses conducen a un equilibrio del agroecosistema. Sin embargo, actualmente la producción de los diferentes cultivos ha conducido a un desequilibrio del sistema agrícola; por el manejo convencional, donde se emplean altos niveles de fertilizantes químicos, como también insecticidas, plaguicidas, herbicidas entre otros. Lo que le interesa al productor es obtener altos rendimientos de la producción, sin tener en cuenta que está generando el desequilibrio del sistema agrícola, contaminación del ambiente, la cosecha no es de calidad e incluso con residuos de plaguicidas, generando diferentes enfermedades en la población humana y otros seres vivos.

Ante lo mencionado hay disminución de los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) y de la diversidad microbiana, quienes cumplen un rol muy importante en el agroecosistema. A nivel local y nacional hay falta de interés de la colección y conservación ex-situ de los HMA, poca investigación en la localidad de Ayacucho y a nivel del Perú.

Hay necesidad de mayor desarrollo tecnológico en la aplicación de los HMA, en los diferentes cultivos de la agricultura. Pero con un enfoque interdisciplinario a nivel académico, científico y de productores.

En los agroecosistemas hay interacciones múltiples entre los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA), las plantas, el suelo, la microflora, microfauna y el ambiente.

La micorriza cumple una función clave en la agricultura sostenible para compensar la reducción de los insumos; la disminución de la microflora de HMA, es un indicador del descenso en la estabilidad del sistema planta suelo. Considerando lo mencionado, la agricultura sostenible sólo es posible mediante el aprovechamiento óptimo y responsable de los microorganismos y otras microfaunas del suelo. Específicamente la función clave de los HMA, radica su abundante micelio intra y extraradical, los que constituyen un

enlace entre la planta y el suelo; por tanto la micorriza influye y conecta los componentes bióticos del suelo entre sí y con los abióticos de su entorno.

2.5. FORMULACION DE HIPÓTESIS

Hipótesis general

La aplicación de cuatro inóculos de HMA influyen en el crecimiento, desarrollo y producción de grano fresco y seco de maíz amiláceo variedad choclero, (*Z. mays* L.) en la comunidad de Paquecc Ayacucho.

Hipótesis específico

- La aplicación de cuatro inóculos de HMA influyen en el crecimiento y desarrollo de maíz (*Z. mays* L.) amiláceo variedad choclero, en la comunidad de Paquecc Ayacucho.
- La aplicación de cuatro inóculos de HMA influyen en la producción de grano fresco y seco de maíz (*Z. mays* L.), amiláceo variedad choclero, en la comunidad de Paquecc Ayacucho.

2.6. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Variables e Indicadores:

Variable independiente	Indicadores V. independiente
Inóculo 1 de HMA Inóculo 2 de HMA Inóculo 3 de HMA Inóculo 4 de HMA	Número de esporas / g de suelo Cantidad de micelio.
Variable dependiente Cultivo	Indicadores V. dependiente
<i>Zea mays</i>	Longitud aérea, grosor de tallo, Peso seco del follaje número de mazorca/planta. Peso seco de grano por hectárea.

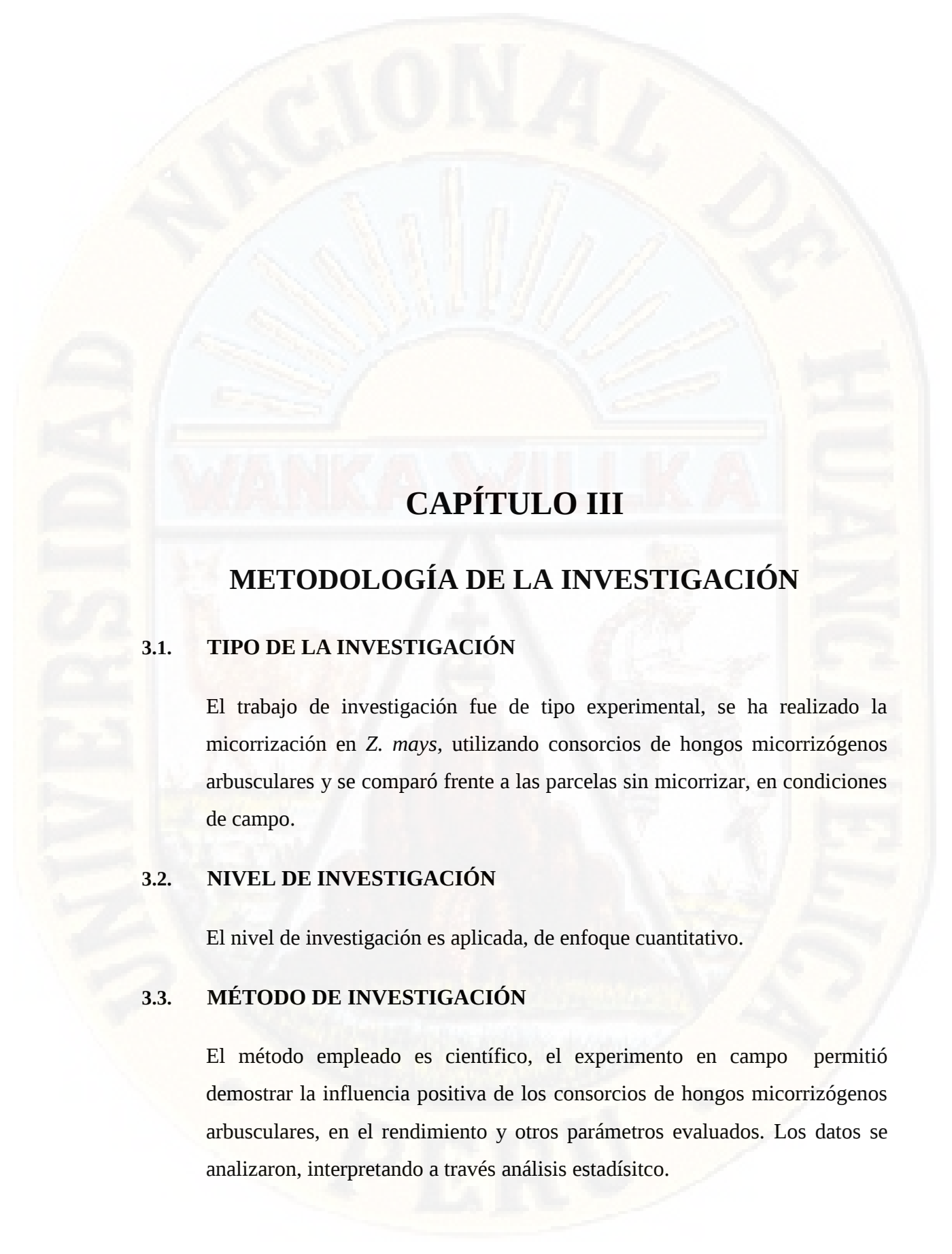
2.7. DEFINICIÓN OPERATIVA DE VARIABLES E INDICADORES

Variable independiente (causa)

CONCEPTUAL	OPERACIONAL	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Consortio de HMA VAP1 (T1)	Se pesó 120 g de inóculo para cada parcela y se aplicó 2.27 g de inóculo /golpe.	Promedio de 100 esporas viables (en el inóculo)	Número de esporas por 10 g de suelo
Consortio HMA Paquecc Zm19 (T2)	Peso de 157 g de inóculo por cada parcela y se aplicó 3.05 g/ golpe.	Promedio de 100 esporas viables (en el inóculo)	Número de esporas por 10 g de suelo.
Consortio mezcla de HMA ZmM (Zm20 + Zm21 + Zm23) (T3)	Peso de 155 g de inóculo por cada parcela y se aplicó 3.0 g/ golpe.	Promedio de 100 esporas viables (en el inóculo)	Número de esporas por 10 g de suelo.
Consortio de HMA Macachacra (T4)	3.0 g/ golpe. Peso de 165 g de inóculo por cada parcela y se aplicó 3.2 g/ golpe.	Promedio de 100 esporas viables (en el inóculo)	Número de esporas por 10 g de suelo

Variable dependiente (efectos)

CONCEPTUAL	OPERACIONAL	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Cultivo de Maíz (<i>Zea mays</i>)	Medición altura del tallo	Longitud área	cm
	Medición diámetro tallo	Grosor tallo	cm
	Nº de mazorca/planta	Número mazorca	unidad
	Peso de grano fresco	Peso de grano fresco	g
	Peso de grano seco	Peso de grano seco	g
	Contar número de granos/ mazorca	Número de grano	unidad
	Peso de 1000 semillas.	Peso de 1000 semillas	g



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación fue de tipo experimental, se ha realizado la micorrización en *Z. mays*, utilizando consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares y se comparó frente a las parcelas sin micorrizar, en condiciones de campo.

3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es aplicada, de enfoque cuantitativo.

3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método empleado es científico, el experimento en campo permitió demostrar la influencia positiva de los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares, en el rendimiento y otros parámetros evaluados. Los datos se analizaron, interpretando a través análisis estadístico.

Lugar del experimento

El experimento se realizó en la chacra denominado Paqpa urccu ubicado a una altitud de 2400 msnm; de la comunidad de Paquecc de la provincia de Huanta, departamento Ayacucho. Según la información del propietario Sr. Benigno Gutierrez Quintero, el primer año luego del barbecho cultivó tomate, luego brócoli. El experimento que se instaló fue el tercer cultivo. La siguiente imagen muestra la ubicación del agroecosistema del experimento.



- 3.3.1. Análisis de fertilidad de suelo**, fue realizado por el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar de la UNSCH, dicho análisis se muestra en la hoja adjunta.
- 3.3.2. Preparación de terreno y parcelas**, esta actividad se realizó con el apoyo del propietario, empleando el tractor, luego del surcado se efectuó la demarcación de un área total de 836 m², seguidamente la delimitación de 20 parcelas, cada parcela de 4 x 8 m² con 5 surcos, cada surco con 10 golpes, el distanciamiento: entre surco 0.8 m y entre golpe 0.4m.

3.3.3. Abonamiento siembra, micorrización y aporque.- previa a estas actividades se ha realizado la distribución de los tratamientos al azar como se observa en el gráfico 1 (croquis); seguidamente se realizó el abonamiento aplicando 29 gramos de guano de isla a la siembra otros 29 gramos se aplicó en el aporque; mientras la roca fosfórica se aplicó 55 gramos por golpe sólo en la siembra. La siembra y la inoculación (micorrización) se realizaron colocando tres semillas por golpe junto al inóculo, en el intermedio de los abonos evitando de los rayos solares, por lo que se cubrió inmediatamente con un poco de suelo (ver anexo imagen 1 e imagen 15 corresponden a los consorcios de HMA con las que se inocularon). Al tratamiento T5 no se inoculó. En la siembra se empleó la misma metodología del agricultor, variando sólo en la micorrización y el abonamiento orgánico con dosis baja de guano de isla y la roca fosfórica, según el análisis de suelo adjunto. Posteriormente se realizó el aporque, en la que se añadió los 29 gramos de guano de isla en el intermedio de cada golpe de cultivo (ver anexo imagen 3).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR
Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 RPM # 966942996
Ayacucho – Perú
"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Región : Ayacucho
Provincia : Huanta
Distrito : Huanta
Comunidad : Paquecc
Proyecto : "Investigación" Cultivo de Maíz
Solicitante : M. Blga. Roberta Esquivel Quispe

ANALISIS DE FERTILIDAD

Muestra	Análisis mecánico (%)			Clase Textural	pH (H ₂ O) 1:2.5	C. E. (dS/m) 1:1	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos Disp. (ppm)	
	Arena	Limo	Arcilla							P	K
01	44.6	29.2	26.2	Fr	8.36	1.090	3.25	2.48	0.12	7.4	193.8

Ayacucho, 06 de Noviembre del 2017.

Fórmula de Abonamiento Maíz (Kg. ha ⁻¹):		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O
175	165	50
Nitrato de amonio (Sacos)		6,7
Fosfato Diamónico (Sacos)		7,2
Sulfato de Potasio (Sacos)		2,0

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE

Juan B. Giron Molina
C.I.P. 77120

Ao: Arenoso; AoFr: Arena franca; FrAo: Franco arenosos; Fr: Franco; FrL: Franco limoso; L: Limoso; FrArAo: Franco arcillo arenoso; FrAr: Franco arcilloso;
FrAr: Franco arcillosos; FrArL: Franco arcillo limoso; ArAo: Arcillo arenoso; ArL: Arcillo limoso; Ar: Arcilloso

MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELOS

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 ó en el extracto de la pasta de saturación (es).
3. pH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo; agua relación 1:2.5 ó en suspensión suelo: KCl 1N, relación 1:2.5
4. Calcareo total (CaCO_3): método volumétrico o gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
5. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. $\% \text{M.O} = \% \text{C} \times 1.724$.
6. Nitrogeno total: método del semi micro-kjeldahl
7. Fósforo disponible: método Bray Kurtz I y método del Olsen modificado, extracción con $\text{NaHCO}_3 = 0.5\text{M}$, pH: 8.5
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONa}$)N, pH 4.8
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$)N; pH: 7
10. Ca^{+2} , Mg^{+2} , cambiables: reemplazamiento con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$)N; pH: 7.0, cuantificación por complexometría EDTA.
11. $\text{Al}^{+3} + \text{H}^+$: método de Yuan. Extracción con KCl N
12. Iones solubles:
 - a) Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ solubles: fotometría de llama y/o absorción atómica.
 - b) Cl^- , CO_3^{+2} , HCO_3^- , NO_3^- solubles: volumetría y colorimetría, SO_4^{+2} turbidimetría con Cloruro de Bario.
 - c) Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
 - d) Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

Equivalencias:

$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/kilogramo}$
 $1 \text{ milimho/cm (mmho/cm)} = 1 \text{ deciSemens/metro}$
 $1 \text{ miliequivalente/ 100g} = 1 \text{ cmol(+) /kg}$
 Sales solubles totales (TDS) en ppm ó $\text{mg/kg} = 640 \times \text{CEes}$
 $\text{CE (1:1) mmho/cm} \times 2 = \text{CE (es) mmho/cm}$

TABLA DE INTERPRETACIÓN

Salinidad	
Clasificación del Suelo	CE (es)
* muy ligeramente salino	< 2
* ligeramente salino	2 - 4
* moderadamente salino	4 - 8
* fuertemente salino	> 8

Reacción o pH	
Clasificación del Suelo	pH
* Fuertemente ácido	< 5.5
* Moderadamente ácido	5.6 - 6.0
* Ligeramente ácido	6.1 - 6.5
* Neutro	6.6 - 7.0
* Ligeramente alcalino	7.1 - 7.8
* Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4
* Fuertemente alcalino	> 8.4

Clasificación	Materia Orgánica %	Fósforo disponible ppm P	Potasio disponible ppm K
* bajo	< 2.0	< 12.0	< 100
* medio	2 - 4	12.0 - 18.0	100 - 240
* alto	> 4.0	> 18.0	> 240

Relaciones Cationicas			
Clasificación	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
* Normal	5 - 8	14 - 16	1.8 - 2.5
* defc. Ca	< 5	< 14	
* defc. K		> 16	> 2.5
* defc. Mg	> 8		< 1.8

Distribución de Cationes %		% Calcareo Total	
Ca^{+2}	60 - 75	< 1 %	Nivel bajo
Mg^{+2}	15 - 20	1 a 5 %	Nivel Medio
K^+	3 - 7	5 - 15 %	Nivel alto
Na^+	< 15	> 15 %	Nivel muy alto

3.3.4. Variables evaluadas

Se evaluaron:

- Porcentaje de emergencia
- Altura del tallo
- Diámetro del tallo o grosor de tallo
- Número de mazorca por planta
- Follaje seco/planta
- Peso seco del follaje
- Peso de grano fresco
- Peso de grano seco /planta
- Rendimiento de grano seco /hectárea
- Número de grano por mazorca
- Peso de 1000 semillas
- Número de esporas / g de suelo.
- Cantidad de micelio; por cada tratamiento.

3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Se empleó el diseño bloque completo al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Como se observa en el siguiente gráfico 1.



Gráfico 1. Croquis de la instalación en campo experimental

3.5. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.5.1. Población: Fue representado por 1900 plantas, que resulta de 20 parcelas, cinco tratamientos, con 4 repeticiones y cada parcela con un promedio de 95 plantas; como se muestra en el anexo imagen 5, 6, y gráfico 1.

3.5.2. Muestra: Se tomó 10 plantas de los surcos centrales de cada unidad experimental.

3.5.3. Muestreo: El muestreo fue simple aleatorio.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La cuantificación de esporas se efectúa utilizando el método de tamizado húmedo y decantación, (Ferrera, 2003 y Hernández, 2011).

VARIABLES INDEPENDIENTE (CAUSA)

- Consorcio de HMA VAP1 (T1).
- Consorcio HMA Paquecc Zm19 (T2)
- Consorcio HMA ZmM (Zm20 + Zm21 + Zm6) (T3)
- Consorcio de HMA Zm23 Macachacra (T4)
- Testigo sin inocular (sin micorrizar) (T5)

TÉCNICA

La evaluación del número de esporas y cantidad de micelio de los consorcios de HMA se realizó empleando la técnica descrita por Gerdemann y Nicolson (1963) y Daniels y Skipper (1962) modificado, citado por Hernández et al, (2008).

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

- Balanza eléctrica de precisión modelo: MW503. Pantalla LCD con retroiluminación y contraste ajustable. Unidad de medida seleccionable. Rango 500; resolución 0.001. Linialidad +/- 0.002.

- Tamices: Con apertura de malla de 250, 106 y 45 μ m.
- Estereoscopio eléctrico binocular

PROCEDIMIENTO

Se ha pesado 10 g de una submuestra de suelo tamizado y homogenizado de la rizósfera; de macetas de propagación cosechadas; las que se colocaron en vaso precipitado de un litro de capacidad y se ha añadido agua hasta completar a un litro. Agitando con varilla de vidrio tres veces. Se decantó sobre los tamices lavando con agua de caño. Se repite por tres veces.

En tubos de prueba se colocaron soluciones de sacarosa de 20 y 60%, a dichas soluciones se colocaron cada una de las muestras del tamiz de 45 μ m de apertura de malla y se centrifugaron a 2500 rpm por tres minutos.

Se decantó el sobrenadante sobre los tamices y se procedió a lavar.

Se transfirió a un tubo de centrifugación, dicha suspensión se completó a 10 ml a partir de ella se tomaron 4 muestras, cada muestra de 1 ml, la cual se colocaron sobre la luna de reloj, a fin de realizar el conteo sólo de esporas viables en un estereoscopio eléctrico binocular a 10x4. Luego se obtuvo el número de esporas por g de inóculo. A partir del cual se determinó la cantidad de inóculo para la micorrización de cada tratamiento.

VARIABLES DEPENDIENTES (EFECTOS)

Maíz (*Zea mays*)

TÉCNICA

Observación asistida: porcentaje de emergencia, medición de altura del tallo, diámetro del tallo, Número de mazorca/planta, peso fresco del grano, peso seco de grano, número de grano /mazorca y peso de 1000 semillas.

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

- Balanza eléctrica de precisión modelo: MW503. Pantalla LCD con retroiluminación y contraste ajustable. Unidad de medida seleccionable. Rango 500; resolución 0.001. Linialidad +/- 0.002.
- Balanza con unidad de medida seleccionable rango 5 kilogramos de capacidad con un decimal.
- Estufa
- Flexómetro de 5 metros

PROCEDIMIENTO

Después de 14 días de siembra (dds) se determinó el porcentaje de emergencia como se muestra en anexo imagen 2. Luego de 145 días después de siembra (dds) previa coordinación con el propietario del terreno (ver anexo imagen 4), se procedió la obtención de 10 plantas al azar de los surcos centrales de cada tratamiento y unidad experimental, cortando cada planta desde el cuello; seguidamente se procedió a medir la longitud de la parte aérea, diámetro del tallo, conteo de mazorcas por planta. Para determinar la materia seca del follaje, peso fresco de grano, peso seco de grano y la evaluación del resto de los indicadores, se transportaron con sus codificaciones correspondientes al laboratorio.

3.7. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Los resultados obtenidos se anotaron en fichas por tratamiento, considerando todos los parámetros de evaluación.

Los datos digitados se guardarón en Excel 2003, para su análisis se empleó el programa estadístico InfoStat, con la cual se obtuvo ANOVA y la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 95% (0.05).

También se hizo uso de la estadística descriptiva para presentar gráficos y cuadros empleando el Programa de Minitab versión 17.

PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS VARIABLES EN ESTUDIO

Previo coordinación con el propietario (ver anexo imagen 4) de las parcelas se realizaron las diferentes evaluaciones que a continuación se describe.

- 3.7.1. Porcentaje de emergencia.-** para la obtención del porcentaje de emergencia, se contabilizó las plántulas emergidas en cada tratamiento y unidad experimental, realizando la resiembra en aquellas que no hubo emergencia como se muestra en el anexo imagen 2; esta evaluación se realizó a los 14 dds (03.12.17). El número de plantas emergidas se llevó a porcentaje, con dichos datos se determinó la normalidad y ANOVA.
- 3.7.2. Altura del tallo.-** Se procedió a medir 10 plantas de los surcos centrales de cada unidad experimental, por tratamiento y repetición desde el cuello de la planta (ras del suelo) hasta la base de la panoja, no se incluyó la panoja, esta medición se realizó con ayuda de un flexómetro de 5 m, a los 103 días después de siembra (03.03.19).
- 3.7.3. Diámetro del tallo.-** Se determinó midiendo a la altura del tercer nudo a los 145 días ds (15.04.18), con la ayuda de un vernier, considerando 10 plantas de los surcos centrales de todas las unidades experimentales.
- 3.7.4. Número de mazorca por planta.-** Previamente se realizó un muestreo al azar de 10 plantas de los surcos centrales, las cuales se cortaron y se etiquetaron, luego se contabilizó el número de mazorcas por planta, dichos datos se anotaron en la ficha.
- 3.7.5. Peso seco del follaje.-** De las 10 muestras de plantas de cada unidad experimental, se tomaron tres plantas las que se trozaron (ver anexo imagen 7) y se transportaron al laboratorio de Agrobiología UNSCH, y se secaron al ambiente y posteriormente en estufa hasta obtener peso constante. Para los cálculos estadísticos se consideró el promedio de las tres plantas.

- 3.7.6. Peso de grano fresco.-** En el laboratorio se etiquetaron las mazorcas por planta, es decir de las 10 plantas muestreadas por cada repetición y tratamiento; luego se procedió a pesar anotando los datos en la ficha, luego de la obtención de peso fresco se colocaron en bolsas de papel (ver anexo imagen 10).
- 3.7.7. Peso de grano seco/planta.-** Las mazorcas muestreadas de 10 plantas por cada tratamiento y repetición, se etiquetaron y se secaron al ambiente, como se muestra en el anexo imagen 11 y anexo imagen 12. Posteriormente se ordenaron por cada tratamiento (ver anexo imagen 13 y 14), se desgranaron y se colocaron en bolsa de papel con su respectiva etiqueta y luego se colocaron en estufa a 60 °C hasta obtener peso constante, finalmente se pesaron en balanza analítica, registrando los datos en la ficha.
- 3.7.8. Rendimiento de grano seco por hectárea.-** Los datos obtenidos de grano seco por planta, cuya unidad de peso fueron en gramos; se realizaron la conversión en kg ha^{-1} .
- 3.7.9. Número de grano por mazorca.-** De las 10 mazorcas se hizo un muestreo de 3 mazorcas al azar, por cada repetición y tratamiento; de las cuales se realizó el conteo del número de granos como se muestra en el anexo imagen 14, cuyos resultados fueron registrados en la cuadro de evaluación.
- 3.7.10. Peso de 1000 semillas.-** De las 10 muestras en grano seco, se juntaron, se homogenizaron y se procedió a realizar el conteo de 100 semillas con 4 repeticiones, esta operación se realizó para cada repetición de cada tratamiento, registrándose en el cuadro de evaluaciones, posteriormente para expresar peso de mil semillas se realizó la conversión.
- 3.7.11. Número de esporas/ 100 gramos de suelo de la rizósfera de maíz.-** Para determinar este indicador, en el campo de instalación del experimento se efectuó el muestreo de suelo a partir de la rizósfera de cada tratamiento y sus repeticiones (ver anexo imagen 8); dichas muestras fueron procesadas empleando la técnica de extracción de esporas por tamizado húmedo

decantación y centrifugación con agua y sacarosa modificado por Brundett et al. Se empleó 100 g de muestra de suelo por tratamiento.

3.7.12. Cantidad de micelio.- Se determinó mediante observación visual en estereoscopio, registrándose con signos: - (0 de micelio por campo), + (1 poco micelio), ++ (2 regular cantidad) y +++ (3 abundante micelio).

3.8. DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

Hipótesis alterna:

Uno de los cuatro inóculos de HMA influyen en el crecimiento, desarrollo y producción de maíz (*Z. mays* L) amiláceo en la comunidad de Paquecc Ayacucho.

Hipótesis nula:

Ninguno de los inóculos de HMA influyen en el crecimiento, desarrollo y producción de maíz (*Z. mays* L) amiláceo en la comunidad de Paquecc Ayacucho.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE DATOS

4.1.1. Sobre porcentaje de emergencia

Tabla 01: Análisis de Variancia del porcentaje de emergencia, *Z. mays* micorrizado y sin micorrizar, Paquecc - Ayacucho 2018

F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr > F
TRATAMIENTO	4	2424.8	606.2	1.16	<0.3675NS
Error	15	7843	522.87		
Total	19	10267.8			
			CV 28.02		

En la tabla 01, se muestra el Análisis de Variancia del porcentaje de emergencia de maíz amiláceo (*Z. mayz* L.), micorrizados con los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares y sin micorrizar; en dicha tabla se muestra que no se encontró diferencia entre los tratamientos; sin embargo existe diferencia numérica como se muestra en el anexo tabla 01. Observándose que los tratamientos T3 y T4 micorrizados tienen mayor porcentaje de emergencia 95 y 94% respectivamente.

4.1.2. Altura de tallo

Tabla 02: Análisis de Variancia de altura de tallo (cm) <i>Z. mays</i> micorrizado y sin micorrizar, Paquecc - Ayacucho 2018					
F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr > F
TRATAMIENTO	4	5319.73	1329.93	0.93	<0.4470NS
Error	195	278553.63	1428.48		
Total	199	283873.36			
CV 14.98					

Como se muestra en la tabla 2, no existe diferencia entre los tratamientos respecto a la altura de las plantas de maíz micorrizadas y sin micorrizar, sin embargo, todos los tratamientos micorrizados son superiores al tratamiento sin micorrizar como se observa en el anexo tabla 2.

4.1.3. Diámetro del tallo

Tabla 03: Análisis de Variancia del diámetro de tallo (cm) de <i>Z.mays</i> L. micorrizado y sin micorrizar,, Paquecc - Ayacucho 2018					
F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr > F
TRATAMIENTO	4	1.56	0.39	3.77	<0.0056**
Error	195	20.15	0.1		
Total	199	21.71			
CV 14.07					

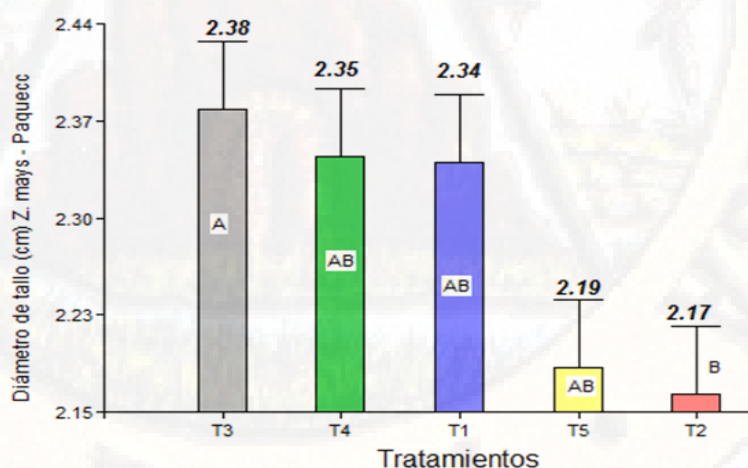


Gráfico 2. Diámetro del tallo de *Z. mays* micorrizados y sin micorrizar; Paquecc – Ayacucho 2018.

En la tabla 3, se observa el Análisis de Variancia del diámetro de tallo de las plantas de maíz micorrizadas y sin micorrizar con los diferentes consorcios de HMA, como se muestra existe diferencia significativa entre los tratamientos. Dicha diferencia entre los tratamientos se muestra en el gráfico 2.

Se observa que el tratamiento micorrizado T3 supera con significancia al tratamiento T2, entre los otros tratamientos no existe diferencia significativa.

4.1.4. Número de mazorca por planta

En la tabla 4, se observa el Análisis de Variancia del número de mazorcas por planta de maíz micorrizadas y sin micorrizar con los diferentes consorcios de HMA; como se muestra existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos. Para la demostración de dicha diferencia se realizó la prueba de Tukey.

Tabla 04: Análisis de Variancia del número de mazorca por planta de <i>Z. mays</i> L. micorrizada y sin micorrizar, Paquecc - Ayacucho 2018					
F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr > F
TRATAMIENTO	4	0.4	1	4.81	<0.0106*
Error	15	0.31	0.28		
Total	19	0.71			
CV 9.22					

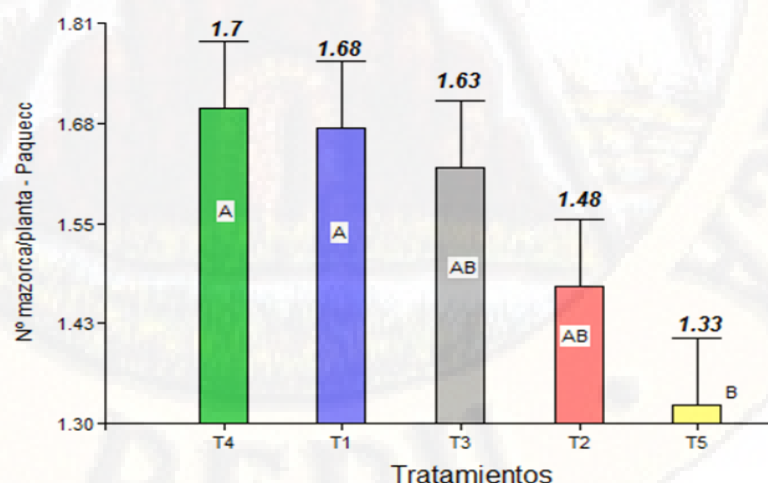


Gráfico 3. Número de mazorcas por planta de *Z. mays* micorrizados y sin micorrizar; Paquecc – Ayacucho 2018.

En el gráfico 3 se muestra las medias del número de mazorcas mediante la prueba de Tukey, demostrándose que los tratamientos micorrizados T4 y T1, superan con significancia al tratamiento sin micorrizar T5; mientras los tratamientos T3 y T2 son similares al tratamiento sin micorrizar T5.

4.1.5. Sobre peso seco de follaje

Tabla 05: Análisis de Variancia del follaje seco (g) <i>Z. mays</i> micorrizado y sin micorrizar, Paquecc - Ayacucho 2018					
F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr > F
TRATAMIENTO	4	769	1767.46	1.51	<0.2499NS
Error	15	17588.02	1172.53		
Total	19	24657.87			
CV 13.58					

En la tabla 5, se observa el análisis de variancia del follaje, de las plantas de maíz micorrizadas y sin micorrizar en la comunidad de Paquecc; donde se muestra que no existe diferencia entre los tratamientos, encontrándose solo una diferencia numérica, la cual se observa en el anexo tabla 3, donde los tratamientos micorrizados superan al tratamiento sin micorrizar (T5) a excepción del tratamiento T3 que es inferior al testigo.

4.1.6. Peso de grano fresco

Tabla 06: Análisis de Variancia de grano fresco (kg ha ⁻¹) <i>Z. mays</i> micorrizado y sin micorrizar, Paquecc - Ayacucho 2018					
F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr > F
TRATAMIENTO	4	13,911,816.88	3,477,954.22	14.93	<0.0001**
Error	15	3,493,998.58	232,933.24		
Total	19	17,405,815.46			
CV 11.59					

En la tabla 6, se observa el análisis de variancia del grano fresco kg ha⁻¹, de las plantas de maíz micorrizadas y sin micorrizar en la comunidad de Paquecc; donde se muestra que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos.

En el gráfico 4 se visualiza que todos los tratamientos micorrizados superan al tratamiento sin micorrizar, destacándose el tratamiento 3, con la que se obtuvo 5,039.61 k ha⁻¹, seguido de los tratamientos T4, T1 y T2; cuyo peso de grano fresco oscila entre 4,779.04 a 3,867.28 k ha⁻¹, frente al tratamiento sin micorrizar que tuvo solo 2691.45 k ha⁻¹.

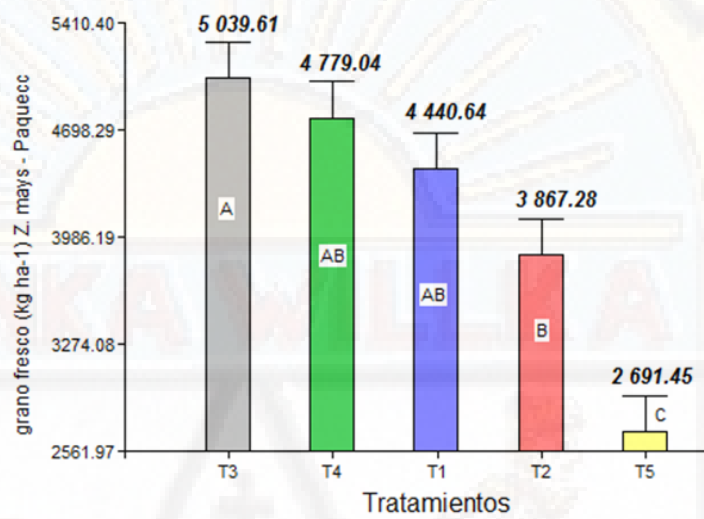


Gráfico 4. Peso de grano fresco de *Z. mays* micorrizados y sin micorrizar; Paquecc – Ayacucho 2018

4.1.7. Peso de grano seco por planta

Tabla 07: Análisis de Variancia de grano seco (g) / planta de <i>Z. mays</i> micorrizado y sin micorrizar, Paquecc - Ayacucho 2018					
F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr > F
TRATAMIENTO	4	13,466.08	3,366.52	12.22	<0.0001*
Error	15	4,133.54	275.57		
Total	19	17,599.62			
			CV 17.34		

En la tabla 7 se muestra el análisis de varianza de grano seco (g) de las plantas de maíz micorrizadas y sin micorrizar donde se observa que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos.

En el gráfico 5 se visualiza que todos los tratamientos micorrizados superan con significancia al tratamiento sin micorrizar a excepción del tratamiento

T2, destacándose el tratamiento T4, con la que se obtuvo 131.67 g por planta, seguido de los tratamientos T3, T1 y T2; cuyo peso de grano seco oscila entre 109.60 – 87.34 g por planta, frente al tratamiento sin micorrizar que alcanzó solo un promedio de 53.18 g por planta.

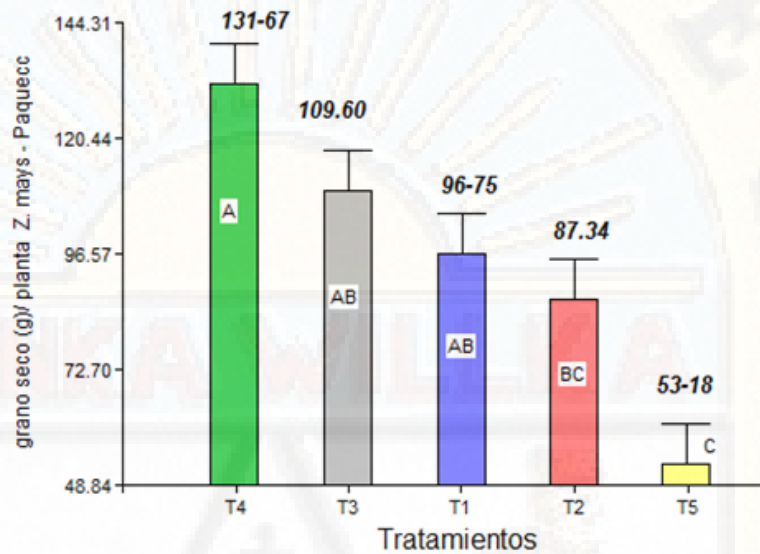


Gráfico 5. Peso de grano seco /planta de *Z. mays* micorrizados y sin micorrizar; Paquecc – Ayacucho 2018

4.1.8. Grano seco por hectarea

Tabla 08: Análisis de Variancia de grano seco (kg ha ⁻¹) <i>Z. mays</i> micorrizado y sin micorrizar, Paquecc - Ayacucho 2018					
F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr > F
TRATAMIENTO	4	11,868,294.94	2,967,073.73	12.22	<0.0001*
Error	15	3,643,089.53	242,872.64		
Total	19	15,511,384.47			
CV 17.34					

En la tabla 8, se observa el análisis de variancia del grano seco por hectárea (kg ha⁻¹) de las plantas de maíz micorrizadas y sin micorrizar; donde se observa que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos.

En el gráfico 6 se visualiza que todos los tratamientos micorrizados superan con significancia al tratamiento sin micorrizar, destacándose el tratamiento

T4, con la que se obtuvo 3 909.04 kg ha⁻¹, seguido de los tratamientos T3, T1 y T2; cuyo rendimiento de peso seco de grano es de 3 253.66, 2 872.18 y 2592.91 kg ha⁻¹ respectivamente, frente al tratamiento sin micorrizar que alcanzó solo un promedio de 1 578.64 kg ha⁻¹. Estos resultados concuerdan con la evaluación en el mismo campo y observación comparativa de las mazorcas como se muestran en el anexo imagen 7 y anexo imagen 13.

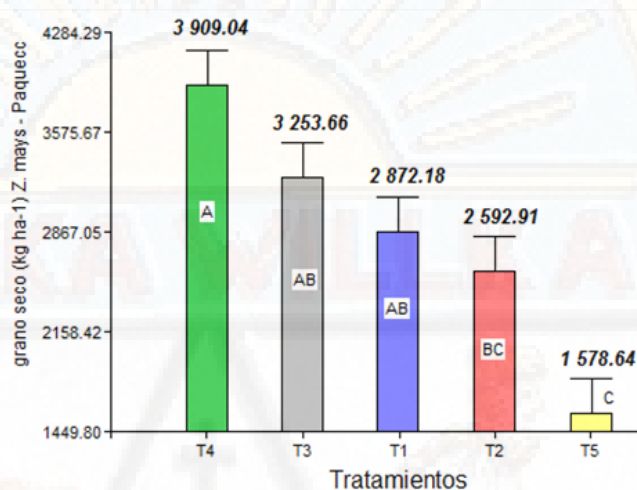


Gráfico 6. Peso de grano seco kg ha⁻¹ de *Z. mays* micorrizados y sin micorrizar; Paquecc – Ayacucho 2018

4.1.9. Número de grano por mazorca

Tabla 09: Análisis de Variancia del número de grano por mazorca de <i>Z. mays</i> micorrizado y sin micorrizar, Paquecc - Ayacucho 2018					
F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr > F
TRATAMIENTO	4	39534.77	9883.69	7.7	<0.0001
Error	55	70635.17	1284.28		
Total	59	110169.93			
			CV 21.04		

En la tabla 9, se observa el análisis de variancia del número de grano por mazorca de las plantas de maíz micorrizadas y sin micorrizar; donde se visualiza que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos.

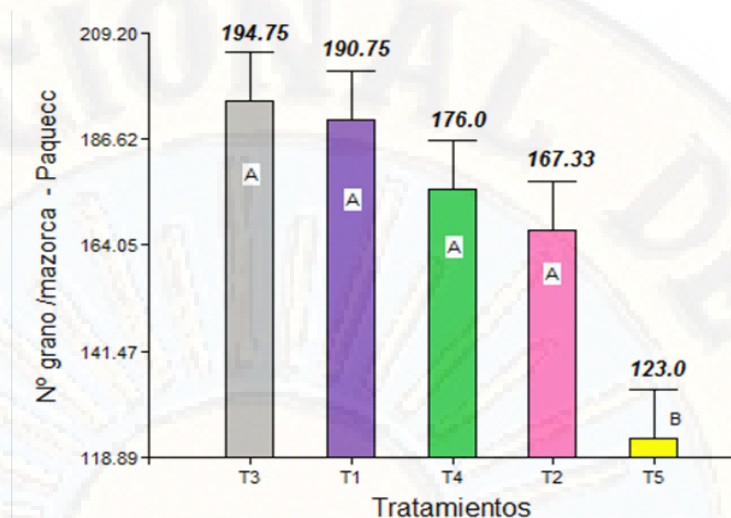


Gráfico 7. Número de grano por mazorca de *Z. mays* micorrizados y sin micorrizar; Paquecc – Ayacucho 2018

En el gráfico 7 se observa que todos los tratamientos micorrizados superan con significancia al tratamiento sin micorrizar y no existe diferencia entre los tratamientos micorrizados. Con el tratamiento T3, se obtuvo promedio de 194.75 granos por mazorca, seguido de los tratamientos T1, T4 y T2. El tratamiento sin micorrizar tuvo 123 granos por mazorca.

4.1.10. Peso de 1000 semillas

Tabla 10: Análisis de Variancia de peso de 1000 granos (g) de <i>Z. mays</i> micorrizado y sin micorrizar, Paquecc - Ayacucho 2018					
F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr > F
TRATAMIENTO	4	187941.87	46985.47	8.91	<0.0001**
Error	75	395642.68	5275.24		
Total	79	583584.55			
			CV 15.01		

En la tabla 10, se observa el análisis de variancia de peso de 1000 granos (g) secos de maíz amiláceo micorrizadas y sin micorrizar; donde se observa que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos.

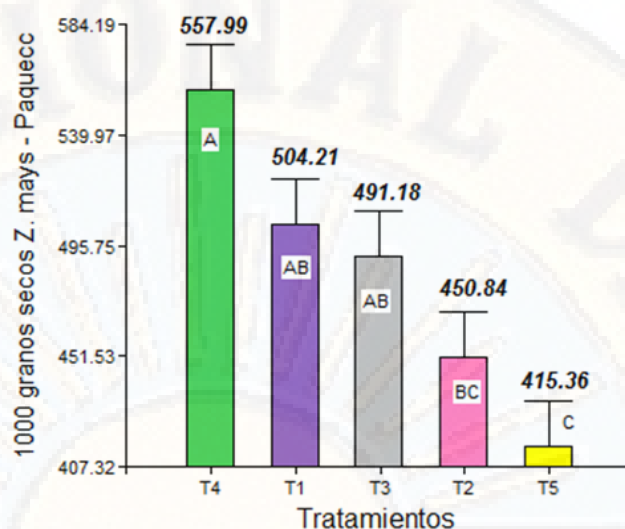


Gráfico 8. Peso de 1000 granos (g) secos de *Z. mays* micorrizados y sin micorrizar; Paquecc – Ayacucho 2018

En el gráfico 8, se observa que el tratamiento T4 tiene mayor significancia respecto al resto de los tratamientos, alcanza 557.99 g por cada 1000 granos de maíz; seguido de los tratamientos T1 y T3 con las que se obtuvo 504.21, 491.18 g; respectivamente; mientras el tratamiento T2 no tiene diferencia con el el tratamiento sin micorrizar (T5); alcanzan 450.84 y 415.36 g respectivamente por cada 1000 granos de maíz.

4.1.11. Número de esporas de HMA

Tabla 11: Análisis de Variancia de número de esporas /g de suelo de rizósfera de cultivo de <i>Z. mays</i> micorrizado y sin micorrizar, Paquecc - Ayacucho 2018					
F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr > F
TRATAMIENTO	4	538.75	134.69	18.52	<0.0001**
Error	10	72.73	7.27		
Total	14	611.48			
CV 11.7					

En la tabla 11, se muestra el análisis de variancia de número de esporas por gramo de las muestras de suelo de la rizósfera del cultivo de maíz amiláceo micorrizadas y sin micorrizar, colectadas a los 103 dds; donde se observa que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos.

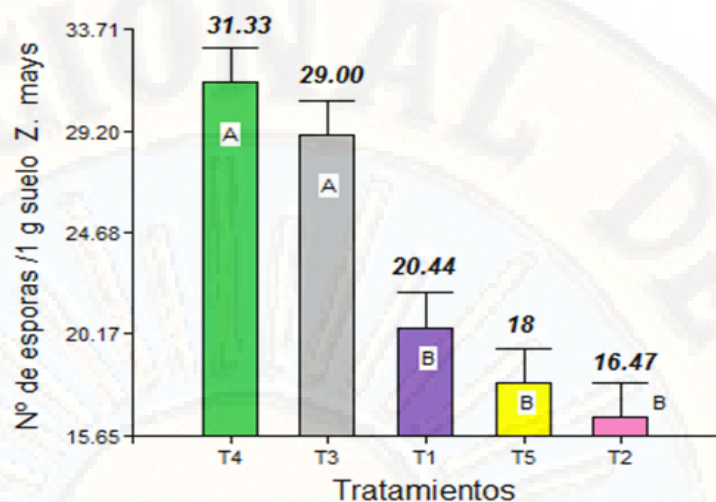


Gráfico 9. Número de esporas de HMA/g de la rizósfera de cultivo de *Z. mays* micorrizados y sin micorrizar; Paquecc – Ayacucho 2018

En el gráfico 9, se observa que los tratamientos micorrizados T4 y T3 tienen 31.33 y 29 esporas respectivamente por gramo de suelo de la rizósfera de los cultivos de maíz amiláceo micorrizados. Mientras entre los tratamientos T1 y T2 no existe significancia con el tratamiento T5 sin micorrizar.

4.1.12. Cantidad de micelio por tratamiento

Tabla 12 Micelio de HMA de rizósfera de cultivo de <i>Z. mayz</i> L. micorrizado y sin micorrizar; Paquecc Ayacucho 2018.	
Tratamientos	Cantidad de micelio
T1	regular
T2	poco
T3	regular
T4	abundante
T5	poco

En la tabla 12, se muestra la cantidad de micelio de los hongos micorrizógenos arbusculares, obtenidas de la rizósfera de cultivos de maíz amiláceo micorrizados y sin micorrizar, las cuales fueron obtenidas a los 103 dds. Abundante micelio obtenido fue con el tratamiento micorrizado T4, seguido de T1 y T3 tuvieron regular cantidad, mientras los tratamientos T2 micorrizado y T5 sin micorrizar tuvieron poca cantidad de micelio.

4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Sobre el porcentaje de emergencia de maíz amiláceo (*Z. mayz* L.), micorrizados con los consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares y sin micorrizar se muestra en la tabla 01 el Análisis de Varianza, mediante dicha tabla se demuestra que no se encontró diferencia entre los tratamientos; sin embargo existe diferencia numérica como se muestra en el anexo tabla 01. Observándose que los tratamientos T3 y T4 micorrizados tienen mayor porcentaje de emergencia 94 y 93% respectivamente. Así mismo no se encontró diferencia entre los tratamientos respecto a la altura de las plantas de maíz micorrizadas y sin micorrizar como se muestra en la tabla 2; sin embargo, todos los tratamientos micorrizados son superiores al tratamiento sin micorrizar oscilan entre 268.38 cm a 248.95 cm de altura, frente al tratamiento testigo T5 que con la que se obtuvo 242.38 cm como se observa en el anexo tabla 2.

Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Sotomayor et al (2017), cuando realizan estudios sobre Fuentes y dosis de nitrógenos en la productividad del maíz amarillo duro bajos dos sistemas de siembra, obtuvieron una altura entre 250 a 265 cm de altura en los diferentes tratamientos con fertilización química (urea 120 y 140 kg de nitrógeno por hectárea) y 5, 10 toneladas de compost por hectárea. Así mismo con los resultados de Macuri (2016), quien al realizar el trabajo de investigación sobre la diversidad fenotípica del maíz (*Z. mays*) en la sierra baja y media del Perú; reporta una media de 161 cm de altura de planta; es decir inferior a lo obtenido en el presente trabajo. También concuerdan con lo mencionado por Olguin et al (2017), quienes al medir la altura de las plantas de maíz en floración y fructificación no encontraron diferencia entre los tratamientos y obtuvieron un promedio de altura que oscila entre 1.53 a 1.7m; incluso inferior a lo obtenido en el presente trabajo de investigación.

En la tabla 3, se muestra el Análisis de Variancia del diámetro de tallo de las plantas de maíz micorrizadas y sin micorrizar con los diferentes consorcios de

HMA, como se observa existe diferencia significativa entre los tratamientos. Dicha diferencia se muestra en el gráfico 2. El tratamiento T3 micorrizado supera con significancia al tratamiento T2, entre los otros tratamientos no existe diferencia significativa. Los diámetros oscilan entre 2.19 a 2.38 cm y el tratamiento T2 que es inferior tiene 2.17cm de diámetro. Resultados algo similares a los hallados por Sotomayor et al (2017), quienes obtienen entre 2.43 hasta 2.75 cm. De diámetro, mientras Olguin et al (2017), obtienen diámetros inferiores que oscila entre 1.4 a 1.6 cm.

Sobre el número de mazorcas por planta de maíz micorrizadas y sin micorrizar con los diferentes consorcios de HMA, en la tabla 4 se observa el Análisis de Variancia; donde se muestra que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos. En el gráfico 3 se muestra las medias mediante la prueba de Tukey, demostrándose que con los tratamientos micorrizados T4 y T1 se obtiene un promedio de 1.68 y 1.7 mazorcas por planta las que superan con significancia al tratamiento sin micorrizar T5 dicho tratamiento tiene sólo un promedio de 1.33 mazorcas por planta. Con los tratamientos T3 y T2 se obtienen un promedio de 1.63 y 1.48 mazorcas por planta y son algo similares al tratamiento sin micorrizar T5. De la misma manera López (2012), demostró que las micorrizadas presentaron mayor número de mazorcas a comparación del tratamiento sin micorrizar.

En la tabla 5, se observa el análisis de variancia del peso seco del follaje, de las plantas de maíz micorrizadas y sin micorrizar en la comunidad de Paquecc; donde se muestra que no existe diferencia entre los tratamientos, sin embargo existe diferencia numérica, la cual se observa en el anexo tabla 3, los tratamientos micorrizados T2, T4 y T1 tuvieron un promedio de 269, 267.09 y 266.47 g por planta respectivamente, son superiores al tratamiento sin micorrizar T5 231.59 g a excepción del tratamiento T3 que es inferior al testigo 227 g. por planta. Resultados algo similares al trabajo realizado por Barroso quién obtiene materia seca total de maíz que oscila entre 2.735,1 a 3.123,5 g por metro cuadrado, corresponde a un promedio de 6 plantas.

En cuanto al peso de grano fresco kg ha^{-1} , se muestra en la tabla 6, sobre el análisis de variancia, de las plantas de maíz micorrizadas y sin micorrizar en la comunidad de Paquecc; mostrando que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos. En el gráfico 4 se visualiza que todos los tratamientos micorrizados superan al tratamiento sin micorrizar, destacándose el tratamiento T3, con la que se obtuvo $5,039.61 \text{ k ha}^{-1}$, seguido de los tratamientos T4, T1 y T2; cuyo peso de grano fresco oscila entre $4,779.04$ a $3,867.28 \text{ k ha}^{-1}$, frente al tratamiento sin micorrizar que tuvo solo $2691.45 \text{ k ha}^{-1}$. También López, (2012), obtiene una diferencia entre los inoculados con el consorcio micorrízico al evaluar a los 90 DDS. Reporta un promedio de peso de grano fresco entre 140 hasta 230 g.

Así mismo el peso de grano seco muestra diferencia entre los tratamientos, en la tabla 7 se observa el análisis de variancia, mostrándose que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos. En el gráfico 5 se visualiza que todos los tratamientos micorrizados superan con significancia al tratamiento sin micorrizar a excepción del tratamiento T2, destacándose el tratamiento T4, con la que se obtuvo 131.67 g por planta, seguido de los tratamientos T3, T1 y T2; cuyo peso de grano seco oscila entre $109.60 - 87.34 \text{ g}$ por planta, frente al tratamiento sin micorrizar que alcanzó solo un promedio de 53.18 g por planta. También, López, (2012), reporta que algunos tratamientos micorrizados superan al tratamiento sin micorrizar.

En la tabla 8, se observa el análisis de variancia de grano seco por hectárea (kg ha^{-1}) de las plantas de maíz micorrizadas y sin micorrizar; donde se muestra que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos. En el gráfico 6 se visualiza que todos los tratamientos micorrizados superan con significancia al tratamiento sin micorrizar, destacándose el tratamiento T4, con la que se obtuvo $3\,909.04 \text{ kg ha}^{-1}$, seguido de los tratamientos T3, T1 y T2; cuyo rendimiento de peso seco de grano es de $3\,253.66$, $2\,872.18$ y $2592.91 \text{ kg ha}^{-1}$ respectivamente, frente al tratamiento sin micorrizar que alcanzó sólo un promedio de $1\,578.64 \text{ kg ha}^{-1}$. Estos resultados obtenidos

son similares e incluso superiores a otros trabajos de investigación como los resultados por Luna, (2012), quien al realizar el trabajo de investigación sobre “Densidad poblacional de los hongos micorrízicos arbusculares en suelos agrícolas aplicados con composta”; trabajo realizado en Tlaxcala México, obtiene un promedio de rendimiento de 1554 kg ha⁻¹ aplicando 75% de residuos de chile más 25% de rastrojo de maíz. Mientras con la fertilización de 200 kg ha⁻¹ de urea y 100 kg ha⁻¹ de triple fosfato, obtuvo 1291.6 kg ha⁻¹ y con el tratamiento sin composta y sin fertilizante 422.5 kg ha⁻¹. También con lo mencionado por Ministerio de Agricultura indicado por Mescco (2011) donde el rendimiento de maíz amiláceo en la sierra del Perú es de 1086 kg ha⁻¹. Así mismo Olguín et al, (2017), obtuvieron un promedio de rendimiento de maíz que oscila entre 920 a 8525 kg ha⁻¹, en cuatro lugares, con cuatro sistemas de siembra y con fertilización de 100 - 60 - 00 de NPK. Mientras Barroso (2017), realiza estudios sobre la caracterización del maíz grano y dulce, utilizando imágenes aéreas de alta resolución, para caracterizar parámetros de crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz en tres zonas de estudio, mediante dicho estudio menciona que el rendimiento de maíz oscila entre 18.19 hasta 29.29 t ha⁻¹ durante el año 2015 y durante el año 2016 obtiene rendimientos que varía desde 12.37 a 47.91 t ha⁻¹.

Sobre el número de grano por mazorca, en la tabla 9, se observa el análisis de varianza del número de grano por mazorca de las plantas de maíz micorrizadas y sin micorrizar; donde se visualiza que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos y en el gráfico 7 se muestra que todos los tratamientos micorrizados superan con significancia al tratamiento sin micorrizar y no existe diferencia entre los tratamientos micorrizados. Con el tratamiento T3, se obtuvo promedio de 194.75 granos por mazorca, seguido de los tratamientos T1, T4 y T2 con las que se obtuvieron un promedio de 190.75, 176 y 167.33 granos respectivamente. El tratamiento sin micorrizar tuvo 123 granos por mazorca.

Sobre el peso de 1000 granos secos, en la tabla 10 se muestra el análisis de

varianza de peso de 1000 granos (g) secos de maíz amiláceo micorrizadas y sin micorrizar; donde se observa que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos. En el gráfico 8, se observa que el tratamiento T4 tiene mayor significancia respecto al resto de los tratamientos, alcanza 557.99 g por cada 1000 granos de maíz; seguido de los tratamientos T1 y T3 con los que se obtuvo 504.21, 491.18 g respectivamente; mientras el tratamiento T2 no tiene diferencia con el tratamiento sin micorrizar (T5); alcanzan 450.84 y 415.36 g respectivamente por cada 1000 granos de maíz. Sotomayor et al (2017) obtuvieron un promedio entre 423.32 g hasta 471.37 gramos por 1000 granos secos de maíz. Lo que significa que los resultados de los tratamientos micorrizados del presente trabajo incluso son superiores a lo obtenidos por Sotomayor et al (2017).

En la tabla 11, se muestra el análisis de variancia de número de esporas por gramo de las muestras de suelo de la rizósfera del cultivo de maíz amiláceo micorrizadas y sin micorrizar, colectadas a los 103 dds; donde se observa, que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos. En el gráfico 9, se observa que los tratamientos micorrizados T4 y T3 tienen 31.33 y 29 esporas por gramo de suelo de la rizósfera respectivamente, superan con significancia al resto de los tratamientos. Mientras entre los tratamientos T1 y T2 no existe significancia con el tratamiento T5 sin micorrizar, con los cuales se obtuvo 20.44, 16.47 y 18 esporas por gramo de suelo respectivamente. Luna, (2012), indica que el incremento de esporas puede ser por el incremento de composta que significa incremento de nutrientes en el suelo. La baja cantidad de esporas puede ser por el factor de nutrientes bajos de suelo que no favoreció el incremento del número de esporas (tratamiento sin abonamiento). Por otro lado, fundamenta que el alto contenido de N y P adicionado con el fertilizante puede ser el factor principal por el cual no incrementa la asociación con los hongos micorrizógenos arbusculares. También en sus resultados obtiene que cuando se adiciona alto contenido de N y P y no aporta compostaje el número de esporas es muy bajo, menos de 50 esporas por 100 g de suelo; mientras en los tratamientos con compostaje

obtiene hasta un promedio 250 esporas por 100 gramos de suelo.

En la tabla 12, se muestra la cantidad de micelio de los hongos micorrizógenos arbusculares, obtenidas de la rizósfera de cultivos de maíz amiláceo micorrizados y sin micorrizar, las cuales fueron obtenidas a los 103 dds. Abundante micelio obtenido fue con el tratamiento micorrizado T4, seguido de T1 y T3, tuvieron regular cantidad de micelio, mientras los tratamientos T2 micorrizado y T5 sin micorrizar tuvieron poca cantidad de micelio. Estos resultados concuerdan con el trabajo de Luna, quien obtuvo mayor porcentaje de colonización en los tratamientos con compostaje y menor en los tratamientos testigo con fertilización química y sin fertilización.

4.3. PROCESO DE PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.3.1. Evaluar la influencia del consorcio de hongos micorrizógenos arbusculares VAP1, en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de plantas de maíz amiláceo variedad choclero (*Z. mays* L), en la comunidad de Paquecc Ayacucho.

a) Para la evaluación se planteó la siguiente hipótesis

Hipótesis nula (H₀). Los consorcios de HMA VAP1 no influyen, en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de plantas de maíz amiláceo variedad choclero (*Z. mays* L), en la comunidad de Paquecc Ayacucho.

Hipótesis alterna (H_a). Los consorcios de HMA VAP1 influyen, en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de plantas de maíz amiláceo variedad choclero (*Z. mays* L), en la comunidad de Paquecc Ayacucho.

b) Estadística de prueba Se realizó ANVA y la prueba de Tukey

Tabla 13 Resumen de la influencia de consorcio HMA VAP1 (T1) en maíz (*Z. mays* L) en Paquecc Ayacucho Perú 2018.

Variables evaluadas	Medias	Prueba de Tuckey
% de emergencia	73	A
Altura de tallo (cm)	248.95	A
Diámetro de tallo (cm)	2.34	AB
Peso seco (g) de follaje	266.47	A
Número de mazorca por planta	1.68	A
peso de grano fresco Kg ha-1	4 440.61	AB
grano seco por planta (g)	96.75	AB
grano seco kg ha-1	2 872.16	AB
Número de grano por mazorca	190.72	A
peso de 1000 semillas	504.21	AB
número de esporas por g de suelo	20.44	B

Por los valores los HMA VAP1, ocupa el tercer lugar en la influencia de crecimiento y rendimiento de maíz.

- c) **Toma de decisiones**, Se logró demostrar la influencia del consorcio de HMA VAPI, en las diferentes variables evaluadas de las plantas de maíz amiláceo variedad choclero (*Z. mays* L) en Paquecc Ayacucho. Se acepta la hipótesis alterna.

4.3.2. Evaluar la influencia de consorcio de hongos micorrizógenos arbusculares Zm19 (codificado con T2), en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de plantas de maíz amiláceo variedad choclero (*Z. mays* L), en la comunidad de Paquecc Ayacucho.

- a) **Para la evaluación se planteó la siguiente hipótesis**

Hipótesis nula (Ho). Los consorcios de HMA Zm19 (T2) no influyen, en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de plantas de maíz amiláceo variedad choclero (*Z. mays* L), en la comunidad de Paquecc Ayacucho.

Hipótesis alterna (Ha). Los consorcios de HMA Zm19 (T2) influyen, en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de plantas de maíz amiláceo variedad choclero (*Z. mays* L), en la comunidad de Paquecc Ayacucho.

- b) **Estadística de prueba** Se realizó ANVA y la prueba de Tukey

Tabla 14 Resumen de la influencia de consorcio HMA Zm19 (T2) en maíz (*Z. mays* L) en Paquecc Ayacucho Perú 2018.

Variables evaluadas	Medias	Prueba de Tuckey
% de emergencia	70	A
Altura de tallo (cm)	262	A
Diámetro de tallo (cm)	2.17	B
Peso seco (g) de follaje	269	A
Número de mazorca por planta	1.48	AB
peso de grano fresco Kg ha-1	3 867	B
grano seco por planta (g)	87.34	BC
grano seco kg ha-1	2 592.91	BC
Número de grano por mazorca	167.33	A
peso de 1000 semillas	450.84	BC
número de esporas por g de suelo	16.47	A

Por los valores los HMA zM19, ocupa el cuarto lugar en la influencia de crecimiento y rendimiento de maíz.

- c) **Toma de decisiones**, Se demuestra poca influencia de consorcio de HMA Zm19 (T2), en las diferentes variables evaluadas de las plantas de maíz amiláceo variedad choclero (*Z. mays* L) en Paquecc Ayacucho; a excepción de peso seco de follaje, que numéricamente es superior al resto de los tratamientos. Se acepta la hipótesis alterna, en vista que numéricamente supera al tratamiento sin inocular (T5).

4.3.3. Evaluar la influencia del consorcio mezcla de hongos micorrizógenos arbusculares ZmM (Zm20 + Zm21 + Zm23) (T3), en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de plantas de maíz amiláceo variedad choclero (*Z. mays* L), en la comunidad de Paquecc Ayacucho.

- a) **Para la evaluación se planteó la siguiente hipótesis**

Hipótesis nula (Ho). Los consorcios de HMA ZmM (T3) no influyen, en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de plantas de maíz amiláceo variedad choclero (*Z. mays* L), en la comunidad de Paquecc Ayacucho.

Hipótesis alterna (Ha). Los consorcios de HMA ZmM (T3) influyen, en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de plantas de maíz amiláceo variedad choclero (*Z. mays* L), en la comunidad de Paquecc Ayacucho.

- b) **Estadística de prueba** Se realizó ANVA y la prueba de Tukey.

Tabla 15 Resumen de la influencia de consorcio HMA ZmM(T3) en maíz (*Z. mays* L) en Paquecc Ayacucho Perú 2018.

Variables evaluadas	Medias	Prueba de Tuckey
% de emergencia	95	A
Altura de tallo (cm)	260.32	A
Diámetro de tallo (cm)	2.38	A
Peso seco (g) de follaje	227	A
Número de mazorca por planta	1.63	AB
peso de grano fresco Kg ha-1	5 039.61	A
grano seco por planta (g)	109.6	AB
grano seco kg ha-1	3 253.66	AB
Número de grano por mazorca	194.75	A
peso de 1000 semillas	491.18	AB
número de esporas por g de suelo	29	A

Por los valores los HMA ZmM, ocupan el segundo lugar en la influencia de crecimiento y rendimiento de maíz.

- c) **Toma de decisiones**, Se logró demostrar la influencia positiva de HMA ZmM (T3), en las diferentes variables evaluadas de las plantas de maíz amiláceo variedad choclero (*Z. mays* L) en Paquecc Ayacucho. Se acepta la hipótesis alterna.

4.3.4. Evaluar la influencia del consorcio de hongos micorrizógenos arbusculares Zm23 (codificado con T4), en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de plantas de maíz amiláceo variedad choclero (*Z. mays* L), en la comunidad de Paquecc Ayacucho.

- a) **Para la evaluación se planteó la siguiente hipótesis**

Hipótesis nula (Ho). Los consorcios de HMA Zm23 (T4) no influyen, en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de plantas de maíz amiláceo variedad choclero (*Z. mays* L), en la comunidad de Paquecc Ayacucho.

Hipótesis alterna (Ha). Los consorcios de HMA Zm23 (T4) influyen, en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de plantas de maíz amiláceo variedad choclero (*Z. mays* L), en la comunidad de Paquecc Ayacucho.

- b) **Estadística de prueba** Se realizó ANVA y la prueba de Tukey

Tabla 16 Resumen de la influencia de consorcio HMA Zm23 (T4) en maíz (*Z. mays* L) en Paquecc Ayacucho Perú 2018.

Variables evaluadas	Medias	Prueba de Tuckey
% de emergencia	94	A
Altura de tallo (cm)	255.23	A
Diámetro de tallo (cm)	2.35	AB
Peso seco (g) de follaje	267.09	A
Número de mazorca por planta	1.7	A
peso de grano fresco Kg ha-1	4 779.04	AB
grano seco por planta (g)	131.67	A
grano seco kg ha-1	3 909.04	A
Número de grano por mazorca	176	A
peso de 1000 semillas	557.75	A
número de esporas por g de suelo	31.33	A

Por los valores los HMA Zm23, ocupan el primer lugar en la influencia de crecimiento y rendimiento de maíz.

- c) **Toma de decisiones,** Se logró demostrar la influencia positiva de HMA Zm23 (T4), en las diferentes variables evaluadas de las plantas de maíz amiláceo variedad choclero (*Z. mays* L) en Paquecc Ayacucho. Se acepta la hipótesis alterna.

4.3.5. Evaluar la influencia del consorcio de hongos micorrizógenos arbusculares Zm0 (codificado con T5), en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de plantas de maíz amiláceo variedad choclero (*Z. mays* L), en la comunidad de Paquecc Ayacucho. La variable Zm0, es la variable control o testigo no micorrizado, sin embargo existe HMA del mismo predio.

- a) **Para la evaluación se planteó la siguiente hipótesis**

Hipótesis nula (Ho). Los consorcios de HMA Zm0 (T5), no influyen, en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de plantas de maíz amiláceo variedad choclero (*Z. mays* L), en la comunidad de Paquecc Ayacucho.

Hipótesis alterna (Ha). Los consorcios de HMA Zm0 (T5) influyen, en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de plantas de maíz amiláceo variedad choclero (*Z. mays* L), en la comunidad de Paquecc Ayacucho.

- b) **Estadística de prueba** Se realizó ANVA y la prueba de Tukey.

Tabla 17 Resumen de la influencia de consorcio HMA Zm0 (T5) en maíz (*Z. mays* L) en Paquecc Ayacucho Perú 2018.

Variables evaluadas	Medias	Prueba de Tuckey
% de emergencia	73	A
Altura de tallo (cm)	242.38	A
Diámetro de tallo (cm)	2.19	AB
Peso seco (g) de follaje	231.59	A
Número de mazorca por planta	1.33	B
peso de grano fresco Kg ha-1	2691.45	C
grano seco por planta (g)	53.18	C
grano seco kg ha-1	1 578.64	C
Número de grano por mazorca	123	B
peso de 1000 semillas	415.36	C
número de esporas por g de suelo	18	B

Por los valores los HMA Zm0, ocupan el quinto o último lugar en la influencia de crecimiento y rendimiento de maíz.

- c) **Toma de decisiones,** Se demostró que el consorcio de HMA Zm0 (no micorrizado o no inoculado) no tiene influencia, en las diferentes variables evaluadas de las plantas de maíz amiláceo variedad choclero (*Z. mays* L) en Paquecc Ayacucho. Se rechaza la hipótesis alterna.

CONCLUSIONES

1. La aplicación del consorcio de HMA tratamiento T4 (*C.etunicatum*, *Gigaspora* sp y *Sclerocystis* sp) incrementa el rendimiento de grano seco (3909.04 kg ha⁻¹), grano fresco (4 779.04 kg ha⁻¹), número de mazorca por planta (1.7), granos por mazorca (176), peso de 1000 semillas (557.75 g) y diámetro del tallo (2.35 cm); seguido de los tratamientos T3 (mezcla) y T1 (*F. geosporum* y *C. luteum*), los cuales tuvieron influencia positiva con significancia a comparación del tratamiento sin aplicación de HMA (T5).
2. Los tratamientos T4, T3 y T1, tuvieron mayor número de esporas de HMA 31.33, 29 y 20.44 esporas por gramo de suelo respectivamente; frente a 16.47 y 18 esporas en los tratamientos T2 y testigo (T5).
3. Los tres inóculos de consorcio de hongos micorrizógenos arbusculares influyen con significancia en los variables e indicadores evaluados a excepción del tratamiento T2 (*E. infrequens*, *Cl. luteum* y *G. microaggregatum*).
4. Se demuestra la hipótesis alterna para tres inóculos de consorcio de hongos micorrizógenos arbusculares por lograrse que influyen con significancia en los diferentes parámetros evaluados a excepción del tratamiento T2 (*E. infrequens*, *Cl. Claroideum* y *Glomus* sp).

RECOMENDACIONES

1. En futuros trabajos en cultivo de maíz (*Zea mays* L) amiláceo variedad choclero, se puede micorrizar con los consorcios de HMA de *C. etunicatum*, *Gigaspora* sp y *Sclerocystis* sp. Como también con los consorcios de *F. geosporum* y *C. claroideum*.
2. Con los consorcios de los HMA, realizar otros trabajos de investigación en otras variedades de maíz y agroecosistemas.
3. Incrementar la colección de más especies de HMA para conservar, seleccionar y llevar a los lugares donde se requiere micorrizar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABCAGRO. (s.f.). *Agroinformación – maíz. Cultivo y manejo*. Obtenido de <http://www.abcagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp>
- Aguilar, W., Arce, P., Galiano, F., & Torres, T. (2016). Aislamiento de esporas y evaluación de métodos de inoculación en la producción de micorrizas en cultivos trampa. *Tecnología en Marcha, Edición Especial Biocontrol*, 5-14.
- Altieri, M., & Nicholis, C. (2013). *Diseños agroecológicos*. Perú: Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología.
- Arone, G. (2012). Biodiversidad en chacras maiceras de Allpas (Acobamba, Huancavelica, Perú) cultivadas bajo el sistema tradicional andino (Tesis doctoral). 177. (E. U. Granada, Ed.) Granada: Agencia Consejo Superior de Investigación Científica, Estación Experimental del Zaidin – Granada.
- Bárcenas, A., Varela, L., Stürmer, S., & Chávez, A. (2011). Catálogo de hongos micorrizógenos arbusculares de huertos de aguacate de Michoacán, México. *VII World Avocado Congress*. Cairns, Australia: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo - Departamento de Ciencias Naturales, Universidad Regional de Blumenau, Rua Richard Franz.
- Barroso, F. (2017). Imágenes aéreas de muy alta resolución para la caracterización del maíz (*Zea mays* L.) de regadío en una zona semiárida (Tesis doctoral). Albacete, Brasil: Universidad de Castilla - La Mancha.
- Becerra, A., Bartolini, N., & et al. (2014). Arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils: Vertical distribution at different soil depth. *Revista Braz J Microbiol*, 45(2), 585-594.
- Bolaños, V. (2013). Efecto de la inoculación de tres dosis de micorrizas en el rendimiento de dos variedades de papa (*Solanum tuberosum*) en la zona de Mira, provincia del Carchi. (Tesis de Grado). El Angel, Ecuador.
- Camargo, S., Montaña, N., De La Rosa, C., & Montaña, S. (1 de Julio de 2012). Micorrizas: una gran union debajo del suelo. *Revista Digital Universitaria*, 13(7).
- Carreón-Abud, Y., Jerónimo-Treviño, E., Beltrán-Nambo, M., Martínez-Trujillo, M., Trejo, D., & Gavito, M. (n.d.). Aislamiento y propagación de cultivos puros

de hongos micorrízicos arbusculares provenientes de huertas de aguacate con diferente manejo agrícola por la técnica de minirizotróf. *Revista Mexicana de Micología*, 37, 29-39. Retrieved Noviembre 13, 2016, from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802013000100005&lng=es&tlng=es

Cofré, N. (2014). Efecto de las comunidades nativas de hongos micorrízicos arbusculares provenientes de suelos con diferentes usos sobre el crecimiento de soja (*Glycine max*). *VIII Congreso Latinoamericano de Micología*(1), 36. Medellín, Colombia: Asociación Latinoamericana de Micología.

Cronquist, A. (1992). *Botánica Básica* (3 ed.). México: Editorial continental S.A.

Davila, L., Ramos, J., & Rosales, C. (2009). Multiplicación de hongos micorrizicos arbusculares nativos de cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en maíz (*Zea mays*) bajo distintos tratamientos agronómico (Tesis Grado). Valledupar: Universidad Popular del Cesar Facultad de Ciencias Basicas y Educacion Licenciatura en Ciencias Naturales y Educacion Ambiental.

Eguren, F. (2016). *Seguridad alimentaria en el Perú* (1 ed.). Lima, Perú: Centro Peruano de Estudios Sociales (CEPES), La Revista Agraria.

Esquivel, R. (2010). Influencia de microorganismos y biol en *Lactuca sativa*, en invernadero y campo. Ayacucho. *Libro de resúmenes del XVIII Congreso Nacional de Biología*.

Esquivel, R. (2015). Informe Técnico de la Estancia en laboratorio de Micorrizas del CICB. *CONCYTEC – FONDECYT*.

Esquivel, R. (2016). Influencia de *Glomus* en formación de micorrizas y crecimiento de papa (*Solanum chaucha*) Ayacucho. *VIII Simposio Nacional y V Reunión Iberoamericana de la Simbiosis Micorrízica* (pág. 125). México: Sociedad Mexicana de la Simbiosis Micorrízica (SOMESIMI), Universidad Autónoma Metropolitana Oaxtepec.

Esquivel, R., & Gonzáles, W. (2018). Propagación y efectividad de dos especies de hongos beneficios en dos hospederos en condiciones de laboratorio. *Resúmenes del XVI Congreso Nacional de Botánica* (pág. 55). Ayacucho, Perú: Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.

Esquivel, R., & Huaman, L. (2011). Microorganismos beneficiosos y biol en la

- germinación y producción orgánica de *Spinacea oleracea* L. espinaca en Huamanguilla - Ayacucho. *Revista de Investigación UNSCH*, 19(1).
- Estrada, A., Montoya, A., & Montiel, A. (2013). Los hongos y el hombre. En A. Estrada, L. Briseño, A. Cerón, C. Cruz, & V. Luna, *Hongos Diversidad, Importancia, Impacto y Potencial en los Ecosistemas y el desarrollo humano* (pág. 164). Tlaxcala, México: Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Feniagro. (2010). *Formulación del Proyecto: Biofertilizantes, bioprotectores, biorestauradores micorrícicos para la producción agroecológica en las fincas de los productores de café*. Managua, Nicaragua.
- Fernandez, E. (2013). Efectividad biológica de especies nativas de hongos micorrícicos arbusculares en “cedro rojo” *Cedrela odorata* L. (Tesis magister). México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Fernández, F., Dell'Amico, J., Pérez, Y., Monilla, E., Morte, A., Horruba, M., . . . De La Providencia, I. (2007). Evaluacion de inoculantes de hongos micorrizicos arbusculares de *Glomus clarum* y *Glomus fasciculatum* en medio liquido. *Agricultura Andina*, 1(12), 67-83.
- Fernandez, K., Fernández, F., Rivera, R., & Olalde, V. (Junio de 2010). Micorrización in vitro e in vivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum* var. Alfa). *Cultivos Tropicales*, 31(2), 21-31. Recuperado el 01 de Octubre de 2014, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000200004
- Fernandez, R., & Leiva, M. (2010). *Ecología para la agricultura* (1 ed.). (Mundi-Prensa, Ed.)
- Ferrera, R., González, M., & Rodríguez, M. (2003). *Manual de Agromicrobiología* (1 ed.). (Trillas, Ed.) México.
- Franco, L., & García, M. (2012). Caracterización de las endomicorrizas y siete grupos de microorganismos en agrosistemas del piedemonte amazónico, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 17(2), 349-362.
- Frutis, I., & Huidobro, M. (2013). *Micología* (2 ed.). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gamalero, E., Graziella, B., & Bernard, R. (2012). *The Use of Microorganisms to Facilitate the Growth of Plants in Saline Soils*. Waterloo, Canadá:

Department of Biology, University of Waterloo.

- García, G. (2013). *Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de maíz amiláceo blanco*. Cusco, Perú: Agrobanco.
- García, O. (2000). Valoración de la combinación sustrato hospedero en la propagación de dos especies de hongos micorrizógenos arbusculares (Tesis Grado). Tlaxcala, México.
- González, C., & Carrillo, R. (2016). *Manual básico del uso de hongos micorrizógenos en Jatropha y otros cultivos* (Colegio de posgraduados ed.). México.
- González, M., Pérez, J., & Carrillo, R. (2005). *El Sistema Planta-Microorganismos-Suelo en áreas contaminadas con residuos de minas*. Montecillo, México: Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas.
- Guadarrama, P., Camargo, S., Hernández, L., & Castillo, S. (2007). Los hongos micorrizógenos arbusculares de la region de Nizanda, Oaxaca, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 131-137. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57708108>
- Gutiérrez, J., & Esquivel, R. (2016). Influencia de tipo de sustrato y planta hospedera en la colonización de Glomus sp. Ayacucho 2013. *VIII Simposio Nacional y V Reunión Iberoamericana de la Simbiosis Micorrízica* (pág. 239). México: Sociedad Mexicana de la Simbiosis Micorrízica (SOMESIMI), Universidad Autónoma Metropolitana Oaxtepec.
- Hernández, L., & García, R. (2008). Propagación por esporas: El caso de las micorrizas arbusculares. En J. Álvarez, & A. Monrroy, *Técnicas de estudio de las asociaciones micorrízicas y sus implicaciones en la restauración* (págs. 29-42). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hernández, L., Castillo, S., Guadarrama, P., Martínez, Y., Romero, M., & Sánchez, I. (2003). *Hongos micorrizógenos arbusculares del Pedregal de San Ángel* (1 ed.). México: Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Hernández, L., Guadarrama, I., & Ramos, J. (2008). Micorriza Arbuscular: Colonización intraradical y extracción de esporas de suelo. En J. Álvarez, A. Monrroy, & P. d. Ciencias (Ed.), *Técnicas de estudio de las asociaciones micorrízicas y sus implicaciones en la restauración* (págs. 1-14). México:

Universidad Nacional Autónoma de México.

- Hernández, L., Guerra, V., Santiago, G., & Cuatlal, P. (2011). Propagación y micorrización de plantas nativas con potencial para restauración de suelos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(7), 87-96.
- Hodge, A., Helgason, T., & Fitter, A. H. (2010). Nutritional ecology of arbuscular mycorrhizal fungi. *Fungal Ecology*, 3, 267-273.
- Ijdo, M., Cranenbrouck, S., & Declerck, S. (2011). Methods for large-scale production of AM fungi: past, present, and future. *Mycorrhiza*, 21(1), 1-16.
- INIAP. (2009). Informe anual del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina. En INIAP, *Informe anual del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina* (pág. 9). INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias).
- Jiménez, A., González, M., Gutiérrez, C., Lara, E., & Garcia, J. (2014). Producción de inóculo micorrízico de *Gigaspora gigantea* en mezclas de sustratos con diferentes tamaños de particular. *Agrociencia*, 239-254. Recuperado el 27 de Febrero de 2019, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30230744001>
- Longo, S. (2014). ¿Las comunidades de hongos micorrícicos nativos favorecen el crecimiento de plantas exóticas invasoras en áreas afectadas por incendios? *VIII Congreso Latinoamericano de Micología(1)*, 36. Medellín, Colombia: Asociación Latinoamericana de Micología.
- López, J. (2012). *Métodos y adherentes para la inoculación micorrízica del maíz en campo*. Veracruz: Facultad de Ciencias Agrícolas – Universidad Veracruzana.
- Lovato, P. (2014). Micorrizas arbusculares en agroecosistemas. *VIII Congreso Latinoamericano de Micología - Actualidades Biológicas*. 36(1). Medellín, Colombia: Asociación Latinoamericana de Micología.
- Luna, H. (2012). Densidad poblacional de los hongos micorrícicos arbusculares en suelos agrícolas aplicados con composta (Tesis doctoral). México: Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada – Instituto Politécnico Nacional.
- Luna, V., & Estrada, A. (2013). La sorprendente naturaleza de los hongos. En A. Estrada, L. Briseño, A. Cerón, C. Cruz, & V. Luna, *Hongos Diversidad, Importancia, Impacto y Potencial en los Ecosistemas y el desarrollo humano*

- (pág. 164). Tlaxcala, México: Universidad Autónoma de Tlaxcala México.
- Macuri, E. (2016). Estudio de la diversidad fenotípica del maíz (*Zea mays* L.) en la sierra baja y media del Perú (Tesis). Lima, Perú: Universidad Agraria La Molina.
- Mahecha, G., & Sierra, S. (2014). Diversidad alfa y beta en hongos de micorriza arbuscular en *Musa paradisiaca* en Colombia como indicadores del estado del cultivo. *VIII Congreso Latinoamericano de Micología*. Medellín, Colombia.
- Martin, G., Arias, M., & Rivera, R. (2010). Selección de las cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) más efectivas para la *Canavalia ensiformis* cultivada en suelo Ferralítico Rojo. *Cultivos Tropicales*, 31(1). Recuperado el 01 de Octubre de 2014, de:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362010000100004&lng=es&nrm=iso
- Martínez, J., Hernández, L., Santiago, G., Guerra, V., & Legorreta, F. (2009). *Manual para la propagación y micorrización de plantas arbustivas silvestres para la restauración de suelos degradados*. Tlaxcala, México: Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Mescoco, V. (2011). Principales amenazas del cultivo de maíz en el contexto del cambio climático en el distrito de Huayllabamba – Cusco.
- Montañez, I., Vargas, C., Cabezas, M., & Cuervo, J. (2010). Colonización micorrícica en plantas de aguacate (*Persea americana* L.). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 13(2), 51-60.
- Nzanza, B., Marais, D., & Soundy, P. (2011). Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seedling growth and development as influenced by *Trichoderma harzianum* and arbuscular mycorrhizal fungi. *African Journal of Microbiology Research*, 5(4), 425-431.
- Olguín, J., Guevara, R., Carranza, J., Scopel, E., Barreto, O., Mancilla, O., & Talavera, A. (2017). Producción y rendimiento de maíz en cuatro tipos de labranza bajo condiciones de temporal. *IDESIA*, 35(1), 51-61.
- Osorio, N., Habte, & Habte, M. (2010). Strategies for Utilizing Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Phosphate-Solubilizing Microorganisms for Enhanced Phosphate Uptake and Growth of Plants in the Soils of the Tropics. *Microbial*

Strategies for Crop Improvement, 325-351.

Paillacho, F., & Isacc, F. (2010). Evaluación de la efectividad de las micorrizas arbusculares nativas sobre el desarrollo y estado nutritivo del palmito (*Bactris gasipaes* HBK) en etapa de vivero en Santo Domingo de los Tsáchilas.

Peñaloza, R., & Sánchez, C. (30 de Mayo de 2012). Efecto de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de *Lycopersicon esculentum* Facultad de Estudios Superiores, Zaragoza. *VII Simposio Nacional y IV Reunión Iberoamericana de la Simbiosis Micorrízica*, 21.

Pérez, A., Guerra, L., Salcedo, O., Violante, M., & Portugal, O. (2012). Efecto de inoculación simultánea de hongos micorrízicos en el desarrollo de maíz. *VII Simposio Nacional y IV Reunión Iberoamericana de la Simbiosis Micorrízica*, (pág. 32). Xalapa, Veracruz.

Perez, A., Rojas, J., & Donicer, M. (2011). Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. *Revista Colombiana cienc. Anim.*, 3(2).

Pinedo, R. (2015). Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en la localidad de Canaán – Ayacucho (Tesis de maestría). Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Rivera, R., Martin, J., Calderón, A., & Torres, A. (2011). Utilización de cepas eficientes de hongos micorrízicos arbusculares en el desarrollo de portainjertos de aguacate en un sustrato suelo -cachaza. *Cultivos Tropicales*, 172-183. Recuperado el 01 de Octubre de 2014, de:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025859362011000200007&lng=es&nrm=iso

Ruiz, M., Vasquez, B., Vásquez, B., Muñoz, Y., Cuéllar, N., & Ruiz, J. (2012). La simbiosis micorrízica arbuscular en plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) sometidas a estrés hídrico: Parte I. Mejora la respuesta fisiológica. *Cultivos Tropicales*, 33(4), 47-53. Recuperado el 01 de Octubre de 2014, de
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025859362012000400006&lng=es&nrm=iso

Salamanca, C., & Cano, C. (2004). La micorriza arbuscular: características,

- producción y aplicaciones. Villavicencio, Meta, Colombia: Corpoica (Corporación colombiana de investigación agropecuaria). Recuperado el 12 de Agosto de 2013, de:
<http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6621/2/104.pdf>
- Schwarz, D., Welter, S., George, E., Franken, P., Lehmann, K., Weckwerth, W., Worm, M. (2011). Impact of arbuscular mycorrhizal fungi on the allergenic potential of tomato. *Mycorrhiza*, 21(5), 341-349.
- Shuab, R., Lone, R., Naidu, J., Sharma, V., Imtiyaz, S., & Koul, K. (2014). Benefits of Inoculation of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth and Development of Onion (*Allium cepa*) Plant. (I. Publications, Ed.) *American-Euracian J. Agric. & Environ. Sci.*, 527-535.
- Sieverding, E. (1983). *Manual de métodos para la investigación de la micorriza vesículo-arbuscular en el laboratorio*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT.
- Sieverding, E. (2014). Do we need high diversities of arbuscular mycorrhizal fungi in tropical agro-ecosystems? *VIII Congreso Latinoamericano de Micología - Actualidades Biológicas*. 36(1). Medellín, Colombia: Asociación Latinoamericana de Micología.
- Sieverding, E., & Sánchez de Prager, M. (Noviembre de 1995). Investigaciones sobre micorrizas en Colombia. *Memorias del Primer Curso Nacional sobre Micorrizas*, 237-249.
- Sifuentes, E., Ojeda, W., Mendoza, C., Macías, J., Del Rosario, J., & Inzunza, M. (2013). Nutrición del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) considerando variabilidad climática en el "Valle del Fuerte". *Revista Mexico Ciencia Agrícola*, 4(4).
- Sotomayor, R., Chura, J., Calderon, C., Sevilla, R., & Blas, R. (2017). Fuentes y dosis de nitrógeno en la productividad de maíz amarillo duro bajo dos sistemas de siembra. *Anales científico*, 78(2), 232-240.
- Subnargem. (2011). *Recursos genéticos microbianos de México*. México: Subnargem.
- Tamayo, F. (2014). Efecto de la aplicación de cinco dosis de fitohormona con dos niveles de fertilización en la productividad de maíz. (Tesis de Grado).

Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias.

The effect of natural and/or chemical phosphorus fertilizer in combination with or without bio-phosphorus fertilizer on growth, yield and its quality of onion plants. (2012). *Middle East Journal of Agriculture Research*, 1(1), 47-51.

Tufiño, C. (2011). Efecto de la interacción de hongos micorrícicos Arbusculares (HMA) y la fertilización, sobre el crecimiento y desarrollo de plantas micropropagadas de banano (*Musa paradisiaca*) durante la fase de aclimatación (Tesis Grado). Sangolquí, Ecuador: Departamento de Ciencias de la Vida - Escuela Politécnica del Ejército.

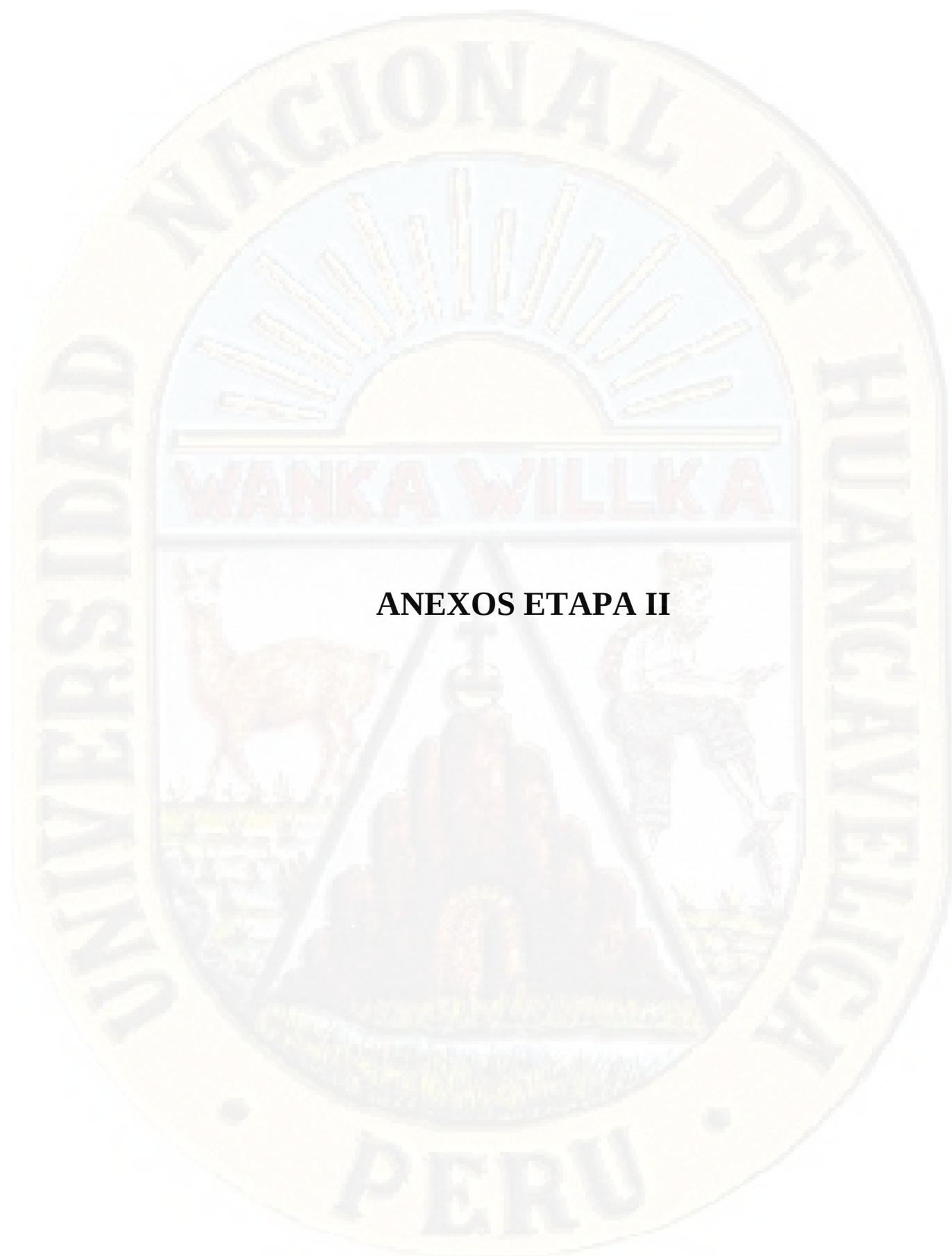
Vaz, D., & Leyva, A. (Abr-Jun de 2015). El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) dentro del sector agrario de Huambo-Angola. Parte I. Indicadores determinantes hacia la sostenibilidad. *Cultivos Tropicales*, 36(2).

Velázquez, S., & Cabello, M. (2011). Occurrence and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in trap cultures from El Palmar National Park soils. *Instituto Spegazzini, FCNyM, UNLP*.

Vosatka, M., & Albrechtova, J. (2011). Benefits of Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Sustainable Crop Production. En M. Khan, A. Zaidi, & J. Musarrat, *Microbial Strategies for Crop Improvement* (págs. 205-225). Berlin, Heidelberg: Springer.

Yeng, S., Agyarko, K., Dapaah, H., Adomako, W., & Asare, E. (9 de Octubre de 2012). Growth and yield of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) as influenced by integrated application of chicken manure and inorganic fertilizer. *African Journal of Agricultural Research*, 7(39), 5387-5395.

Zaidi, A., Saghir Khan, M., Munees, A., Mohd, O., & Wani, P. (2009). Recent Advances in Plant Growth Promotion by Phosphate-Solubilizing Microbes. In M. Khan, A. Zaidi, & J. Musarrat, *Microbial Strategies for Crop Improvement* (pp. 23-50). Berlin: Springer.



ANEXOS ETAPA II

ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA ETAPA II

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
PROBLEMA GENERAL ¿Cuál será la influencia de la aplicación de cuatro inóculos de HMA en el crecimiento, desarrollo y producción del maíz amiláceo variedad choclero, (<i>Z. mays</i> L.) en la comunidad de Paquecc Ayacucho?	OBJETIVO GENERAL Evaluar la influencia de la aplicación de cuatro inóculos de HMA en el desarrollo y producción de maíz amiláceo variedad choclero (<i>Z. mays</i> L.) en la comunidad de Paquecc Ayacucho.	HIPÓTESIS GENERAL La aplicación de cuatro inóculos de HMA influyen en el crecimiento, desarrollo y producción de grano fresco de maíz amiláceo variedad choclero, (<i>Z. mays</i> L.) en la comunidad de Paquecc Ayacucho.	Variable independiente Inóculo 1 de HMA Inóculo 2 de HMA Inóculo 3 de HMA Inóculo 4 de HMA	Indicador de V. independiente: Número de esporas / g de suelo antes de siembra y después de cosecha. Cantidad de micelio
PROBLEMAS ESPECIFICOS ¿En qué medida influyen la aplicación de cuatro inóculos de HMA en el crecimiento y desarrollo de maíz amiláceo variedad choclero, (<i>Z. mays</i> L.), en la comunidad de Paquecc Ayacucho? ¿En qué medida influye la aplicación de cuatro inóculos de HMA en la producción de grano fresco y seco de maíz amiláceo variedad choclero, (<i>Z. mays</i> L.), en la comunidad de Paquecc Ayacucho?	OBJETIVOS ESPECIFICOS Evaluar la influencia de la aplicación de cuatro inóculos de HMA en el crecimiento y desarrollo de maíz amiláceo variedad choclero (<i>Z. mays</i> L.) en la comunidad de Paquecc Ayacucho. Evaluar la influencia de la aplicación de cuatro inóculos de HMA en la producción de grano fresco y seco de maíz amiláceo variedad choclero (<i>Z. mays</i> L.) en la comunidad de Paquecc Ayacucho.	HIPÓTESIS ESPECÍFICA La aplicación de cuatro inóculos de HMA influyen en el crecimiento y desarrollo de maíz amiláceo variedad choclero, (<i>Z. mays</i> L.), en la comunidad de Paquecc Ayacucho. La aplicación de cuatro inóculos de HMA influyen en la producción de grano fresco de maíz amiláceo variedad choclero, (<i>Z. mays</i> L.), en la comunidad de Paquecc Ayacucho.	Variable dependiente Cultivo <i>Zea mays</i> L	Indicadores V. dependiente Longitud aérea Grosor de tallo, Peso seco del follaje Número de mazorca/planta. Número de grano/mazorca Peso fresco de choclo Peso seco de grano Peso seco de grano/ha-1. Peso de 1000 semillas

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

ANEXO: 2 TABLAS

Anexo tabla 01 Porcentaje de emergencia de *Z. mayz* L. micorrizado y sin micorrizar; Paquecc Ayacucho 2018.

Tratamientos	Medias del porcentaje de emergencia a 14 dds
T3	95
T4	94
T1	73
T5	73
T2	70

Anexo tabla 02 Media de la altura del follaje de *Z. mayz* L. micorrizado y sin micorrizar; Paquecc Ayacucho 2018.

Tratamientos	Medias de la altura (cm) del follaje
T3	268.38
T4	255.23
T2	262.0
T1	248.95
T5	242.38

Anexo tabla 03 Media del peso seco del follaje de *Z. mayz* L. micorrizado y sin micorrizar; Paquecc Ayacucho 2018.

Tratamientos	Medias del peso seco follaje (g)
T2	269.00
T4	267.09
T1	266.47
T5	239.59
T3	227.00

ANEXO 3: IMÁGENES (FOTOS)



Anexo imagen 1: Abonamiento y siembra de *Z. mays* micorrizadas y sin micorrizar - Paquecc



Anexo imagen 2: Evaluación de % de emergencia y resiembra de *Z. mays* micorrizadas y sin micorrizar – Paquecc 2018.



Anexo imagen 3: Aporque de *Z. mays* micorrizada y sin micorrizar- Paquecc



Anexo imagen 4: Coordinando con el propietario para la cosecha de *Z. mays* micorrizada y sin micorrizar- Paquecc 2018



**Anexo imagen 5: Vista general de *Z. mays* micorrizada y sin micorrizar-
Paquecc 2018**



**Anexo imagen 6: Vista del tratamiento T4 *Z. mays* micorrizada con el consorcio
de *Gigaspora sp*, *Cl. etunicatum* y *Sclerocystis sp*- Paquecc**



Anexo imagen 7: Corte de tallos de *Z. mays* micorrizada y sin micorrizar, para materia seca de follaje- Paquecc 2018



Anexo imagen 8: Obtención de la rizosfera de suelo de *Z. mays* micorrizada y sin micorrizar, para conteo de esporas de HMA - Paquecc 2018



Anexo imagen 9: Muestras de mazorcas de *Z. mays* micorrizada y sin micorrizar, para evaluación en laboratorio.



Anexo imagen 10: Transferencia de mazorcas de bolsa polietileno a bolsas de papel de *Z. mays* micorrizada y sin micorrizar - Paquecc 2018.



Anexo imagen 11: Secado de mazorcas de *Z. mays* micorrizada y sin micorrizar, para materia seca de granos.



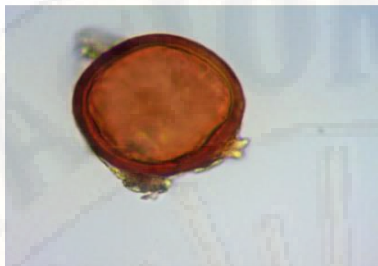
Anexo imagen 12: Vista comparativa de mazorcas de los cinco tratamientos de *Z. mays* micorrizada y sin micorrizar - Paquecc 2018



Anexo imagen 13: Ordenamiento de mazorcas por cada una de las 10 plantas de *Z. mays* micorrizada y sin micorrizar, para obtener peso seco de granos Paquecc 2018.



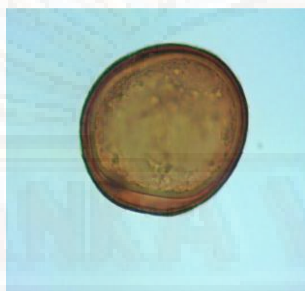
Anexo imagen 14: Conteo de granos secos por mazorca de *Z. mays* micorrizada y sin micorrizar Paquecc.



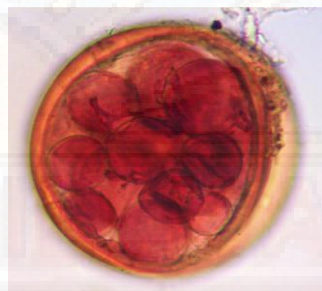
Funneliformis geosporum



Claroideoglomus luteum



Entrophospora infrequens



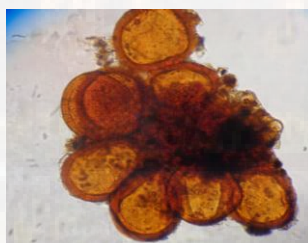
microaggregatum



Gigaspora sp



Claroideoglomus etunicatum



Sclerocystis sp

Anexo imagen 15: Esporas de los consorcios de HMA aplicados a siembra de Z. mays tratamientos micorrizados Paquecc 2018.

ANEXO 4: EQUIPOS Y MATERIALES DE RECOLECCIÓN DE DATOS



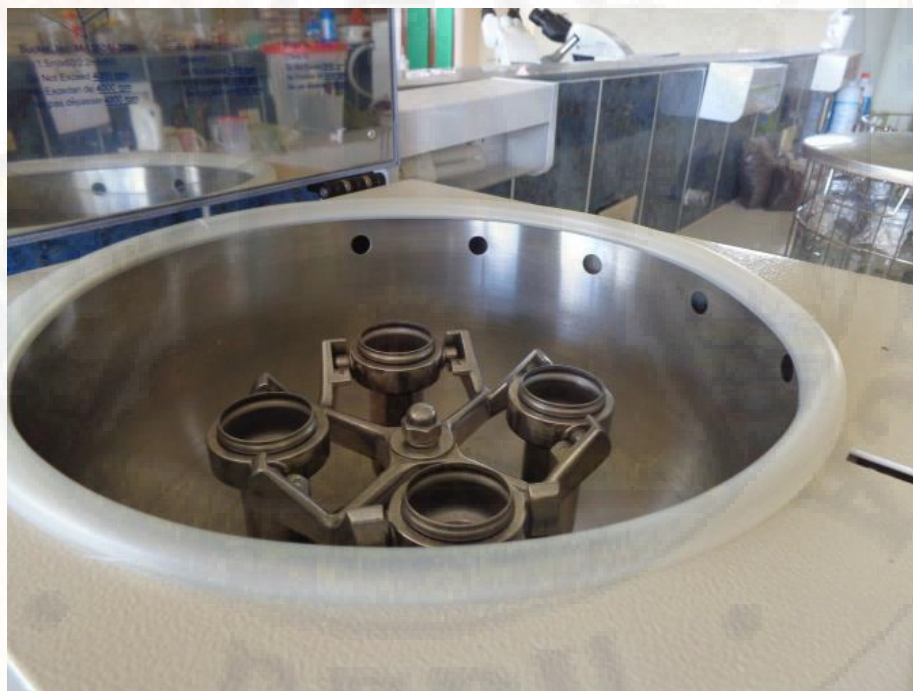
Anexo imagen 16: Balanza eléctrica de precisión modelo: MW503 del laboratorio de AGROBIOLOGÍA



Anexo imagen 17: Balanza eléctrica de precisión Baishide



Anexo imagen 18: Tamices de 250, 106 y 45 um para extracción de esporas de HMA



Anexo imagen 19: Centrifugadora para 4 tubos de 50 ml de capacidad

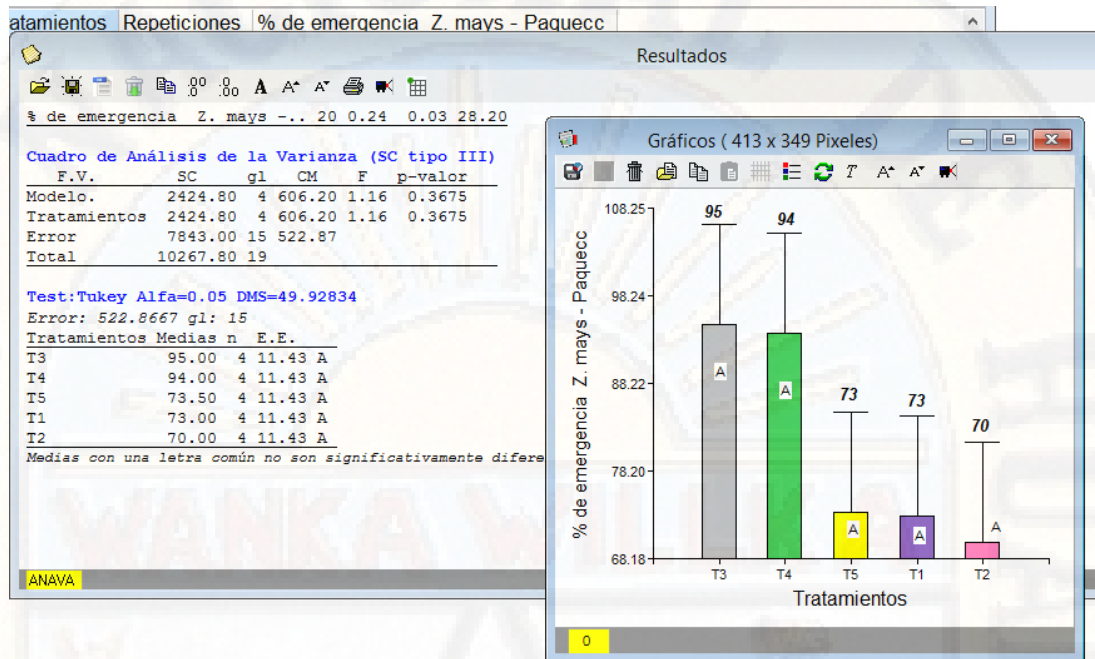


Anexo imagen 20: Estereoscopio binocular eléctrico (aumento hasta 90x)

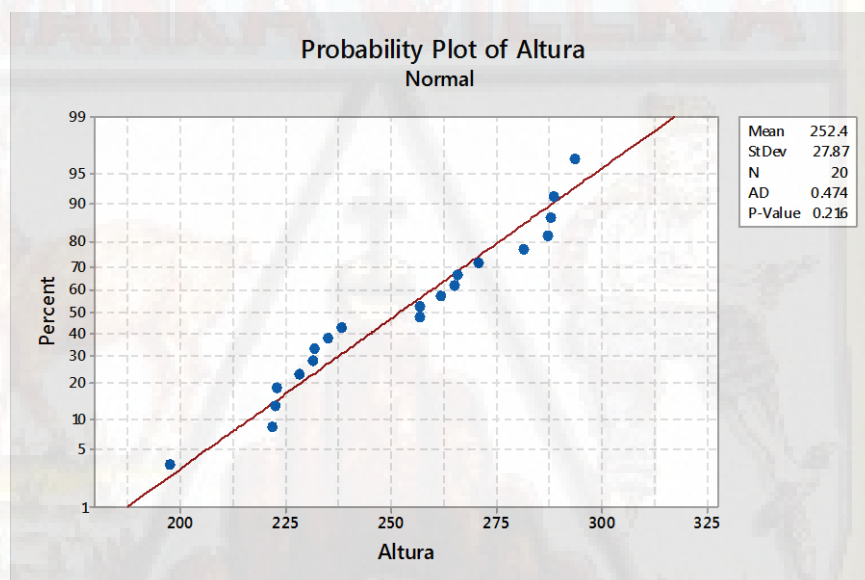
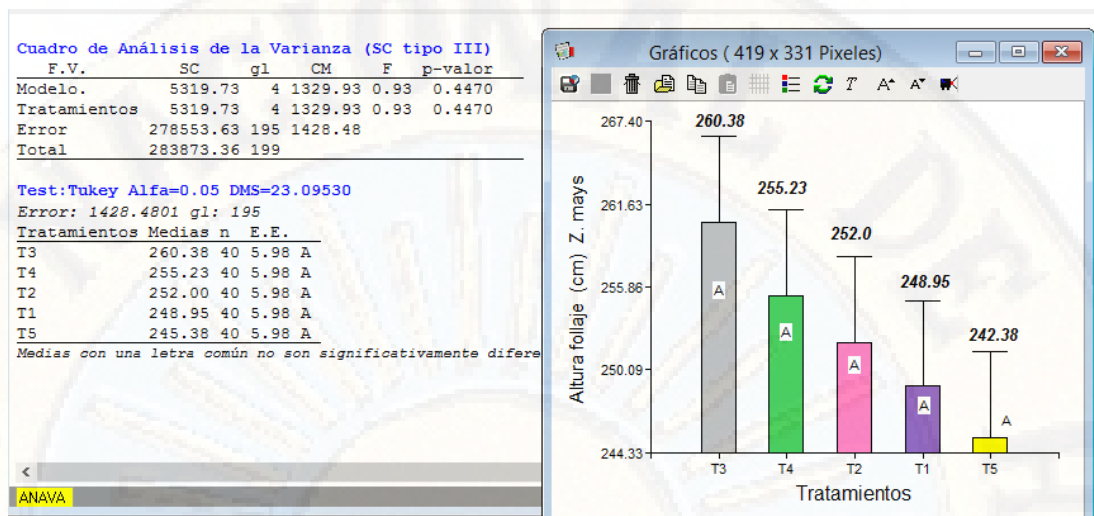


Anexo imagen 21: Microscopio binocular eléctrico marca oxion con ocular 10x y 4 objetivos

BASE DE DATOS



Anexo base de datos 1: ANVA, Tukey y gráfico del % de emergencia de *Z. mays* L. micorrizado y sin micorrizar, Paquecc – Ayacucho 2018.



Anexo base de datos 2: ANVA, Tukey, gráfico y normalidad de altura de *Z. mays* L. micorrizado y sin micorrizar, Paquecc – Ayacucho 2018.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro de tallo (cm) Z. ..	200	0.07	0.05	14.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.56	4	0.39	3.77	0.0056
Tratamientos	1.56	4	0.39	3.77	0.0056
Error	20.15	195	0.10		
Total	21.71	199			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.19643

Error: 0.1033 gl: 195

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T3	2.38	40	0.05	A
T4	2.35	40	0.05	A B
T1	2.34	40	0.05	A B
T5	2.19	40	0.05	A B
T2	2.17	40	0.05	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo base de datos 3: ANVA y Tukey de diámetro de tallo de *Z. mays* L. micorrizado y sin micorrizar, Paquecc – Ayacucho 2018.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nº mazorca/planta - Paquecc..	20	0.56	0.45	9.22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

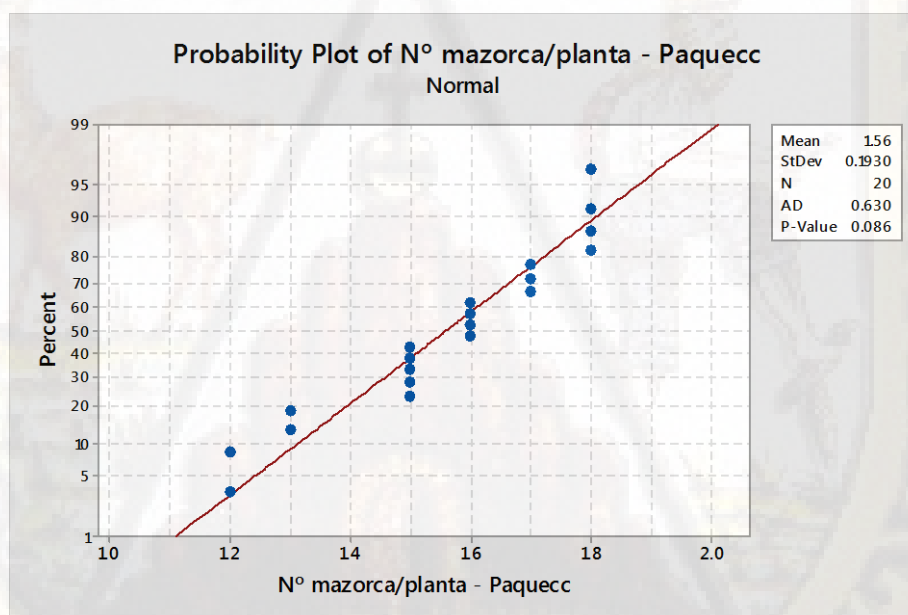
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.40	4	0.10	4.81	0.0106
Tratamientos	0.40	4	0.10	4.81	0.0106
Error	0.31	15	0.02		
Total	0.71	19			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.31390

Error: 0.0207 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T4	1.70	4	0.07	A
T1	1.68	4	0.07	A
T3	1.63	4	0.07	A B
T2	1.48	4	0.07	A B
T5	1.33	4	0.07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)



Anexo base de datos 4: ANVA, Tukey y normalidad de diámetro de tallo de *Z. mays* L. micorrizado y sin micorrizar, Paquecc – Ayacucho 2018.

Follaje seco (g) Z. mayz .. 20 0.29 0.10 13.58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7069.85	4	1767.46	1.51	0.2499
Tratamientos	7069.85	4	1767.46	1.51	0.2499
Error	17588.02	15	1172.53		
Total	24657.87	19			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=74.76778

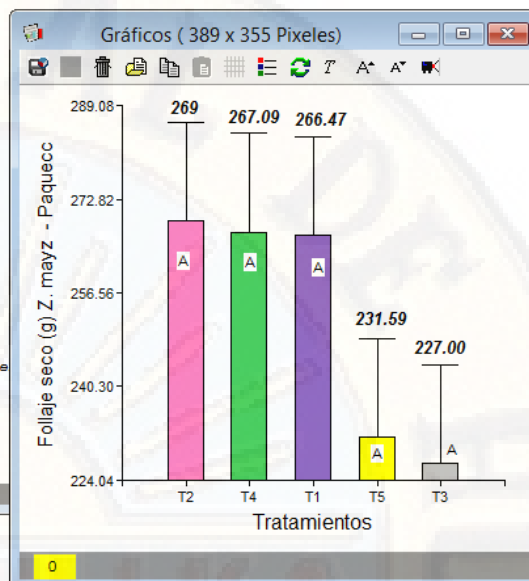
Error: 1172.5345 gl: 15

Tratamientos Medias n E.E.

T2	269.00	4	17.12	A
T4	267.09	4	17.12	A
T1	266.47	4	17.12	A
T5	231.59	4	17.12	A
T3	227.00	4	17.12	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

ANAVA



Anexo base de datos 5: ANVA, Tukey y gráfico de peso seco follaje de *Z. mays* L. micorrizado y sin micorrizar, Paquecc – Ayacucho 2018.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
grano fresco (kg ha ⁻¹) Z. ..	20	0.80	0.75	11.59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

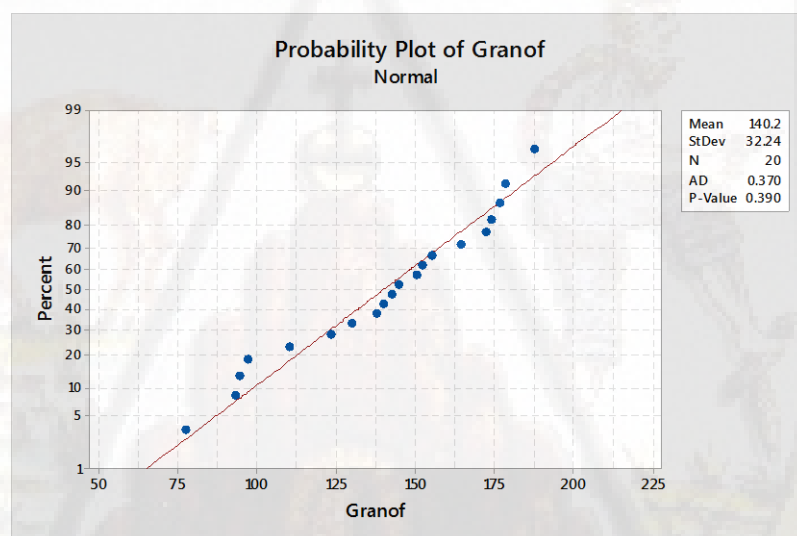
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13911816.88	4	3477954.22	14.93	<0.0001
Tratamientos	13911816.88	4	3477954.22	14.93	<0.0001
Error	3493998.58	15	232933.24		
Total	17405815.46	19			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1053.82235

Error: 232933.2385 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T3	5039.61	4	241.32	A
T4	4779.04	4	241.32	A B
T1	4440.64	4	241.32	A B
T2	3867.28	4	241.32	B
T5	2691.45	4	241.32	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)



Anexo base de datos 6: ANVA, Tukey y normalidad de peso fresco kg ha⁻¹ de Z. mays L. micorrizado y sin micorrizar, Paquecc – Ayacucho 2018.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
grano seco (g)/ planta Z...	20	0.77	0.70	17.34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

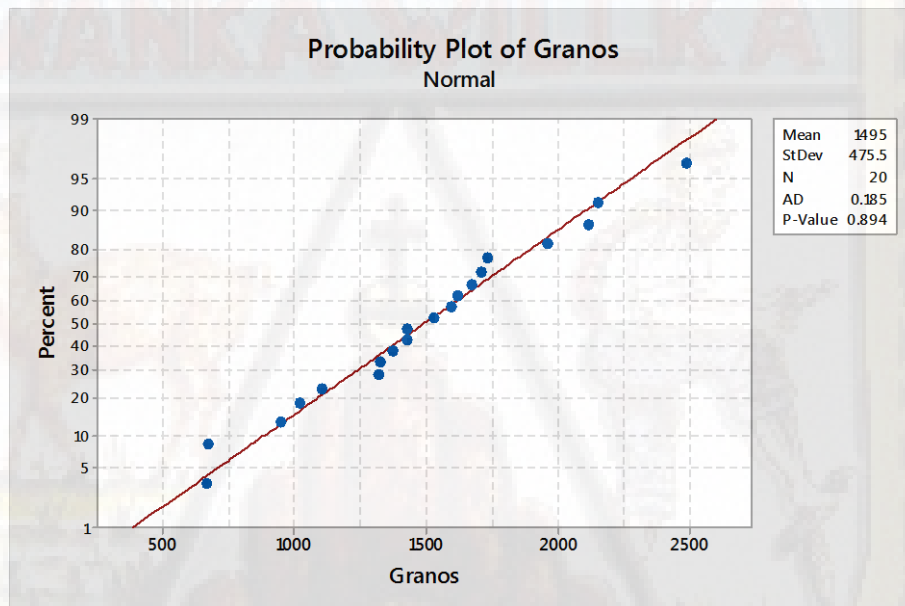
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13466.08	4	3366.52	12.22	0.0001
Tratamientos	13466.08	4	3366.52	12.22	0.0001
Error	4133.54	15	275.57		
Total	17599.62	19			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=36.24661

Error: 275.5696 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T4	131.67	4	8.30	A
T3	109.60	4	8.30	A B
T1	96.75	4	8.30	A B
T2	87.34	4	8.30	B C
T5	53.18	4	8.30	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)



Anexo base de datos 7: ANVA, Tucky y normalidad de grano peso por planta de *Z. mays* L. micorrizado y sin micorrizar, Paquecc – Ayacucho 2018.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
grano seco (kg ha ⁻¹) Z. ma..	20	0.77	0.70	17.34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

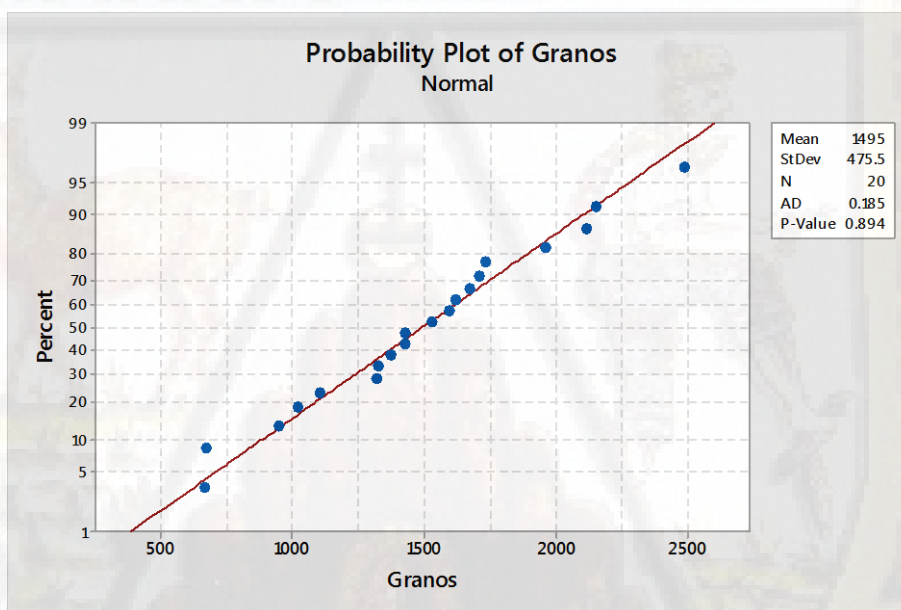
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11868294.94	4	2967073.73	12.22	0.0001
Tratamientos	11868294.94	4	2967073.73	12.22	0.0001
Error	3643089.53	15	242872.64		
Total	15511384.47	19			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1076.07110

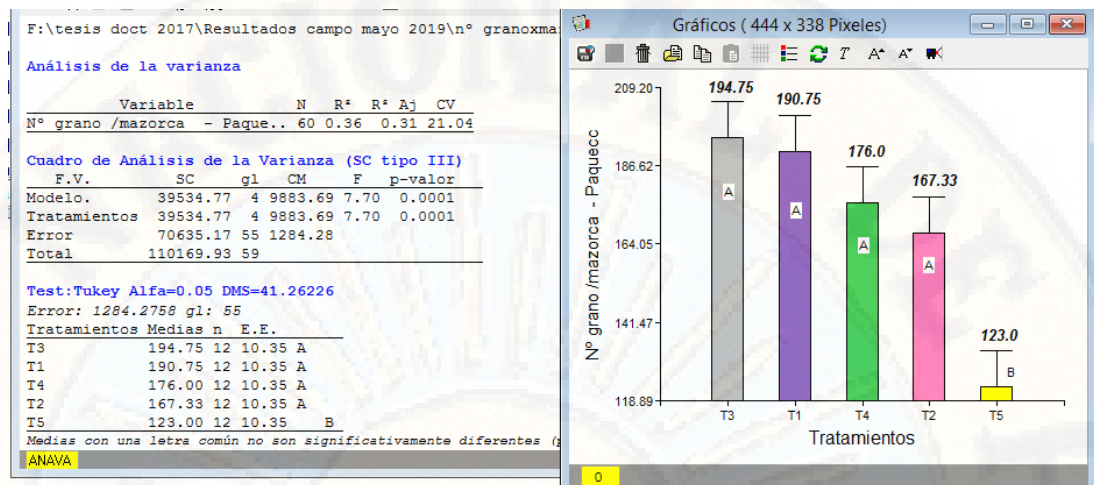
Error: 242872.6355 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T4	3909.04	4	246.41	A
T3	3253.66	4	246.41	A B
T1	2872.18	4	246.41	A B
T2	2592.91	4	246.41	B C
T5	1578.64	4	246.41	C

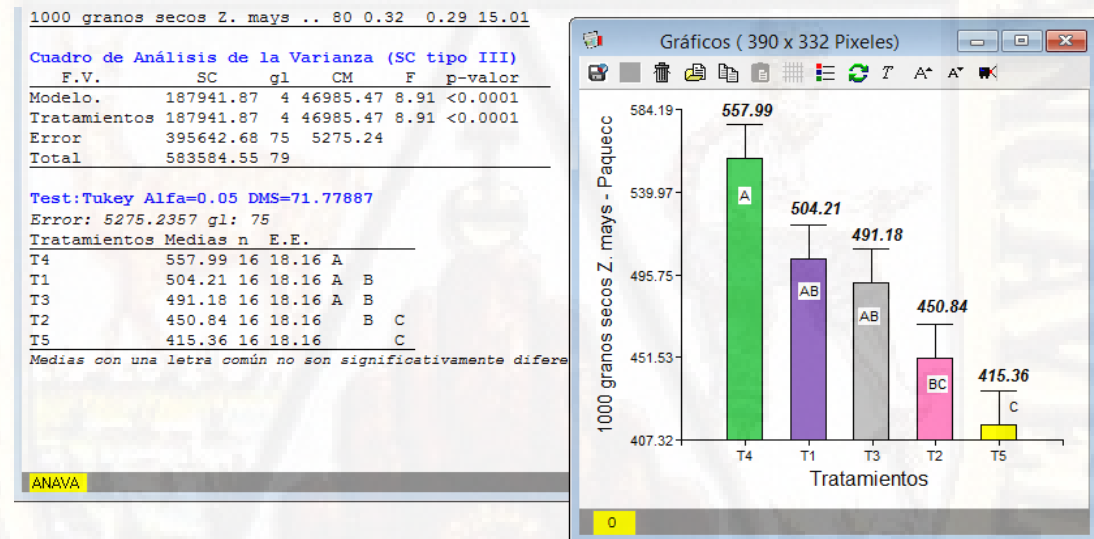
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)



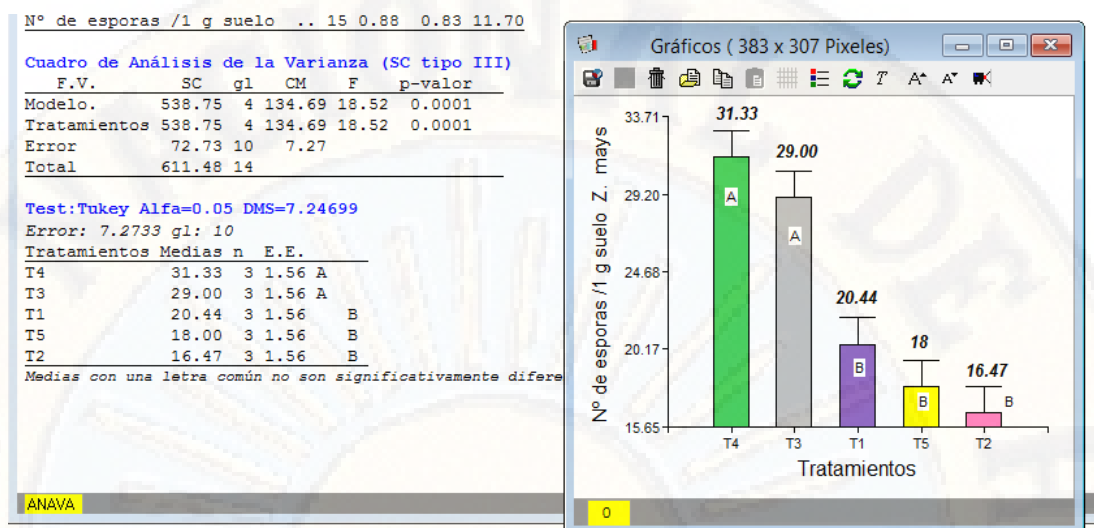
Anexo base de datos 8: ANVA, Tukey y normalidad de peso de grano seco kg ha⁻¹ de *Z. mays* L. micorrizado y sin micorrizar, Paquecc – Ayacucho 2018.



Anexo base de datos 9: ANVA y Tukey y gráfico de número de grano por mazorca de *Z. mays* L. micorrizado y sin micorrizar, Paquecc – Ayacucho 2018.



Anexo base de datos 10: ANVA, Tukey y gráfico de mil granos secos de *Z. mays* L. micorrizado y sin micorrizar, Paquecc – Ayacucho 2018.



Anexo base de datos 11: ANVA, Tukey y gráfico de número de esporas de HMA por gramo de suelo de la rizósfera de *Z. mays* L. micorrizado y sin micorrizar, Paquecc – Ayacucho 2018.

PROPAGACIÓN DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES NATIVOS Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ AMILÁCEO EN PAQUECC –AYACUCHO

Roberta Esquivel Quispe

Universidad Nacional de Huancavelica
Escuela de Posgrado
Facultad de Ciencias Agrarias – Unidad de Posgrado
e-mail roberesqui@hotmail.com

RESUMEN ETAPA II

Los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) son microorganismos que mejoran el crecimiento de plantas. Considerando la importancia de dichos hongos, el objetivo de la investigación fue evaluar la influencia de la aplicación de cuatro inóculos de HMA en el desarrollo y rendimiento de maíz (*Z. mays* L.) amiláceo variedad choclero en la comunidad de Paquecc, Ayacucho - Perú. Se sembró siguiendo la metodología del agricultor; modificando sólo en el abonamiento y micorrización, aplicando por golpe 29 gramos de guano de isla en la siembra y aporque; y 55 gramos de roca fosfórica en la siembra. Lo cual corresponde a un nivel de abonamiento bajo. Se empleó el diseño bloque completo al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, utilizando un área total de 836 m². Con la aplicación del consorcio de HMA tratamiento T4 (*Claroideoglomus etunicatum*, *Gigaspora* sp y *Sclerocystis* sp) se obtuvo un rendimiento de 3 909.04 kg ha⁻¹ de grano seco, 4 779.04 kg ha⁻¹ de grano fresco, 1.7 mazorcas por planta, 176 granos por mazorca, 557.75 g de peso de 1000 semillas y 2.35 cm de diámetro del tallo; seguido de los tratamientos T3 (mezcla) y T1 (*Funneliformis geosporum* y *Claroideoglomus luteum*), los cuales tuvieron influencia positiva; mientras el tratamiento sin aplicación de HMA (T5) tuvo 1578.04 kg ha⁻¹ de grano seco. Los tratamientos T4, T3 y T1, también tuvieron mayor número de esporas de HMA 31.33, 29 y 20.44 esporas por gramo de suelo respectivamente; frente a 16.47 y 18 esporas en los tratamientos T2 y testigo (T5). Los tres inóculos de consorcio de hongos micorrizógenos arbusculares influyen con significancia en las variables e indicadores evaluados a excepción del tratamiento T2 (*E. infrequens*, *Cl. luteum* y *G. microaggregatum*). Se recomienda micorrizar en cultivo de maíz (*Zea mays* L) con el consorcio de *Cl. etunicatum*, *Gigaspora* sp y *Sclerocystis* sp.; como también con el consorcio de *F. geosporum* y *Cl. luteum*.

Palabra clave: Consorcios de HMA en cultivos de *Zea mays* L.

NATIVE ARBUSCULAR MICORRIZOGEN FUNGI PROPAGATION AND THEIR INFLUENCE IN AMYLACEOUS CORN PRODUCTION, IN PAQUECC –AYACUCHO

Roberta Esquivel Quispe

National University of Huancavelica
Postgraduate School
Faculty of Agrarian Sciences - Postgraduate Unit
e-mail roberesqui@hotmail.com

ABSTRACT STAGE II

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are microorganisms, which improve the plant growth. Considering the importance of these fungi, the objective of this investigation was asses the influence of the application of four AMF inoculums on the development and yield of corn (*Z. mays* L.) white “choclero” variety in the community of Paquecc Ayacucho Peru. It was sown following the farmer's methodology, modifying only in the fertilization and mycorrhization, applying per each plant 29 grams of island guano in the sowing and hilling; and 55 g of phosphoric rock in the sowing. T corresponds to a low fertilization level. The randomized complete block design (DBCA) with five treatments and four repetitions was used, using a total area of 836 m². With the application of the consortium of AMF T4 treatment (*Claroideoglomus etunicatum*, *Gigaspora* sp and *Sclerocystis* sp), it was obtain a yield of 3909.04 kg ha⁻¹ of dry grain, 4 779.04 kg ha⁻¹ of fresh grain, 1.7 ears per plant, 176 grains per ear, 557.75 g of weight of 1000 seeds and 2.35 cm of stem diameter; this treatment was followed by treatments T3 (mixture) and T1 (*Funneliformis geosporum* and *Claroideoglomus luteum*), which had a positive influence; while the treatment without application of AMF (T5) had 1578.04 kg ha⁻¹ of dry grain. The treatments T4, T3 and T1, also had a higher number of HMA spores with 31.33, 29 and 20.44 spores per gram of soil respectively; compared to 16.47 and 18 spores in the T2 and control (T5) treatments respectively. The three inoculums of the arbuscular mycorrhizal fungi consortium have a significant influence on the different variables and indicators evaluated; with the exception of T2 treatment (*E.infrequens*, *Cl. luteum* and *G. microaggregatum*). It is recommended to mycorrhize in corn (*Zea mays* L) crops with the consortium of *Cl. etunicatum*, *Gigaspora* sp and *Sclerocystis* sp; as well as with the consortium of *F. geosporum* and *Cl. luteum*

Key words: Consortiums of AMF in *Zea mays* L. crops.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Z. mays* L) es el principal sustento alimentario de la población rural. Algunos agroecosistemas de cultivos de maíz están desequilibrados por el empleo de tecnologías inapropiadas de altos insumos (Dácia et al, 2015). Por otro lado los hongos micorrícicos, juegan un papel importante en la agricultura; por su influencia en el incremento de la productividad, resistencia a diferentes factores, mejora de la calidad del suelo, de los cultivos y otros. Es de suma importancia su propagación y aplicación de los hongos micorrícicos arbusculares para conservar el suelo, tener agricultura sostenible, evitar la contaminación del ambiente y obtener alimento saludable para la población humana. (Becerra, 2014; Pérez et al, 2011; Bolaños, 2013; Cofré, 2014; Longo, 2014; Hodge et al, 2010; Zaidi et al, 2010; Cronquist, 1992; Sieverding, 1983; Ferrera et al, 2003 y Altieri et al, 2013).

Los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) desempeñan un papel importante en diferentes procesos microbiológicos y ecológicos que se desarrollan en el suelo, mejorando su fertilidad e influyendo en la descomposición y reciclado de los nutrientes minerales y de la materia orgánica. Como también en la salud y nutrición de las plantas; como indica Morton, citado por Luna, (2012). Estos hongos formadores de micorizas se caracterizan por vivir como simbioses asociándose con las raíces de plantas. (Pérez et al, 2011; Fernández, 2013).

En la primera etapa del presente trabajo de investigación se propagó diferentes consorcios de hongos micorrizógenos arbusculares correspondientes a *Claroideoglomus luteum* y *Funneliformis gesosporum* (VAP1); *Gigaspora sp*, *Claroideoglomus etunicatum* y *Sclerocystis sp* (Zm23), *Entrophospora infrequens*, *Claroideoglomus luteum* y *Glomus microaggregatum* (Zm19) y otros consorcios; así mismos en el Laboratorio de Agrobiología de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, se cuenta con varios consorcios de HMA demostrados que influyen positivamente en el crecimiento y rendimiento de las plantas de papa (*S. chaucha*) en condiciones de invernadero y campo; sin embargo aún no se ha determinado en maíz en condiciones de campo. Considerando los antecedentes y la importancia de los HMA en la producción agroecológica de maíz se realizó el presente trabajo de investigación con el objetivo de Evaluar la influencia de la aplicación de cuatro inóculos de HMA en el desarrollo y rendimiento de maíz (*Z. mays* L.) amiláceo variedad choclero en la comunidad de Paquecc Ayacucho Perú. El experimento corresponde a la **etapa II** de investigación realizado durante los años de 2017 y 2018.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó entre los meses de noviembre 2017 a abril 2018; en la comunidad de Paquecc de la Provincia de Huanta, departamento de Ayacucho. Las evaluaciones se efectuaron en el laboratorio de Agrobiología, de la Escuela Profesional de Agronomía UNSCH, ubicado en pampa del Arco de la ciudad universitaria, a 2750 m.s.n.m. Ayacucho – Perú.

El tipo de investigación fue experimental aplicada. Las variables estudiadas fueron: Variables Independientes (VI): Conformado por los cuatro consorcios de HMA codificados con VAP1, Zm19, ZmM y Zm23, como se muestra en la tabla 1. La variable dependiente fue el cultivo de maíz (*Z. mays* L.).

Metodología

Para determinar la influencia de los 4 consorcios de HMA en el crecimiento y rendimiento de maíz; se sembró siguiendo la metodología del agricultor, modificando sólo en el abonamiento y micorrización.

Técnicas de extracción de esporas de HMA a partir de la rizósfera del cultivo de maíz micorrizado y sin micorrizar.

La extracción y cuantificación de las esporas de HMA de suelo rizosférico del cultivo de maíz, se ha utilizado la técnica de tamizado húmedo y decantación (Ferrera, 2003; Hernández, 2011).

Tratamientos

Se consideraron los siguientes tratamientos:

Tabla 1 : Tratamientos de la aplicación de HMA en <i>Z. mays</i> L. Paquecc Ayacucho 2018.	
Tratamientos	Consortios de HMA
T1	VAP1 (<i>F. geosporum</i> + <i>Cl. luteum</i>) Lab. Agrobiología
T2	Zm19 (<i>E. infrequens</i> + <i>Claroideoglomus sp</i> + <i>Glomus sp</i>) Paquecc
T3	ZmM (mezcla de HMA = Zm20+Zm21+Zm23)
T4	Zm23 (<i>Gigaspora sp</i> + <i>Cl. etunicatum</i> + <i>Sclerocystis sp.</i>) Macachacra
T5	testigo sin micorrizar

Se empleó el Diseño Bloque Completo al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, siendo una población de 1900 plantas, que resulta de 20 parcelas y cada parcela con un promedio de 95 plantas.

Análisis de fertilidad de suelo, fue realizado en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar de la UNSCH, (ver tabla 2).

Tabla 2 Análisis de fertilidad de suelo - Paquecc

Análisis Mecánico (%)			Clase Textual	pH	C.E.	CaCO ₃	M.O.	Nt	Elementos disp. (ppm)	
Arena	Limo	Arcilla		(H ₂ O)	(dS/m)	(%)	(%)	(%)	P	K
44.6	29.2	26.2	Fr	8.36	1.09	3.25	2.48	0.12	7.4	193.8

Fuente Laboratorio de Suelos y Análisis foliar - UNSCH

Preparación de terreno y parcelas, esta actividad se realizó con el apoyo del propietario, empleando el tractor, luego del surcado se efectuó la demarcación de un área total de 836 m², seguidamente la delimitación de 20 parcelas, cada parcela de 4 x 8 m² con 5 surcos, cada surco con 10 golpes, el distanciamiento: entre surco 0.8 m y entre golpe 0.4m.

Abonamiento, siembra, micorrización y aporque.- El abonamiento se realizó aplicando 29 gramos de guano de isla a la siembra otros 29 gramos se aplicó en el aporque; mientras la roca fosfórica se aplicó 55 gramos por golpe sólo en la siembra. La siembra y la micorrización se realizaron colocando tres semillas (por golpe), junto al inóculo en el intermedio de los abonos evitando de los rayos solares. Al tratamiento T5 no se inoculó. Posteriormente se realizó el aporque, añadiendo 29 gramos de guano de isla en el intermedio de cada golpe de cultivo, (ver imagen 4 e imagen 1).

Evaluación del factor independiente: La evaluación del número de esporas y cantidad de micelio de los consorcios de HMA se realizó empleando la técnica descrita por Gerdemann y Nicolson (1963) y Daniels y Skipper (1962) modificado, citado por Hernández *et al*, (2008).

Evaluación del factor dependiente *Z. mays* L. Se evaluaron: diámetro del tallo, número de mazorca por planta, peso de grano fresco kg ha⁻¹. Peso de grano seco kg ha⁻¹, número de grano por mazorca y peso de 1000 semillas.



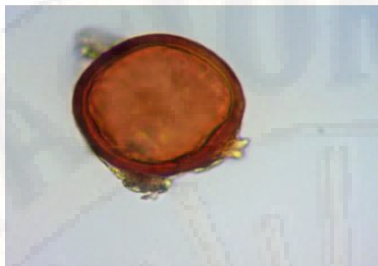
Imagen 1: Aporque de *Z. mays* micorrizada y sin micorrizar- Paquecc



Imagen 2: Coordinando con el propietario para la cosecha de *Z. mays* micorrizada y sin micorrizar- Paquecc 2018



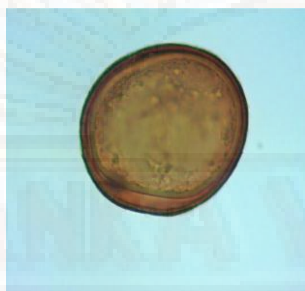
Imagen 3: Vista general de *Z. mays* micorrizada y sin micorrizar- Paquecc 2018



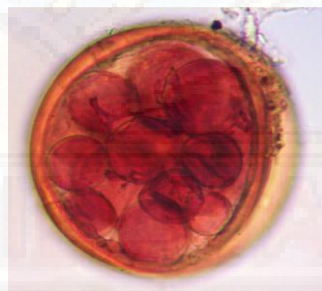
Funneliformis geosporum



Claroideoglomus luteum



Entrophospora infrequens



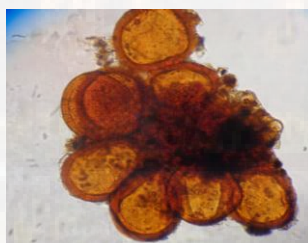
microaggregatum



Gigaspora sp



Claroideoglomus etunicatum



Sclerocystis sp

Imagen 4: Esporas de los consorcios de HMA aplicados a siembra de *Z. mays* tratamientos micorrizados Paquecc 2018.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sobre el diámetro del tallo de *Z. mays* micorrizados y sin micorrizar- Paquecc.

Como se observa en la tabla 3, los diámetros oscilan entre 2.19 a 2.38 cm; el tratamiento micorrizado (T3) supera con significancia al tratamiento T2, entre los otros tratamientos no existe diferencia significativa. Estos resultados algo similares a los hallados por Sotomayor et al, (2017), quienes obtuvieron entre 2.43 hasta 2.75 cm de diámetro, mientras Olguin et al, (2017), obtiene diámetros inferiores que oscila entre 1.4 a 1.6 cm.

Tabla 3 Medias por Tukey de los diferentes indicadores de evaluación en *Z. mays* micorrizados y sin micorrizar Paquecc Ayacucho Perú

Indicadores	Medias por Tukey									
	TRATAMIENTOS									
	T1		T2		T3		T4		T5	
Diámetro de tallo (cm)	2.34	ab	2.17	b	2.38	a	2.35	ab	2.19	ab
Número de mazorca por planta	1.68	a	1.48	ab	1.63	ab	1.7	a	1.33	b
Peso de 1000 granos secos (g)	504.21	ab	450.84	bc	491.18	ab	557.99	a	415.36	c
Número de esporas/ g de suelo	20.44	b	16.47	b	20	a	31.33	a	16.47	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Sobre el número de mazorca por planta

En la misma tabla 3, se muestra las medias del número de mazorcas por planta; demostrándose que con los tratamientos micorrizados T4 y T1 se obtiene un promedio de 1.68 y 1.7 mazorcas por planta, las que superan con significancia al tratamiento sin micorrizar T5. De la misma manera los tratamientos T3 y T2 tienen un promedio de 1.63 y 1.48 mazorcas por planta y son algo similares al tratamiento sin micorrizar T5. También López, (2012), demostró que las micorrizadas presentaron mayor número de mazorcas a comparación del tratamiento sin micorrizar.

Sobre el peso de grano fresco

En el gráfico 1 se visualiza que todos los tratamientos micorrizados superan al tratamiento sin micorrizar, destacándose el tratamiento 3, con la que se obtuvo $5,039.61 \text{ kg ha}^{-1}$, seguido de los tratamientos T4, T1 y T2; cuyo peso de grano fresco oscila entre $4,779.04$ a $3,867.28 \text{ kg ha}^{-1}$, frente al tratamiento sin micorrizar que tuvo solo $2691.45 \text{ kg ha}^{-1}$. También López, (2012), obtiene una diferencia entre los inoculados con el consorcio micorrízico al evaluar a los 90 DDS. Reporta un promedio de peso de grano fresco entre 140 a 230 g por mazorca.

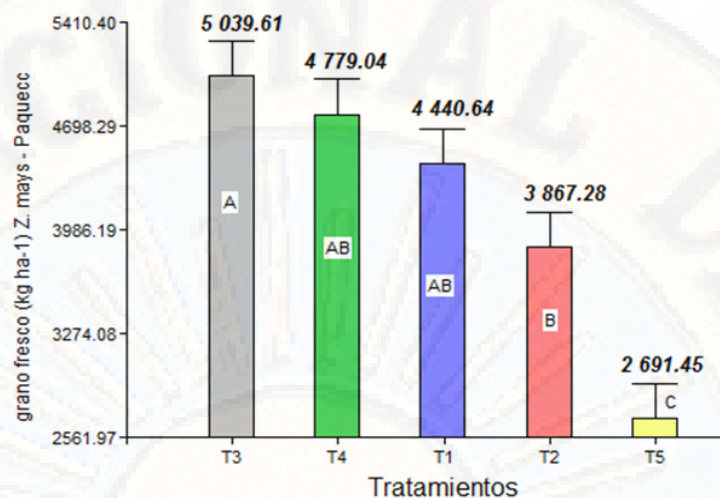


Gráfico 1: Peso de grano fresco de *Z. mays* micorrizados y sin micorrizar; Paquecc – Ayacucho 2018

Sobre grano seco por hectárea

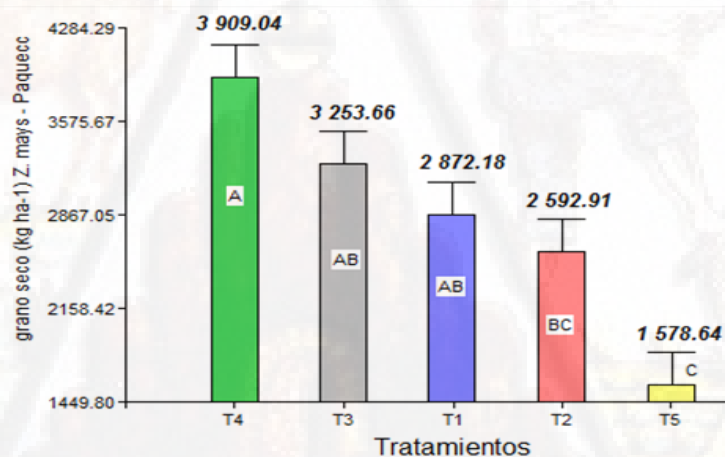


Gráfico 2: Peso de grano seco kg ha⁻¹ de *Z. mays* micorrizados y sin micorrizar; Paquecc – Ayacucho 2018

En el gráfico 2 se visualiza que todos los tratamientos micorrizados superan con significancia al tratamiento sin micorrizar, obteniéndose 3 909.04 kg ha⁻¹ con el tratamiento T4, seguido de los tratamientos T3, T1 y T2; cuyo rendimiento de peso seco de grano es de 3 253.66, 2 872.18 y 2592.91 kg ha⁻¹ respectivamente, frente al tratamiento sin micorrizar que alcanzó solo un promedio de 1 578.64 kg ha⁻¹. Estos resultados concuerdan con la evaluación visual en el mismo campo y la observación

comparativa de las mazorcas como se muestran en imagen 5.

Los resultados obtenidos son similares e incluso superiores a los trabajos obtenidos por Luna, (2012), quien al realizar el trabajo de investigación sobre “Densidad poblacional de los hongos micorrízicos arbusculares en suelos agrícolas aplicados con composta”; trabajo realizado en Tlaxcala México, obtiene un promedio de rendimiento de 1554 1kg ha⁻¹ aplicando 75% de residuos de chile más 25% de rastrojo de maíz. Mientras con la fertilización de 200 kg ha⁻¹ de urea y 100 kg ha⁻¹ de triple fosfato, obtuvo 1291.6 kg ha⁻¹ y con el tratamiento sin composta y sin fertilizante 422.5 kg ha⁻¹. También con lo mencionado por Ministerio de Agricultura indicado por Mescoco, (2011) donde el rendimiento de maíz amiláceo en la sierra del Perú es de 1086 kg ha⁻¹. Así mismo Olguín et al, (2017), obtuvieron un promedio de rendimiento de maíz que oscila entre 920 a 8525 kg ha⁻¹, en cuatro lugares, con cuatro sistemas de siembra y con fertilización de 100 - 60 - 00 de NPK.

Sobre número de grano por mazorca

El número de grano por mazorca se muestra en el gráfico 3, observándose que todos los tratamientos micorrizados superan con significancia al tratamiento sin micorrizar y no existe diferencia entre los tratamientos micorrizados. Con el tratamiento T3, se obtuvo un promedio de 194.75 granos por mazorca, seguido de los tratamientos T1, T4 y T2 con las que se obtuvieron un promedio de 190.75, 176 y 167.33 granos por mazorca respectivamente. El tratamiento sin micorrizar tuvo 123 granos por mazorca.



Imagen 5: Vista comparativa de mazorcas de los cinco tratamientos de *Z. mays* micorrizada y sin micorrizar - Paquecc 2018

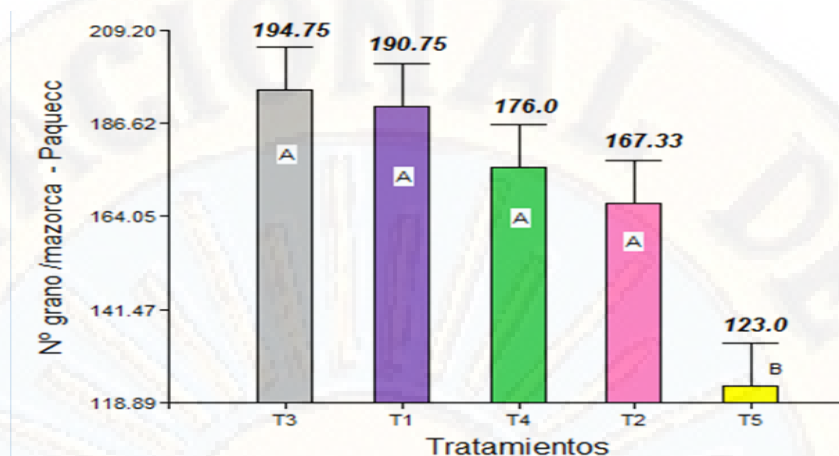


Gráfico 3: Número de grano por mazorca de *Z. mays* micorrizados y sin micorrizar; Paquecc – Ayacucho 2018

Sobre peso de 1000 semillas

En la tabla 3, se observa que el tratamiento T4 tiene mayor significancia respecto al resto de los tratamientos, alcanza 557.99 g por cada 1000 granos de maíz; seguido de los tratamientos T1 y T3 con las que se obtuvo 504.21, 491.18 g respectivamente; mientras el tratamiento T2 no tiene diferencia con el tratamiento sin micorrizar (T5); alcanzan 450.84 y 415.36 g respectivamente por cada 1000 granos de maíz. Sotomayor et al, (2017); obtuvieron un promedio entre 423.32 g hasta 471.37 gramos por 1000 grano secos de maíz. Lo que significa que los resultados de los tratamientos micorrizados del presente trabajo incluso son superiores a lo obtenido por Sotomayor et al (2017), quienes logran entre 423.32 a 471.66 g por cada 1000 granos.

Sobre número de esporas de HMA por gramo de suelo.

En la tabla 3, se observa que los tratamientos micorrizados T4 y T3 superan con significancia al resto de los tratamientos, tienen 31.33 y 29 esporas respectivamente por gramo de suelo de la rizósfera de los cultivos de maíz amiláceo micorrizados. Mientras entre los tratamientos T1 y T2 no existe diferencia entre ellos, pero superan numéricamente al tratamiento T5 sin micorrizar.

CONCLUSIONES

1. Con la aplicación del consorcio de HMA tratamiento T4 (*Claroideoglomus etunicatum*, *Gigaspora* sp y *Sclerocystis* sp) se obtuvo mayor rendimiento de grano seco (3 909.04 kg ha⁻¹) y en los diferentes indicadores de evaluación; seguido de los tratamientos T3 (mezcla) y T1 (*Funneliformis geosporum* y *Claroideoglomus luteum*), los cuales también tuvieron influencia positiva a comparación del tratamiento testigo (T5) (1578.04 kg ha⁻¹ de grano seco).
2. Los tratamientos T4, T3 y T1, tuvieron mayor número de esporas de HMA 31.33, 29 y 20.44 esporas por gramo de suelo respectivamente; frente a 16.47 y 18 esporas en los tratamientos T2 y testigo (T5).
3. Tres inóculos de consorcio de hongos micorrizógenos arbusculares influyen con significancia en las variables e indicadores evaluados a excepción del tratamiento T2 (*Entrophospora infreguens*, *Cl. luteum* y *Glomus microaggregatum*).
4. Se demuestra la hipótesis alterna para tres inóculos de consorcio de hongos micorrizógenos arbusculares por lograrse que influyen con significancia en los diferentes parámetros evaluados a excepción del tratamiento T2.
5. Se recomienda micorrizar en cultivo de maíz (*Zea mays* L) con el consorcio de *Cl. etunicatum*, *Gigaspora* sp y *Sclerocystis* sp.; como también con el consorcio de *F. geosporum* y *Cl. luteum*.

AGRADECIMIENTOS

A mis maestros del doctorado de la Universidad Nacional de Huancavelica y a su excelente equipo de profesionales.

Mi profundo reconocimiento a mi asesor Dr. Gregorio J. Arone Gaspar por sus sugerencias y aportes en el desarrollo de mi tesis.

Mi alma mater, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a través del Proyecto de investigación: Recuperación, conservación y aplicación de hongos micorrícicos y entomopatógenos nativos en Vinchos y Chiara Ayacucho FOCAM, me facilitaron los equipos y ambientes.

A todas las personas y familias que me apoyaron para la culminación de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, M., & Nicholis, C. (2013). *Diseños agroecológicos*. Perú: Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología.
- Becerra, A., Bartolini, N., & et al. (2014). Arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils: Vertical distribution at different soil depth. *Revista Braz J Microbiol*, 45(2), 585-594.
- Bolaños, V. (2013). Efecto de la inoculación de tres dosis de micorrizas en el rendimiento de dos variedades de papa (*Solanum tuberosum*) en la zona de Mira, provincia del Carchi. (Tesis de Grado). El Angel, Ecuador.
- Cofré, N. (2014). Efecto de las comunidades nativas de hongos micorrícicos arbusculares provenientes de suelos con diferentes usos sobre el crecimiento de soja (*Glycine max*). *VIII Congreso Latinoamericano de Micología(1)*, 36. Medellín, Colombia: Asociación Latinoamericana de Micología.
- Cronquist, A. (1992). *Botánica Básica* (3 ed.). México: Editorial continental S.A.
- Ferrera, R., González, M., & Rodríguez, M. (2003). *Manual de Agromicrobiología* (1 ed.). (Trillas, Ed.) México.
- Hernández, L., Guerra, V., Santiago, G., & Cuatlal, P. (2011). Propagación y micorrización de plantas nativas con potencial para restauración de suelos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(7), 87-96.
- Hodge, A., Helgason, T., & Fitter, A. H. (2010). Nutritional ecology of arbuscular mycorrhizal fungi. *Fungal Ecology*, 3, 267-273.
- Longo, S. (2014). ¿Las comunidades de hongos micorrícicos nativos favorecen el crecimiento de plantas exóticas invasoras en áreas afectadas por incendios? *VIII Congreso Latinoamericano de Micología(1)*, 36. Medellín, Colombia: Asociación Latinoamericana de Micología.
- Luna, H. (2012). Densidad poblacional de los hongos micorrícicos arbusculares en suelos agrícolas aplicados con composta (Tesis doctoral). México: Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada – Instituto Politécnico Nacional.
- López, J. (2012). *Métodos y adherentes para la inoculación micorrízica del maíz en campo*. Veracruz: Facultad de Ciencias Agrícolas – Universidad Veracruzana.
- Mesco, V. (2011). Principales amenazas del cultivo de maíz en el contexto del cambio climático en el distrito de Huayllabamba – Cusco.
- Olguín, J., Guevara, R., Carranza, J., Scopel, E., Barreto, O., Mancilla, O., & Talavera, A. (2017). Producción y rendimiento de maíz en cuatro tipos de labranza bajo condiciones de temporal. *IDESIA*, 35(1), 51-61.
- Perez, A., Rojas, J., & Donicer, M. (2011). Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. *Revista Colombiana cienc. Anim.*, 3(2).
- Sieverding, E., & Sánchez de Prager, M. (Noviembre de 1995). Investigaciones sobre micorrizas en Colombia. *Memorias del Primer Curso Nacional sobre Micorrizas*, 237-249.
- Sotomayor, R., Chura, J., Calderon, C., Sevilla, R., & Blas, R. (2017). Fuentes y dosis de nitrógeno en la productividad de maíz amarillo duro bajo dos sistemas de siembra. *Anales científico*, 78(2), 232-240.
- Vaz, D., & Leyva, A. (Abr-Jun de 2015). El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) dentro del

sector agrario de Huambo-Angola. Parte I. Indicadores determinantes hacia la sostenibilidad. *Cultivos Tropicales*, 36(2).

Zaidi, A., Saghir Khan, M., Munees, A., Mohd, O., & Wani, P. (2009). Recent Advances in Plant Growth Promotion by Phosphate-Solubilizing Microbes. In M. Khan, A. Zaidi, & J. Musarrat, *Microbial Strategies for Crop Improvement* (pp. 23-50). Berlin: Springer.