UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL ACUÍCOLA

Colecta e inoculación de *Rhizobium* sp. asociados a raíces de *Solanum lycopersicum* (tomate) en un suelo Entisol de Yarinacocha - Tuhsmo

Tesis para optar el Título Profesional de

Ingeniero Agroforestal Acuícola

PRESENTADO POR:

Miguel Angel Villafuerte Paredes

UCAYALI – PERU

2020

ANEXO 16. ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En la sala destinada para la sustentación de la tesis Plataforma Google Meet, Campus universitario de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, en el distrito de Yarinacocha Provincia de Coronel Portillo Ciudad de Pucallpa, a 11 horas del día veintidos de junio de 2021, se reunió el Jurado de Tesis presidido por **Ing. Manuel Mario Chuyma Tomaylla**, e integrado por: **Dra. Teresa Alarcón Castillo** y **Ing. MSc. José Sánchez Choy Sánchez,** en calidad de miembros, con la exclusiva finalidad de evaluar la sustentación de tesis titulada: **"COLECTA E INOCULACIÓN DE RHIZOBIUM SP. ASOCIADOS A RAÍCES DE SOLANUM LYCOPERSICUM (TOMATE) EN UN SUELO ENTISOL DE YARINACOCHA – TUHSMO"**., cuya responsabilidad corresponde al Bachiller en:

MIGUEL ANGEL VILLAFUERTE PAREDES a fin de optar el Título Profesional de **INGENIERO AGROFORESTAL ACUICOLA**.

Terminada la sustentación, el autor de la tesis respondió a las preguntas formuladas por los miembros del jurado. Cuya evaluación se consolida según la tabla y parámetros cuantitativos que siguen:

El Jurado después de deliberar y calibrar los aportes de la tesis y la fundamentación del sustentante, compatibilizo el resultado cuantitativo con la tabla cualitativa equivalente. sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como BUENO, asignándole un calificativo de 26 puntos, según el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía.

Presidente	Ing. Manuel Mario Chuyma Tomaylla	25
Miembro	Dra. Teresa Alarcón Castillo	25
MIembro	Ing. José Gerardo Sánchez Choy Sánchez	28
	Promedio	**26**

Siendo las 12:25 horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación

Ing. Manuel Mario Chuyma Tomaylla **Presidente**	**Dra. Teresa Alarcón Castillo** **Miembro**
Ing. MSc. José Sánchez Choy Sánchez **Miembro**	

firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad.

Nombre Asesor: Dr. Juan Pérez Marín

Distribución: Integrantes del Jurado de Tesis, tesista y archivo FICA (Todas con firmas en original).

CONSTANCIA

N°0028

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO TURNITIN

La Biblioteca Central, hace constar por la presente, que le informe Final (Tesis) titulado:

COLECTA E INOCULACIÓN DE RHIZOBIUM ASOCIADOS A RAÍCES DE SOLANUM LYCOPERSICUM (TOMATE) EN UN SUELO ENTISOL DE YARINACOCHA -TUHSMO.

Cuyo autor es : **VILLAFUERTE PAREDES, MIGUEL ÁNGEL.**

Facultad : FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

Escuela Profesional : INGENIERÍA AGROFORESTAL ACUÍCOLA.

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio, dicho documento presenta un porcentaje de similitud de 19%.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecido en el **artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO**, aprobada con **RESOLUCIÓN N°164-2021-UNIA-CO**, el cual indica que no se debe superar el 24%. Se declara, que el trabajo de investigación: **SI contiene un porcentaje aceptable de similitud y/o plagio, por lo que SI se aprueba su originalidad.**

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha:02/08/2021

UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONIA - UCAYALI

Dr. Jesús Taylor Dávila Francia

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis de forma muy especial a mis adorados padres, quienes, a través de sus consejos, gran amor y orientación, han logrado motivarme para realizarme como profesional y concluir con mi carrera. Estoy eternamente agradecido y los recordaré siempre en cualquier lugar que me encuentre

A mis queridos hermanos por el gran apoyo personal y amor incondicional que siempre brindan a mi persona. Les doy las gracias por haber escuchado mis problemas, anhelos y también haber sido mi fuente de inspiración.

A mi compañera de vida, quien, a través de su gran amor, fortaleza y conocimientos, me impulsó a la conclusión de la presente investigación.

A todos mis compañeros que me brindaron su amistad y consejos en el desarrollo de mi estudio de investigación.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a mi asesor de tesis: Dr. Juan Luis Pérez Marín, cuyos aportes, sugerencias y coordinación fueron cruciales para facilitar el desarrollo y la culminación de la presente investigación en estos tiempos sumamente difíciles.

A mis jurados de la comisión de tesis, por sus sabios consejos durante la corrección, y las orientaciones para el desarrollo de la presente investigación: Ing. MSc. Manuel Mario Chuyma Tomaylla, Dra. Teresa Alarcón Castillo, Ing. MSc José Sánchez Choy. Les estaré siempre agradecido.

A todas las personas que de alguna u otra forma decidieron involucrarse en la implementación del presente estudio, mil gracias.

ÍNDICE

Pag

I	INTRODUCCIÓN……	14
II	REVISIÓN DE LITERATURA……	18
2.1.	Antecedentes de la investigación……	18
2.1.1.	A nivel local……18	
2.1.2.	A nivel nacional…… .18	
2.1.3.	A nivel internacional…… 19	
2,2,	Fijación biológica del nitrógeno……	20
2.3.	El *Rhizobium* sp. bacteria fijadoras de nitrógeno……	21
2.4.	Simbiosis de leguminosa. *Rhizobium* sp……..21	
2.5.	El tomate y la simbiosis con el *Rhizobium* sp……...…23	
2.6.	La nitrogenasa……	23
2.7.	Características de las bacterias de *Rhizobium* sp……24	
2.8.	Cultivo tomate……	24
2.8.1.	Origen……	24
2.8.2.	Morfología……	25
2.8.3.	Importancia del tomate……	26
2.8.4.	Composición nutritiva del tomate……	27
III.	MÉTODOS…… …28	
3.1.	Ubicación y descripción del área de estudio…… . 28	
3.2.	Identificación y descripción de material del material experimental……	29
3.3.	Procedimientos……	30
3.3.1.	Fase de campo……	30
3.3.2.	Extracción de los nódulos o cepas del *Arachis hipogea* (maní)……	31
3.3.3.	Preparación del cultivo de *Rhizobium* sp……..	31
3.3.4.	Siembra del *Rhizobium* sp y tomate……	32
3.3.5.	Puesta del tomate en bolsas con sustrato……	32
3.3.6.	Siembra del tomate al campo definitivo……	33
3.3.7.	Cosecha del tomate……	34
3.3.8.	Composición del medio de cultivo YMA utilizado……	34
3.3.9.	Evaluación de las variables de investigación……..	35
3.3.9.1.	Porcentaje de germinación……	35

3.3.9.2. Cantidad de nódulos de *Rhizobium* sp……35
3.3.9.3. Calidad del fruto…… 35
3.3.9.3.1. Peso del fruto…… 35
3.3.9.3.2. Tamaño del fruto (largo y ancho del fruto)…… 35
3.3.9.3.3. Color del fruto…… 35
3.3.9.4. Rendimiento…… 35
3.4. Variables…… 36
3.5. Población y muestra…… 36
3.5.1. Población…… 36
3.5.2. Muestra…… 36
3.6. Tratamientos…… 36
3.7. Recolección de los datos…… 37
3.7.1. Fuente de información…… 37
3.7.2. Unidad experimental y unidad de medida…… 38
3.7.2.1. Unidad experimental…… 38
3.7.2.2. Unidad de medida…… 38
3.7.3. Tipo de muestreo…… 38
3.7.4. Técnicas para la recolección de datos…… 38
3.8. Procesamiento de los datos…… 39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN…… 40
4.1. Porcentaje de geminación…… 40
4.1.1. Resultados descriptivos de la variable…… 40
4.1.2. Resultados por objetivos…… 41
4.2. Cantidad de nódulos…… 43
4.2.1. Resultados descriptivos de la variable…… 43
4.2.2. Resultados por objetivos…… 44
4.3. Calidad del fruto…… 46
4.3.1. Peso del fruto…… 47
4.3.1.1. Resultados descriptivos de la variable…… 47
4.3.1.2. Resultados por objetivos…… 48
4.3.2. Tamaño y ancho del fruto…… 50
4.3.2.1. Tamaño del fruto…… 50
4.3.2.1.1. Resultados descriptivos de la variable…… 50
4.3.2.1.2. Resultados por objetivos…… 51
4.3.2.2. Ancho del fruto…… 53
4.3.2.2.1. Resultados descriptivos de la variable…… 53
4.3.2.2.2. Resultados por objetivos…… 54
4.3.2.3. Color del fruto…… 56
4.3.2.3.1. Resultados descriptivos de la variable…… 56

4.4. Rendimiento…… 57
4.4.1. Resultados descriptivos de la variable…… 58
4.4.2. Resultados por objetivos…… 59
V. CONCLUSIONES…… 61
VI. RECOMENDACIONES…… 62
VII. BIBLIOGRAFÍA …… 63
VIII. ANEXOS…… 69
8.1. Iconografía del desarrollo de la investigación…… 69
8.1.1. Colecta del *Rhizobium* sp de maní de la localidad de Pucallpillo y Ega…….69
8.1.2. Muestras de *Rhizobium* sp. de la planta de maní…… 70
8.1.3. Pesaje de las muestras de *Rhizobium* sp…… 71
8.1.4. Preparación del *Rhizobium* sp para la investigación……..72
8.1.5. Preparación del terreno, almácigo, siembra del tomate…… 75
8.1.6. Puesta de las plántulas en bolsas para el vivero, siembra terreno definitivo 77
8.1.7. Muestra de las raíces de tomate conteniendo *Rhizobium* sp…….. 78
8.1.8. Producción del tomate con *Rhizobium* sp. asociados a raíces de tomate……..79
8.2. Base de datos de las variables de la investigación……81

ÍNDICE DE TABLAS

Pag

En el texto

Tabla 01.	Valores promedio de temperatura, precipitación, humedad relativa, durante 120 días de duración.	28
Tabla 02.	Distribución de la siembra de tomate en el almácigo.	30
Tabla 03.	Distribución de siembra de tomate en el campo definitivo.	33
Tabla 04.	Composición del medio de cultivo YMA utilizado.	34
Tabla 05.	Tratamiento del estudio.	34
Tabla 06.	Porcentaje de germinación semillas de tomate.	40
Tabla 07.	Estadísticos descriptivos del porcentaje de germinación.	40
Tabla 08.	Pruebas de normalidad de porcentaje de germinación.	41
Tabla 09.	Análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de germinación.	41
Tabla 10.	Prueba de Tukey de porcentaje de germinación.	42
Tabla 11.	Cantidad de nódulos de *Rhizobium* sp en raíces de plantas de tomate.	43
Tabla 12.	Estadísticos descriptivos de cantidad de nódulos.	44
Tabla 13.	Prueba de normalidad de cantidad de nódulos.	44
Tabla 14.	Análisis de varianza (ANOVA) de cantidad de nódulos.	44
Tabla 15.	Prueba de Tukey de cantidad de nódulos.	45
Tabla 16.	Peso del fruto de tomate por planta (g).	47
Tabla 17.	Estadísticos descriptivos del peso del fruto (g).	47
Tabla 18.	Prueba de normalidad de peso de los frutos.	48
Tabla 19.	Análisis de varianza (ANOVA) de peso de los frutos.	48
Tabla 20.	Prueba de Tukey del peso de los frutos.	49
Tabla 21.	Tamaño del fruto por planta.	50
Tabla 22.	Estadísticos descriptivos tamaño del fruto (cm).	51
Tabla 23.	Prueba de normalidad tamaño del fruto (cm).	51
Tabla 24.	Análisis de varianza (ANOVA) del tamaño de los frutos.	51
Tabla 25.	Prueba de Tukey del tamaño de los frutos (cm).	52
Tabla 26.	Ancho del fruto por planta.	53
Tabla 27.	Estadísticos descriptivos ancho del fruto.	53
Tabla 28.	Prueba de normalidad ancho del fruto.	54

Tabla 29. Análisis de varianza (ANOVA) del ancho de los frutos. 54
Tabla 30. Prueba de Tukey del ancho de los frutos. 56
Tabla 31. Color del fruto por planta. 56
Tabla 32. Color del fruto. 56
Tabla 33. Rendimiento por planta de tomate. 58
Tabla 34. Estadísticos descriptivos de rendimiento. 59
Tabla 35. Prueba de normalidad rendimiento. 59
Tabla 36. Análisis de varianza (ANOVA) del rendimiento de los frutos. 59
Tabla 37. Prueba de Tukey del rendimiento de los frutos. 60

ÍNDICE DE FIGURAS

En el texto **Pag**

Figura 01. Porcentaje de germinación por tratamiento. 42

Figura 02. Cantidad de nódulos por tratamientos. 45

Figura 03. Peso fruto (g) por planta por tratamiento. 49

Figura 04. Tamaño del fruto por tratamiento. 52

Figura 05. Ancho del fruto por tratamiento. 55

Figura 06. Color del fruto por tratamiento. 57

Figura 07. Rendimiento del fruto por tratamiento. 60

ÍNDICE FIGURAS

En el anexo **Pag**

Figura 08. Recopilación de *Rhizobium* sp. de plantas de maní de Pucallpillo 70

Figura 09. Recopilación de *Rhizobium* sp. de pkantas de maní de Ega 70

Figura 10. Plantas de maní en época de cosecha 70

Figura 11. Extracción de la raíz de maní 70

Figura 12. Muestras de maní cosechado para semilla 71

Figura 13. Planta de maní con *Rhizobium* sp. 71

Figura 14. Muestras de *Rhizobium* sp. de Pucallpillo 71

Figura 15. Muestras de *Rhizobium* sp. de Ega 71

Figura 16. Balanza para la medición de muestra en la investigación 72

Figura 17. Investigador graduándola medida 72

Figura 18. Pesada del *Rhizobium* sp. de la localidad de Pucallpillo 72

Figura 19. Pesada del *Rhizobium* sp. de la localidad de Ega 72

Figura 20. Lavada de las raíces de maní conteniendo los *Rhizobium* sp. 73

Figura 21. Extracción de los nódulos de *Rhizobium* sp. por el investigador 73

Figura 22. Investigador seleccionando los *Rhizobium* sp. 73

Figura 23. Muestra extraído de *Rhizobium* sp. para la investigación 73

Figura 24. Molienda del *Rhizobium* sp. 74

Figura 25. Preparación del YMA 74

Figura 26. Preparación del YMA para la muestra de Pucallpillo 74

Figura 27. Preparado YMA para la muestra de Ega 74

Figura 28. Cultivo de *Rhizobium* sp. de muestras de Pucallpillo 75

Figura 29. Cultivo de *Rhizobium* sp. de muestras de Ega 75

Figura 30. Muestra preparada de Pucallpillo 75

Figura 31. Investigador tomando la medición de los insumos para la siembra de tomate 75

Figura 32. Investigador seleccionando el terreno para la siembra de tomate 76

Figura 33. Preparación del almácigo 76

Figura 34. Investigador mostrando la lata de tomate Río grande 76

Figura 35. Almácigo para la investigación 76

Figura 36. Plántulas de tomate en almácigo 77

Figura 37. Plántulas de tomate en riego 77

Figura 38. Plántulas de tomate con ruego a primera hora de la mañana 77

Figura 39. Muestra de una plántula de tomate. 77
Figura 40. Repique de plántulas en bolsas. 78
Figura 41. Siembra de las plantas de tomate en terreno definitivo, 78
Figura 42. Planta de tomate asociado con *Rhizobium* sp. de Pucallpillo. 78
Figura 43. Planta de tomate asociado con *Rhizobium* sp. de Ega. 78
Figura 44. Muestra del contenido de *Rhizobium* sp. asociados a raíces de tomate después de la cosecha, T_2 Pucallpillo. 79
Figura 45. Muestra del contenido de *Rhizobium* sp asociados a raíces de tomate después De la cosecha, T_3 Ega. 79
Figura 46. Muestra de la producción de tomate en sus diferentes tratamientos: Testigo, Pucallpillo, Ega. 80
Figura 47, Muestra de la producción de tomate en el testigo sin *Rhizobium* sp. 80
Figura 48. Muestra de la producción de tomate con *Rhizobium* sp. de Pucallpillo asociado a plantas de tomate 81
Figura 49. Muestra de la producción de tomate con *Rhizobium* sp. de Ega asociado a plantas de tomate. 81

RESUMEN

La colecta de los nódulos de *Rhizobium* sp*.* de *Arachis hipogea* (maní) se realizó de las localidades de Pucallpillo y Ega ubicados en el río Bajo Ucayali, obteniéndose nódulos de plantas productoras, sanas, buena conformación, que a través de un proceso de cultivo (nódulos de *Rhizobium* sp. machacados suavemente y adicionado con el cultivo YMA, con ambiente refrigerado a 20° C para la formación de colonias por 8 días) se asoció a las raíces de *Solanum lycopersicum* (tomate) de la variedad Río Grande, en un suelo entisol de Yarinacocha – Tuhsmo, donde se desarrolló la investigación. El objetivo fue evaluar la colecta e inoculación de *Rhizobium* sp*.* asociados a raíces de *Solanum lycopersicum* (tomate) en un suelo entisol de Yarinacocha - Tushmo. Se utilizó la metodología del diseño completo al azar, DCA, en tres tratamientos y 5 cinco repeticiones: T1 (cepas como testigo sin *Rhizobium* sp.), T2 (nódulos de *Rhizobium* sp*.* procedentes de la localidad de Pucallpillo) y T3 (nódulos de *Rhizobium* sp. procedentes de la localidad de Ega), para la determinación del mejor tratamiento del estudio se aplicó las pruebas del Anva, Tukey y Polinomios ortogonales, a través del análisis estadístico del software de SPSS versión 25. En los resultados, en cuanto al porcentaje de germinación de semillas de tomate se encontró que, el T2 (nódulos de *Rhizobium* sp. procedentes de Pucallpillo), lograron ser más efectivas asociados a raíces de las plantas de tomate, obteniéndose el 99,00 % de germinación, que fueron muy significativas en relación al T3 (nódulos de *Rhizobium* sp*.* procedentes de Ega) que fueron menores de 92,60 % y el más bajo el T1 que fue el testigo sin nódulos de *Rhizobium* sp. del 86.40 %. En la cantidad de nódulos de *Rhizobium* sp*.* el mejor resultado se obtuvo en el T2 (cepas de nódulos de *Rhizobium* sp. procedentes de Pucallpillo) que fueron muy significativas en relación con los demás tratamientos, alcanzando un promedio por planta de 110 nódulos en relación con el T3 (cepas de nódulos de *Rhizobium* sp. procedentes de Ega) que fue menor de 86 nódulos por planta, y el T1 sin *Rhizobium* sp. que fue el testigo. En la calidad del fruto: en el peso de frutos en el T2 se obtuvo resultados muy significativos de 111 g/fruto en relación al T3 de 93,20 g/fruto y de 78,40 g/fruto en el T1; en cuanto al tamaño y ancho del fruto el T2 fue mayor de 7.8 cm de largo y de 5,58 cm de ancho en relación al T2 que fue menor de 6,44 cm de largo y de 4,62 cm de ancho, siendo el T1 el más bajo de 5,38 cm de largo y de 3,78 cm de ancho, lo mismo en cuanto al color del fruto, en el T2 se obtuvo un color rojo intenso alto, en relación al T3 que fue de un color rojo intenso medio y en el T1 de color rojo bajo, por otro lado en cuanto al rendimiento, el T2 fue muy significativo de 3,996 k/planta en relación al T3 que fue de 2,610 k/planta y en el T1 de 1,411 k/planta. Se concluye que para obtener una buena producción es necesario la incorporación de bacterias *Rhizobium* sp. para incrementar el nitrógeno deficiente en el suelo.**Palabras claves**: Colecta, inoculación, nódulos o cepas, bacterias de *rhizobium* sp., asociación.

ABSTRACT

The collection of *Rhizobium* sp*.* nodules from *Arachis hypogea* (peanuts) was carried out in the towns of Pucallpillo and Ega, located along the Bajo Ucayali river, obtaining nodules from healthy, well-shaped and productive plants, which through a cultivation process (crushed *Rhizobium* sp*.*. nodules within the YMA culture, placed in a refrigerated environment at 20 ° C for the formation of colonies for 8 days) was associated with the roots of *Solanum lycopersicum* (tomato) of the Rio Grande variety, in an Entisol soil of Yarinacocha - Tuhsmo, where the investigation took place. The main goal was to evaluate the collection and inoculation of *Rhizobium* sp*.* paired with roots of *Solanum lycopersicum* (tomato) in an Entisol soil from Yarinacocha - Tushmo. The methodology of the complete randomized design, DCA, was employed in three treatments and five replications: T1 (strains as control without *Rhizobium* sp..), T2 (*Rhizobium* sp*.*. nodules from the town of Pucallpillo) and T3 (*Rhizobium* sp*.* nodules from the Ega locality), in order to determine the best treatment of the study, the Anva, Tukey and orthogonal polynomial tests were applied, through the statistical analysis of the SPSS version 25 software. In the results, regarding the percentage of germination of tomato seeds, it was found that T2 (*Rhizobium* sp nodules from Pucallpillo), managed to be more effective when paired with roots of tomato plants, obtaining 99,00% germination, which were very significant in relation to T3 (*Rhizobium* sp. nodules from Ega) which were less than 92,60% and the lowest T1, which was the control without *Rhizobium* sp. nodules, was 86,40%. Regarding the number of *Rhizobium* sp*.*. nodules, the best result was obtained in T2 (strains of *Rhizobium* sp. nodules from Pucallpillo) which were very significant in relation to the other treatments, reaching an average per plant of 110 nodules in relation to T3 (strains of *Rhizobium* sp. nodules from Ega) which was less than 86 nodules per plant, and the T1 without *Rhizobium* sp*.*., which was the control. Regarding the quality of the fruit, in the weight of fruits in T2 very significant results of 111 g / fruit were obtained in relation to T3 of 93,20 g / fruit and 78,40 g / fruit in T1; Regarding the size and width of fruits, T2 was greater than 7,8 cm long and 5.58 cm wide in relation to T2, which was less than 6,44 cm long and 4,62 cm wide, with T1 being the lowest of 5.38 cm long and 3,78 cm wide; the same in terms of the color of the fruit, as in T2 a high intense red color was obtained, while in T3 that was of a medium intense red color and in T1 a low red color On the other hand, in terms of yield, T2 was very significant at 3,996 k / plant in relation to T3, which was 2,610 k / plant and in T1, 1,411 k / plant. In conclusion, therefore, in order to obtain a good production *Rhizobium* sp*.*. bacteria needs to be incorporated to increase the deficient nitrogen in the soil.

Key words: Collection, inoculation, nodules or strains, *Rhizobium* sp .bacteria, association.

I. INTRODUCCIÓN

Los suelos de la Amazonia Peruana son pobres en nutrientes especialmente de nitrógeno, siendo este compuesto importante para el desarrollo de las plantas, utilizándose fertilizantes nitrogenados que causan daños al ambiente para equilibrar la deficiencia nitrogenada (Benimeli *et al*, 2019). Para mejorar los suelos deficitarios en nitrógeno es necesario aplicar nitrógeno natural, el cual podría realizarse mediante aplicaciones de *Rhizobium* sp. (fertilización orgánica) para mejorar los suelos elevando los rendimientos, asociados a raíces de plantas.

Dentro de las áreas físicas de los bosques amazónicos están comprendidas los diversos tipos de suelos, en los cuales se encuentran los suelos francos arenosos muy apropiados para la siembra del cultivo de tomate, suelos que tienen un alto contenido de manganeso que favorecen el mayor desarrollo y peso de los frutos, además estos suelos son deficientes en nitrógeno (López, 2017). El estudio se desarrolló en suelo franco arenoso, para mejorar la deficiencia de nitrógeno se aplicó el *Rhizobium* sp. para la producción natural de nitrógeno orgánico asociadas a raíces de plantas de tomate.

En la localidad de Pucallpa, los agricultores, esperan y aprovechan la vaciante de los ríos, quedando estos suelos que son inundables ricos en materia orgánica, siendo aprovechados para la siembra de tomate como de otras hortalizas, con la problemática de que estos suelos son inundados y en cualquier momento por el aumento del nivel de agua del río como consecuencia de las fuertes precipitaciones, ocasionan repiquetes (incremento del nivel del agua de los ríos, quebradas, lagos, etc. por continuas lluvias) perdiéndose la producción. Razón por la cual, para evitar pérdidas naturales por incremento del caudal de los ríos, quebradas, etc, que afectan la economía, la investigación se desarrolló en la zona de Yarinacocha - Tushmo, seleccionando un suelo franco arenoso los cuales son en manganeso, con aplicaciones de *Rhizobium* sp., apropiados para que los frutos del tomate se desarrollen, sean grandes y pesados.

La falta de trabajo en nuestro medio por las empresas ha motivado que buena parte de la población se dedique a la siembra del cultivo de tomate en restingas inundables, quienes ocupan estas áreas que dejan la vaciante de los ríos, sembrando y obteniendo producciones bajas o medias, convirtiendo a nuestra localidad como productores de tomate en la región de Ucayali (DRAU; 2020). Para evitar estos problemas la investigación se desarrolló en un suelo de restinga alta no inundable, así mismo para obtener una producción óptima utilizamos como mejorador del suelo bacterias del género *Rhizobium* sp.

Los suelos amazónicos son deficientes en nitrógeno, siendo la aplicación nitrogenada con fertilizantes químicos, haciendo que las continuas aplicaciones que se realizan al suelo con el tiempo causen efectos de saturación al no responder los suelos

positivamente a estos compuestos, obteniéndose producciones bajas (Wang *et al*, 2002). La mayoría de nuestros suelos son deficientes en nitrógeno y para suplir esta deficiencia se utilizó las bacterias que mediante una acción simbiótica realizan la producción de nitrógeno natural, los cuales son efectivas y mejoran la producción al corregir la deficiencia de nitrógeno presentes en el suelo.

Las bacterias *Rhizobium* sp. son estudiadas debido a cualidades como elaboradoras del nitrógeno natural, mejoran la producción de plantas, como incremento de otros nutrientes deficientes del suelo. Además, el *Rhizobium*, sp. es una bacteria benéfica utilizada en labores agrícolas para enriquecer los suelos actuando como fertilizantes orgánicos que protegen el medio ambiente, no causan daños al hombre, plantas, animales (Tjalling, 2006). El estudio motivará al productor a utilizar productos orgánicos como el *Rhizobium* sp., para mejorar los suelos, porque resultan económicos y fáciles de producirlos.

Asimismo, el uso del *Rhizobium* sp. como fertilizante orgánico reduce los costos de producción de cultivos en diferentes especies, en particular de soya, frijol, pallar (BIOFAG, 2017). La aplicación de *Rhizobium* sp. en el manejo de cultivos es una alternativa viable y sostenible para reemplazar a los fertilizantes artificiales nitrogenados, que contaminan el ambiente, espejos de agua, como acuíferos (Martínez, 2016). El estudio impulsará el uso de fertilizantes nitrogenados naturales como el *Rhizobium* sp. que no causan daños al ambiente, al hombre y animales, así mismo motivaremos el uso cotidiano de la fertilización orgánica para desplazar a los fertilizantes químicos que causan daños al ambiente y a la salud humana.

Young (2015) manifiesta que, dentro de los elementos fijadores de nitrógeno, considerados como mejoradores de suelos deficientes en nitrógeno, se encuentran las bacterias del género *Rhizobium* sp. procedentes de diferentes cultivos, siendo en la amazonia los más usados los provenientes de plantas como el maní, frejol y entre otros, cuya fijación biológica de nitrógeno que se incorpora al suelo es el resultado de transformación enzimática del nitrógeno atmosférico a amonio; aspecto resaltante para plantas procariontas distribuidas como géneros de bacterias. En el estudio se utilizó bacterias de *Rhizobium* sp. de plantas de maní para mejorar las condiciones físicas, químicas del suelo, actuando como portadoras de nitrógeno para obtener mayor producción.

Galibert (2016) enfoca que aparte de las bacterias fijadoras de nitrógeno presentes en el ambiente, también hay otras bacterias del suelo que viven asociadas con plantas, perteneciendo al grupo del género *Rhizobium* sp. como también a otros géneros, quienes se asocian a leguminosas para fijar y producir el nitrógeno que es muy importante para la planta, estas bacterias fijan nitrógeno tomados de nuestro medio basados en el intercambio de carbono por nitrógeno, elemento deficiente y de mucha importancia, la planta produce nitrógeno durante la simbiosis (planta – suelo) existente entre ellos.

El *Rhizobium* sp. son bacterias que viven en la raíz de las plantas simbióticamente con plantas especialmente leguminosas, cuya emisión de nitrógeno se realiza al final del proceso asimilativo del vegetal realizado por secreción de lectina a quienes transfieren el nitrógeno que necesita la planta para vivir, transmitiéndole protección para su crecimiento y desarrollo (Carranza, 2016). Las bacterias de *Rhizobium* sp. son efectivas para la producción de nitrógeno mediante simbiosis entre planta – bacteria, actividad que se realiza durante el día, siendo el proceso más rápido a medida que aumenta la intensidad de los rayos solares (Wang *et al*, 2002).

El proceso de simbiosis se realiza cuando se forma una molécula para transportar el oxígeno, similar a la hemoglobina, llamada Leghemoglobina, realizándose esta síntesis en el momento que los organismos entran en simbiosis; sintetizando la bacteria al grupo hemo molecular, así mismo la planta sintetiza la proteína. (Lloret y Martínez, 2005).

La fijación de N disponible en nuestro medio se realiza mediante la inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno, que convierten el $N/_2$ (dinitrógeno) atmosférico en $NH/_3$ (Amonio), (Guamán, 2016; Zapata, *et al,* 2017). En el estudio utilizamos la bacteria de *rihizobium* para mejorar la deficiencia de nitrógeno del suelo, con la finalidad de lograr una mayor producción y economizar costos, porque la aplicación de este fertilizante orgánico resulta más económica que los fertilizantes químicos.

Los suelos amazónicos son deficitarios de nitrógeno, elemento indispensable para el crecimiento, desarrollo de plantas (Bauer y Mathesius*,* 2016). Los suelos pobres de la Amazonía pueden corregirse con productos naturales como el *Rhizobium* sp*.* con las cuales se pueden obtener cosechas homogéneas y productivas similares con los obtenidos por fitohormonas comerciales como también de fertilizantes químicos, además estos productos orgánicos no causan daño al ambiente.

La investigación se desarrolló aplicando los objetivos:

objetivo general:

Evaluar la colecta e inoculación de *Rhizobium* sp. asociados a raíces de *Solanum lycopersicum* (tomate) en un suelo Entisol de Yarinacocha - Tushmo.

Objetivos específicos:

Evaluar el porcentaje de germinación a través de la colecta e inoculación de *Rhizobium sp.* asociados a raíces de *Solanum lycopersicum* (tomate) en un suelo Entisol de Yarinacocha - Tushmo.

Evaluar la cantidad de nódulos a través de la colecta e inoculación de Rhizobium sp. asociados a raíces de *Solanum lycopersicum* (tomate) en un suelo Entisol de Yarinacocha - Tushmo.

Evaluar la calidad de los frutos: tamaño (largo, ancho), peso fruto, color fruto, a través de la colecta e inoculación de *Rhizobium sp.* asociados a raíces de *Solanum lycopersicum* (tomate) en un suelo Entisol de Yarinacocha – Tushmo.

Evaluar el rendimiento a través de la colecta e inoculación de *Rhizobium sp.* asociados a raíces de *Solanum lycopersicum* (tomate) en un suelo Entisol de Yarinacocha - Tushmo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Contamos con pocos estudios sobre aplicación por *Rhizobium* sp*.* asociadas a raíces de diferentes cultivos, nuestra investigación se dedicó al uso de *Rhizobium* sp. de maní asociadas a raíces de plantas de tomate, a continuación, mencionamos las investigaciones realizadas en esta actividad.

2.1.1. A nivel local

Rojas (2018) realizó estudio para encontrar la efectividad de fijación de nitrógeno atmosférico utilizando bacterias nativas *BradyRhizobiumsp.* mediante simbiosis con *Glycine max* L (soya), en dos suelos aluviales como en carretera, aplicando urea y *Rhizobium* para fertilizar el suelo con nitrógeno. Los resultados mostraron efectividad positiva del tratamiento con fertilizantes de urea sobre cultivos de soya, obteniendo óptimo rendimiento en granos de soya en suelos aluviales de 845,71 kg/ha en relación con los fertilizados orgánicamente por *Rhizobium* que fueron menores.

Huamán (2019) desarrolló una investigación sobre efecto de la incorporación de dos fuentes de materia orgánica, vacaza y gallinaza enriquecida con y sin microorganismos eficientes en la producción de frijol caupí en un suelo inceptisols, sobre número vainas, número granos, peso 100 gramos, rendimiento ha. Obtuvo mejor resultados utilizando abono de vacaza y gallinaza mezclados con microorganismos eficientes, mejorando las condiciones productivas del número vainas, número granos, peso 100 gramos, rendimiento total.

2.1.2. A nivel nacional

En Lima. Santillana *et al* (2005) realizaron estudio para evaluar efecto de 19 cepas de *Rhizobium* sp. en germinación, crecimiento plantas de *Lycopersicon esculentum,* utilizando cámaras subirrigación con arena esterilizada. Encontraron que cepas PEVF02, PEVF03, PEVF05, PEVF08, PEVF09, PEVF10, PEPSM12, PEPSM15 y PEPSM17 estimularon la germinación de semillas de tomate, mientras las cepas PEVF01, PEVF02, PEVF03, PEVF04, PEVF05, PEVF08, PEPSM14 promovieron crecimiento de plantas de *Lycopersicon esculentum* (tomate).

En Trujillo, *Villanueva et al* (2012) realizaron una investigación que consistió en aislar, seleccionar, conservar bacterias nativas de *Rhizobium* sp*.* y *BradyRhyzobium sp*, en plantas de *Phaseolus vulgaris* (frejol). Determinándose la predominancia de las bacterias *Rhizobium* sp*.* que mostraron tener crecimiento rápido en relación con las bacterias del género *Bradyrhyzobium sp*, que presentaron crecimiento lento, siendo las bacterias *Rhizobium* sp. con mejor adaptación a la conservación refrigerada.

En Trujillo, Ferrel y Soriano (2014) determinaron efecto del *Rhizobium* sp *etli* con proporción de 10,000 UFC / mL sobre crecimiento en plántulas de *Saccharum officinarum* (caña azúcar), para determinar variables como medición altura plántulas, longitud raíz, densidad radicular, peso seco parte aérea, índice efectividad inoculación a 30, 60 días post-inoculación bajo condiciones de laboratorio. Encontró buen comportamiento a las variables mencionadas como efecto positivo del crecimiento plántulas de *Sacharum officinalis* a los 30, 60 días después de aplicado.

En Lima, Gonzáles (2013) realizó investigación aislando 23 cepas bacterianas, 14 cepas del género *Rhizobium*, sp. nueve de *Agrobacterium*. Con bacterias usando tres variedades de *Phaseolus vulgaris* L. (frejol) en suelos Molineros. Encontró resultados en caracterización fenotípica que 64,35 % de cepas crecieron a 37°C; también 57.1% cepas toleraron pH4, como también 87% cepas fueron afectadas con proporciones superiores 0,5% NaCl. También 84,6 % de plantas de frejol formaron nódulos efectivos.

2.1.3. A nivel internacional

En México, Martínez (2016) en estudio realizado, sobre fijación de nitrógeno utilizando bacterias nativas de *Rhizobium* sp. (maní), demostraron que la fijación biológica nitrogenada reemplaza a los fertilizantes químicos en la agricultura, previniendo pérdida de fertilidad del suelo.

En Guatemala, Carranza (2016) realizó una investigación sobre aislamiento, identificación de bacterias nativas de *Rhizobium leguminosarum* en plantas *Phaseolus vulgaris* para aislar como identificar bacterias *Phaseolus vulgaris*, para producción de nitrógeno. Obtuvo como resultado que la bacteria nativa de *Rhizobium leguminosarum* se comporta excelentemente en la producción de nitrógeno.

En Brasil, Calero *et al* (2019) realizaron estudio, utilizando diferentes formas aplicativas sobre *rhizobium*, sp. con microrganismos eficientes en frejol. Los resultados evidenciaron que la aplicación asociada al suelo, más incorporaciones foliares de microorganismos eficientes incrementó parámetros morfológicos, productivos, producción hojas, altura planta, legumbres por planta, granos por legumbre, masa 100 semillas, rendimiento grano.

En Ecuador, Guamán *et al* (2016) realizaron una investigación sobre aislamiento, caracterización de bacterias diazotróficas en el crecimiento de *Crotalaria sp*, sobre condiciones laboratorio. Las bacterias mostraron efectividad nodulativa en plantas de Crotalaria, resultando la bacteria diazotrónica ser efectiva para fijación de nitrógeno en condiciones de campo.

2.2. Fijación biológica de nitrógeno

La fijación biológica nitrogenada sustituye al uso de fertilizantes químicos en agricultura, previniendo pérdida de fertilidad del suelo, este proceso realizan las bacterias, del tipo *Rhizobium* sp. quienes habitan en raíces vegetales leguminosas proporcionándoles nitrógeno para crecer, siendo del interés usar estas bacterias eficientemente en agricultura. (Rojas, 2018).

En países tropicales como también subtropicales, existe gran riqueza natural de *rhizobia* en diversidad de cultivos conocidos como el frejol, soya, maní, entre otros, cuya diversidad permitió realizar sembríos con adiciones de *Rhizobium* para la producción de nitrógeno natural, mediante la simbiosis de bacteria a planta y viceversa, siendo los resultados favorables por las mejoras en la producción de los cultivos inoculados (Velásquez, 2017).

El problema fundamental que atraviesa la humanidad es producir alimentos con cantidades suficientes al mundo. Para solucionar este problema se recurrió a utilizar indiscriminadamente fertilizantes artificiales, empleándose continuamente cantidades adecuadas. El uso masivo de fertilizantes generó diversos problemas como, por ejemplo, la contaminación de suelos, agua subterránea, cuerpos agua. (Sathe. 2017).

Las investigaciones continúan sobre la inoculación de nitrógeno natural al suelo y frente a esta problemática se realizan esfuerzos por conocer los sistemas biológicos para poder modificar las labores agrícolas hasta encontrar el adecuado, para ser la fijación biológica de nitrógeno la que reemplace al nitrógeno extraído del suelo por las especies, y no los incorporados por fertilizantes químicos (Guamán, 2016).

Además del nitrógeno producido por bacterias, el desarrollo de plantas está influenciado por microorganismos con las cuales se asocian. Algunas de ellos suprimen diversos patógenos evitando enfermedades como azospirillum, acetobacter, que estimulan crecimiento de la planta al producirse formación de bacterias como el *Rhizobium*(Martínez, 2016).

La fijación biológica del nitrógeno disponible en la tierra es alrededor del 60%, porcentaje que muestra el uso inmediato de fertilizantes químicos para complementar la diferencia existente. Siendo la fijación de 200 millones toneladas al año, es decir dos veces la producción de fertilizantes nitrogenados a partir de la síntesis industrial (BIOFAG, 2017).

2.3. El *Rhizobium* bacterias fijadoras de nitrógeno

Las bacterias *Rhizobium* son bacilos gram negativos, proteobacterias del grupo alfa, aeróbicas, no forman esporas, contienen de 1- 6 flagelos los cuales sirven para desplazarse, capaces de formar nódulos en las raíces durante la simbiosis. Se desplazan por medio de flagelos provistas de pelos teniendo como habitad natural es el suelo. (Gibson, 2018).

Se reconocen cinco géneros: *Rhizobiumsp., SinoRhizobiumsp.* (ambas de crecimiento rápido), *BradyRhizobiumsp.* (crecimiento lento), *MesoRhizobiumsp.,* AzoRhizobiumsp., quienes funcionan produciendo nitrógeno natural para que la planta viva en mejor ambiente como hospedante, capturando el nitrógeno del ambiente para el desarrollo fisiológico de plantas instaladas en campo definitivo (Sathe, 2017).

Las bacterias *Rhizobiumsp.*, son organismos de vida libre en el suelo, capaces de formar asociaciones fijadoras de nitrógeno con plantas leguminosas. Esta asociación, que conecta la capacidad fotosintética de la planta con acciones de las bacterias para reducir el nitrógeno atmosférico, resulta de un complejo rápido de desarrollo que requiere la expresión coordinada en tiempo como espacio de genes, tanto de planta como de bacteria (Bauer y Mathesius, 2016).

La simbiosis es específica realizada en la raíz, su actividad comienza con intercambio de señales químicas entre ambas partes permitiendo reconocimiento como invasión de la leguminosa hospedadora apropiada por rhizobio, seguido por proliferación, diferenciación, de una estructura adecuada especializada denominada nódulo. Estos nódulos están localizados en raíces, salvo en el caso de *AzoRhizobiumsp.* que también son capaces de inducir nódulos en tallos (Moulin *et al*, 2015).

Interiormente las bacterias ya transformadas en bacteroides (forma simbiótica de rhizobios) fijan nitrógeno, recibiendo fuentes como carbono y energía suministradas por la planta, las bacterias la almacenan suministrando a la planta a medida que va creciendo y desarrollándose (Radwan, 2017).

2.4. Simbiosis de leguminosa - *rhizobium*

Está considerada como una eficiente asociación entre planta-bacteria, para incremento inmediato proteico mediante la fijación biológica del nitrógeno, quienes asimilan el nitrógeno atmosférico convirtiéndolo en amonio para iniciar la fijación del nitrógeno, en condiciones normales tanto las leguminosas como el Rhizobiumson incapaces de fijar nitrógeno en forma individual, sin embargo la interacción existente entre ellos estimula la capacidad para fijarlo. (Wang *et al*, 2002).

La actividad simbiótica entre leguminosa y Rhizobium para captar el nitrógeno, es un proceso complejo, donde la formación de nódulos como la captación del nitrógeno se realizan en etapas sucesivas, haciéndose efectiva la actividad de simbiosis en épocas de invierno y menos efectiva en verano (Lewis *et al*, 2015).

El *Rhizobium* sp induce en leguminosas el desarrollo de nódulos en la raíz, estos dos organismos establecen una cooperación metabólica, las bacterias reducen el nitrógeno atmosférico a amonio, exportando el tejido vegetal para la asimilación de proteínas como otros compuestos nitrogenados complejos, así mismo las hojas reducen el dióxido de carbono en azúcares durante la fotosíntesis, transportándolo a la raíz donde los bacteroides de Rhizobium sp. lo utilizan como fuente de energía para proveer ATP al proceso de formación del nitrógeno (Daza *et al* 2016).

Una bacteria de Rhizobium sp. *es* capaz de infectar diferentes leguminosas, pero no siempre será capaz de inducir la producción de nódulos fijadores de nitrógeno, porque si la bacteria no es efectiva, no efectuara una simbiosis adecuada de los nódulos formados serán pequeños de coloración blancas y verdes, como también si la bacteria es efectiva forman nódulos grandes rosados convirtiéndose en fijadoras de nitrógeno (Radwan, 2017).

Aproximadamente 90% de especies de plantas leguminosas tienen la capacidad de nodular, quedando 10 % inactivas, ocupando espacios improductivos en la planta, sin embargo, existe una marcada preferencia entre la especie de la leguminosa y la bacteria de Rhizobium sp. para producción de nitrógeno durante la simbiosis (Daza *et al.* 2016).

La efectividad de genes productoras de oxígeno está influenciado por genes de la bacteria que pueden perderse por mutaciones como adquirirlas por transformación genética, resultando efectivas los nódulos grandes, aumentando su efectividad a medida que crece y se desarrolla la planta, así mismo la simbiosis es notable a medida que los nódulos van creciendo adheridos a las raíces, siendo el alto contenido de proteínas el elemento importante para el desarrollo de los nódulos (Geurts, 2015).

En el establecimiento simbiótico leguminosa-r*hizobium*, sp las bacterias sintetizan y secretan a la rizósfera metabolitos de naturaleza lipoquito-oligosacarídica denominados factores Nod (FN); actuando como señales simbióticas jugando un papel esencial en la especificidad de la inducción y en la formación del nódulo fijador de nitrógeno (CIAT, 2012).

Los FN (factores Nod) inducen en los pelos radicales de la planta huésped varias respuestas incluyendo cambios en el, flujo de calcio, inducción de proteínas conocidas como nodulinas, rearreglos del citoesqueleto, alteraciones en la morfología y crecimiento del pelo, morfogénesis de estructuras tipo nódulo, entre otros. (Daza *et al*, 2016).

Durante la simbiosis se realizan cambios, inducidos a concentraciones bajas, formando la estructura química de estos morfógenos, que resulta un determinante de especificidad de la bacteria por el huésped y necesita la presencia de un receptor en la planta involucrado en la percepción y en transducción de señales disparadas por los FN (Lewis *et al*, 2005).

De estudios efectuados sobre simbiosis leguminosa - rhizobium, usando mutantes incapaces de nodular, se identificaron genes de la familia de receptores tipo-cinasa, involucrados en la percepción como señalización inducida por estos metabolitos Nod (Moulin *et al*, 2001).

2.5. EL tomate y la simbiosis con el *Rhizobium* sp.

El *Rhizobium* sp. es una bacteria con capacidad para capturar nitrógeno del aire, llevándose un flagelo hasta las raíces del tomate para aprovecharse como fertilizante nitrogenado, el otro flagelo para fijar el nitrógeno en el suelo (Finucane *et al,* 2016).

La relación entre bacteria y tomate se realiza en forma natural. Se inicia cuando la bacteria infecta las raíces y comienza a formar nódulos pegadas a las raíces. Los nódulos que forma el *Rhizobium* sp. deben ser grandes localizados en la parte superior como inferior de las raíces, deben ser de color rosado para que puedan atrapar el nitrógeno. Estas bacterias son importantes porque suministran aproximadamente 50 % de nitrógeno al tomate, razón por la cual se puede reducir el uso de fertilizantes químicos como la urea (Lodwig *et al*, 2018).

Los beneficios recíprocos simbioticos se basan en la asociación de bacterias del género *Rhizobium* sp. interactuando con especies de la familia de leguminosas. El resultado de esta asociación es formar un nuevo órgano denominado nódulo, que se encuentran localizados en raíces susceptibles de plantas que servirán para la fijación de nitrógeno atmosférico (FAO, 2020).

2.6. La nitrogenasa

La Nitrogenasa es una enzima responsable de reducir el nitrógeno atmosférico a amonio durante la simbiosis entre leguminosa y r*hizobium*. Esta reacción es catalizada por el complejo enzimático de la nitrogenasa, compuesto por dos enzimas: dinitrogenasa y dinitrogenasa reductasa (Bauer y Mathesius, 2016).

La dinitrogenasa reductasa esta encargada de transferir electrones a la dinitrogenasa, que unida a un cofactor de hierro y molibdeno reduce luego al N_2 mediante una serie de reacciones. Para que la reducción tenga lugar es necesaria la ausencia de O_2, incluso en organismos aerobios, pues este gas inactiva la nitrogenasa. En este proceso se reduce el nitrógeno atmosférico a amoníaco que será empleado para elaborar compuestos orgánicos (Santillana, 2005).

El nitrógeno producido durante la relación simbiótica sirve para que la planta pueda autoabastecer de nitrógeno elevando considerablemente el contenido de proteínas. En caso de cultivos mixtos, puede proporcionar a la especie no leguminosa asociada una cantidad importante del elemento. Asimismo, permite dejar en el suelo nitrógeno disponible para la siguiente rotación, siempre que se incorporen los rastrojos y se mineralice este elemento. La eficiencia de utilización del nitrógeno fijado es cercana al 100% (Urzúa, 2015)

Los nódulos son variados en formas, colores, tamaño, ubicación, textura. La forma que adquiere el nódulo está determinada por la planta hospedante. El tamaño, distribución, color, está relacionado con la eficiencia de fijación del nitrógeno. Una parte se fija a la planta, la otra parte es fijada al suelo, quedando activas para las futuras plantas instaladas mediante diversos sistemas de cultivos, desde monocultivo hasta cultivos asociados (FAO, 2020).

2.7. Características de las bacterias de *Rhizobium* sp.

Las bacterias *Rhizobium* sp. son organismos libres que habitan en la rizosfera alimentados de restos de organismos muertos. Estas contienen un plásmido que codifica información vital para la infección y nodulación de la planta hospedadora correspondiente (Bauer y Mathesius, 2016).

Las bacterias son bacilos móviles, Gram-negativos, con dos capas de pared celular (la primera capa está hecha por carbohidratos y proteínas, y la segunda capa formado por lípidos y carbohidratos), procariotas, aerobios (necesita oxígeno para crecer), crece en cualquier temperatura, siendo su desarrollo óptimo a una temperatura de 25 °C (77 °F), sus dimensiones son de 0,5-0,9 x 1.2-3.0 µm, cuenta con flagelos con pelos (Maroto, 2017).

2.8. Cultivo tomate

2.8.1. Origen

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una hortaliza, originaria de América, entre Perú – Ecuador, de donde se extendió a América central y meridional. El tomate está considerado de importancia económica y alto contenido nutricio (Vitamina A, C y E, antioxidantes, calcio, fósforo), consumiéndose como verdura fresca y tiene variadas formas de industrialización, se adapta fácilmente a distintas clases de suelos mejorando los niveles de rendimiento ocasionados por aplicaciones de fertilización orgánica (Tjalling, 2006).

El tomate fue producido inicialmente en México, posteriormente se distribuyó por la costa oeste del continente sudamericano del Perú, extendiéndose hasta el centro de Ecuador y el norte de Chile, crecen en distintos hábitats desde cerca del nivel del mar a lo largo de la costa del pacifico a más de 3300 msnm en los valles del lado occidental de los andes peruanos (Nuez *et al*, 2017).

Peralta *et al.* (2016) manifiesta que hay dos hipótesis en relación a la domesticación del cultivo de tomate uno relacionado con el Perú y el otro con México. La primera es que Alfonse De Candolle uso evidencia lingüística como los nombres ‘’mala peruviana’’ o ‘’pommi del Perú’’ (manzanas peruanas), sugiere un origen peruano.

También considera a los tomates tipos cereza ‘’cerasiforme’’ como ancestro del cultivo la cual se dispersó en el mundo entero; investigaciones genéticas han mostrado que las plantas conocidas como ‘’cerasiforme’’ son mezcla de tomate silvestres con cultivados en ez de ser ancestrales a los cultivares; también asegura que no existió registros naturales inequívocos de tomate fuera de América antes de su descubrimiento europeo (Peralta *et al*, 2016).

La segunda hipótesis sobre la domesticación mexicana fue presentada por Jenkins, usando evidencia lingüística; pero no aclaró que la planta citada como ‘’tomatl’’ de México se refería a tomates verdaderos como también a una especie nativa de Physalis, ‘’tomate’’ o ‘’tomatillo’’ es el nombre común en México para *Physalis philadelphica*, conocido como tomate cascara, mientras que el ‘’jitomate’’ se refiere a cultivares con frutos grandes de *Solanum lycopersicum* (Peralta *et al*, 2016).

Jenkins coincidió con De Candolle en que *Solanum lycopersicum* de américa del sur fue el progenitor de los cultivares europeos domesticados, discrepando como domesticados en Perú. Ninguna de las afirmaciones es concluyente con respecto al sitio inicial de domesticación peruano como mexicano, probablemente los tomates mencionados pudieron haber sido domesticado en ambos lugares independientemente (Peralta *et al*, 2016).

2.8.2. Morfología

a. Raíz

La principal corta, débil, con raíces secundarias numerosas, fuertes, presentan además raíces adventicias. Seccionando transversalmente la raíz principal, considerando de fuera hacia dentro encontramos la epidermis, donde están ubicados los pelos absorbentes encargados en tomar agua y nutrientes el suelo, también encontramos el cortex y el cilindro central, donde se encuentra la xilema (conjunto de vasos especializados en transportar los nutrientes) (López, 2016; infoagro, 2020).

b. Tallo

Es anguloso, recubierto en toda su longitud de pelos visibles, son de naturaleza glandular aspecto que le confieren a la planta un olor característico. El desarrollo del tallo es variable en función de los diversos cultivares, existiendo dos tipos de crecimiento, existiendo variedades intermedias (López, 2016; Infoagro, 2020; Semper, 2017).

c. Hojas

Formado por hojas con limbo ramificado en varias porciones llamadas foliolos, formando las hojas. Las hojas están dispuestas a lo largo del tallo en forma alterna y son pinnado compuestas, es decir los foliolos se disponen a ambos flancos del raquis según la nervadura pinnada. Están formados de siete a nueve foliolos lobulados o dentados, pudiendo aparecer en el raquis de la hoja pequeños foliolos. Igual que el tallo, están recubiertas de pelos glandulares que le confieren el olor característico a la planta (López, 2016; Infoagro, 2020).

d. Flores

Las inflorescencias tienen cinco sépalos, cinco pétalos, cinco estambres, ovario súpero pluricarpelar (Nuez *et al,* 2017). La floración del tomate se realiza en forma de racimos simples en diferentes pisos, siendo normal que en cada inflorescencia pueda haber entre tres a diez flores, en oportunidades pueden llegar hasta cincuenta (López, 2016; Infoagro, 2020).

Las flores son perfectas con autofecundación, son autógamas. La polinización se debe a la escasa longitud del estilo que se desarrolla dentro de un tubo formado por las anteras unidas, razón que se pueden cultivar distintas variedades (López, 2016; Infoagro 2020).

e. Fruto

Es una baya globosa o piriforme, de color rojo en la maduración, aunque algunas veces puede presentar otras coloraciones como amarillo, naranja, rosa, morado, dependiendo de la variedad. La superficie de la baya es lisa y en su interior se observan los lóculos carpelares. La placentación puede ser regular como irregular (López, 2016; Infoagro, 2020; Maroto, 2017).

2.8.3. Importancia del tomate

El consumo ha demostrado ser benéfico para la salud humana, por su contenido de fotoquímicos como el licopeno, β-caroteno, flavonoides vitamina C, nutrientes esenciales (Beutner *et al*., 2015). La composición explica ser un fruto antioxidante tanto fresco como procesado (Gahler *et al*., 2016), siendo el consumo importante para tratamiento de cáncer como enfermedades cardiovasculares, los cuales hacen a esta fruta muy consumidas (Agarwall, 2015).

Algunas variedades de tomate contienen cantidades de flavonoides, principalmente quercetina (Crozier *et al*., 2015). Los flavonoles y flavonas actúan como antioxidantes, tienen además un alto potencial para la captación de radicales libres influyendo en reducir riesgos de contraer cáncer (Tjalling, 2006).

2.8.4. Composición nutritiva del tomate

Elemento	Cantidad	Elemento	Cantidad
Agua	0,940 g/Kg	Magnesio	0,200 mg/Kg
Carbohidratos	0,43 g/Kg	Yodo	0,170 µg/Kg
Grasa	0,2 g/Kg	Zinc	0,24 mg/Kg
Fibra	0,104 g/Kg	Vitamina B1	0,06 mg/Kg
Proteína	0,9 g/Kg	Vitamina B2	0,04 mg/Kg
Energía	0,170 Kcal/Kg	Vitamina E	0,70 mg/Kg
Calcio	140,0 mg/Kg	Vitamina C	0,137 mg/Kg
Hierro	0,5 mg/Kg	Vitamina A	0,136 µg/Kg
Fósforo	0,230 mg/Kg	Licopeno	16,3 mg/Kg
Potasio	0,204 mg/Kg	Ácidos fenólicos	5,36 mg/Kg
Sodio	0,130 mg/Kg	Flavonoides	5,02 mg/Kg

Fuente: Frusciante *et al* (2007)

III. MÉTODOS

3.1. Ubicación y descripción del área de estudio

La investigación se realizó de Setiembre a Diciembre del 2020, utilizando un fundo ubicado en la zona de Yarinacocha, ubicado en la localidad de Tushmo de propiedad de la señora María Paredes, madre del tesista, Sr. Miguel Ángel Villafuerte Paredes, el terreno tiene un suelo franco arenoso, muy apropiado para la siembra y producción de tomate, cuyas coordenadas UTM de ubicación son: Sur: 8º 28’ 53” y Oeste: 74º 33’ 53”, con una altitud de: 145 m.s.n.m.

La temperatura promedio registrado fue 26.65 °C; precipitación promedio 173.5 mm, Durante la época lluviosa la parcela de tomate recuperó su vigor por el verano intenso seguido de lluvias fuertes en la localidad. La zona está considerada para vida natural del distrito Yarinacocha, el diagrama de Holdridge lo considera como Bosque Húmedo Premontano Tropical (bh-PT), fisiográficamente forma parte del paisaje Planicie Aluvial, constituyéndose como subpaisaje de llanura inundable y no inundable, considerado como elemento paisajistico de Terraza Baja, con pendientes menores al 2,0 % (Casas, 2014).

La investigación se inició los primeros días de Setiembre y terminó a fines del mes de diciembre del 2020.

Tabla 01. Valores promedios diarios de temperatura, precipitación, humedad relativa durante 120 días de evaluación.

Mes	Temperatura promedia (°C)	Precipitación pluvial media (mm)
Setiembre	26.5	115
Octubre	26.6	115
Noviembre	26.8	197
Diciembre	26.7	171
PROMEDIO	26.65	173.5

Fuente: (SENAMHI, 2020).

3.2. Identificación y descripción del material experimental

Los nódulos utilizados en la investigación procedieron de plantas de maní adquiridos de dos lugares: Pucallpillo (Alto Ucayali) y Ega (Alto Ucayali), durante la etapa de cosecha.

De cada lugar se colectaron 50 plantas de maní, obteniéndose 100 plantas en total, productivas, sanas y vigorosas, seleccionándose plantas con la mayor cantidad de nódulos o cepas de *Rhizobium* sp., plantas con nódulos grandes del tamaño de una semilla de papaya, de aspecto rosado y gelatinoso.

Se utilizó 2 envases de vidrio grandes con capacidad de 5,000 ml cada una, rotulándose con letras y siglas, 1 unidad para la zona de Pucallpillo como T_2 y 1 unidad para Ega como T_3. Las muestras de cada lugar fueron depositadas en 1 envase para Pucallpillo y 1 envase para Ega, no incluyó el testigo (Recinos *et al*, 2017). Se obtuvo de 50 plantas de maní de Pucallpillo 1,2 kilos de nódulos de *Rhizobium* sp. y de las 50 plantas de maní de Ega se obtuvo 1,2 kilos de nódulos de *rhizobium* sp. De los cuales se seleccionó 1,0 kilo nódulos de cada tratamiento, grandes y de color rosado.

El material experimental en almácigo estuvo conformado por una parcela de 3,0 m de largo x 1,0 m de ancho, conteniendo 3 subparcelas cada una de 1,0 m_2, en los cuales se depositó 30 g de semilla de tomate sin *Rhizobium* sp. como T_1, 30 g de semilla de tomate con *Rhizobium* sp. como T_2 de la zona de Pucallpillo con adicción del cultivo de *Rhizobium* sp.y 30 g de semilla de tomate con *Rhizobium* sp. como T_3 de la zona de Ega con adicción del cultivo de *Rhizobium* sp.

Del almácigo fueron extraídos las plántulas cuando tenían 30 días de edad y luego recalzadas en bolsas de polietileno de 3" x 4" hasta los 45 días. A los 45 días se trasladaron al terreno definitivo, las 3 muestras de los tratamientos: Muestra 1, como Testigo con 605 plantas de tomate sin *Rhizobium* sp, Muestra 2 con 605 plantas de tomate con *Rhizobium* sp. de Pucallpillo, Muestra 3 con 605 plantas de tomate con *rzhizobium* sp. de Ega. Luego fueron trasladados al campo definitivo las plantas a los 60 días de edad, cuando las plantas adquirieron hojas verdaderas. Las parcelas tuvieron una dimensión de 5 m largo x 5 m ancho, con plantas a 0.5 m x 0.5 m = 121 por unidad experimental que multiplicado por 5 repeticiones equivale a 605 plantas por tratamiento (Testigo, Pucallpillo, Ega) que multiplicado por los 3 tratamientos resulta la cantidad de 1,815 plantas.

Tabla 02. Distribución de la siembra de tomate en el almácigo

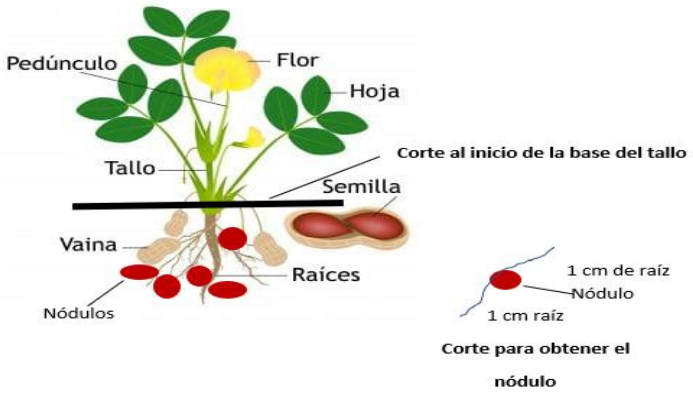
DISTRIBUCION DE LA SIEMBRA DE TOMATE EN ALMACIGO (*Solanum lycopersicum* L)		
TESTIGO SIN RHIZOBIUM(T_1)	**RHIZOBIUMPUCALLPILLO (T_2)**	**RHIZOBIUMEGA (T_3)**
Semillas tomate 30 g x m^2. Sin nódulos *Rhizobium* sp.	Semillas tomate 30 g x m^2. Con nódulos *Rhizobium* sp.	Semillas tomate 30 g x m^2. Con nódulos *Rhizobium* sp.

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Procedimientos

3.3.1. Fase de campo

- La colecta de los nódulos de *Rhizobium* sp. de *Arachis hipogaea* (maní), se realizó de dos lugares: Pucallpillo (Alto Ucayali) y Ega (Alto Ucayali).
- Se adquirió 100 plantas de maní, 50 unidades de cada lugar, plantas bien formadas, productivas y vigorosas, durante la etapa de cosecha, al material adquirido se rotuló con una etiqueta de identificación del lugar de procedencia, se seleccionó plantas con mayor cantidad de nódulos en las raíces, grandes y de color rosado.
- Las raíces recolectadas fueron puestos en hojas de periódico para la conservación de la humedad, luego depositados en cajas térmicas para el traslado.



3.3.2. Extracción de los nódulos o cepas de *Arachis hipogaea* (maní)

- Los nódulos o cepas fueron extraídos, cortándose al nódulo con un bisturí en la parte basal unida a la raíz en forma completa e intacta, sin causarle daño alguno.
- De cada raíz se obtuvo un promedio de 18 nódulos de la zona de Pucallpillo y 12 de Ega.
- Obteniéndose por planta de maní 216 nódulos de la zona de Pucallpillo y 144 nódulos de la zona de Ega, entre nódulos grandes y chicos.
- De los nódulos extraídos se seleccionaron los de mayor tamaño con coloración rosado, eliminándose los nódulos de color blanco verdoso y chicos, porque son nódulos inactivos que producen poco o nada de nitrógeno.
- El nódulo extraído y cortado quedó con 1,0 cm de raíz antes y después de cada nódulo, para conservar la mayor segregación y formación de otras bacterias, para luego ser extraídos por completo, las mismas que fueron realizados en un pequeño laboratorio que se acondicionó en la casa del tesista, debido a problemas de ingreso a los laboratorios de nuestra universidad, los cuales estaban cerrados, continuando bajo esta medida hasta la actualidad, por motivos de pandemia Covid 19.
- Se seleccionó 1,0 kilo de nódulos de cada lugar, los cuales fueron utilizados en la investigación.

3.3.3. Preparación del cultivo de *Rhizobium* sp.

- Antes de ser puestos los nódulos en los envases de vidrio, se adicionó un desecante cloruro cálcico anhidro al 1,0 %, empapado con algodón hidrófilo, donde permaneció hasta la realización del cultivo.
- Posteriormente en condiciones asépticas o higiénicas, se lavaron los envases con agua destilada, para eliminar existencia del cloruro cálcico anhidro al 1,0 % ($CaCl_2$) como también de las partículas del suelo que pueda quedar en los nódulos.
- Luego los nódulos se depositaron en un envase de vidrío con tapa hermética con capacidad de 5,000 ml, utilizándose 1,0 kilo de nódulo para el tratamiento de Pucallpillo para 5 repeticiones y otro envase de vidrio con capacidad de 5,000 ml, utilizándose 1,0 kilo de nódulo para el tratamiento de Ega para 5 repeticiones.
- El testigo, fue estudiado sin adicionar *Rhizobium* sp, en 5 repeticiones.
- Los nódulos fueron puestos en envases de vidrios para la conservación en un ambiente refrigerado a 20 °C. (Conservadora, marca: Miray, modelo: CMVE-300D, Dimensiones, alto: 180,0 cm, ancho: 62,0 cm, profundidad: 54.50 cm).
- Posteriormente se realizó el aislamiento de las bacterias (colonias o cepas) de *Rhizobium* sp, triturando cada uno de los nódulos en un mortero utilizando una varilla de

vidrio desinfectado para extraer las bacterias del interior de los nódulos, luego se sembró en envases de vidrio adicionando a los nódulos 1,0 litro del cultivo YMA al tratamiento de Pucallpillo como de Ega.

- El cultivo del *Rhizobium* sp. se realizó durante 8 días, en una conservadora chica a 28 °C, a partir del 4 día comenzó la aparición en ambos cultivos tanto de Pucallpillo como de Ega sobre la superficie una mancha blanca que iba aumentando a medida que los días transcurría (formación de colonias), cambiando la coloración a partir de los 6 días a color blanco amarillento.
- A los 8 días del cultivo de las bacterias se notó gran abundancia de colonias de las bacterias de *Rhizobium* sp. de color blanco amarillento a blanco cremoso, quedando aptas para la inoculación a las semillas de tomate.

3.3.4. Siembra del *Rhizobium* sp. y tomate

- Las semillas de tomate fueron depositadas en dos envases de vidrio cada uno de 5,000 ml, para las dos muestras: Pucallpillo y Ega, en cada muestra se adicionó 1,0 litro del cultivo de *Rhizobium* sp .y 30 g de semilla de tomate teniendo un total de 90 gramos de semilla para los tres tratamientos . Se utilizó 24 horas de inmersión de las semillas en el cultivo por única vez, para que las bacterias puedan penetrar a la semilla y lograr la germinación de las nuevas plantas como del desarrollo y crecimiento favorable.

3.3.5. Puesta del tomate en bolsas con sustrato

- Las plantas permanecieron en almácigo durante 30 días en los tres tratamientos, para luego realizar el repite a las bosas con sustrato. En el vivero permanecieron las plantas durante 1 mes. Para luego ser llevados al campo definitivo para la siembra.

- La investigación tuvo 3 tratamientos: T_1 (Testigo), T_2 (Pucallpillo), T_3 (Ega). Cada una de ellas con 5 repeticiones.

- El sustrato usado fue 100 % arena negra de procedencia de la zona de la restinga de Yarinacocha.

- Se utilizo para el sustrato arena negra con una granulometría de 2 mm de diámetro, para el cernido de la arena negra se usó tamiz de malla de 2 mm diámetro.

- El T_1 del testigo fue de 605 plantas, el T_2 de 605, el T_3 de 605, todos realizados en 5 repeticiones.

- Las plantas de tomate fueron puestos en bolsas con sustrato una vez que se concluyó con el remojo de la semilla en el *Rhizobium* sp. durante 24 horas.

- El sobrante que quedo del cultivo de cada lugar se puso en envases diferentes y se adicionó agua con azúcar (para favorecer a la multiplicación de bacterias, reemplazando al cultivo YMA que resulta de costo alto), adicionando posteriormente a las plantas con sustrato en la fase de vivero.

3.3.6. Siembra del tomate al campo definitivo

- En el campo definitivo se sembraron 1,815 plantas de variedad río grande, en 15 unidades experimentales, siendo cada parcela 5,0 m largo x 5,0 m ancho en los 3 tratamientos.
- En cada unidad experimental se sembró 121 plantas de tomate con un distanciamiento 0,5 m entre plantas por 0,5 m entre hileras.

Tabla 03. Distribución de siembra de tomate en el campo definitivo

TESTIGO SIN *RHIZOBIUM* SP.(T_1) 5 UNIDADES EXPRIMENTALES	**PUCALLPILLO CON *RHIZOBIUM* SP.(T_2) 5 UNIDADES EXPRIMENTALES**	**EGA CON *RHIZOBIUM* SP. (T_3) 5 UNIDADES EXPRIMENTALES**
T13	T24	T35
T12	T21	T33
T15	T23	T34
T11	T22	T32
T14	T25	T31
0,50 m x 0,50 m = 121 plantas/repetición	0,50 m x 0,50 m = 121 plantas/repetición	0,50 m x 0,50 m = 121 plantas/repetición

Fuente: Elaboración propia

Aleatorización de los tratamientos y repeticiones

T1 T2 T3 repeticiones: 5 x tratamiento

T13	T24	T35
T12	T21	T33
T15	T23	T34
T11	T22	T32
T14	T25	T31

25,0 m

5,0 m 5,0 m 5,0 m

15,0 m

3.3.7. Cosecha del tomate

El tomate se cosechó a 105 días en el T_2 con nódulos de Pucallpillo, 108 días en el T_3 con nódulos de Ega, 110 días en el T_1 que fue el testigo sin *Rhizobium* sp.

La cosecha se evaluó recolectando los frutos/planta, contando cantidad frutos, pesándose por unidad, midiendo tamaño y diámetro, pesando en conjunto los frutos de cada planta para obtener el total cosechado y luego multiplicar peso de frutos por planta por cantidad de plantas por unidad experimental (121 plantas) para obtener el rendimiento por tratamiento. La calidad del fruto se realizó evaluando los tamaños del fruto en largo y diámetro, peso, color, en cada tratamiento.

3.3.8. Composición del medio de cultivo YMA utilizado

En la investigación se utilizó el cultivo YMA, un medio complejo que permite el desarrollo de los rhizobios y a su vez permite su multiplicación, siendo así un medio óptimo para favorecer el proceso deseado (Vicent, 1975).

Tabla 04. Composición del medio de cultivo YMA utilizado

K2HPO4 (fosfato di potásico)	0,5 g
MgSO4 (sulfato magnesio)	0,2 g
NaCl (cloruro sodio)	0,1 g
Manitol	10,0 g
Extracto levadura	0,2 g
Agar	15,0 g
Agua destilada, c. s. p.	1,0 L

Fuente: Vicent (1975 y Brock (2016)

3.3.9. Evaluación de las variables de investigación

3.3.9.1. Porcentaje de germinación. - Se evaluó la cantidad de semillas germinadas en cada una de las unidades experimentales de tomate en forma diaria a primeras horas del día, las evaluaciones fueron realizadas durante la etapa de almácigo. (Santillana *t al*, 2008).

3.3.9.2. Cantidad de nódulos de *Rhizobium* sp. - Se logró cuantificar la cantidad de nódulos de las plantas de tomate en cada tratamiento, la evaluación fue efectuada al término de la cosecha (Santillana *et al*, 2005).

3.3.9.3. Calidad del fruto

3.3.9.3.1. Peso del fruto.- Se evaluó en forma total el peso del fruto por unidad experimental, esta evaluación se realizó al término de la cosecha (Santillana *et al*, 2005).

3.3.9.3.2. Tamaño del fruto (largo y ancho del fruto).- Se midió utilizando el vernier, la evaluación se efectuó al término de la cosecha en forma total en cada unidad experimental (Santillana *et al*, 2005).

3.3.9.3.3. Color del fruto. – Se cuantificó el color del fruto por lugar seleccionado del *Rhizobium* sp., para esto se tomo 10 unidades de cada lugar como promedio para su evaluación. La intensidad del color estuvo dada por: rojo bajo (valor de 1), rojo moderado (valor de 2), rojo fuerte o alto (valor de 3), índices utilizados para cuantificar los parámetros de esta variable. (Santillana *et al*, 2016).

3.3.9.4. Rendimiento. **–** La evaluación se efectuó al término de la cosecha en cada unidad experimental incluyendo el testigo, evaluándose el rendimiento de cada unidad experimental, tomándose como base el tamaño en largo y diámetro, peso, color, para observar características óptimas de calidad del fruto como buen tamaño en largo y ancho, buen peso, intensidad de coloración del fruto, frutos sanos (Santillana *et al*, 2005).

3.4. Variables

a. Variables Independientes (X)

-Tratamientos sin nódulos de *Rhizobium* sp. (testigo).

-Tratamientos con nódulos de *Rhizobium* sp. Pucallpillo.

-Tratamientos con nódulos de *Rhizobium* sp. de Ega.

b. Variables dependientes (Y)

- Porcentaje de germinación. (%)

- Cantidad de nódulos de *Rhizobium* sp. (número de nódulos)

- Calidad del fruto:

  - Largo (cm)

  - Ancho (cm)

  - Peso (g)

  - Color (Rojo bajo, rojo medio, rojo intenso)

- Rendimiento (kilos/planta)

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Compuesta por todas las plantas de tomate de la localidad.
(Carmona, 2013; Hernández, 2014; Carrillo, 2015; Toledo, 2015).

3.5.2. Muestra

La muestra será de tipo no probabilístico, por conveniencia, porque será dirigida y manipulada a criterio del investigador, por lo tanto, estuvo conformado por 1,815 plantas de tomate. (Carmona, 2013; Hernández, 2014; Carrillo, 2015; Toledo, 2015).

3.6 Tratamientos

El estudio tuvo los siguientes tratamientos:

- T_1 = Tratamientos sin nódulos de *Rhizobium* sp. (testigo) x 5 repeticiones
- T_2= Tratamientos con nódulos de *Rhizobium* sp. de Pucallpillo x 5 repeticiones
- T_3= Tratamientos con nódulos de *Rhizobium* sp. de Ega x 5 repeticiones

Tabla 05. Tratamientos del estudio

DISPOSICION DE LOS TRATAMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN		
T1 **TESTIGO SIN *RHIZOBIUM* SP**	**T2** ***RHIZOBIUM* SP. DE PUCALLPILLO**	**T3** ***RHIZOBIUM* SP. DE EGA**
T13	T24	T35
T12	T21	T33
T15	T23	T34
T11	T22	T32
T14	T25	T31
0.50 m x 0.50 m = 121 plantas/unidad experimental	0.50 m x 0.50 m = 121 plantas/unidad experimental	0.50 m x 0.50 m = 121 plantas/unidad experimental

Fuente: Elaboración propia.

Se utilizó Diseño Completamente al Azar (DCA), 3 tratamientos por 5 repeticiones, que equivale a 15 unidades experimentales. Cada parcela estuvo conformada de 121 plantas de tomate, haciendo un total de 1,815 plantas de tomate en la investigación.

Para los análisis estadísticos de los datos se utilizó la prueba del ANVA y la prueba de Tukey para comprobar cuál fue el mejor tratamiento.

3.7. Recolección de los datos

3.7.1. Fuentes de información

Empleamos datos de tesistas de pregrado de la Universidad Nacional Ucayali (UNU), UNAP, UNIA, también de las investigaciones realizadas en INIA, IIAP y de informaciones de otras universidades e Instituciones investigativas nacionales e internacionales.

También se utilizó fuente de información secundaria como artículos y revistas científicas, boletines o divulgación científica de fuentes confiables y materiales impresos de conceptos básicos sobre el uso y aplicaciones del *Rhizobium* para incrementar la producción de tomate en la localidad.

3.7.2. Unidad experimental y unidad de medición

3.7.2.1 Unidad experimental

La investigación estuvo constituida de 3 tratamientos con 5 repeticiones. El tamaño de la unidad experimental será de 121 plantas de tomate, haciendo un total de 605 plantas por tratamiento. En total, el experimento requirió de 1,815 plantas de tomate en 15 unidades experimentales (Hernández, 2014; Carmona, 2013; Carrillo, 2015; Toledo, 2015).

Empleamos Diseño Completamente al azar (DCA), con el ANVA encontramos la significancia entre los tratamientos, con la prueba de Tukey determinamos cuál fue el mejor tratamiento. Utilizamos el software estadístico de SPSS versión 25 en las diferentes variables del estudio.
(Hernández, 2014, Carmona, 2013; Toledo, 2015; Carrillo, 2015).

3.7.2.2. Unidad de medida

Rendimiento : kilos / planta

Nódulos : unidad / planta

Tamaño fruto:

- Largo: cm / fruto

- Diámetro: cm / fruto

Intensidad color: rojo bajo, rojo medio, rojo intenso / fruto

Fuente: (Hernández, 2014, Carmona, 2013).

3.7.3. Tipo de muestreo

Empleamos muestreo no probabilístico por conveniencia porque no se conocieron la probabilidad que cada individuo sea seleccionado como mejor muestra, labor que fue realizada por el propio investigador, sin que medien requisitos específicos y para facilitar su trabajo (Hernández, 2014; Carmona, 2013; Toledo, 2015; Carrillo, 2015).

3.7.4. Técnicas para la recolección de los datos

Se aplicó la técnica de observación directa porque hubo contacto con el objeto del estudio, esta técnica se aplicó con la finalidad de observar y recoger datos cuantitativos; tales como el porcentaje de germinación de semillas, cantidad de nódulos, calidad del fruto, rendimiento (Hernández, 2014).g

3.8. Procesamiento de los datos

Los datos sobre el porcentaje de germinación, cantidad de nódulos, calidad del fruto y rendimiento fueron registrados en Excel. Las fichas de evaluación del estudio se muestran en el anexo, y para la obtención de datos se usó el software SPSS versión 25.

La contrastación de los datos se hizo mediante la prueba del ANVA, Tukey, con un nivel significancia 0,05 (5% probabilidad), con el ANVA se determinó la significancia entre los tratamientos, entonces estamos en condiciones de aplicar la prueba de Tukey, con la cual se determinó el mejor tratamiento en las diferentes variables del estudio (Hernández, 2014; Carmona, 2013; Toledo, 2015; Carrillo, 2015).

Se aplicaron prueba de normalidad en cada variable antes de realizar el ANVA (prueba paramétrica) para comprobar si los datos obtenidos cumplían con el supuesto de normalidad, como nuestros datos cumplían con el supuesto de normalidad, se puede decir que los datos obtenidos tienen una distribución normal, recién aplicamos la prueba del ANVA. En el caso que los datos obtenidos no cumplían con el supuesto de normalidad, hubiéramos aplicado la prueba no paramétrica, por no tener una distribución normal.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Porcentaje de germinación

En cuanto al tiempo de germinación semillas tomate variedad Río Grande con aplicaciones de *Rhizobium* sp., se lograron germinar en el T_2 (Pucallpillo) con *Rhizobium* sp. a 3 días en el almácigo, el T_3 (Ega) con *Rhizobium* sp. a 4 días, el T_1 (Testigo) sin *Rhizobium* sp. a 5 días.

4.1.1. Resultados descriptivos de la variable

Tabla 06. Porcentaje de germinación semillas de tomate

TRATAMIENTOS			
Repeticiones	**T_1 (Testigo)**	**T_2 (Pucallpillo)**	**T_3 (Ega)**
R_1	88	99	91
R_2	87	98	93
R_3	86	99	94
R_4	85	100	92
R_5	86	99	93
$\bar{X}$	86.40	99.00	92.60

Fuente: Creación propia.

Tabla 07. Estadísticos descriptivos de porcentaje germinación

TRATAMIENTO	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Testigo	85.00	88.00	86.40	1.14018
Pucallpillo	98.00	100.00	99.00	0.70711
EGA	91.00	94.00	92.60	1.14018

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Resultados por objetivos

Evaluar el porcentaje de germinación a través de la colecta e inoculación de *Rhizobium* sp.asociados a raíces de *Solanum lycopersicum* (Tomate) en un suelo entisol de Yarinacocha – Tushmo

Tabla 08. Pruebas de normalidad de porcentaje de germinación

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
	0.899	15	0.091

*. Considerado como límite inferior significación verdadera.
a. Corrección significación Lilliefors
Fuente: Creación propia.

H_0: La variable porcentaje de germinación tiene distribución normal

H_a: La variable porcentaje de germinación no tiene una distribución normal

Teniendo un pvalor de 0.091 (Tabla 08), siendo este mayor que 0.05 se puede determinar que la variable porcentaje de germinación tiene una distribución normal.

Tabla 09. Análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de germinación

	Suma cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	396.933	2	198.467	192.065	0.000
Dentro de grupos	12.400	12	1.033		
Total	409.333	14			

Fuente: Elaboración propia

H_0: No hay diferencias entre medias de tratamientos en porcentaje de germinación: $\mu_1=\mu_2=\mu_3=\mu$.

Ha: Al menos una de las medias de tratamientos en porcentaje de germinación es diferente a la otra.

En el cuadro 09 se observa que el pvalor es 0.000 y es menor a 0.05, rechazamos la hipótesis nula, estableciéndose que al menos uno de las medias es diferente, evidenciándose que existen diferencias significativas entre los tratamientos del porcentaje de germinación.

Al observar que existen diferencias significativas aplicamos la prueba de Tukey para establecer esas diferencias.

Tabla 10. Prueba de Tukey de porcentaje de germinación

		Subconjunto para alfa = 0.05		
TRATAMIENTO	N	1	2	3
Pucallpillo	5	99,00		
Ega	5		92,80	
Testigo	5			86,40
Sig.		1.000	1.000	1.000

Fuente: Creación propia.

Se observan las medias para grupos en subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza tamaño de muestra con relación a la media armónica = 5,000.

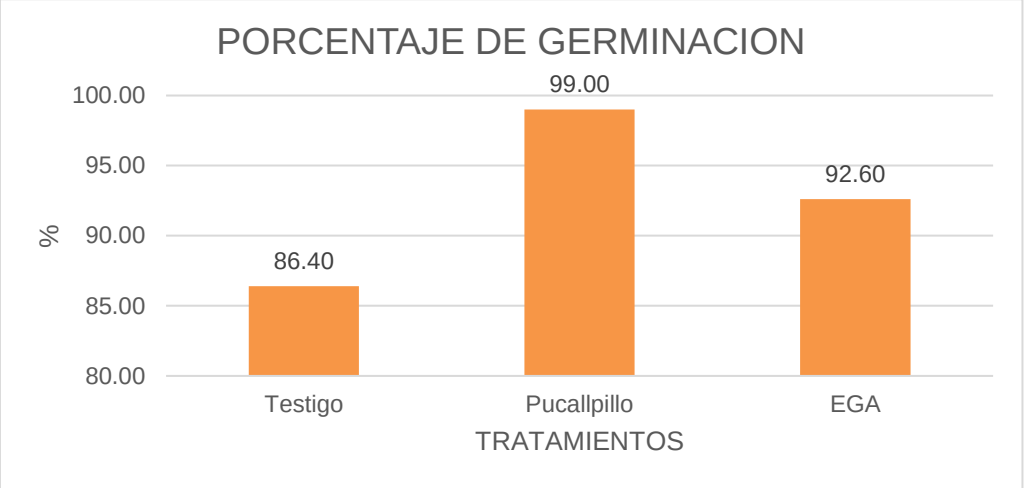


Figura 01: Porcentaje de germinación por tratamiento.
Fuente: Elaboración propia.

Con relación a los resultados de la tabla 06, 07, 08, 09,10 y figura 01, encontramos, que el mejor tratamiento en cuanto al porcentaje de germinación fue el T_2 (99 %) cuya colecta de nódulos de *Rhizobium* sp. fue de la localidad de Pucallpillo con relación al T_3 (92.60 %) cuya colecta de nódulos de *Rhizobium* sp. fue de Ega y al T_1 (86.40 %) que fue el testigo sin *Rhizobium* sp. Encontrándose una gran diferencia significativa entre el T_2 con los demás tratamientos T_3 y T_1.

Los resultados obtenidos se deben a que los nódulos de *Rhizobium* sp.colectados de la localidad de Pucallpillo fueron más grandes y rosados en comparación con los colectados de la localidad de Ega, cuyos nódulos fueron más pequeños y poco rosados, por lo que manifestamos que cuanto más grande y rosados sean los nódulos de *Rhizobium* sp. utilizados, serán más efectivas, acelerando la germinación de semillas que conlleva a obtener mayor porcentaje de germinación. Nuestros resultados obtenidos son corroborados por Urzúa (2015), que manifiesta que los nódulos de *Rhizobium* sp. son más efectivas cuanto más grandes y rosadas sean estas cepas, acelerando la germinación de semillas en menor tiempo y obteniéndose mayor porcentaje.

De igual manera lo encontrado en la investigación es reforzado por Maroto (2017) que, en investigaciones realizadas sobre cepas de *Rhizobium* sp. asociadas a raíces de plantas, estas motivan la aceleración de la germinación de la semilla y se incrementa el porcentaje de germinación, efecto realizado debido al tamaño y color de la cepa utilizado, recomendándose hacer uso para incrementar la producción bacterias de *Rhizobium* sp grandes y rosados porque son más vigorosas, efectivas y viables que los nódulos pequeños y verdosos o poco rosados.

Por otro lado, también lo encontrado en la investigación es corroborado por Gahier *et al* (2016), que enfoca diciendo que las propiedades que tienen las bacterias de Rhizobium son muchas y entre ellas están la aceleración de la germinación de semillas, incremento del porcentaje de germinación, mayor floración y fructificación, como también del tamaño, forma y color.

4.2. Cantidad de nódulos

4.2.1. Resultados descriptivos de la variable

Tabla 11. Cantidad de nódulos de *Rhizobium* sp. en raíces de plantas de tomate

CANTIDAD DE *RHIZOBIUM* SP. POR PLANTA DE TOMATE			
Repeticiones	**T_1 (Testigo)**	**T_2 (Pucallpillo)**	**T_3 (Ega)**
R_1	0	120	80
R_2	0	110	85
R_3	0	90	90
R_4	0	120	86
R_5	0	110	89
$\bar{X}$	0	110	86

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Estadísticos descriptivos de cantidad de nódulos

TRATAMIENTO	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Testigo	0.00	0.00	0.00	0.00000
Pucallpillo	90.00	120.00	110.00	12.24745
EGA	80.00	90.00	86.00	3.93700

(Creación propia).

4.2.2. Resultados por objetivos

Evaluar la cantidad de nódulos a través de la colecta e inoculación de *Rhizobium* sp. asociados a raíces de *Solanum lycopersicum* (Tomate) en un suelo entisol de Yarinacocha - Tushmo.

Tabla 13: Pruebas de normalidad de cantidad de nódulos

	Shapiro-Wilk		
TRATAMIENTO	Estadístico	gl	Sig.
Testigo		5	
Pucallpillo	0.833	5	0.146
EGA	0.935	5	0.627

(Elaboración propia).
*. Considerado límite inferior de significación verdadera.
a. Corrección significación Lilliefors

H_0: La variable cantidad de nódulos tiene una distribución normal

H_a: La variable cantidad de nódulos no tiene una distribución normal

Teniendo los pvalor mayores a 0.05 se puede determinar estadísticamente que la variable cantidad de nódulos tiene una distribución normal (Tabla 13).

Tabla 14. Análisis de varianza (ANOVA) de cantidad de nódulos

	Suma cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	33453.333	2	16726.667	303.202	0.000
Dentro de grupos	662.000	12	55.167		
Total	34115.333	14			

Fuente Elaboración propia

H0: No hay diferencias entre medias de tratamientos en la cantidad de nódulos: $\mu_1=\mu_2=\mu_3=\mu$

Ha: Al menos una de las medias de los tratamientos en la cantidad de nódulos es diferente a la otra.

En la tabla 14 observamos el análisis de varianza sobre cantidad de nódulos, donde observamos que el pvalor es 0.000 y es menor a 0.05, rechazando la hipótesis nula, determinándose que al menos una de las medias de los tratamientos en la cantidad de nódulos es diferente, evidenciando que existen diferencias significativas entre tratamientos.

Al observar diferencias significativas aplicamos la prueba de Tukey.

Tabla 15. Prueba de Tukey de cantidad de nódulos

		Subconjunto para alfa = 0.05		
TRATAMIENTO	N	1	2	3
Pucallpillo	5	110.00		
Ega	5		86.00	
Testigo	5			0.00
Sig.		1.000	1.000	1.000

Fuente: Creación propia.
Visualizamos las medias para grupos en subconjuntos homogéneos.
a. Emplea el tamaño de muestra sobre media armónica = 5,000.

En la prueba de Tukey (Tabla 15) observamos que los tratamientos son diferentes, teniendo como mejor tratamiento el de Pucallpillo (T_2) con 110 nódulos, con relación a los otros tratamientos que fueron menores con relación al T_3 con 86 nódulos y al T_1 sin nódulos.

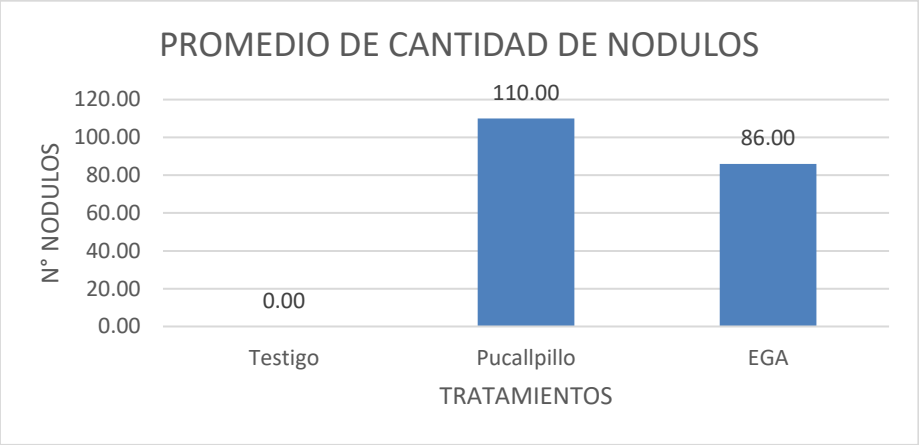


Figura 02: Cantidad de nódulos por tratamientos (Creación propia).

Observamos los resultados de la Tabla 11, 12, 13, 14, 15 y Figura 02, donde encontramos, que el mejor tratamiento en cuanto a la obtención de la mayor cantidad de nódulos de *Rhizobium* sp. fue el T_2 con 110 nódulos, cuya colecta fue de la localidad de Pucallpillo con relación al T_3 que fue de 86 nódulos, cuya colecta fue de Ega y al T_1 sin *Rhizobium* sp. que fue el testigo, que no tuvo presencia de nódulos. Se determinó que existe una alta diferencia significativa entre el T_2 con los demás tratamientos T_3 y T_1.

El resultado obtenido se debe a que los nódulos de *Rhizobium* sp. de la localidad de Pucallpillo fueron más grandes y rosados en comparación con los utilizados de la localidad de Ega cuyos nódulos fueron más pequeños y poco rosados, por lo que manifestamos que cuanto más grande y rosados sean los nódulos de *Rhizobium* sp. son más activas y promueven la mayor formación de nódulos de *Rhizobium* sp. asociadas a las raíces de las plantas, adheridas y promoviendo la mayor capacidad de producción de nitrógeno, enzimas y otros elementos vitales para la planta. El resultado obtenido es corroborado por Gibson (2018), quien manifiesta que en investigaciones realizadas encontró que, durante el desarrollo fisiológico de las plantas hasta el término de la cosecha, el incremento de la cantidad de nódulos es mayor cuando utilizamos nódulos de *Rhizobium* sp. grandes y rosados, debido a la buena actividad simbiótica, los cuales conllevan a la mayor producción de nódulos en las raíces, nitrógeno, aumento de la floración, incrementando la producción.

De igual manera lo encontrado en la investigación es reforzado por Lewis *et al* (2005) que, en investigaciones realizadas con nódulos de *Rhizobium* asociadas a raíces de plantas,

manifiesta que a mayor tamaño de los nódulos de *Rhizobium,* mayor será la capacidad de multiplicación de los nódulos en raíces de plantas herbáceas disminuyendo en las leñosas.

Por otro lado, lo encontrado en la investigación, también es corroborado por Lloret (2015) quien enfoca que la cantidad de nódulos asociadas a las raíces de plantas se incrementan cuanto más grandes sean la presencia de los nódulos ya que inducen a la mayor formación de enzimas lo que facilita la multiplicación de los nódulos.

4.3. Calidad del fruto

4.3.1. Peso del fruto

4.3.1.1. Resultados descriptivos de la variable

Tabla 16. Peso del fruto de tomate por planta (g)

PESO FRUTO TOMATE / PLANTA (g)			
Repeticiones	**T_1 (Testigo)**	**T_2 (Pucallpillo)**	**T_3 (Ega)**
R_1	75	110	92
R_2	82	112	93
R_3	81	116	98
R_4	76	108	92
R_5	78	109	91
$\bar{X}$	78.40	111.00	93.20

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Estadísticos descriptivos del peso del fruto (g)

TRATAMIENTO	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Testigo	75.00	82.00	78.40	3.05
Pucallpillo	108.00	116.00	111.00	3.16
EGA	91.00	98.00	93.20	2.77

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al peso del fruto por planta el tratamiento T_2 fue el mejor y el que tuvo el mayor peso con 111 g/fruto/planta (Tabla 16, 17) con relación al T_3 que fue menor de 93.20

g/fruto/planta y al T_1 (Testigo) fue el más bajo de 78.40 g/fruto/planta. La misma que se puede observar y comprobar en la Figura 03.

4.3.1.2. Resultados por objetivos

Evaluar la calidad de los frutos: peso fruto, tamaño fruto (largo y ancho), color fruto, a través de la colecta e inoculación de *Rhizobium sp.* asociados a raíces de *Solanum lycopersicum* (Tomate) en un suelo entisol de Yarinacocha - Tushmo.

Tabla 18. Pruebas de normalidad de peso de los frutos

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Peso del fruto	0.918	15	0.177

Fuente: Creación propia.
*. Indica un límite inferior de significación verdadera.
a. Corrección significación Lilliefors

H_0: La variable peso de frutos tiene una distribución normal

H_a: La variable peso de los frutos no tiene una distribución normal

Teniendo un pvalor de 0.177, siendo este mayor que 0.05 se determina estadísticamente que la variable peso de frutos tiene una distribución normal. (Tabla 18).

Tabla 19. Análisis varianza (ANOVA) peso frutos

	Suma cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2664.400	2	1332.200	148.022	0.000
Dentro de grupos	108.000	12	9.000		
Total	2772.400	14			

Fuente: Elaboración propia

H0: No hay diferencias entre medias de tratamientos en peso de frutos: $\mu_1=\mu_2=\mu_3=\mu$

Ha: Al menos una de las medias de tratamientos en peso de frutos es diferente a la otra.

En la Tabla 19, se presenta el Análisis de Varianza del peso de los frutos, en la que se observa que el valor es 0.000 y es menor a 0.05, rechazamos la hipótesis nula, estableciéndose que al menos una de las medias de tratamientos en peso de frutos es diferente, evidenciando que existen diferencias significativas entre tratamientos.

Al observar diferencias significativas aplicamos la prueba de Tukey para establecer esas diferencias.

Tabla 20. Prueba de Tukey del peso de los frutos

		Subconjunto para alfa = 0.05		
TRATAMIENTO	N	1	2	3
Pucallpillo	5	111.00		
Ega	5		93.20	
Testigo	5			78.40
Sig.		1.00	1.00	1.00

(Creación propia).
Visualizamos las medias para grupos en subconjuntos homogéneos.
a. empleamos el tamaño de muestra de media armónica = 5,000.

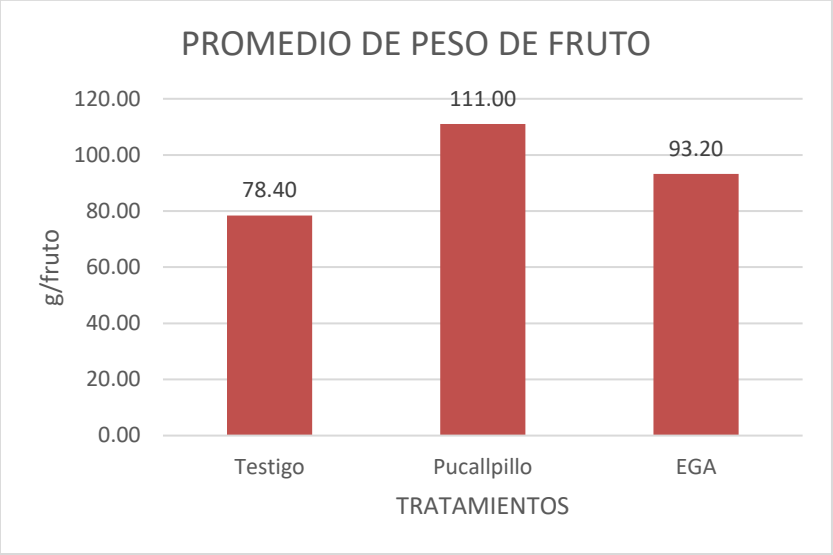


Figura 03: Peso fruto (g) por planta por tratamiento
(Elaboración propia).

Observamos los resultados de la Tabla 16, 17, 18, 19, 20 y figura 03, donde encontramos, que el mejor tratamiento en cuanto al peso de frutos por planta fue mayor el T_2 que corresponde a Pucallpillo con 111 g/fruto, con relación a los demás tratamientos siendo menor en el T_3 que corresponde a Ega 93.20 g/fruto y el más bajo el T_1 de 78.40 g/fruto, habiendo una gran diferencia significativa entre el T_2 con los demás tratamientos. Encontramos que existe una alta diferencia significativa entre el T_2 con relación a los tratamientos T_3 y T_1.

El resultado obtenido se debe a que los nódulos de *Rhizobium* sp. colectados de la localidad de Pucallpillo fueron más grandes y rosados en comparación con la de Ega que fueron nódulos más pequeños y poco rosados, quienes a través de la simbiosis los nódulos más grandes fueron más viables que los pequeños, produciendo mayor cantidad de nitrógeno, mayor cantidad de enzimas y mayor floración, los mismos que fueron transferidos durante la simbiosis a distintas partes de la planta impulsando el mayor desarrollo de los frutos y al

mayor peso de los mismos. El resultado obtenido es corroborado por Galibert (2016), quien manifiesta que en investigaciones realizadas encontró que, los nódulos grandes de *Rhizobium* sp. son más activos que los pequeños, propiciando el aumento de la producción de nitrógeno y de la capacidad de simbiosis, aspectos vitales para el normal desempeño fisiológico de la planta, transfiriéndose a distintas partes de los tejidos de la planta como raíces, hojas, flores y frutos.

También lo encontrado en la investigación es corroborado por Young (2015) que, manifiesta que los nódulos de *Rhizobium* sp. .cuanto más grandes sean, mayor será la capacidad de simbiosis con la planta hospedera, mayor será la producción de nitrógeno, propiciando la calidad de los frutos: tamaño, peso, color.

Por otro lado, lo encontrado en la investigación también lo corrobora Santillana *et al (*2005), enfocando que las bacterias *Rhizobium* sp. para que sean más efectivos en la elaboración del nitrógeno tienen que ser grandes y rosados, además aclara que cuanto más grandes sean los nódulos mayores serán la capacidad de producir enzimas, favoreciendo a la buena formación de frutos en cuanto a tamaño, peso y maduración.

4.3.2. Tamaño y ancho del fruto

4.3.2.1. Tamaño del fruto

4.3.2.1.1 Resultados descriptivos de la variable

Tabla 21. Tamaño del fruto por planta

TAMAÑO FRUTO TOMATE / PLANTA (cm)			
Repeticiones	**T_1 (Testigo)**	**T_2 (Pucallpillo)**	**T_3 (Ega)**
R_1	5.0	7.8	6.3
R_2	5.9	8.1	6.2
R_3	5.3	7.2	6.6
R_4	5.1	7.9	6.4
R_5	5.6	8.0	6.7
$\bar{X}$	5.38	7.8	6.44

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Estadísticos descriptivos tamaño del fruto (cm)

TRATAMIENTO	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Testigo	5.00	5.90	5.38	0.37014
Pucallpillo	7.20	8.10	7.80	0.35355
EGA	6.20	6.70	6.44	0.20736

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.1.2 Resultados por objetivos

Tabla 23. Pruebas de normalidad tamaño del fruto (cm)

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
Largo del Fruto (cm)	0.930	15	0.274

(Creación propia).

*. Límite inferior significación verdadera.

a. Corrección significación Lilliefors

b.

H_0: La variable largo de frutos tiene distribución normal

H_a: La variable largo de frutos no tiene distribución normal

Teniendo un pvalor de 0.274, y siendo mayor que 0.05 se determina estadísticamente que la variable largo de frutos tiene distribución normal. (Tabla 23).

Tabla 24. Análisis de varianza (ANOVA) del tamaño de los frutos

Largo del fruto (cm)

	Suma cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	14.716	2	7.358	72.374	0.000
Dentro grupos	1.220	12	0.102		
Total	15.936	14			

(Elaboración propia).

H0: No hay diferencias entre las medias de tratamientos en el tamaño de frutos: $\mu_1=\mu_2=\mu_3=\mu$.

Ha: Al menos una de las medias de los tratamientos en el tamaño de los frutos es diferente a la otra.

En la Tabla 24 presentamos el Análisis de Varianza (ANOVA) del tamaño frutos, observándose un pvalor de 0.000, siendo menor a 0.05, rechazamos la hipótesis nula, estableciéndose que al menos una de las medias de tratamientos en el tamaño de frutos es diferente, evidenciándose que existen diferencias significativas entre tratamientos.

Al observar diferencias significativas entre los tratamientos aplicamos la prueba de Tukey para establecer esas diferencias.

Tabla 25. Prueba de Tukey del tamaño de los frutos (cm)

		Subconjunto para alfa = 0.05		
TRATAMIENTO	N	1	2	3
Pucallpillo	5	7,80		
Ega	5		6,44	
Testigo	5			5,38
Sig.		1.000	1.000	1.000

(Elaboración propia).
Visualizamos las medias para grupos en subconjuntos homogéneos.
a. Empleamos tamaño de muestra de la media armónica = 5,000.

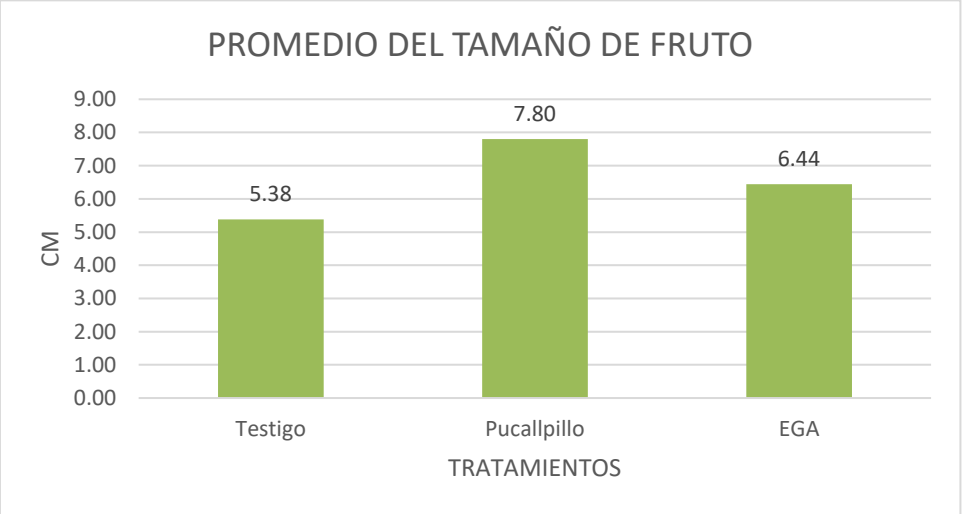


Figura 04: Tamaño del fruto por tratamiento
(Creación propia).

Observamos los resultados de la Tabla 21, 22, 23, 24, 25 y Figura 04, donde encontramos, que el mejor tratamiento en cuanto al tamaño de frutos por planta fue mayor en el T_2 que corresponde a Pucallpillo con 7.80 cm de largo, con relación a los demás tratamientos siendo menor en el T_3 que corresponde a Ega con 6.44 cm de largo y el más bajo el T_1 con 5.38 cm de largo, habiendo una alta diferencia significativa entre el T_2 con los demás tratamientos T_3 y T_1.

El resultado obtenido se debe al tamaño de los nódulos de *Rhizobium* sp. utilizados siendo más grandes los de Pucallpillo y más pequeños los de Ega, debido a que cuanto más grandes sean los nódulos el incremento de enzimas que producen las bacterias de *Rhizobium* sp. serán mayores, concentrándose y transfiriéndose en mayor cantidad en los frutos de la planta, haciendo que éstas se desarrollen incrementando el tamaño. El resultado obtenido es corroborado por Bauer y Mathesius (2016), quien manifiesta que las enzimas que se producen durante la simbiosis *Rhizobium* sp. con la planta hospedera

hacen que estas se dispersen por toda la planta acumulándose en mayor cantidad en los frutos, cuyos tejidos acumulan enzimas y estas promueven el mayor desarrollo.

También lo encontrado en la investigación lo corrobora Santillana *et al* (2005) quien manifiesta que desde un inicio los nódulos de *Rhizobium* sp. se encuentran adheridos a las raíces de la planta, los mismos que son activados durante la simbiosis produciéndose enzimas que se encuentran recorriendo la planta, acumulándose en grandes cantidades en los tejidos del fruto estimulando su crecimiento y acelerando la maduración interactuando simultáneamente con el etileno.

De la misma manera lo encontrado en la investigación es corroborado por Tjalling (2006), que manifiesta que el tamaño de los frutos está comprometido con el desarrollo de las yemas florales como de su potencial que alcanza durante la fase post floración, condicionado por el tamaño y número de células, que funcionan activamente en relación con la temperatura ambiental y distribución de nutrientes a que está sometido la planta, jugándose un rol importante la actividad de enzimas producidas como la poligalacturonasa y la celulasa.

4.3.2.2. Ancho del fruto

4.3.2.2.1. Resultados descriptivos de la variable

Tabla 26. Ancho del fruto por planta

ANCHO DEL FRUTO DE TOMATE POR PLANTA (cm)			
Repeticiones	**T_1 (Testigo)**	**T_2 (Pucallpillo)**	**T_3 (Ega)**
R_1	3.8	5.6	4.7
R_2	3.7	5.4	4.9
R_3	4.0	5.7	4.8
R_4	3.9	5.9	4.1
R_5	3.5	5.3	4.6
$\bar{X}$	3.78	5.58	4.62

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27. Estadísticos descriptivos ancho del fruto

TRATAMIENTO	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Testigo	3.50	4.00	3.78	0.19235
Pucallpillo	5.30	5.90	5.58	0.23875
EGA	4.10	4.90	4.62	0.31145

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.2.2. Resultados por objetivos

Tabla 28. Pruebas de normalidad ancho del fruto

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Ancho del fruto (Cm)	0.936	15	0.340

(Creación propia).
*. Considerado como límite inferior de significación verdadera.
a. Presenta Corrección significación Lilliefors

H0: La variable ancho de frutos tiene distribución normal

Ha: La variable ancho de frutos no tiene distribución normal

Teniendo un pvalor de 0.340, siendo este mayor que 0.05 se puede determinar estadísticamente que la variable, ancho de frutos tiene distribución normal (Tabla 28).

Tabla 29. Análisis de varianza (ANOVA) del ancho de los frutos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8.112	2	4.056	63.707	0.000
gDentro de grupos	0.764	12	0.064		
Total	8.876	14			

Fuente: Elaboración propia

H0: No hay diferencias entre medias de tratamientos en el ancho de frutos: μ1=μ2=μ3=μ

Ha: Al menos una de las medias de los tratamientos en el ancho de los frutos es diferente a la otra.

En la Tabla 29 presentamos el análisis de varianza (ANOVA) del ancho de frutos, observándose un pvalor de 0.000, la misma que es menor a 0.05, rechazamos la hipótesis nula, estableciéndose que al menos una de las medias de tratamientos en ancho de frutos es diferente, evidenciándose que existen diferencias significativas entre tratamientos.

Al observar diferencias significativas aplicamos la prueba de Tukey para establecer esas diferencias.

Tabla 30. Prueba de Tukey del ancho de los frutos

		Subconjunto para alfa = 0.05		
TRATAMIENTO	N	1	2	3
Pucallpillo	5	5,58		
Ega	5		4,62	
Testigo	5			3,78
Sig.		1.000	1.000	1.000

(Elaboración propia).
Visualizamos las medias para grupos en subconjuntos homogéneos.
a. Empleamos tamaño de muestra de media armónica = 5,000.

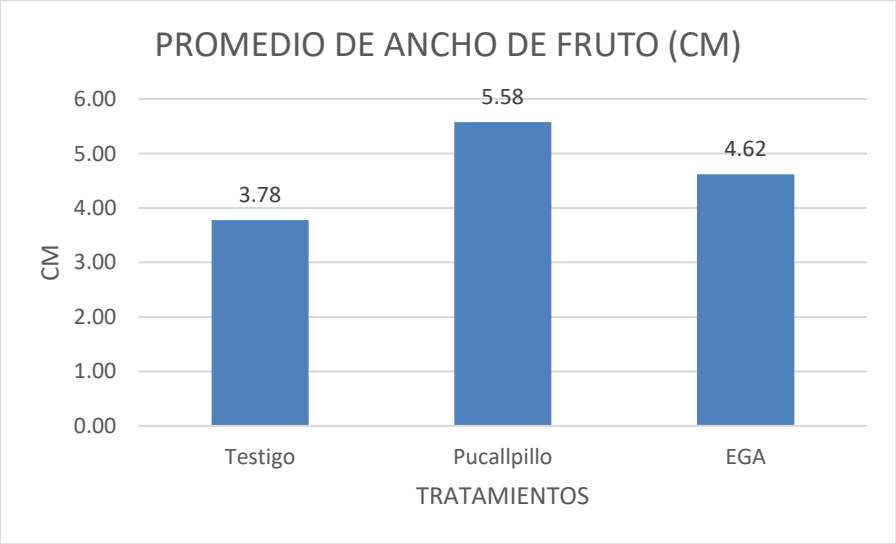


Figura 05: Ancho del fruto por tratamiento
(Creación propia).

Con relación a los resultados mostrados en la Tabla 26, 27, 28, 29, 30 y Figura 05, encontramos, que el mejor tratamiento en cuanto al ancho de frutos por planta fue mayor en el T_2 que corresponde a Pucallpillo con 5.58 cm de ancho, con relación a los demás tratamientos siendo menor en el T_3 que corresponde a Ega con 4.62 cm de ancho y el más bajo el T_1 con 3.78 cm de ancho, habiendo una gran diferencia significativa entre el T_2 con los demás tratamientos.

El resultado obtenido se debe a que durante la simbiosis del *Rhizobium* sp. con la planta, se producen enzimas como la poligalacturonasa y la celulasa los cuales recorren toda la planta, alojándose en los frutos, hojas, ramas, tallos y raíces, pero en forma más acentuada en los frutos, haciendo que se desarrollen en forma rápida los frutos por la buena producción

de nitrógeno y del grupo etileno, obteniéndose frutos grandes en cuanto a tamaño y ancho. El resultado obtenido es corroborado por López *et a*l (2017), quienes manifiestan que las bacterias de Rhizobium adheridas a raíces de plantas son capaces de producir el nitrógeno natural para mejorar los suelos como también forman parte de la formación de enzimas, que hacen su recorrido por toda la planta y almacenándose más en los frutos motivando el mayor desarrollo tanto en tamaño como de ancho.

También lo encontrado en la investigación lo corrobora Santillana *et al* (2005) quienes encontraron que las bacterias Rhizobium producen los enzimas de la planta como la poligalacturonasa y la celulasa, que se encargan de contribuir con las condiciones de crecimiento y desarrollo del fruto, estimulando mejores aspectos en tamaño y diámetro.

4.3.2.3 Color del fruto

4.3.2.3.1. Resultados descriptivos de la variable

Tabla 31. Color del fruto por planta

COLOR DEL FRUTO DE TOMATE POR PLANTA			
Repeticiones	**T_1 (Testigo)**	**T_2 (Pucallpillo)**	**T_3 (Ega)**
R_1	4.0	9.0	6.0
R_2	5.0	9.0	7.0
R_3	3.0	10.0	7.0
R_4	4.0	9.0	6.0
R_5	5.0	9.0	7.0
$\bar{X}$	4.2 Rojo bajo	9.2 Rojo intenso	6.6 Rojo medio

Fuente: Elaboración propia.

El análisis estadístico se realizó utilizando un análisis de frecuencias en base a la variabilidad cualitativa de intensidad de colores del fruto de tomate como rojo bajo, rojo medio, rojo intenso, tal como se puede observar en la Tabla 32 (Ruiz *et al*, 2013).

Tabla 32. Estadísticos descriptivos color del fruto

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Rojo bajo	5	33.3	33.3	33.3
Rojo intenso	5	33.3	33.3	66.7
Rojo medio	5	33.3	33.3	
Total	15	100.0	100.0	100.0

Fuente: Elaboración propia

Variabilidad cualitativa de la intensidad del color de los frutos (Tabla 32):

De 1 – 5 Rojo bajo 33.3 %

De 6 – 8 Rojo medio 0.0 %

De 9 – 10 Rojo intenso 66.7 %

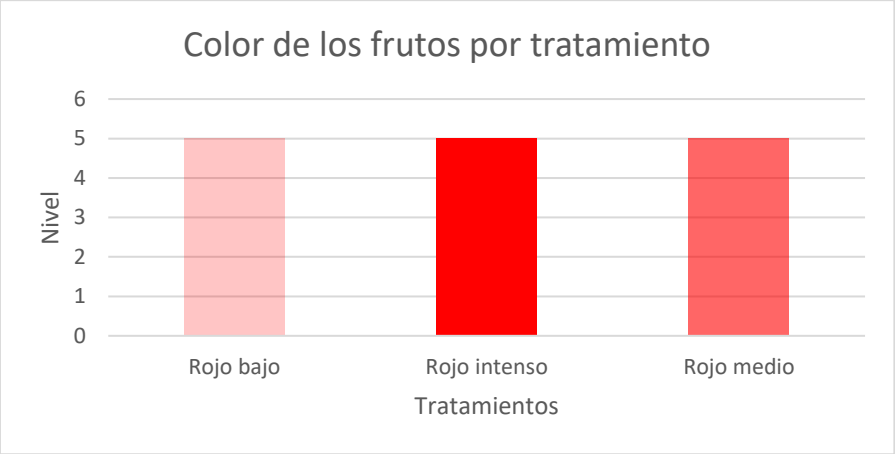


Figura 06: Color del fruto por tratamiento
(Creación propia).

Con respecto a los resultados mostrados en la Tabla 31, 32 y Figura 06, encontramos, que el mejor tratamiento en cuanto a la intensidad de color de frutos por planta fue el T_2 que corresponde a Pucallpillo con un color rojo intenso alcanzó el 66.7 %, y el más bajo al T_1 que corresponde al Testigo con 33.7 %. Los datos de la variable cualitativa del color rojo medio del T3 que corresponde a Ega, estadísticamente no han sido considerado por ser un color intermedio, trabajándose estadísticamente con los colores rojo bajo, rojo intenso. Determinándose como mejor tratamiento al T2 (Pucallpillo) que arrojo en cuanto a intensidad de color el 66.7 %, estos datos son reforzados por Maroto (2017); Bauer y Mathesius, 2016; Galibert, 2016;

El resultado obtenido de la intensidad de color se debe a que cuanto más grandes sean los nódulos de *Rhizobium* sp. mayor actividad simbiótica existe y durante este proceso se producen enzimas como la poligalacturonasa y la celulasa que favorecen la intensidad del color de los frutos, también el proceso de la intensidad del color del fruto se debe a la presencia del etileno que proporciona la actividad bacteriana del rhizobium, sp. los cuales favorecen la intensidad del color del fruto. El resultado obtenido es corroborado por Maroto (2017), quien manifiesta que la intensidad del color de los frutos se debe a la presencia de enzimas benefactoras las cuales son la poligalacturonasa y la celulasa que se encargan de estimular en los tejidos de los frutos la enzima que fabrica las bacterias de rhizobium, sp. por otro lado también la intensidad del color del fruto es proporcionado por la presencia en grandes cantidades del etileno, las cuales son formados también por las bacterias de rhizobium. sp

También lo encontrado en la investigación lo corrobora Bauer y Mathesius (2016) que, manifiesta que la intensidad del color de los frutos se debe a la presencia en menor o mayor cantidad de los enzimas del grupo poligalacturonasa y celulasa que son los que proporcionan la gran variedad del colorido de los frutos, así mismo estas enzimas cuando se hallan en grandes cantidades facilitan la producción del etileno, que se encarga de la maduración y del color del fruto.

También Galibert (2016), manifiesta que el color de la intensidad de los frutos se debe a la presencia en gran escala de las bacterias *Rhizobium* que se encargan de la producción de nitrógeno, los cuales favorecen a la aparición de enzimas, los cuales dan el colorido al fruto a medidas que van madurando.

4.4. Rendimiento

4.4.1. Resultados descriptivos de la variable

Tabla 33. Rendimiento por planta de tomate

RENDIMIENTO DEL TOMATE (kilos / planta)			
Repeticiones	**T_1 (Testigo)**	**T_2 (Pucallpillo)**	**T_3 (Ega)**
R_1	1.350	3.960	2.576
R_2	1,476	4.032	2.604
R_3	1.458	4.176	2.744
R_4	1.368	3.888	2.576
R_5	1.404	3.924	2.548
$\bar{X}$	1.41	3.99	2.61

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34. Estadísticos descriptivos de rendimiento

TRATAMIENTO	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Testigo	1.350	1.476	1.41	0.054893
Pucallpillo	3.888	4.176	3.99	0.113842
EGA	2.548	2.744	2.61	0.077697

Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Resultados por objetivos

Evaluar el rendimiento a través de la colecta e inoculación de *Rhizobium* sp. asociados a raíces de *Solanum lycopersicum* (Tomate) en un suelo entisol de Yarinacocha - Tushmo.

Tabla 35. Pruebas de normalidad rendimiento

	Shapiro-Wilk		
TRATAMIENTO	Estadístico	gl	Sig.
Testigo	0.923	5	0.549
Pucallpillo	0.912	5	0.482
EGA	0.778	5	0.053

*. Considerado como límite inferior significación verdadera.

a. Enfoca Corrección significación Lilliefors

H_0: La variable Rendimiento de los frutos tiene una distribución normal

H_a: La variable Rendimiento de los frutos no tiene una distribución normal

Teniendo los pvalor mayores a 0.05 se determina estadísticamente que la variable rendimiento de frutos sigue una distribución normal, ver Tabla 35.

Tabla 36. Análisis de varianza (ANOVA) del rendimiento de los frutos

Rendimiento del fruto (Kg)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	16.732	2	8.366	1140.329	0.000
Dentro de grupos	0.088	12	0.007		
Total	16.820	14			

Fuente: Elaboración propia

H0: No hay diferencias entre medias de tratamientos en el rendimiento de frutos: $\mu_1=\mu_2=\mu_3=\mu$

Ha: Al menos uno de las medias de tratamientos en rendimiento de frutos es diferente a la otra.

En la Tabla 36 presentamos el Análisis de Varianza (ANOVA) del rendimiento de frutos, observándose un pvalor de 0.000, la misma que es menor a 0.05, rechazamos la hipótesis nula, determinándose que al menos una de las medias de tratamientos en el rendimiento de frutos es diferente, evidenciando que existen diferencias significativas entre los tratamientos. Al observar que existen diferencias significativas aplicamos la prueba de Tukey para establecer las diferencias.

Tabla 37. Prueba de Tukey del rendimiento de los frutos

		Subconjunto para alfa = 0.05		
TRATAMIENTO	N	1	2	3
Pucallpillo	5	3,99600		
Ega	5		2,60960	
Testigo	5			1,41120
Sig.		1.000	1.000	1.000

Visualizamos las medias para grupos en subconjuntos homogéneos.

a. Empleamos tamaño de muestra media armónica = 5,000.

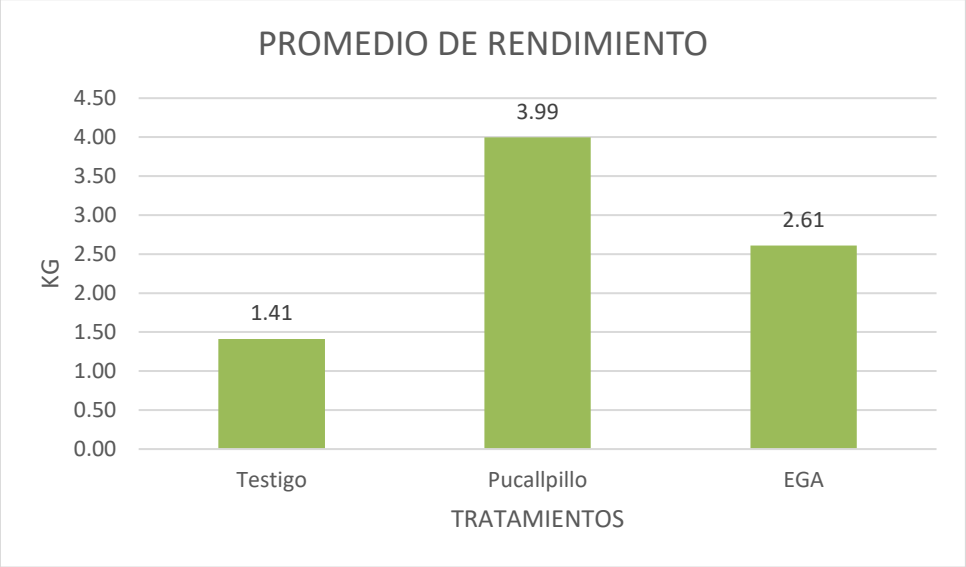


Figura 07: Rendimiento del fruto por tratamiento
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados observados en la Tabla 33, 34, 35, 36, 37 y Figura 07, encontramos, que el mejor tratamiento en cuanto al rendimiento por planta fue el T_2 que corresponde a Pucallpillo con 3.996 k/planta, con relación a los demás tratamientos que fueron menores como el T_3 que corresponde a Ega con 2.61 k/planta y el T_1 que fue el testigo con 1.41 k/planta. Así mismo se encontró una alta significancia del T_2 con relación a los otros tratamientos. El resultado obtenido se debe a que los nódulos de *Rhizobium* sp. colectados de la localidad de Pucallpillo fueron más grandes y rosados en comparación con los colectados de la localidad de Ega cuyos nódulos fueron más pequeños y poco rosados, por lo que manifestamos que la diferencia en cuanto al rendimiento en los diversos tratamientos, se debe a la asociación de *Rhizobium* sp. a raíces de las plantas, ya que se producen enzimas durante la simbiosis del *Rhizobium* sp. con la planta enzimas, nitrógeno, hormonas naturales, etileno, que son promovidos a la planta y transferidas a distintas partes, haciendo que las plantas tengan mayor cantidad de floración lo que conlleva a una mayor producción. El resultado obtenido es corroborado por Guamán (2016), que manifiesta que para mejorar el rendimiento de los cultivares, se debe utilizar aplicaciones asociadas de *Rhizobium* sp. a las semillas botánicas o esquejes para propiciar el mejor desarrollo, debido a que las bacterias de *Rhizobium* sp. fabrican en forma adecuada enzimas, producen el nitrógeno, producen el etileno, las mismas que se encargan de trasladarse a diferentes tejidos de la planta, incrementándose la floración, el cual conlleva a un mayor rendimiento.

Así mismos manifestamos que los suelos Amazónicos son pobres de nutrientes, especialmente de nitrógeno, obteniéndose rendimientos bajos, en nuestra investigación

utilizamos el *Rhizobium* sp. para fertilizar el suelo y mejorar las condiciones del contenido de nitrógeno en el suelo, esta aplicación mejoró el suelo obteniendo rendimientos óptimos en la cosecha. Los resultados obtenidos son reforzados por USAID (2005) que manifiestan que la región amazónica produce y consume tomate, desarrollándose en determinados casos un manejo intensivo e incorrecto de esta planta, porque utilizan productos químicos que han conducido a problemas de degradación ambiental en nuestro medio. Así mismo el nitrógeno (N) es un nutriente importante por las plantas de tomate, encontrándose este elemento en bajas concentraciones en suelos amazónicos.

También lo encontrado en la investigación lo corrobora Maroto (2017) que, manifiesta que para obtener mayores rendimientos en un cultivo, es necesario realizar aplicaciones de *Rhizobium* sp asociadas a las raíces de las plantas, esta actividad hace que se promuevan en la planta una buena cantidad de nitrógeno y enzimas, que favorecen a una mayor producción de floración, obteniéndose como producto final de esta actividad mayor rendimiento.

Así mismo lo encontrado en la investigación es corroborado por Santillana *et al* (2005), quienes manifiestan que para lograr obtener buenos rendimientos se deben utilizar aplicaciones de *Rhizobium* sp. asociadas a raíces, porque durante la etapa de simbiosis inducen a las enzimas a producir nitrógeno que la planta lo toma del ambiente, mejorando las características físicas del suelo, los cuales contribuyen a la mayor fructificación, obteniéndose altos rendimientos como de cosechas homogéneas.

V. CONCLUSIÓNES

- Se logró el 99 % de germinación de semillas de tomate asociadas con *Rhizobium* sp. de maní obtenidas de Pucallpillo, en relación con los demás tratamientos que fueron porcentajes menores, se determinó como mejor tratamiento al T_2 (Pucallpillo).
- Se obtuvo 110 nódulos de *Rhizobium* sp./ planta de tomate en el T_2 de Pucallpillo, en relación con los demás tratamientos que fueron menores, se determinó como mejor tratamiento al T_2 (Pucallpillo).
- En la calidad del fruto, en cuanto al peso del fruto/planta se obtuvo 109 g/fruto/planta en el $T_{2,}$ con *Rhizobium* sp procedente de Pucallpillo, siendo mayor en relación con los demás tratamientos que fueron menores, se consideró al T_2 de Pucallpillo como el mejor tratamiento del estudio. En tamaño de fruto por planta se obtuvo 7.8 cm de largo en el T_2 de procedencia de Pucallpillo, siendo mayor en relación con los demás tratamientos que fueron menores, se consideró como el mejor tratamiento del estudio al T_2 de Pucallpillo. En cuanto al ancho de fruto por planta se obtuvo 5.58 cm de ancho en el T_2 de procedencia de Pucallpillo, siendo mayor en relación con los otros tratamientos que fueron menores, se consideró al T_2 de Puallpillo como el mejor tratamiento del estudio. En cuanto al color del fruto por planta se obtuvo un color rojo intenso en el T_2 de procedencia de Pucallpillo, siendo la coloración rojo más intenso en relación con los otros tratamientos que fueron de color rojo más bajos, se consideró al T_2 de Pucallpillo como el mejor tratamiento del estudio.
- Se logró el mejor rendimiento de 3,996 k/planta en el T_2 con *Rhizobium* sp., obtenidas de Pucallpillo en relación con los demás tratamientos que fueron menores, se determinó como mejor tratamiento al T_2 procedente de Pucallpillo.

.

VI. RECOMENDACIÓNES

- Que se realicen estudios de producción de tomate asociadas con *Rhizobium* sp. sobre germinación de semillas utilizando diferentes horas de inmersión.

- Que se realicen estudios de producción de tomate asociadas con *Rhizobium* sp. utilizando diferentes cantidades y tamaños de nódulos.

- Que se realicen estudios de producción de tomate con *Rhizobium*, sp. utilizando diferentes colores adquiridos: rosados, verdes, blancos, para comprobar cuál es el más efectivo para obtener mejor calidad de fruto: peso, tamaño, diámetro, color.

- Que se realicen estudios de producción de tomate asociadas con *Rhizobium* sp. utilizando diferentes clases de bacterias fijadoras de nitrógeno para obtener mayores rendimientos.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Agarwall, S. 2015. Tomato lycopene and its role inhuman health and chronic diseases. 1 ed. Sargostha, Pakistan. Canadian Medical Association journal 163: 739-744 Vol 3. Link: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11022591/

Bauer, W. D; Mathesius, U. 2016. Plant responsis to bacterial quorum sensing signals. 2da. Edic.*Curr* Opin Plant Biol 7, p. 429-43. Vol 7(4). Link: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15231266/

Benimeli, F.M; Plascencia, A; Corbello, R; Andina, G.D; Sanzano, A. 2019. El nitrógeno del suelo: importancia. 1 ed. San Miguel, Tucumán. Universidad Nacional de Tucumán. 11 p. Link: file:///C:/Users/JUAN%20PEREZ/Downloads/El%20nitrogeno%20del%20suelo%202019.pdf

BIOFAG. 2017. Evaluación de un biofertilizante (*Azotobacter* y *Rhizobium*).

Red Iberoamericana de Biofertilizantes microbianos para la agricultura. Biofertilizantes en Iberoamérica visión técnica, científica y empresarial. Granada, España. Link: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10602

Brock. M. 2016. Biología de los microorganisms. Prentice Hall Hispanoamericana. Link:https://www.pearsoneducacion.net/peru/Inicio/brock-biologia-de-los-microorganismos-madigan-12ed-ebook

Casas. J. 2014. Curva de absorción de nutrientes en la biomasa estacional del cultivo de camu camu (*Myrciaria dubia* HBK Mc Vaugh) en suelos de Yarinacocha (Pucallpa). 1 ed. Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú. 80 p. Link: http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2344

Calero, H.A; Pérez, D.Y; Quinteros, R.E; Oliveira, V.D. Peña, C.K. 2019. Efecto de la aplicación asociada entre *Rhizobiumleguminosarun* y microorganismos eficientes sobre la producción del frejol común. Artículo de Investigación Científica y Tecnológica:1 ed. Manejo de sistemas productivos. ISNN 0122-4796 N° 2500-5308.205. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Colombia. Link: http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v20n2/0122-8706-ccta-20-02-00295.pdf

Carmona, V.L. 2013. Número de muestras sugeridas para estimar la población de *Oebalus insularis* en el cultivo de arroz (*Oriza sativa*) en el calabozo, estado de Guárico. 1 ed. Guárico, Venezuela. Nota técnica. Venezuela. Link:https://docplayer.es/31305947-Number-of-samples-required-to-estimate-the-population-of-oebalus-insularis-stal-in-rice-oriza-sativa-l-in-calabozo-guarico-state-venezuela.html

Carranza, C. 2016. Aislamiento e identificación de cepas nativas de *Rhizobiumleguminosarum* biovar *phaseoli*, de frijol común (*phaseolus vulgaris)* cultivado en los departamentos de Jutiapa y Chimaltenango. 1 ed. Universidad de San Carlos de Guatemala. Santiago, Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 58 p. Tesis posgrado de maestría. Link: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2236.pdf

Carrillo, F.A. 2015. Población y muestra: tamaño de muestra. 1 ed. México DF, México. Universidad Autónoma del Estado de México. 83 p.
Link: http://ri.uaemex.mx/oca/view/20.500.11799/35134/1/secme-21544.pdf

CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical. 2012. Simbiosis Leguminosa – Rizobio. Manual de Métodos de Evaluación, Selección y Manejo Agronómico. Ed. 2. Colombia. Editado por Rosemay Sylvester- Bradley.1-25.
Link:http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/Digital/AV_SB_317_.L43_S5_GUIA_Simbiosis_leguminosarizobio_Evaluaci%C3%B3n,_selecci%C3%B3n_y_manejo.pdf.

Daza, A; Santamana, C; Rodríguez, N.D; Camacho, M; Orive, R. 2016. Advances in Bio-inoculants. 1 ed. Nueva York, EE.UU. p 243-275.
Link:
https://www.researchgate.net/publication/281745046_A_review_on_plant_growth_promoting_rhizobacteria_acting_as_bioinoculants_and_their_biological_approach_towards_the_production_of_sustainable_agriculture

DRAU, 2020. Reportes de producción de tomate en la región. Pucallpa, Perú. 38 p.

FAO. 2020. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Prácticas agrícolas más comunes en América Latina: Densidades de siembra de tomate, y su efecto en rendimientos. 1 ed. Roma, Italia. Vol 1(4).
Link:http://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf

Ferrel, C.N. 2014. Efecto del *Rhizobiumetli* en el crecimiento de plantas de caña de azúcar (*Sacharun officinarum*) en condiciones de laboratorio. Rebiolest. Reviata Científica de Estudiantes. 1 ed. Trujillo, Perú. Tesis de pregrado.
Link:https://1library.co/document/wyejen7z-rhizobium-crecimiento-plantulas-saccharum-officinarum-azucar-condiciones-laboratorio.html

Frusciante. L; Carli. P; Ercolano. M.R; Pernice. R: Di-Matteo. A; Fogliano. V; Pellegrini. N. 2007. Composición nutricional del tomate, características físicas y calidad sanitaria del tomate.
Link: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/mnfr.200600158

Galibert, F. 2001. The composite genome of the legume symbiont *SinoRhizobiummeliloti*. Science 293: 668-672.
Link: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11474104/

Geurts, R. 2015 Nod factor signaling genes and their function in the early stages of *Rhizobium*infection. *Curr Opin Plant Biol* 8, p. 346-352.
Link: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15955723/

Gibson, K. 2018. Molecular Determinants of a Symbiotic Chronic Infection. *Ann Rev*. *Gen* 42, p. 413-441.
Link: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18983260/

Gonzáles, M.EY. 2013. Estudio de la diversidad de cepas de Rhizobium de nódulos de tres variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L). Facultad de Ciencias. Tesis para optar el título professional de Biologo.Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.
Link:http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3847

Guamán, F. 2016. Aislamiento y caracterización de Rizobios de Crotalaria sp en el Sur de Ecuador. Cultivos tropicales. Vol 37. P del 40-47.
Link: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362016000100006

Hernández, R. 2014. Metodología de la Investigación. México D.F.: McGraw-Hill. 2 ed. Recuperado el 05 de octubre del 2019 de:
Link:https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf

Huamán, P.E. 2019. Influencia de dos fuentes de materia orgánica enriquecidas con microrganismos eficientes en la producción de frejol; Sustratos: Aplicación de materia orgánica. 1 ed. Pucallpa, Perú. Universidad Nacional Ucayali. 81 p.
Link:
http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4201/UNU_AGRONOMIA_2020_T_ESTHER-HUAMAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y

INFOGRO. 2020. El cultivo del tomate (Parte I): Características morfológicas. 1 ed. Madrid, España. Revista agrícola.
Link: https://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm

Lodwig, E; Allaway, B; Crompton, LA. 2018. Ed. 3. Metabolism of Rhizobiumbacteroids. Crit Rev Plant Sci 22, 37-38.
https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/713610850

López, M. LM. 2017. Manual técnico del cultivo de tomate.1 ed. San José, Costa Rica. 126 p.
Link: http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf

Lewis, G; Schrire, B; Mackinder, B; Lock, M. 2005. Legumes of the World. Royal. Botanic. Gardens. Kew, UK.
Link: https://www.redalyc.org/pdf/577/57707707.pdf

Lloret y Martínez. 2005. Evolución y filogenia de Rhizobium. Ed. 2. Revista Latinoamericana de Microbiología Vol 47 (1.2) 43 - 60.

https://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2005/mi05-1_2f.pdf

Maroto, J.V. 2017. Horticultura herbácea especial. 5ta Edición. Ediciones Multi – Prensa. Madrid - España. 702 p.
Link:https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484760429/horticultura-herbacea-especial

Martínez, E. 2016. Poblaciones de Rhizobia nativas de México. Centro de investigación sobre la fijación de nitrógeno, UNAM. Edición actualizada. Cuernavaca, Morelos, México. Link: http://www.acuedi.org/ddata/2220.pdf

Moulin, L; Un Munive, B; Coivin, M. C. 2001. Nodulation of legumes by members of the beta subclass of Proteobacteria. Ed. 2. Nature 411, 948-950.
Link: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11418858/

Nuez, F; Prohens, J; Blanca J. M. 2017. Relationships, origin, and diversity of Galapagos tomatoes: implications for the conservation of natural populations. American journal of Botany. 2017; 91:86-99.
Link: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21653366/

Peralta, I.E; Knapp, S; Spooneer, D.M. 2016. Nomenclature fr wild and cultivated tomatoes. Rep. Tomato Genet. Coop. 56: 6-12.
Link: file:///C:/Users/JUAN%20PEREZ/Downloads/IND43943768.pdf

Radwan, S.S; Nimr, I; Dashti, N; Khanafer, M. 2017. Hydrocarbon utilization by nodule bacteria and plant growth-promoting rhizobacteria. Ed.2. Int J Phytoremediation 9, 475-486.
Link: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18246774/

Ruiz, H. VC; Olan, M; Espitia, R.E; Sangerman, J.D; Hernández, C. JM. 2013. Variabilidad cualitativa y cuantitativa de accesiones de amaranto determinada mediante caracterización morfológica: Caracteres de clasificación. 1 ed. México DF, México. Scielo. Revista mexicana de ciencias agrícolas. ISSN 2007-0934.
Link:http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000500011.

Rojas, D, 2018. Tesis: Estandarización de un medio de cultivo complejo para la multiplicación de la Cepa C50 de Rhizobiumsp.. Universidad Pontificia Javeriana. Bogota, Colombia. 122 p.
Link: http://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/131

Sathe, S. K. 2017. Dry bean protein functionality. Crit Rev Biotechnol 22, 175-223.
Link: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12135167/

Santillana, N; Núñez, M; Zúñiga, D. D. 2005. Capacidad del Rhizobiumde promover el crecimiento en plantas de tomate (Lycopersicon esculentum Miller). Departamento Académico de Biología. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.

Link:http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162005000100007

SENAMHI. 2020. Datos meteorológicos de Yarina: temperatura, precipitación, humedad relativa. Pucallpa, Perú.

Tjalling, H.H. 2006. Guía de manejo Nutricional Vegetal de Especialidad Tomate: Siembra. 1 ed. Australia. Universidad de Adelaida. 84 p.
Link: http://www.sqm-vitas.com/Portals/0/pdf/cropKits/SQM-Crop_Kit_Tomato_L-ES.pdf

Toledo, D.N. 2015. Población y muestra. Universidad Autónoma del Estado de México.
Link: http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/63099

Urzúa, H., 2015. Beneficios de la fijación simbiótica de Nitrógeno en Chile. Ciencia e Investigación Agraria 32(2) P133-150.
Link: https://www.researchgate.net/publication/28097481_Beneficios_de_la_Fijacion_Simbiotica_de_Nitrogeno_en_Chile

USAID. 2005. Manual de Producción de tomate. EE. UU.
Link: https://es.scribd.com/document/186864272/USAID-RED-Manual-Produccion-03-Tomate-11-05

Velázquez, E; Peix, A; Silva, L. R. 2017. Legumes: a healthy and ecological source of flavonoids. Curr Nutr Food Sci 6, 109-144.
Link: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6605017/

Villanueva, E y Quintana, A. 20122. Aislamiento y selección de bacterias nativas de rizobios fijadores de nitrógeno, a partir de nódulos radiculares de Phaseolus vulgaris. Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo – Perú.
Link:///C:/Users/JUAN%20PEREZ/Downloads/659-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2773-1-10-20170530%20(4).pdf

Vicent, JM. 1975. Aislamiento, caracterización, y evaluación de Rhizobiumpara leguminosas forrajeras en suelos ácidos América Tropical. 1 ed. Buenos Aire, Argentina. Editorial Hemisferio Sur. p4.
Link:http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/Digital/SB208.A4B6C.1_Aislamiento,_caracterizaci%C3%B3n_y_evaluaci%C3%B3n_de_rizobios_para_leguminosas_forrajeras.pdf

Wang, T; Martínez, R.J; López, L. 2002. Rhizobiumy su destacada labor con plantas: La simbiosis rhizobium-leguminosa. 1 ed. México DF, México. Universidad Nacional Autónoma México. 34 p.
Link: http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/Cap8/

Young, J. P. W. 2018. Phylogenetic classification of nitrogen-fixing organisms. pp. 43-86. In: Stacey, Burns, y Evans (Eds.). Edition actualized. Biological Nitrogen Fixation.Chapman & Hall, New York, U.S.A.
Link: https://scholar.google.com/citations?user=ordDMX0AAAAJ&hl=es#d=gs_md_cita-d&u=%2Fcitations%3Fview_op%3Dview_citation%26hl%3Des%26user%3DordDMX0AAAAJ%26citation_for_view%3DordDMX0AAAAJ%3AYsMSGLbcyi4C%26tzom%3D300

Zapata, N; Vargas, M; Vera, F. 2017. Crecimiento y productividad de dos genotipos de maní (Arachis hypogaea L.) según densidad poblacional establecidos en Ñuble, Chile. IDESIA (Chile) Septiembre - Diciembre. Volumen 30, Nº 3. p 47-54.
Link:https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718 34292012000300006.

VIII. ANEXOS

8.1. Iconografía del desarrollo de la investigación

8.1.1. Colecta del *Rhizobium*de maní de la localidad de Pucallpillo y Ega

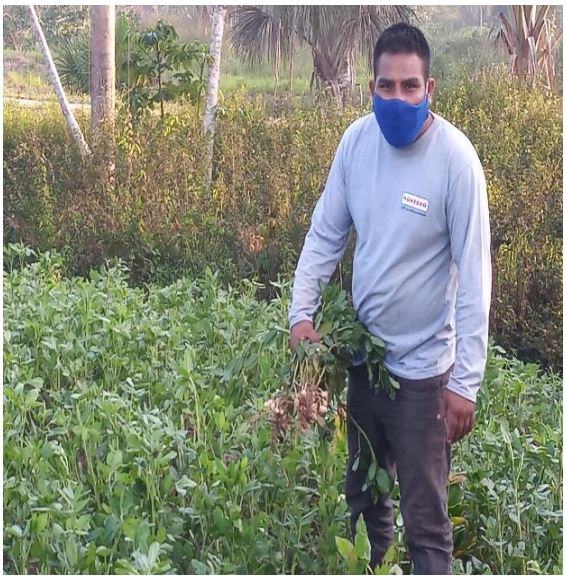


Figura 08. Recopilación de *Rhizobium* sp. de plantas de maní de Pucallpillo.



Figura 09. Recopilación de *Rhizobium* sp. plantas de maní de Ega.



Figura 10. Plantas de maní en época de cosecha.



Figura 11. Extracción de la raíz de maní.

8.1.2. Muestras de *Rhizobium* sp. de la planta de maní



Figura 12. Muestras de maní cosechado para semilla.

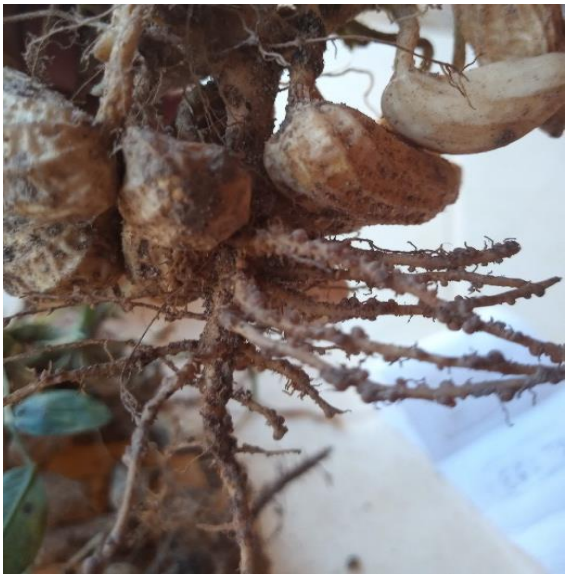


Figura 13. Planta de maní con *Rhizobium* sp.



Figura 14. Muestra de *Rhizobium* sp. de Pucallpillo



Figura 15. Muestra de *Rhizobium* sp. de Ega

8.1.3. Pesaje de las muestras de *Rhizobium* sp.



Figura 16. Balanza para la medición de muestras en la investigación.



Figura 17. Investigador graduando la medida



Figura 18. Pesada del *Rhizobium* sp. de la de la localidad de Pucallpillo .



Figura 19. Pesada del *Rhizobium* sp. localidad de Ega.

8.1.4. Preparación del *Rhizobium* sp. para la investigación



Figura 20. Lavada de las raíces de maní conteniendo los *Rhizobium*. sp



Figura 21. Extracción de los nódulos de *Rhizobium* sp por el Investigador.



Figura 22. Investigador seleccionando los *Rhizobium.* Sp.



Figura 23. Muestra extraído de *Rhizobium* sp para la investigación.



Figura 24. Moliendo del *Rhizobium sp.*



Figura 25. Preparación del YMA



Figura 26. Preparado Yma para la muestra de Pucallpillo.



Figura 27. Preparado Yma para la muestra de Ega.



Figura 28. Cultivo de *Rhizobium* sp de Muestras de Pucallpillo.



Figura 29. Cultivo de *Rhizobium* sp de muestras de Ega.



Figura 30. Muestra preparada de Pucallpillo.



Figura 31.Investigador terminando la adición de los insumos para el cultivo YMA.

8.1.5. Preparación del terreno, almácigo, siembra del tomate



Figura 32.Investigador seleccionando el terreno para la siembra tomate



Figura 33. Preparación del almácigo



Figura 34.Investigador mostrando la lata de tomate río grande.



Figura 35. Almácigo para la investigación.



Figura 36. Plántulas de tomate en almácigo



Figura 37. Plántulas de almácigo en riego



Figura 38. Plántulas de tomate con riego a primeras horas de la mañana.



Figura 39. Muestra de una plántula de tomate.

8.1.6. Puesta de las plántulas en bolsas para el vivero, siembra terreno definitivo



Figura 40. Repique de plántulas en bolsas.



Figura 41. Siembra de las plantas de tomate terreno definitivo.



Figura 42. Planta de tomate asociado con *Rhizobium* sp. de Pucallpillo.



Figura 43. Planta de tomate asociado con *Rhizobium* sp de Ega.

8.1.7. Muestra de las raíces de tomate conteniendo rhizobium



Figura 44. Muestra del contenido de *Rhizobium* sp. asociadas a raíces de tomate después de la cosecha. T2: Pucallpillo



Figura 45. Muestra del contenido de *Rhizobium* sp asociadas a raíces de tomate después de la cosecha. T3: Ega.

8.1.8. Producción de tomate con *Rhizobium* sp asociados a raíces de tomate



Figura 46. Muestras de la producción de tomate en sus diferentes Tratamientos: Testigo, Pucallpillo, Ega.



Figura 47. Muestras de la producción de tomate en el testigo sin Rhizobium sp.



Figura 48. Muestras de la producción de tomate en, *Rhizobium* sp. de Pucallpillo asociado a plantas de tomate.

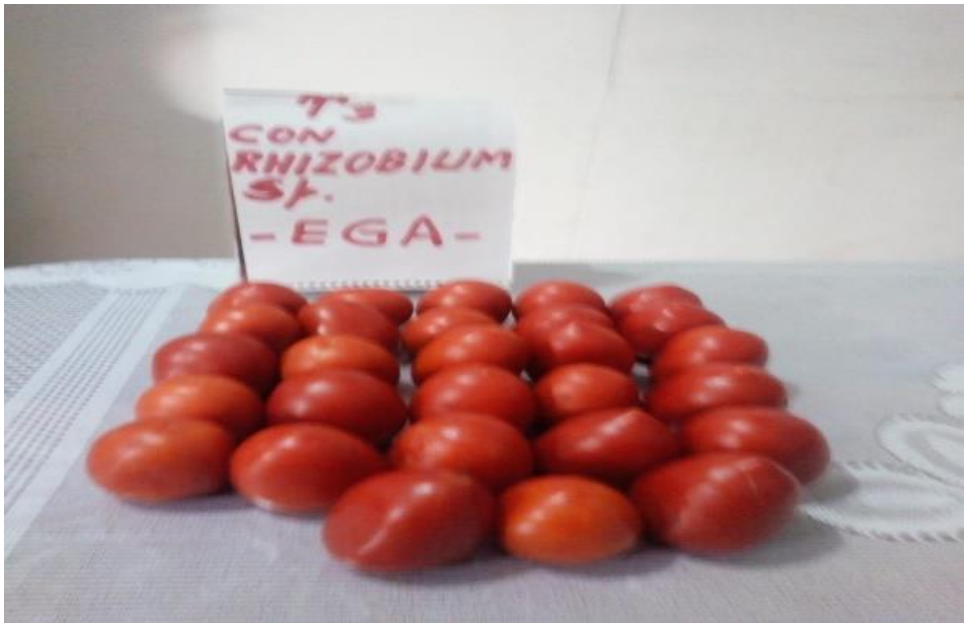


Figura 49. Muestras de la producción de tomate en, *Rhizobium* sp de Ega asociado a plantas de tomate.

8.2. Base de datos de las variables de la investigación

PORCENTAJE DE GERMINACION			
REPETICIONES	**T1 TESTIGO**	**T2 PUCALLPILLO**	**T3 EGA**
R1	88	99	91
R2	87	98	93
R3	86	99	94
R4	85	100	92
R5	86	99	93

CANTIDAD DE NODULOS *RHIZOBIUM* SP.			
REPETICIONES	**T1 TESTIGO**	**T2 PUCALLPILLO**	**T3 EGA**
R1	0	120	80
R2	0	110	85
R3	0	90	90
R4	0	120	86
R5	0	110	89

CALIDAD DEL FRUTO: PESO (g / fruto)			
REPETICIONES	**T1 TESTIGO**	**T2 PUCALLPILLO**	**T3 EGA**
R1	75	110	92
R2	82	112	93
R3	81	116	98
R4	76	108	92
R5	78	109	91

CALIDAD DEL FRUTO: TAMAÑO (LARGO EN cm / fruto)			
REPETICIONES	**T1 TESTIGO**	**T2 PUCALLPILLO**	**T3 EGA**
R1	5	7.8	6.3
R2	5.9	8.1	6.2
R3	5.3	7.2	6.6
R4	5.1	7.9	6.4
R5	5.6	8	6.7

CALIDAD DEL FRUTO: TAMAÑO (ANCHO EN cm / fruto)			
REPETICIONES	**T1 TESTIGO**	**T2 PUCALLPILLO**	**T3 EGA**
R1	3.8	5.6	4.7
R2	3.7	5.4	4.9
R3	4	5.7	4.8
R4	3.9	5.9	4.1
R5	3.5	5.3	4.6

CALIDAD DEL FRUTO: COLOR / fruto			
REPETICIONES	**T1 TESTIGO**	**T2 PUCALLPILLO**	**T3 EGA**
R1	4	9	6
R2	5	9	7
R3	3	10	7
R4	4	9	6
R5	5	9	7

RENDIMIENTO (KILOS / PLANTA)			
REPETICIONES	**T1 TESTIGO**	**T2 PUCALLPILLO**	**T3 EGA**
R1	1.35	3.96	2.576
R2	1.476	4.032	2.604
R3	1.458	4.176	2.744
R4	1.368	3.888	2.576
R5	1.404	3.924	2.548