

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**Co-inoculación (*Rhizobium* y *Azospirillum*), en el rendimiento de
forraje de avena Mantaro 15 (*Avena sativa* L.), en la comunidad de
Cochabamba 4100 msnm - Ayacucho**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:
Bach. Claudio Carlos Palomino Espinoza**

**ASESOR:
Ing. Dimas Alberto Quintanilla Melgar**

Ayacucho - Perú

2023

DEDICATORIA

A Dios: por guiarme y darme el don de la perseverancia para alcanzar mis metas.

Con mucho amor y cariño a mis padres: Claudio julio Palomino y Delia Espinoza. Quienes han sido el aliento y estímulo para culminar el presente trabajo de investigación.

A mis hermanos por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar:

Walter, Edumensia, Reyna, Wilber, Liliana, Raquel, Rusbel, Yenifer, Aydee y Anderson, quienes me motivan para seguir adelante.

A mis amigos por brindarme el apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater, **Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga**, Facultad de Ciencias Agrarias, especialmente a la Escuela Profesional de Agronomía, por acogerme en sus aulas y poder culminar mis estudios satisfactoriamente, con mí anhelo de ser un profesional competente.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía, que gracias a sus enseñanzas y sabidurías científicas contribuyeron en mi formación profesional.

Al Ing. Dimas Quintanilla Melgar, por su asesoramiento, orientación y apoyo para la culminación del presente trabajo de investigación.

Al Ing M.Sc. Alejandro Camasca Vargas, por su confianza y motivación constante en la realización del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Cayo García-Blásquez Morote, por su asesoramiento del presente estudio, por el tiempo dedicado y los conocimientos científicos brindado así como también haberme tenido toda la paciencia para guiarme durante todo el desarrollo de la investigación.

Al Ing. Susan Milagros Alarcón Romaní, por sus sabios consejos y conocimientos brindados para la realización y culminación del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXO	xi
RESUMEN.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPITULO I	
1. MARCO TEÓRICO	14
1.1. Origen y distribución.....	14
1.2. La avena a nivel mundial y regional.....	14
1.3. Taxonomía.....	16
1.4. Requerimiento edafoclimáticas de la avena	17
1.4.1. Agua	17
1.4.2. Temperatura.....	18
1.4.3. Suelo	18
1.4.4. Fertilización.....	18
1.5. Época de siembra.....	19
1.6. Densidad de siembra.....	20
1.7. Época de cosecha.....	20
1.8. Fases fenológica de la avena	21
1.9. Características morfológicas de la avena	23
1.9.1. Raiz.....	23
1.9.2. Tallo.....	24
1.9.3. Hoja	24

1.9.4.	Flor	24
1.9.5.	Fruto	24
1.10.	Rendimiento de la avena forrajera.....	25
1.11.	Requerimiento nutricional del cultivo de avena	25
1.11.1.	Nitrógeno.....	26
1.11.2.	Fosforo.....	26
1.11.3.	Potasio	26
1.12.	Inoculación	27
1.12.1.	Métodos y técnicas de inoculación.....	27
1.13.	Co-inoculacion	29
1.14.	Bacterias fijadoras de nitrógeno	29
1.14.1.	Azospirillum	29
1.14.2.	Rhizobium	31
1.15.	Beneficios logrados con la inoculación.....	31

CAPITULO II

2.	METODOLOGÍA	33
2.1.	Ubicación del lugar de investigación	33
2.2.	Antecedentes del campo experimental	33
2.3.	Problemas específicos	33
2.4.	Tratamientos	34
2.5.	Condiciones metereológicas	35
2.6.	Material experimental.....	37
2.6.1.	Semillas	37
2.6.2.	Inoculante de Azospirillum	37
2.6.3.	Inoculante de Rhizobium.....	37
2.7.	Unidad experimental	37
2.8.	Descripción del campo experimental	38
2.9.	Conducción del experimento.....	39
2.9.1.	Preparación de terreno.....	39
2.9.2.	Abonamiento	39

2.9.3.	Trazado del terreno.....	39
2.9.4.	Inoculación	40
2.9.5.	Siembra.....	40
2.9.6.	Densidad de siembra.....	40
2.9.7.	Control de arvenses	40
2.9.8.	Cosecha.....	40
2.10.	Variables evaluados.....	41
2.10.1.	Altura de la planta y longitud de raíz	41
2.10.2.	Peso fresco y peso seco de la parte aérea de la avena forrajera	41
2.10.3.	Peso fresco y peso seco de la raíz.....	41
2.10.4.	Porcentaje de Nitrógeno	41
2.11.	Diseño experimental.....	41
2.12.	Análisis estadístico	42

CAPITULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
3.1.	Altura de planta y longitud de raíz	43
3.1.1.	Altura de planta	43
3.1.2.	Longitud de raíz.....	47
3.2.	Rendimiento en peso	50
3.2.1.	Peso fresco total.....	50
3.2.2.	Peso fresco del follaje.....	52
3.2.3.	Peso fresco de la raíz	54
3.2.4.	Peso seco del follaje	57
3.2.5.	Peso seco de la raíz.....	60
3.2.6.	Contenido de nitrógeno	63
3.3.	Asociación entre caracteres	65

CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
ANEXOS..	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Producción y rendimiento de la avena forrajera en las provincias de Ayacucho	15
Tabla 1.2 Producción de la avena forrajera en los distritos de Ayacucho	16
Tabla 1.3. Dosis de fertilización en avena forrajera	19
Tabla 2.1. Temperatura máxima, mínima y precipitación, correspondiente a la campaña agrícola 2020 – 2021.....	35
Tabla 3.1 Análisis de variancia de la altura de planta en la co-inoculación (<i>Rhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>), de avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	43
Tabla 3.2 Promedios de la altura de planta por tratamiento y número de días en avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	45
Tabla 3.3 Análisis de variancia de la longitud de raíz en la co-inoculación (<i>Rhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>), de avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	47
Tabla 3.4 Promedios de la longitud de raíz por tratamiento y número de días en avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	49
Tabla 3.5 Análisis de variancia del peso fresco total de la planta en la co-inoculación (<i>Rhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>), de avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.) en relación al testigo.	50
Tabla 3.6 Promedios del peso fresco total por tratamiento y número de días en avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	51
Tabla 3.7 Análisis de variancia del peso fresco de follaje en la co-inoculación (<i>Rhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>), de avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	52
Tabla 3.8 Promedios del peso fresco del follaje por tratamiento y número de días en avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	53
Tabla 3.9 Análisis de variancia del peso fresco de la raíz en la co-inoculación (<i>Rhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>), de avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	54
Tabla 3.10 Promedios del peso fresco de la raíz por tratamiento y número de días en avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	56
Tabla 3.11 Análisis de variancia del peso seco del follaje en la co-inoculación (<i>Rhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>), de avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	57

Tabla 3.12 Promedios del peso seco del follaje por tratamiento y número de días en avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	58
Tabla 3.13 Análisis de variancia del peso seco de la raíz en la co-inoculación (<i>Rhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>), de avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	60
Tabla 3.14 Promedios del peso seco de la raíz por tratamiento y número de días en avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	61
Tabla 3.15 Análisis de variancia del contenido de nitrógeno del follaje en la co-inoculación (<i>Rhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>), de avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	63
Tabla 3.16 Prueba de Tukey del contenido de porcentaje de nitrógeno de la parte aérea para el efecto de tratamientos en avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	64
Tabla 3.17 Coeficientes de correlación entre caracteres en avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Fases fenológico de la avena.....	23
Figura 2.1. Temperatura (máxima, mínima), precipitación y balance hídrico mensual correspondiente a la campaña agrícola 2020 - 2021, de la estación meteorológica de Allpachaka - Ayacucho	36
Figura 3.1. Prueba de Tukey de la altura de planta para el efecto principal de <i>Azospirillum</i> a los 30 días y efecto de tratamientos a los 150 días en avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).....	44
Figura 3.2. Relación altura de planta y número de días en avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).....	46
Figura 3.3. Prueba de Tukey de la longitud de raíz para el efecto de tratamientos a los 30, 60, 90 y 120 días en avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).....	48
Figura 3.4. Relación longitud de raíz y número de días en avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	49
Figura 3.5. Relación peso fresco total y número de días en avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.). Cochabamba, 4100 msnm – Ayacucho.....	51
Figura 3.6. Relación peso fresco del follaje y número de días en avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	53
Figura 3.7. Prueba de Tukey del peso fresco de la raíz para el efecto de tratamientos a los 60, 90 y 120 días en avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).....	55
Figura 3.8. Relación peso fresco de la raíz y número de días en avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.)	56
Figura 3.9. Relación peso seco del follaje y número de días en avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	59
Figura 3.10. Prueba de Tukey del peso seco de raíz para el efecto de tratamientos a los 30 y 60 días en avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	61
Figura 3.11. Relación peso seco de la raíz y número de días en avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.).	62

ÍNDICE DE ANEXO

ANEXO 1. Evaluación de la co-inoculación (<i>Rhizobium</i> , <i>Azospirillum</i>) en el rendimiento de avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.) Cochabamba 4100 msnm – Ayacucho.	75
ANEXO 2. Análisis de suelo y estiércol	79
ANEXO 3. Análisis foliar de la avena realizado por el laboratorio VALLE GRANDE en estado fenológico de grano pastoso a los 150 días.....	82
ANEXO 4. Panel fotográfico.....	82

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de evaluar la inoculación y la co-inoculación (*Rhizobium* y *Azospirillum*) en el rendimiento de forraje de avena Mantaro 15. Se utilizó el diseño bloque completo randomizado (DBCR 4 x 5) haciendo un total de 20 unidades experimentales. las variables evaluadas fueron: Altura de la planta (cm), Longitud de raíz (cm), peso de forraje verde aéreo (g), peso fresco de la raíz (g), Peso fresco total de la planta (g), igualmente en materia seca (g) y porcentaje de nitrógeno en la planta (%N). Los resultados muestran la influencia de las bacterias fijadoras de nitrógeno en forma significativa, sobre la altura de la planta con el tratamiento de *Azospirillum* (155.50 cm), así como en la longitud de la raíz (15.08 cm), en el peso fresco del forraje con (35.54 g) y el peso total de la planta (37.96 g), con rendimiento de (56.80 T FV. ha⁻¹), en cuanto al peso fresco de la raíz por planta se logró el mejor resultado con el tratamiento (T2) interacción *Azospirillum* + *Rhizobium* (4.84 g/plta). Igualmente para la materia seca de la parte aérea (11.580 g/plta) lográndose un rendimiento de materia seca (14.88 T MS.ha⁻¹). Con respecto al mayor rendimiento de materia seca de la raíz se obtiene con el tratamiento de *Azospirillum* (1.40 g/plta). Sobre el contenido de nitrógeno en el forraje verde se logra el mayor porcentaje con la co-inoculación *Azospirillum* + *Rhizobium* (0.88 %) seguido por los tratamientos de *Azospirillum* (0.87%), *Rhizobium* (0.78%), nitrógeno sintético (0.76%) y el testigo (0.60%) estos resultados de nitrógeno está relacionado con la calidad nutricional de la planta. Siendo los tratamientos significativo con respecto al testigo.

Palabra clave: Inoculación, Co-inoculación, *Azospirillum*, *Rhizobium*, rendimiento

INTRODUCCIÓN

La avena (*Avena sativa* L.) es una gramínea anual muy versátil en su adaptabilidad a distintas condiciones ambientales y de manejo. Argote & Ruiz, (2011) indican que esta especie posee características de alto rendimiento de forraje verde comparado a los cultivares tradicionales sembradas en la sierra del Perú. Por lo cual es un forraje de alto valor nutricional para los animales, en época de estiaje es un forraje muy apetecible para los ganados.

Argote & Ruiz, (2011) para obtener un rendimiento de forraje optimo es necesario ciertas condiciones tales como la humedad relativa que debe variar entre 60 a 75 %, esta especie se cultiva entre altitudes de 2,500 a 4,200 msnm. Requiere una precipitación de 500 a 700 mm para un crecimiento y desarrollo adecuado; la temperatura máxima debe variar entre 16 a 17° C y una mínima de 6 a 8° C. el pH Alcalino: 7.3 a 8.0, aunque puede tolerar suelos con tendencia acida (pH: 5.5 a 6.8).

La avena forrajera es un cereal que requiere la aplicación de fertilizante nitrogenada, en la actualidad existe la necesidad de restablecer parte de los nutrientes extraídos por la cosecha. Para reponer los nutrientes del suelo existen dos posibilidades; la fertilización química y la fertilización biológica. Con esta última, se evita la contaminación ambiental, se ahorra el costo de producción y se alarga la vida útil del suelo Paredes, (2013), así como también, aumenta la tasa de germinación, altura de la planta, tamaño de las hojas, índice del área foliar, número de espigas, contenido de nitrógeno en la planta, peso del grano y aumento del peso seco total de la planta (Parra & Cuevas, 2002).

Por otro lado, la producción es muy variada en la región de Ayacucho obteniendo rendimientos bajos, en la comunidad campesina de Cochabamba II Alta no dispone de datos estadísticos de producción en avena forrajera.

Por lo cual, hay la necesidad de evaluar las características morfológicas y fisiológicas de la avena forrajera utilizando las bacterias fijadoras de nitrógeno para promover la producción de forraje; luego recomendar a los productores el uso de estas bacterias (*Azospirillum* y *Rhizobium*) en los pastos forrajeros, y reducir el uso de fertilizantes nitrogenado y así solucionar en parte la problemática de la falta de pastos y mejorar el índice de producción de los pequeños productores.

El presente trabajo de investigación se realizó en condiciones de campo, para contribuir a un mejor conocimiento de tecnología del cultivo en la producción de avena forrajera, a fin de reducir el uso indiscriminado de fertilizantes químicos sintéticos en la región y en la comunidad de Cochabamba-Chiara.

El presente estudio se llevó a cabo con los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar el efecto de la co-inoculación con bacterias *Azospirillum* y *Rhizobium*, en el rendimiento de forraje de avena Mantaro 15 (*Avena sativa* L.) en la comunidad de Cochabamba.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de las bacterias de *Azospirillum* en el rendimiento de la avena forrajera (*Avena sativa* L.), en relación a los controles sin inoculación.
2. Evaluar el efecto de las bacterias de *Rhizobium* en el rendimiento de la avena forrajera (*Avena sativa* L.), en relación a los controles sin inoculación.
3. Evaluar la interacción de la inoculación *Azospirillum* y *Rhizobium* en el rendimiento de la avena forrajera (*Avena sativa* L.) en relación al testigo

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Origen y distribución

La avena cultivada tiene su origen en el Asia Central, la historia de su cultivo más bien es desconocida, aunque parece confirmarse que este cereal no llegó a tener mucha importancia en épocas tan tempranas como el trigo o la cebada. Antes de ser cultivada la avena fue considerada una mala hierba de estos cereales. Los restos más antiguos encontrados de cultivos de avena se localizan en Europa Central, y están datados en la edad de bronce (Guerrero, 2012, p. 5)

El origen de la variedad INIA 901-Mantaro 15 M, es el Valle del Mantaro - Sierra Central del Perú. El germoplasma base se obtuvo de colecciones de avena denominada Mantaro sembrada en la sierra central. La mejora genética se inicia en 1993 con un programa de selección recurrente fenotípica en base al método de panoja – hilera, durante 10 ciclos de selección, en la estación experimentación Agraria Santa Ana – Huancayo, comprobada y validada por los productores (Noli et al., 2017)

1.2. La avena a nivel mundial y regional

La avena ocupa el quinto lugar en producción mundial de cereales, siendo el cereal de mayor importancia en climas templados y fríos del hemisferio norte. Su principal aprovechamiento es en la alimentación animal como forraje, en pastoreo, heno o ensilado, siendo en cualquier estado un forraje apetecible y digestible para el ganado (Álvarez, 2017)

AGRORURAL, (2018) Menciona que en el Perú se siembra el cultivo de avena como forraje en mayor proporción en las regiones de Puno, Cusco y Huancavelica, para así suplementar la alimentación de animales en épocas de escasez, mientras que el boletín estadístico mensual MINAGRI, (2020) informa que en el Perú la superficie sembrada de avena como forraje, para la campaña agrícola de agosto a diciembre del 2020 – 2021, fue de 104,179 mil hectáreas, superior anteriores campañas agrícolas, por lo cual la producción de avena forrajera va en una escala ascendente. Mientras que en la región de Ayacucho la superficie sembrada de avena forrajera disminuyó en menos 2.14%, lo cual este resultado se debe a muchos factores latente en la agricultura.

Tabla 1.1

Producción y rendimiento de la avena forrajera en las provincias de Ayacucho

PROVINCIA	2019 - 2020		2020 - 2021	
	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
Huamanga	34737	16.59	58000	8.69
Cangallo	71474	16.90	48841	14.97
Huanta	2385	15.52	2116	11.90
Lucanas	513	9.38	-	-
La Mar	639	14.84	287	11.04
Sucre	4703	27.03	135	15.00
Parinacochas	1837	19.38	1135	11.44
Huanca Sancos	2959	39.69	3774	34.85
Víctor fajardo	2763	14.03	2713	12.97
Vilcashuaman	6,166	14.13	7,218	13.71
Paucar del Sara Sara	853	13.32	1,655	15.22
Total	129,029	200.80	125,874.00	149.78

FUENTE: Direccion Regional Agraria Ayacucho -DRAA, (2021)

La producción a nivel del distrito de Ayacucho, Chiara ocupa el primer lugar (tabla 1.2) en producción y rendimiento actualmente en los últimos años, sin embargo, los datos no es el mejor resultado a nivel de la región y del Perú, por lo cual se requiere mayor trabajo e investigación en esta área.

Tabla 1.2

Producción de la avena forrajera en los distritos de Ayacucho

DISTRITO DE AYACUCHO	2019 - 2020		2020 - 2021	
	producción (t)	Rendimiento (t/ha)	producción (t)	Rendimiento (t/ha)
Acocro				
Acosvinchos	519	15.26	-	-
A. Cáceres Dorregaray		-	-	-
Carmen alto	496	17.1	521	17.37
Chiara	17778	19.12	39876	23.62
Jesús nazareno	-	-	-	-
Ocros	240	16	156	15.6
Pacaycasa	-	-	-	-
Quinua	80	16	-	-
San José de Ticllas	120	12	276	12
San Juan bautista	-	-	-	-
Santiago de pischa	-	-	-	-
Socos	4460	18.98	1344	18.93
Tambillo	418	16.08	144	16
Vinchos	10626	18.81	15683	20.48
Total	34737	149.35	58000	139

Fuente: Dirección Regional Agraria Ayacucho - DRAA, (2021)

1.3. Taxonomía

Según Guerrero, (2012) describe la clasificación taxonómica de la siguiente manera:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: Avena

Especie: *Avena sativa* L.

Nombre común: avena

1.4. Requerimiento edafoclimáticas de la avena

Flores, (2005) menciona que la avena se adapta a climas frios y templados. En el Perú se cultiva desde los 1,500 hasta los 4,000 m.s.n.m de altitud, en los niveles medios y altos de la sierra. Sin embargo Villanueva, (2006) considera que la avena es muy sensible a la sequía y a las altas temperaturas sobre todo durante la época de floración y la formación de grano, por esta razón la etapa fenológica del cultivo no debe coincidir con los tiempos críticos.

Como afirma INIA-Huancayo, (2006) la avena forrajera de la variedad Mantaro 15 se cultiva en la sierra del Perú a distintas condiciones agroclimáticas de la zona, cuando se cultiva para la producción de forraje verde se siembra a altitudes que varían de 3,200 hasta los 4,200 msnm, mientras que cuando se cultiva para la producción de semilla se siembra desde los 3,200 hasta los 3,400 msnm obteniéndose buenos rendimientos.

Sin embargo MINAGRI, (2015) menciona que el cultivo de avena se adapta a zonas altoandinas, entre 2,000 a 4,400 msnm obteniendo un rendimiento considerable, siempre y cuando se realice un buen manejo agronómico en cada etapa del cultivo.

1.4.1. Agua

Villanueva, (2006) menciona que la avena es muy exigente al recurso hídrico por tener un elevado coeficiente de transpiración, superior a otros cereales, sin embargo el exceso de humedad perjudica su crecimiento y desarrollo. Por lo tanto la avena exige épocas con suficiente agua y días soleados, cuando estas condiciones climáticas ocurren, se obtienen buena producción y rendimiento.

Según Argote & Ruiz, (2011) el cultivo de avena forrajera requiere una precipitación anual de 500 a 700 mm durante el ciclo para un crecimiento y desarrollo adecuado de manera que se obtendrá alto rendimiento en biomasa, por esta razón es importante la disponibilidad de agua. Por su parte Servin et al., (2018) llegan a la conclusión en un trabajo de investigación realizado que el cultivo de avena como forraje expresa su máxima producción cuando acumula la cantidad de nutriente necesario.

1.4.2. Temperatura

Lara, (2012) da a conocer que la avena forrajera crece adecuadamente a una temperatura entre 10 a 12 °C, mientras que el crecimiento vegetativo se retarda a temperatura de 4°C, sin embargo cuando la temperatura se eleva a 7°C, presenta un pequeño crecimiento en la planta, por lo tanto cabe mencionar que las temperaturas adecuadas para la producción de avena son: Mínima: 5 °C; Optima: entre 25 – 31 °C; Máxima: 31 – 37 °C.

Sin embargo Ruiz et al., (2013) recomiendan que las temperaturas por encima de los 30 °C son muy perjudiciales para el cultivo de avena, de ahí que la planta más bien se adaptada a condiciones de temperatura frescas que cálidas.

Mientras que Argote & Ruiz, (2011) mencionan lo contrario, que el cultivo de avena requiere una temperatura máxima que varía entre 16 a 17° C y una mínima de 6 a 8° C, para un crecimiento y desarrollo adecuado durante su etapa fenológico de la planta.

1.4.3. Suelo

Argote & Ruiz, (2011) mencionan que el suelo es otro de los factores importantes para el cultivo de avena forrajera, es exigente a suelos profundos, con alto contenido de materia orgánica y textura franco-arenoso a franco-arcilloso, con pH óptimo de 7 a 8, aunque puede tolerar suelos con tendencia acida (pH: 5.5 a 6.8).

De la misma manera Villanueva, (2006) afirma que la avena es una planta rustica, tolerante a diversas condiciones del suelo, sin embargo prefiere los suelos profundos y arcillo-arenoso. Además el cultivo de avena está bien adaptada a suelos ácidos a diferencia de los demás cereales, donde el pH oscila entre 5 y 7.

1.4.4. Fertilización

Calla, (2012) menciona que la fertilización química del suelo es una práctica que consiste en proporcionar a las plantas nutrientes y obtener mejores resultados en menor tiempo, de modo que, una aplicación de fertilizante oportuna mejora la calidad, cantidad de forraje y la producción de semilla.

Tal como INIA-Huancayo, (2006) recomienda que la dosis de fertilización se debe aplicar entre 60-100-60 kg/ha de N-P₂O₅- K₂O, dependiendo de los resultados del análisis de suelo obtenido. El total de fósforo y potasio se debe aplicar al momento de realizar la siembra, mientras que la aplicación de nitrógeno es en función a la etapa fenológica del cultivo por lo cual el 40% de N se aplicará en la etapa de emergencia, luego el 50% al momento de macollamiento y finalmente el 10% a la etapa de llenado de grano.

Mientras que Argote & Ruiz, (2011) concuerdan con la recomendación que realiza el instituto de INIA-Huancayo, en que la dosis de fertilización se debe realizar en función a los resultados obtenidos del análisis del suelo, sin embargo ellos recomiendan que la dosis de fertilización se debe realizar en función al estado nutricional del suelo, por lo cual lo clasifican como suelo pobre, medio y rico.

Tabla 1.3.

Dosis de fertilización en avena forrajera

DOSIS (Kg/Ha)			
TIPO DE SUELO	Nitrógeno N	Fósforo P₂O₅	Potasio K₂O
Pobre	60-80	40-60	20-40
Medio	40-60	20-40	00-20
Rico	00-20	00-20	00-00

Fuente: Argote y Ruiz, (2011)

1.5. Época de siembra

Noli et al., (2017) recomiendan que la época de siembra de avena para forraje es entre los meses de octubre a diciembre, mientras que Nestares, (2014) sostiene que en la sierra central la siembra de avena coincide con la llegada de las primeras lluvias, tal es así que empieza a finales del mes de octubre hasta la primera semana de enero.

Sin embargo Flores, (2005) considera que la época de siembra se debe realizar en función a la disponibilidad de agua, si hay riego desde el mes de setiembre y si es en época de lluvia desde

diciembre, mientras que a altitudes bajas, generalmente con riego, la siembra se realiza en los meses de abril hacia adelante.

MINAGRI, (2015) sugiere que antes de realizar la siembra de avena es necesario saber el poder germinativo de la semilla, mediante la prueba de germinación, que se debe obtener como mínimo el 85% de viabilidad de las semillas, para asegurar el establecimiento del cultivo en campo y la buena producción durante la campaña.

1.6. Densidad de siembra

Nestares, (2014) menciona que la densidad de siembra de avena al voleo es entre 70 – 100 kg/ha de semilla, sin embargo indica que estos valores depende de la variedad y de la preparación del terreno.

Mientras que Campuzano et al., (2018) recomiendan que la densidad de siembra para la producción de forraje es de 80 kg/ha de semilla, mientras que para la producción de semillas es de 60 kg/ha, con un porcentaje de germinación y purezas más de 85% para garantizar la producción.

Sin embargo INIA-Huancayo, (2006) indica que la densidad de siembra es de 70 – 80 kg/ha de semilla, para la producción de forraje en verde.

1.7. Época de cosecha

INIA-Huancayo, (2006) menciona que el periodo vegetativo de la avena en forraje verde es de 150 días y para semilla 210 días sin embargo estos datos pueden variar dependiendo del piso altitudinal, condiciones climáticas y otros.

Teniendo en cuenta a Noli et al., (2004) reporta en un trabajo de investigación realizado a una altitud de 3260 msnm en la sierra central del Perú donde el tiempo de corte y evaluación de forraje verde fue a los 118 días después de la siembra.

Nestares, (2014) sostiene que la época de corte de la avena forrajera en verde se debe realizar en el estado fenológico de grano lechoso a pastoso, donde las hojas se encuentran en buen desarrollo y completamente verde a fin de preparar heno o ensilado, a la vez el rendimiento en materia seca es superior y el contenido de vitaminas, proteínas y minerales son mayores.

Campuzano et al., (2018) por su parte, recomiendan que la cosecha no se debe realizar antes del punto óptimo, debido a que el porcentaje de humedad es elevado lo cual compromete en la calidad del heno o silo, en cambio si se cosecha tardíamente disminuiría la calidad nutricional del forraje por esta razón se aconseja monitorear constante el cultivo para realizar el corte en el momento oportuno.

1.8. Fases fenológica de la avena

Una fase fenológica viene a ser el periodo durante el cual aparecen, se transforman o desaparecen los órganos de las plantas. También puede entenderse como el tiempo de una manifestación biológica (Yzarra, 2011, p. 11)

De acuerdo con Chávez & Gómez, (1999) plantean que las fases fenológicas de la avena son de la siguiente manera:

- **Germinación y crecimiento inicial**

La etapa de germinación y crecimiento comienza desde el hinchamiento de las semillas luego nacen las primeras raicillas hasta la aparición de las primeras hojas, es donde ahí que la planta inicia con su crecimiento vegetativo.

- **Macollamiento y crecimiento vegetativo**

La etapa de macollamiento comprende desde la aparición del primer macollo, generalmente con la emergencia de la cuarta hoja tipo paralelinervada, hasta antes de que el tallo empiece a extenderse.

- Extensión del tallo y espigamiento

Esta etapa comienza cuando aparece el primer nudo en el tallo principal de la planta y luego empieza a incrementarse en longitud el tallo, hasta la emergencia de la hoja bandera y la aparición de las espigas.

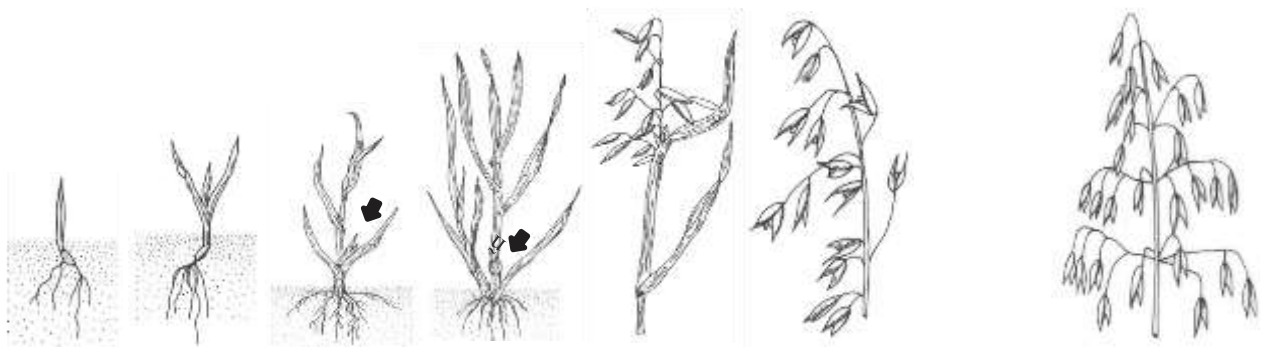
- Floración

La floración ocurre dos a cuatro días después de que la espiga ha emergido completamente y es notorio por la presencia de las anteras.

- Desarrollo del grano

Las etapas de maduración de los granos, son el estado de leche, estado de masa blanda, estado de masa dura y el estado final de granos maduros.

- Estado de leche o lechoso. Comienza cuando los granos se están formando dentro de un fluido blanco que al ser presionado con la mano puede salir un líquido lechoso fuera del grano.
- Estado de masa blanda. La mayor parte de la materia seca se acumula en este estado. La consistencia del grano es semejante a una masa blanda.
- Estado de masa dura. En esta etapa el contenido de agua baja al 30%. El contenido del grano puede ser dividido con la uña.



EMERGENCIA	TERCERA HOJA	MACOLLAJE	ENCAÑADO	PANOJA	FLORACIÓN	MADURACIÓN LECHOSA	MADURACIÓN PASTOSA	MADURACIÓN CORNEA
Aparición de las plantitas con 1 o 2 hojas por encima de la superficie del suelo.	Aparece La tercera hoja en la planta.	Momento en que aparece el primer macollo en la axila de una de sus hojas más bajas de la planta. Se debe anotar el inicio de esta fase cuando el macollo tiene 1cm de longitud.	Aparece el primer nudo en el tallo principal de la planta. Este nudo se halla entre los 2 a 3 cm del suelo.	La mitad de las panojas han comenzado a salir de la vaina de la hoja superior.	Momento en que se abren las primeras flores.	Los granos al ser presionados presentan un líquido lechoso.	Los granos al ser presionados presentan una consistencia pastosa.	Los granos se hallan duros y todas las partes de la planta están secas.

Figura 1.1. Fases fenológico de la avena

Fuente (Yzarra, 2011)

1.9. Características morfológicas de la avena

La avena es una especie monocotiledónea anual, es una planta autógama, quiere decir que se polinizan por sí mismas, durante su crecimiento vegetativo presenta diferentes características morfológicas.

1.9.1. Raíz

El cultivo de la avena presenta un sistema radicular fasciculada o tipo cabellera, además las raíces son abundantes y profundas que las demás cereales cultivadas, por otra parte la institución de AGRORURAL, (2018) menciona que el crecimiento radicular empieza en el periodo de ahijado; mientras que el desarrollo de las raíces se considera completo al final de la etapa de encañado. La

mayoria de las raices presentan un crecimiento entre 0 a 25 cm de profundidad, el resto puede llegar hasta 1m y en suelos de textura sueltos hasta 1.50 m.

1.9.2. Tallo

Jewsbury, (2017) manifiesta que el tallo de las gramineas esta constituido por nudos y entrenudos. Al tallo tambien se le denomina caña, mientras que el nudo es un tabique transversal que se manifiesta exteriormente por una zona mas abultada o algo contraida y es el punto donde emerge las hojas y las yemas, su funcion principal es dar resistencia a la caña a la vez de transportar nutrientes.

1.9.3. Hoja

Lara, (2012) menciona que las hojas de la avena son alargadas y planas (filiformes), mientras que el limbo de la hoja es largo y estrecho. El color caracteristico de la hoja es verde oscuro mas intenso que el de la cebada y el trigo, los nervios de la hoja son paralelos y bastante marcados. La hoja se divide en dos partes: la vaina y el limbo, la vaina esta ubicada en la zona inferior que envuelve el entrenudo mientras que el limbo carece de auriculas y vellosidades a diferencia de los demas cereales.

1.9.4. Flor

La flor es un racimo de espiguillas de dos o tres flores, situadas sobre largos pedunculos, donde tiene origen la floracion y puede requerirse de cinco a siete dias para que tenga lugar la floracion en toda la planta. La dehiscencia de las anteras se produce al tiempo de abrirse las flores. Sin embargo, existen flores que abren sus glumas y glumillas antes de la maduracion del estambre y pistilos, por lo cual se producen degeneraciones de las variedades seleccionadas (Lara, 2012)

1.9.5. Fruto

Jewsbury, (2017) menciona que el fruto es un cariopside caracteristico de la familia de las gramineas, con glumillas cubriendo las semillas, mientras que el fruto seco es indeisente con el pericarpio soldado a la semilla. En la parte inferior del cariopse, se puede observar que se encuentra el embrion mas o menos eliptico cubierto por el pericarpio. Histologicamente el fruto: se encuentra compuesto en mayor porcentaje de almidon.

1.10. Rendimiento de la avena forrajera

INIA Huacayo, (2006) indica que el rendimiento potencial de la avena forrajera en verde de la variedad Mantaro 15 M es de 60,000 kg/ha, mientras que el rendimiento a nivel de productores es de 40,000 kg/ha. Por otro lado Tipe, (2017) sostiene en un trabajo de investigación realizado en la región de Ayacucho en la localidad de Allpachaka a 3529 m.s.n.m. que el rendimiento de la avena forrajera en verde de la variedad Mantaro 15 M fue de 88.75 T FV.ha⁻¹.

Del mismo modo Mamani & Cotacallapa, (2018) reportan que el rendimiento en materia verde y seca de la avena forrajera en la región de Puno situada a una altitud de 3812 a 4000 msnm oscilan entre 16.64 a 26.47 T. FV/ha de biomasa, mientras que el promedio de materia seca se fluctúa de 5.88 a 6.69 T. MS/ha, dando a conocer que el resultado varía según el genotipo de semilla, la ubicación, la fertilidad del suelo y las condiciones climáticas.

Teniendo en cuenta a Campuzano et al., (2018) el rendimiento de materia seca del cultivo de avena depende principalmente de dos factores; la precipitación y la fertilización, por lo tanto cuando la cantidad de precipitación es superior que 500 mm durante el estadio fenológico de la planta el rendimiento es mayor de lo contrario el rendimiento será menor.

1.11. Requerimiento nutricional del cultivo de avena

AGRORURAL, (2018) el requerimiento nutricional en los cultivos es uno de los factores más importantes que interviene en la producción y está en función de diferentes aspectos, tales como. Fertilidad del suelo, así mismo como el requerimiento de nutrientes por el cultivo y la eficiencia de uso de los nutrientes. De la misma manera la concentración de nutrientes en la planta está directamente relacionada con la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo e indica lo que adsorbió de toda la oferta nutricional (Landriscini et al., 2010, p. 202)

1.11.1. Nitrógeno

AGRORURAL, (2018) menciona que el nitrógeno es absorbido por las plantas en forma inorgánica, como amonio (NH_4^+), especialmente en forma de nitrato (NO_3^-); Sin embargo Guerrero, (2012) recomienda que las plantas pueden absorber los nutrientes en ambas formas, aunque algunas plantas presenten preferencia por una u otra.

AGRORURAL, (2018) plantea que el nitrógeno es encargado en la formación de la estructura de la planta, así como constituyente de aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos, a la vez participa en la formación de la clorofila interviniendo en el crecimiento y producción de la planta.

MINAGRI, (2015) da a conocer que el exceso de nitrógeno aumenta el riesgo al vuelco o acame así como también alarga el periodo vegetativo del cultivo, de igual forma Flores, (2005) recomienda que el nitrógeno es el más esencial para la avena, sin embargo, el exceso en su aplicación ocasiona el tumbado de la planta.

1.11.2. Fósforo

AGRORURAL, (2018) menciona que el fósforo es absorbido por las plantas como fosfato monovalente (H_2PO_4^-) o como fosfato divalente (HPO_4^{2-}); esencial en la formación radicular así como también en la diferenciación de yemas y brotes, mientras que Guerrero, (2012) sostiene que el fósforo interviene en el desarrollo de la planta acumulándose en los tejidos meristemáticos y en la formación de semillas.

Nestares, (2014) indica que el fósforo responde favorablemente en el abonamiento de la avena, a diferencia del potasio, esto debido al desarrollo radicular ya que puede nutrir a la parte aérea desde capas más profundas del suelo.

1.11.3. Potasio

AGRORURAL, (2018) menciona que el potasio es absorbido por las plantas como catión potasio (K^+); a la vez está relacionado con la sanidad de la planta y calidad de los productos

cosechados Guerrero, (2012) indica que la mayoría del potasio se ubica en el jugo celular de la planta,

Según Calla, (2012) afirma que la avena no es muy exigente en la nutrición de potasio, debido a que sus sistema radicular le permite asimilar el potasio requerido para un correcto desarrollo de la planta.

1.12. Inoculación

Fernández, (2005) conceptualiza que la inoculación es una práctica agrícola destinada a incorporar las bacterias fijadoras de nitrógeno (BFN) a las semillas o al suelo en el momento de la siembra, con la finalidad de proveer una gran cantidad de bacterias a la raíz y estas a su vez puedan fijar el nitrógeno atmosférico proporcionando a las plantas.

Ortiz Texon et al., (2016) sostienen que el estudio de microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPR) actualmente tiene mucha importancia a nivel mundial debido a los múltiples beneficios que proporcionan a la planta. Las bacterias promueven el crecimiento vegetal a través de la producción de fitohormonas (auxinas, citoquininas y giberelina). Además incrementan la resistencia a factores ambientales, ya que pueden estimular o suprimir la expresión de una amplia gama de genes relacionados con adaptación ambiental. Así mismo, pueden afectar la disponibilidad de nutrientes por la intervención directa en los ciclos biogeoquímicos, tal es el caso de la fijación biológica de nitrógeno o la solubilización de fosfato.

1.12.1. Métodos y técnicas de inoculación

Según las investigaciones realizadas por muchos autores, existen métodos y técnicas de inoculación que consiste en aplicar el inoculante en las semillas, por su parte Garcia-Blasquez & Sato, (2019) lo clasifican de la siguiente manera:

a. Inoculación en seco: Esta técnica de inoculación consiste en mezclar las semillas limpias y bien seleccionadas con el inoculante y homogenizarlas para que el inoculante se adhiera a las semillas en el menor tiempo posible, posteriormente esté lista para la siembra.

b. Inoculación en forma húmeda o simple: Para esta técnica, primeramente se debe elegir un lugar fresco a la sombra, luego colocar las semillas sobre un recipiente, seguidamente distribuir las semillas de manera homogénea, a continuación se adiciona una solución adherente (goma arábica 20-40%, cellofax (CMC) 5% solución de harina de trigo o yuca al 10% que se puede aplicar manualmente o con una herramienta, se debe tener en cuenta que la solución adherente se debe suministrar a la semilla en una cantidad adecuada, después se coloca el inoculante sólido a base de turba, luego se homogeniza, se deja orear a la sombra, finalmente las semillas estarán inoculadas y listas para realizar la siembra.

c. Inoculación utilizando inoculante líquido: Es una técnica que consiste en mezclar el inoculante con las semillas en un recipiente aséptico, siguiendo las recomendaciones de la proporción adecuada de inoculantes y semillas, luego homogenizar bien dejarlas orear y sembrar en horas de temperatura oportuna.

d. Inoculación en forma de “pellet” o pelletización: Es un método que consiste en aplicar el inoculante en las semillas y un adhesivo adecuado como la goma arábica al 40%, el cellofax al 5%, CMC al 5% y un polvo de recubrimiento que puede ser el carbonato de calcio (CaCO_3) o el cal dolomítico (55% de CaCO_3 y 35% de MgCO_3). Se utiliza en semillas pequeñas de leguminosas forrajeras (alfalfa, trébol, vicia, etc.), cabe señalar que las bacterias (*Rhizobios*), sobreviven bien a la pelletización hasta los 15 días en la sombra y un ambiente fresco sin embargo una vez inoculada la semilla, las bacterias presentan una alta tasa de mortalidad por lo tanto se debe sembrar en la brevedad posible.

e. Técnica de inoculación en sobre parcela establecida: Es otra técnica, en donde el inoculante se coloca directamente al suelo, en forma de “inoculante granular” hecho a base de turba o en forma líquida. El procedimiento de inoculación consiste en aplicar el inoculante debajo de las semillas en el surco de siembra. Se utiliza cuando las semillas están con productos químicos (fungicidas, herbicidas, etc.), esta inoculación generalmente es usada cuando hay fallas en la inoculación.

1.13. Co-inoculacion

Hayat et al., (2010) manifiestan que las bacterias se adhieren a la raíz y colonizan de manera eficiente, así mismo las bacterias promotoras del crecimiento vegetal funcionan en tres formas; sintetizando compuestos particulares para las plantas, facilita la absorción de ciertos nutrientes del suelo y disminuye las enfermedades de las plantas así como también puede facilitar la promoción y el desarrollo del crecimiento de las plantas.

Según Loredo -Osti et al., (2004) la co-inoculación de microorganismos utilizados como inóculo en semillas proporcionan mejores resultados en el rendimiento del cultivo, a diferencia de la inoculación de forma individual. A la vez el uso de microorganismos promueve el crecimiento de las plantas.

Holguin et al., (2003) la co-inoculación entre *Azospirillum* y otros microorganismos puede considerarse el tema principal que se abordará en ensayos futuros. La inoculación mixta presenta mayor tasa de éxito, debido a que la nutrición de la planta es equilibrada y la absorción de nitrógeno, fósforo y de los demás minerales mejora la absorción y en consecuencia, aumenta la productividad.

Resultados obtenidos por Uhrich & Benintende, (2005) mencionan que la co-inoculación de *Azospirillum brasilense* y *Bradyrhizobium japonicum*. En condiciones de déficit hídrico el microorganismo proporciona un aumento en el peso de los nódulos y en ambas condiciones hídricas, la co-inoculación asegura mejores rendimientos y una mayor acumulación de materia seca en el cultivo.

1.14. Bacterias fijadoras de nitrógeno

1.14.1. Azospirillum

Domingues et al., (2020) dan a conocer que este género de bacteria fue descubierta por la Dr. Johana Dobereiner en el Instituto de Ecología y Experimentación Agrícola en Brasil, a través de un arduo trabajo y gana mucha importancia en la década de los 70 por su capacidad de fijar

nitrógeno atmosférico. En razón de la aptitud de fijar nitrógeno de vida libre, la bacteria fue denominada *Azospirillum* y en los posteriores años se descubrieron varias especies.

El *Azospirillum* es una bacteria endófito, es decir que tiene la capacidad de vivir dentro de los tejidos de la planta sin ocasionarle daños. Esta bacteria reside dentro de los espacios intercelulares o en el interior de las células huésped. La entrada de la bacteria en la planta, se da en los lugares donde ha ocurrido daño epidérmico de raíz lateral o aparición radicular, a través de aberturas naturales (Paredes, 2013, p. 86)

La inoculación de especies forrajeras con *Azospirillum brasilense*, promueve notablemente el desarrollo radicular y su difusión se basa en los beneficios económicos logrados con ella como consecuencia de los beneficios en todo su conjunto (mejora en la estructura de suelo, mayor resistencia al estrés hídrico y salino, mayor producción de materia orgánica, mayor producción de cosecha tanto de forraje como de grano, etc.) (Ferlini, 2008, p. 3)

Según Alvarez & Díaz-Zorita, (2020) la producción de biomasa aérea de cebada (*Hordeum vulgare* L.) como cultivo de cobertura inoculado con *Azospirillum brasilense* con dos niveles de fertilización y dos repeticiones con 4 tratamientos (control, inoculado, fertilizado e inoculado más fertilizado), llegaron a la conclusión que el tratamiento de semillas con *Azospirillum brasilense* incremento la producción de biomasa aérea de cebada. Este mayor crecimiento se registra durante todo el ciclo de desarrollo del cultivo (macollaje, encañado y madurez)

Desde el punto de vista Vital & Mendoza, (2014) mencionan que la inoculación con *Azospirillum brasiliense* ejerce efectos benéficos en el crecimiento vegetal e incrementa el rendimiento del cultivo en cereales de gran importancia comercial. Estos resultados positivos derivan principalmente de los cambios morfológicos y fisiológicos de las raíces de las plantas inoculadas, lo que lleva al incremento de una mayor absorción de agua y minerales, además se han realizado investigaciones enfocadas sobre los efectos que produce la inoculación de bacterias específicas en la rizósfera como antagonistas de patógenos del suelo de la planta.

1.14.2. Rhizobium

Akhila et al., (2021) mencionan que los diazotrofos incluyen bacterias como el *Rhizobium* sp., *Azospirillum* y otros que se asocian con leguminosas y gramíneas. Asimismo la planta proporciona nutrientes a las bacterias en forma de malato, mientras que la bacteria suministra nitrógeno transformado a las plantas en forma de amoníaco, glutamina y asparagina.

Por otra parte Peters et al., (2010) manifiestan que las bacterias del género *Rhizobium* viven en simbiosis con los nódulos de las plantas leguminosas en donde las plantas proporcionan los carbohidratos y las bacterias los aminoácidos, a la vez existe leguminosas que pueden fijar hasta 100 kg de N/ha anualmente al suelo, mejorando la fertilidad.

Paredes, (2013) menciona que los *Rhizobium* son microorganismos benéficos, capaces de inducir la formación de nódulos fijando el nitrógeno atmosférico en las raíces de las plantas de la familia leguminosae. A la vez afirma que son bacilos de 0.5 a 0.9 mm de ancho y 1.2 a 3.0 mm de longitud, y son denominados bacterias de Gram negativas y no esporulan. Son móviles debido a que presentan flagelos peritricos.

1.15. Beneficios logrados con la inoculación

Según Ferlini, (2008) indica que los beneficios logrados con las bacterias promotoras de crecimiento vegetal, se determina a través de dos indicadores visible e invisible:

Visibles; son aquellos resultados que a través de la inoculación se determinan a simple vista y desde estadios tempranos del cultivo, como por ejemplo, el mayor desarrollo radicular, el mayor número de plantas logradas, el mayor desarrollo vegetativo y etc. Mientras que lo invisible; son aquellos resultados que no se pueden observar a simple vista, como la mayor producción de materia verde, rendimiento de grano y el menor uso de fertilizantes químicos.

Paredes, (2013) menciona que las bacterias poseen múltiples beneficios para la planta, de los cuales; Aumenta la fijación biológica de nitrógeno, estimula el crecimiento y producción vegetal, así mismo mejora la estructura y fertilidad de los suelos, aumenta el crecimiento y

desarrollo de las raíces y pelos absorbentes, aumenta el índice de germinación y se ha demostrado que resisten mejor a las condiciones de sequía y a climas áridos.

Domingues et al., (2020) explican que la bacteria de *Azospirillum* spp., actúa por diferentes mecanismos en el suministro de nitrógeno a las plantas. El principal mecanismo es la producción de fitohormonas como las auxinas, citocininas y giberelinas que ayudan en el crecimiento y desarrollo de la planta, mientras que el otro modo de acción es la reducción asimilatoria de nitrato (NO_3^-) en las raíces, que consiste en promover el crecimiento vegetal debido al menor gasto de energía en la reducción de nitrato a amoníaco.

Parra & Cuevas, (2002) mencionan que los efectos que provoca las cepas de *Azospirillum* una vez inoculado, aumenta; la tasa de germinación, altura de la planta, tamaño de las hojas, índice del área foliar, aparición temprana y número de espigas, contenido de nitrógeno en las hojas, granos, tamaño y peso del grano y aumento del peso seco total de la planta.

Según Licea-Herrera et al., (2020) la inoculación con *A. brasilense* en los cultivos ejerce algunos parámetros benéficos entre los cuales son; el crecimiento vegetal, altura de la planta, contenido de clorofila, aumento en el contenido de nitrógeno e incremento en el rendimiento de granos y biomasa al estimular la absorción de nitrógeno por las raíces.

Por otra parte Schmidt, (2020) determino el incremento de rendimiento en el cultivo de maíz en materia seca total por efecto de la residualidad que presento el *Azospirillum*, obteniendo el rendimiento de 1,244 kg/ha, equivalente a un incremento de 11.9% en biomasa aérea.

Así como también Rubiños, (2017) demostró el potencial de *Azospirillum* spp. Como promotor del desarrollo vegetativo en el cultivo de maíz. Inoculado antes de la siembra y a la emergencia, incrementando el desarrollo vegetativo, alcanzando los mayores índices de efectividad en la altura (IE máximo=23.01%), biomasa aérea (IE máximo=57.14%) y el sistema radicular (IE máximo= 97.07%), y en efecto reduciendo el uso de productos químicos.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del lugar de investigación

El trabajo de investigación se instaló en la Comunidad campesina de Cochabamba II Alta, asentada a una altitud de 4100 m.s.n.m. perteneciente al distrito de Chiara, provincia de Huamanga y la región de Ayacucho, ubicado a 50 minutos de la ciudad de Ayacucho. Cuyas coordenadas UTM son 583,332.5033 (este) y 8'528,644.4352 (norte), El lugar tiene una Latitud sur 13°52'05" S y Longitud Oeste 73°40'03" W.

2.2. Antecedentes del campo experimental

El campo donde se realizó el trabajo de investigación fue en una parcela cultivada en la campaña agrícola 2017-2018, mientras que en la siguiente campaña descanso el suelo. El terreno presenta las características de suelo franco húmico, presenta un pendiente de 1 a 10 %. En estas áreas adyacentes presenta una fisiognomía propia de pajonales altoandinos.

2.3. Problemas específicos

1. ¿Cuál será el efecto de las bacterias de *Azospirillum* en el rendimiento de forraje de avena Mantaro 15 (*Avena sativa* L.), con relación a los controles sin inoculación en la comunidad de Cochabamba 4100 msnm –Ayacucho?

2. ¿Cuál será el efecto de las bacterias de *Rhizobium* en el rendimiento de forraje de avena Mantaro 15 (*Avena sativa* L.), en relación a los controles sin inoculación en la comunidad de Cochabamba 4100 msnm –Ayacucho?
3. ¿Cuál será el efecto de la interacción de las bacterias de *Azospirillum* y *Rhizobium* en el rendimiento de forraje de avena Mantaro 15 (*Avena sativa* L.), en relación a los controles sin inoculación en la comunidad de Cochabamba 4100 msnm –Ayacucho?

2.4. Tratamientos

Los tratamientos consistieron de:

T1= *Azospirillum* (400 ml ha⁻¹ para 80 kg/ha de semilla de avena)

T2= *Azospirillum* + *Rhizobium* (400 ml ha⁻¹ + 300 g/ha para 80 kg/ha de semilla de avena)

T3= *Rhizobium* (300 g/ha para 80 kg ha⁻¹ de semilla de avena)

T4= Nitrógeno (80 kg N ha⁻¹)

T5= Testigo

2.5. Condiciones metereológicas

Tabla 2.1. Temperatura máxima, mínima y precipitación, correspondiente a la campaña agrícola 2020 – 2021.

DISTRITO : CHIARA **ALTITUD** : 3550 msnm
PROVINCIA : HUAMANGA **LATITUD** : 13°23'19"S
DEPARTAMENTO: AYACUCHO **LONGITUD:** 74° 16' 00" W

DESCRIPCIÓN	AÑO 2020					AÑO 2021						SUMA	PROMEDIO
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO		
TEMP. MÁXIMA	18.86	20.29	17.56	17.53	18.91	17.74	18.59	17.62	18.27	19.13	18.74	203.23	18.48
TEMP. MÍNIMA	1.61	2.23	3.76	3.08	2.46	3.16	2.93	-1.50	-3.52	-3.41	-0.98	9.83	0.89
EVAPORACIÓN	4.14	4.51	3.19	2.75	3.25	2.83	3.16	3.81	5.47	4.44	4.55	42.09	3.83
HUMEDAD	77.68	79.93	78.90	81.61	80.82	80.74	79.97	79.29	88.73	46.81	81.61	856.10	77.83
PRECIPITACIÓN (mm)	0.93	0.23	4.22	5.94	3.06	4.67	3.96	0.98	0.13	0.00	0.00	24.13	2.19

Fuente: Datos climatológicos del estación meteorológico Allpachaka - OPEMAN

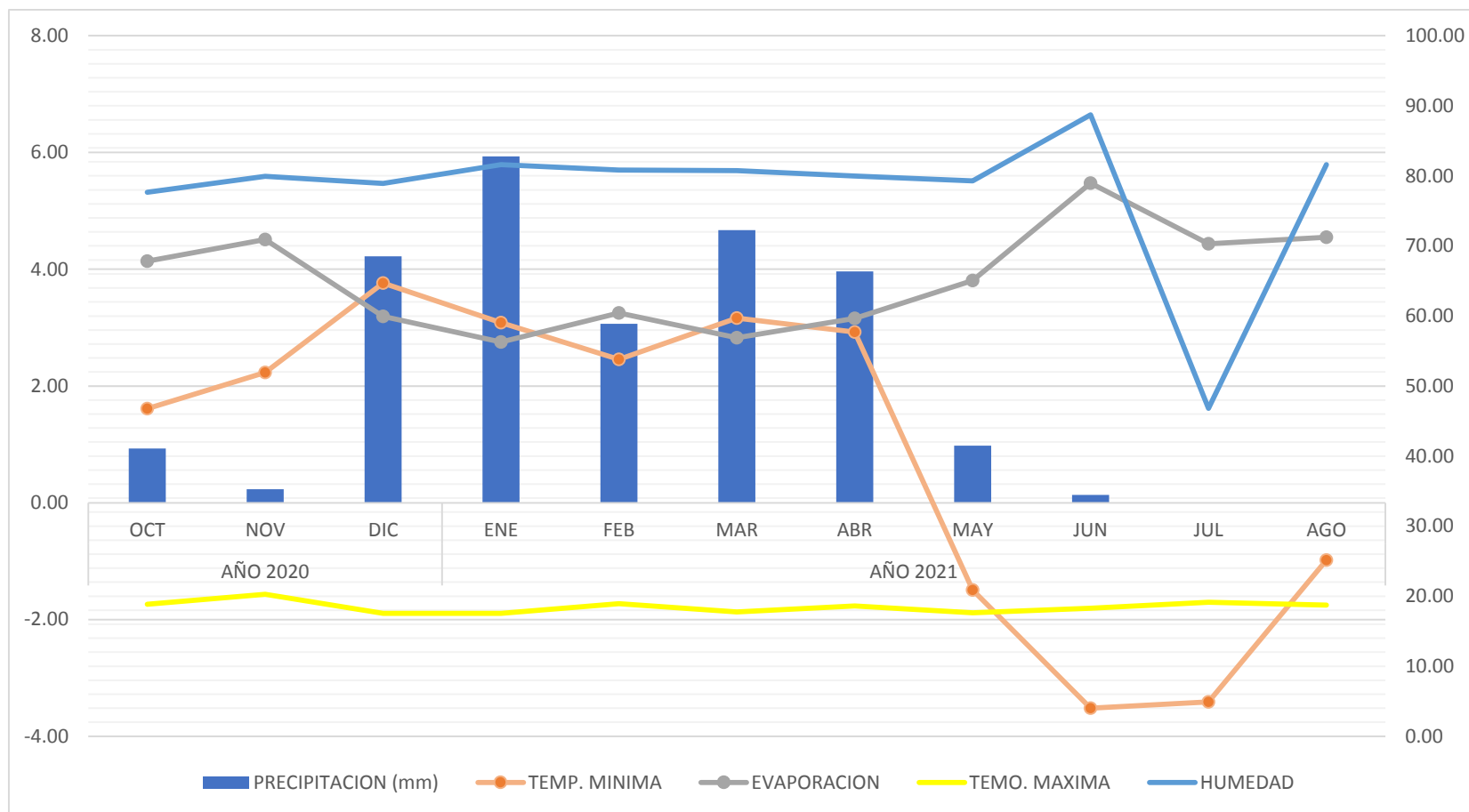


Figura 2.1. Temperatura (máxima, mínima), precipitación y balance hídrico mensual correspondiente a la campaña agrícola 2020 - 2021, de la estación meteorológica de Allpachaka - Ayacucho

2.6. Material experimental

2.6.1. Semillas

Se trabajó con semillas de avena de la variedad Mantaro 15, fue de categoría comercial, mas no así certificada, debido a la falta de centros de producción de semillas certificadas en la región, luego se procedió a realizar la selección de semilla, seguidamente se puso a prueba de germinación. Obteniéndose resultados de porcentaje de pureza 95% y porcentaje de germinación 92%, por lo cual con los resultados obtenidos se procedió a determinar la densidad de siembra.

2.6.2. Inoculante de *Azospirillum*

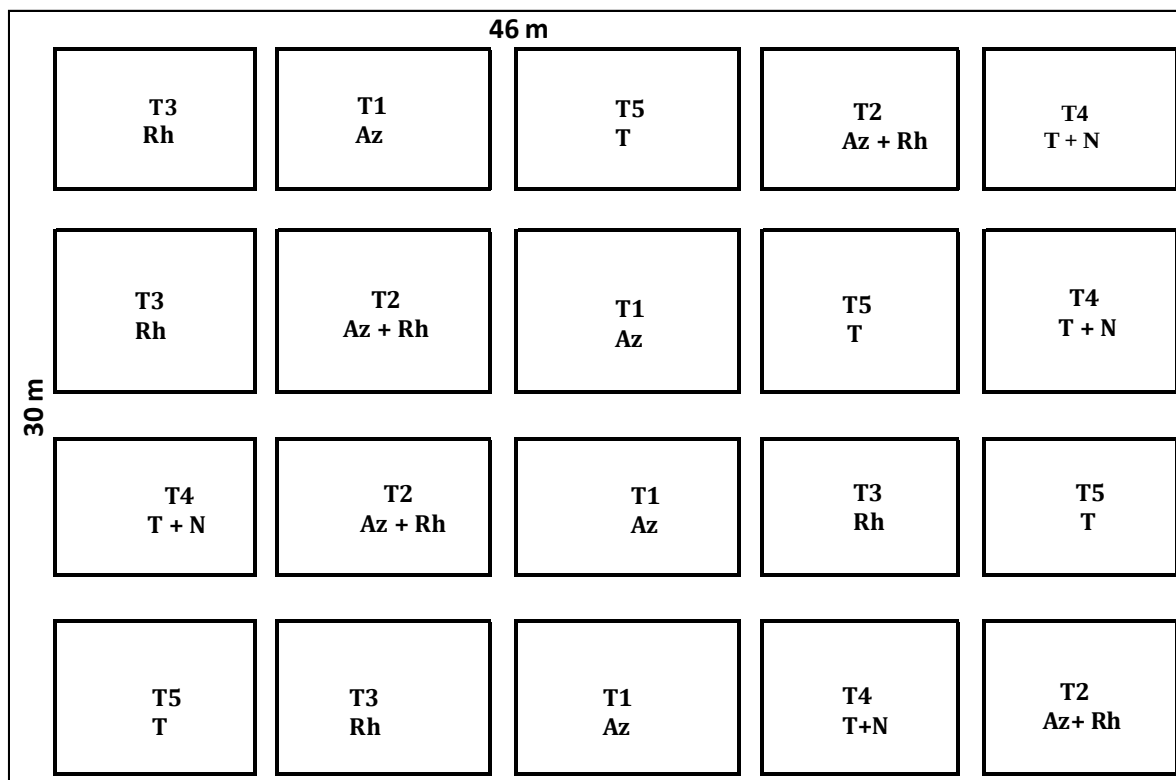
El inoculante con cepas de bacterias del género *Azospirillum* de 1.10^8 UFC/ml, se obtuvo en forma líquida 400 ml/ha, producido por el proyecto estratégico institucional “Fortalecimiento e Implementación de la capacidad del Laboratorio de Rhizobiología para la investigación y Desarrollo- FOCAM-UNSCH”, ubicado en los laboratorios en la escuela profesional de Agronomía de la UNSCH

2.6.3. Inoculante de *Rhizobium*

El inoculante con cepas de bacterias del género *Rhizobium* de 1.10^9 UFC/ml, se obtuvo en forma de turba 300 g/ha, producido por el proyecto estratégico institucional “Fortalecimiento e Implementación de la capacidad del Laboratorio de Rhizobiología para la investigación y Desarrollo- FOCAM-UNSCH”, ubicado en los laboratorios de la escuela profesional de Agronomía de la UNSCH.

2.7. Unidad experimental

Las unidades experimentales fueron 4 por cada tratamiento como se puede observar en la figura siguiente:



2.8. Descripción del campo experimental

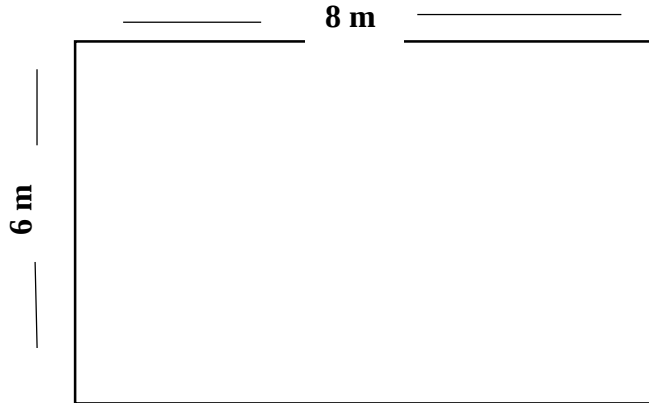
- Área total : 1380 m²
- Largo : 46 m
- Ancho : 30 m

Bloques

- Número de bloques : 04
- Largo del bloque : 46 m
- Ancho del bloque : 6 m
- Área total del bloque : 276 m²
- Ancho de la calle principal : 2 m
- Ancho de la calle secundario : 1.5 m
- Número de parcelas : 20

Parcelas

- Largo de la parcela : 6 m
- Ancho de la parcela : 8 m
- Área por parcela : 48 m²



2.9. Conducción del experimento

2.9.1. Preparación de terreno

La preparación de terreno se realizó de una forma convencional, en primer lugar consistió en retirar todas las piedras existentes (07/10/20), antes del realizar los labores pertinentes, se procedió a extraer muestras de suelo para su posterior análisis químico (Anexo 02)

2.9.2. Abonamiento

Se agregó cal dolomítica (725 kg ha⁻¹) homogéneamente todo el área y se procedió a realizar el tractoreo con arado de tres discos (17/10/20), después de un mes se suministró roca fosfórica (1450 kg ha⁻¹), sulfato de potasio y magnesio (217 kg ha⁻¹) y estiércol de ovino (1450 kg ha⁻¹) seguidamente se llevó a cabo la nivelación con tracción animal (17/11/20).

2.9.3. Trazado del terreno

Se procedió a realizar el trazado del terreno (22/11/20) utilizando herramientas como wincha, estacas, cordel para delimitar el área del experimento por calles, bloques y parcelas de acuerdo al diseño experimental determinado.

2.9.4. Inoculación

Las semillas de avena fueron inoculadas con bacterias de *Azospirillum* y/o *Rhizobium* antes de realizar la siembra en el campo definitivo, dependiendo de los tratamientos en estudio.

a) Método o técnica de inoculación simple

- ✓ El proceso de inoculación se realizó en la sombra y a temperatura moderada.
- ✓ Se agregó el inoculante en líquido *Azospirillum* (400 ml/ha) y en turba de *Rhizobium* (300 g/ha) para 80 kg/ha de semilla de avena.
- ✓ Mezclar y homogenizar
- ✓ Dejar orear finalmente estará listo para la siembra.

Cabe resaltar que en la inoculación no se le agregó el CMC (carboximetilcelulosa) u otro adherente para mezclar la semilla de avena.

2.9.5. Siembra

La siembra se realizó (12/20) al voleo en donde se utilizó 80 kg/ha de semilla de avena y se procedió al tapado con el lampa lo más uniforme posible para cada parcela, mientras que para el tratamiento con fertilizante nitrogenado se suministró 80 kg N.ha⁻¹ al momento de la siembra y a inicio de macollamiento.

2.9.6. Densidad de siembra

La densidad de siembra se calculó en base al poder germinativo, al porcentaje de pureza y peso de 1000 semillas, con lo cual se procedió a realizar el ajuste de la densidad real en campo obteniendo 80 kg/ha de semilla de avena para forraje.

2.9.7. Control de arvenses

Se realizó el deshierbe de manera manual en la etapa fenológica de macollamiento (07/03/21) donde se logró identificar el arvense perteneciente a la especie *Brassica campestris* “Nabo silvestre” el labor se realizó una sola vez instalado el experimento.

2.9.8. Cosecha

El corte se realizó en la etapa fenológica de grano lechoso (06/06/21) por el método del metro cuadrado, realizando dos muestras de m² por tratamiento, con el fin de encontrar mayor veracidad en los resultados.

2.10. Variables evaluados

2.10.1. Altura de la planta y longitud de raíz

La evaluación de altura de la planta y longitud de raíz, se realizó tomándose muestras aleatorias de 10 plantas al azar de cada parcela a los 30, 60, 90, 120 y 150 días (Anexo 01), con la ayuda de una regla y un flexómetro se determinó la altura de la planta y la longitud de la raíz.

2.10.2. Peso fresco y peso seco de la parte aérea de la avena forrajera

Para determinar el peso fresco de la parte aérea de la planta, se tomó muestras de 10 plantas al azar de cada parcela a los 30, 60, 90, 120 y 150 días (Anexo 01), una vez obtenido las muestras se llevó al laboratorio de la escuela profesional de Agronomía, luego se procedió a pesar con una balanza eléctrica, mientras que para determinar el peso seco de la planta se procedió a deshidratar en la estufa a 60 °C y por último se evaluó el peso.

2.10.3. Peso fresco y peso seco de la raíz

Para esta evaluación del peso fresco de la raíz, se tomó muestras de 10 plantas al azar de cada parcela a los 30, 60, 90, 120 y 150 días (Anexo 01), una vez obtenido las muestras se llevó al laboratorio de la escuela profesional de Agronomía, luego se procedió a pesar en una balanza eléctrica mientras que para determinar el peso seco de la raíz se procedió a deshidratar en la estufa a 60° C luego se evaluó el peso.

2.10.4. Porcentaje de Nitrógeno

Para el porcentaje de nitrógeno las muestras de la parte aérea de la planta fueron picadas, molidos y zarandeado luego enviadas al Laboratorio de Química Agrícola en Valle Grande-Cañete para su posterior análisis (Anexo 03).

2.11. Diseño experimental

El experimento se condujo utilizando el diseño bloque completo randomizado (DBCR), con un arreglo factorial de 5 x 4 (5 tratamientos y 4 repeticiones)

El diseño bloque completo randomizado es:

Modelo aditivo lineal (MAL)

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

X_{ij} = es una observación cualquiera del i-esimo tratamiento y j-esimo bloque

μ = es un promedio de las unidades experimentales

τ_i = es un efecto del i-esimo tratamiento

β_j = es el efecto del j-esimo bloque

ε_{ij} = es el error experimental

i = es el subíndice de variación de tratamiento, varia de 1, 2, 3,..., t

j = es el subíndice de variación de bloques o repeticiones, varia de 1, 2, 3,..., r

t = es el número de tratamientos

r = es el número de bloques o repeticiones.

2.12. Análisis estadístico

Para el análisis de varianza se utilizó el software de análisis estadístico InFostat 2020.

Mientras que para determinar si hubo diferencias significativa entre tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey para la comprobación de medias, a través de un nivel de significancia estadístico de $P \geq 0.05$.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Altura de planta y longitud de raíz

3.1.1. Altura de planta

Tabla 3.1

Análisis de variancia de la altura de planta en la co-inoculación (*Rhizobium* y *Azospirillum*), de avena forrajera (*Avena sativa* L.).

F. V.	GL	Número de días									
		30		60		90		120		150	
		C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor
Bloque	3	1.30	0.1412	32.35	0.0834	47.15	0.0857	172.00	0.1115	26.33	0.1295
Tratamiento	4	1.31	0.1294	6.75	0.6765	21.17	0.3402	20.74	0.8734	463.83	<0.0001
Azospirillum (A)	1	3.20	0.0387	19.85	0.2124	30.47	0.2038	53.84	0.3961	900.00	<0.0001
Rhizobium (R)	1	0.69	0.3011	4.31	0.5510	26.63	0.2329	0.52	0.9324	225.00	0.0008
A x R	1	0.51	0.3732	0.14	0.9147	24.85	0.2482	28.22	0.5360	600.25	<0.0001
Factorial vs N	1	0.85	0.2554	2.69	0.6362	2.74	0.6937	0.39	0.9415	130.05	0.0056
Error	12	0.59		11.44		16.87		69.52		11.46	
Total	19										
CV		5.36		11.02		9.56		13.45		2.30	
Promedio		14.38		30.70		42.95		62.01		146.90	

En el análisis de variancia para altura de planta (tabla 3.1) se encontró que el T1 con *Azospirillum* es significativo a los 30 días de crecimiento, coincidiendo con lo reportado de Lara et al., (2013) quienes trabajaron con cepas del mismo género en diferentes concentraciones de UFC/ml en semillas de arroz y encontrando un rápido crecimiento inicial en la plantas atribuidos a la fijación de nitrógeno.

Sin embargo no se encontró diferencia significativa en las fuentes de variación a los 60, 90 y 120 días, mientras que a los 150 días se encontró diferencia altamente significativa para los tratamientos con *Azospirillum*, *Rhizobium*, interacción *Azospirillum* + *Rhizobium* y nitrógenos con respecto al testigo, sin embargo no muestran diferencias entre los tratamientos (T1 a T4). Los coeficientes de variación se encuentran entre los valores aceptables para el diseño experimental usado.

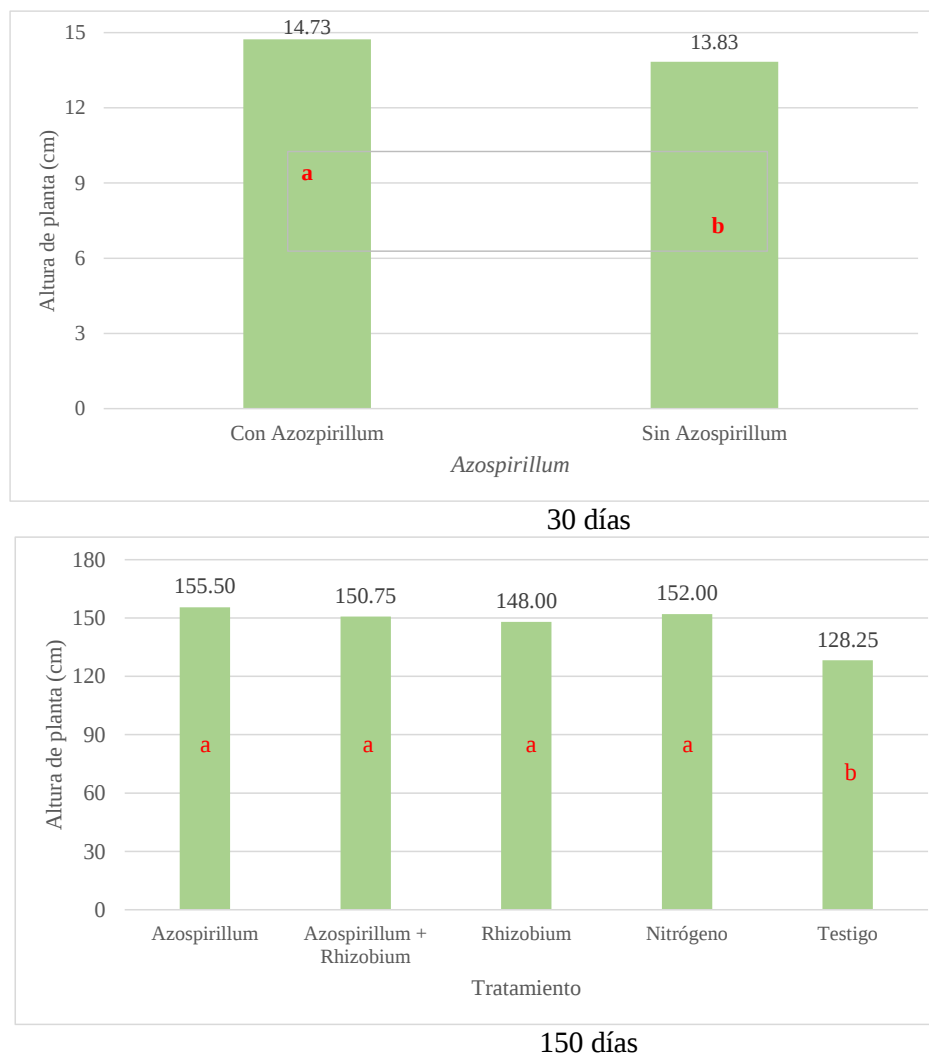


Figura 3.1. Prueba de Tukey de la altura de planta para el efecto principal de *Azospirillum* a los 30 días y efecto de tratamientos a los 150 días en avena forrajera (*Avena sativa* L.).

La prueba de Tukey para altura de planta (figura 3.1) para el efecto principal de *Azospirillum* a los 30 días, muestra que cuando se aplica *Azospirillum* se logra una altura de planta de 14.73 cm y cuando no se aplica *Azospirillum* se tiene una altura de planta de 13.83 cm, con diferencia significativa, mientras que García et al., (2010) determinaron en el cultivo

de arroz con diferentes cepas de *Azospirillum* con valor promedio de altura de la planta a los 70 días, reportando 84.57 cm. de altura. Superior a lo determinado en el presente trabajo, el comportamiento se puede atribuir a características propias del arroz. Calculado la prueba de Tukey para el efecto de tratamientos, revelan donde se usaron microorganismos o nitrógeno muestran diferencias significativas al testigo

Tabla 3.2

Promedios de la altura de planta por tratamiento y número de días en avena forrajera (*Avena sativa* L.).

Nº de días	<i>Azospirillum</i>	<i>Azospirillum</i> + <i>Rhizobium</i>	<i>Rhizobium</i>	Nitrógeno	Testigo
30	14.70	14.76	14.22	14.80	13.45
60	31.21	32.06	30.02	31.44	28.80
90	44.11	44.19	43.93	43.70	38.85
120	64.92	62.63	61.61	62.29	58.60
150	155.50	150.75	148.00	152.00	128.25

El incremento de la altura de planta es través del tiempo para los 30 a 150 días (Anexo 01) se logra el mejor resultado numérico con el tratamiento de *Azospirillum* (155.50 cm) sin diferencia estadística a los tratamientos *Azospirillum* + *Rhizobium*, *Rhizobium* y nitrógeno, mientras que el tratamiento testigo logra un promedio menor (128.25 cm) con diferencia significativa a los cuatro tratamiento anteriores como se puede observar en la (tabla 3.2). Donde se observa que, a medida que cambia el estado fenológico los valores aumentan, debido al crecimiento continuo de la planta (Lopez, 1991)

Los resultados obtenidos en el presente trabajo resultan ser inferiores a los reportes Carrasco et al., (2021) quienes llegaron a determinar valores de altura de avena oscilan entre 165 hasta 184 cm. en el estudio sobre rendimiento productivo de dos genotipos de *Avena sativa* L. en 10 localidades a altitudes que van desde los 2680 hasta los 3818 msnm. Valores que probablemente fueron influenciados por los pisos ecológicos.

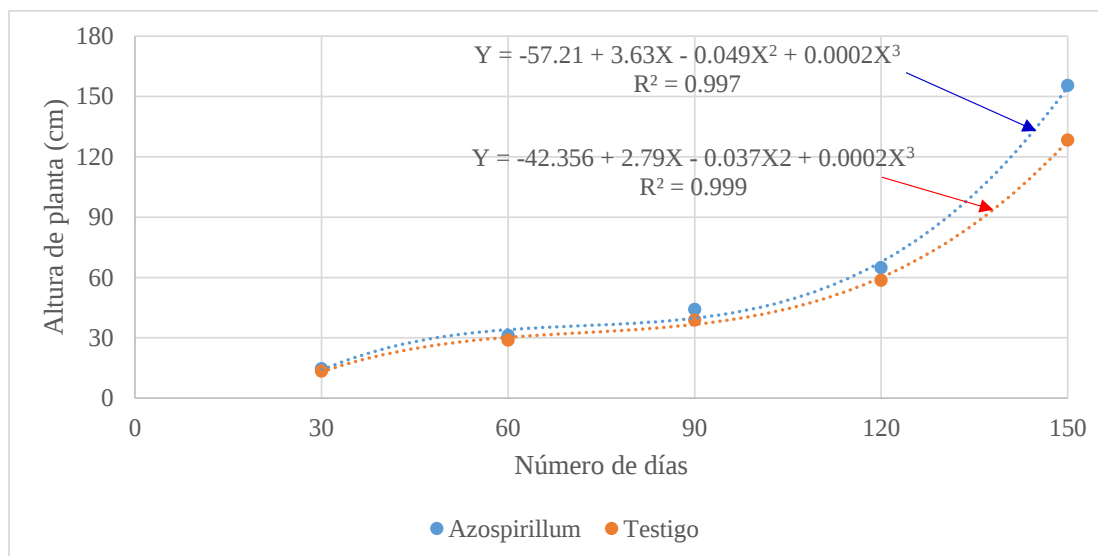


Figura 3.2. Relación altura de planta y número de días en avena forrajera (*Avena sativa* L.).

El crecimiento de la altura de planta está relacionada con el número de días después de la siembra, este crecimiento varía ligeramente con las fechas entre los 30 a 120 días, luego ocurre un incremento más pronunciado, originando un modelo polinomial cúbico, en la (figura 3.2) se tienen los modelos para el crecimiento en altura de planta de la avena, para el testigo y *Azospirillum*, como se indicó anteriormente las diferencias no son significativas entre los 30 a 120 días y significativa a los 150 días como se puede observar en la (figura 3.2).

Teniendo en cuenta a Saleem et al., (2015) dan a conocer que el incremento de la altura de la planta en avena forrajera inoculada con bacterias fijadoras de nitrógeno se debe a la secreción de hormonas promotoras del crecimiento vegetal como la auxina, giberelina y citoquininas debido a que aumentan la tasa de absorción de nutrientes y adiciona la disponibilidad de nitrógeno.

En otro trabajo realizado en la sierra central del Perú a una altitud de 3,313 msnm, los resultados sobre la altura de la avena como forraje es inferior a lo reportado por Montoya, (2017) quien obtuvo valores de 1.42, 1.39 y 1.36 m para la *A. sativa* var. Centenario, *A. sativa* var. Línea promisorio “INIA 2000” y *A. sativa* var. “INIA 901 Mantaro 15” en estado fenológico de grano pastoso a los 149 días después de la siembra.

3.1.2. Longitud de raíz

Tabla 3.3

Análisis de variancia de la longitud de raíz en la co-inoculación (*Rhizobium* y *Azospirillum*), de avena forrajera (*Avena sativa* L.).

F. V.	GL	Número de días									
		30		60		90		120		150	
		C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor
Bloque	3	0.754	0.1824	2.560	0.0702	7.473	0.0476	0.851	0.0690	7.57	0.1065
Tratamiento	4	1.524	0.0308	5.919	0.0037	17.598	0.0018	16.664	0.0001	16.11	0.0102
Azospirillum (A)	1	3.124	0.0158	14.345	0.0014	40.768	0.0009	39.715	0.0001	36.65	0.0044
Rhizobium (R)	1	2.228	0.0352	1.953	0.1533	3.861	0.2002	6.933	0.0003	9.83	0.0950
A x R	1	0.668	0.2181	5.256	0.0279	16.933	0.0149	11.303	0.0001	5.97	0.1832
Factorial vs N	1	0.076	0.6684	2.122	0.1380	8.831	0.0629	8.704	0.0001	5.38	0.0102
Error	12	0.396		0.840		2.101		0.277		2.99	
Total	19										
CV		6.65		8.93		11.25		4.05		13.23	
Promedio		9.46		10.26		12.89		12.99		13.08	

En el análisis de variancia de la longitud de raíz (tabla 3.3) se encontró que el efecto principal de *Azospirillum* es significativo a los 30, 60, 90, 120 y 150 días (Anexo 01) de crecimiento, Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Lara et al., (2013) quienes afirman que la inoculación con *Azospirillum* en las semillas de arroz producen un mayor enraizamiento de las plantas, lo cual les permite explorar mejor una mayor superficie del suelo y absorber más cantidad de nutrientes.

Mientras que el efecto principal de *Rhizobium* es significativo a los 30, 120 y 150 días; sin embargo, la interacción *Azospirillum* y *Rhizobium* se mostró una diferencia significativa a los 60, 90 y 120 días de crecimiento. No se encontró diferencia significativa en la promedio factorial vs nitrógeno. Los coeficientes de variación se encuentran entre los valores aceptables para el diseño experimental usado.

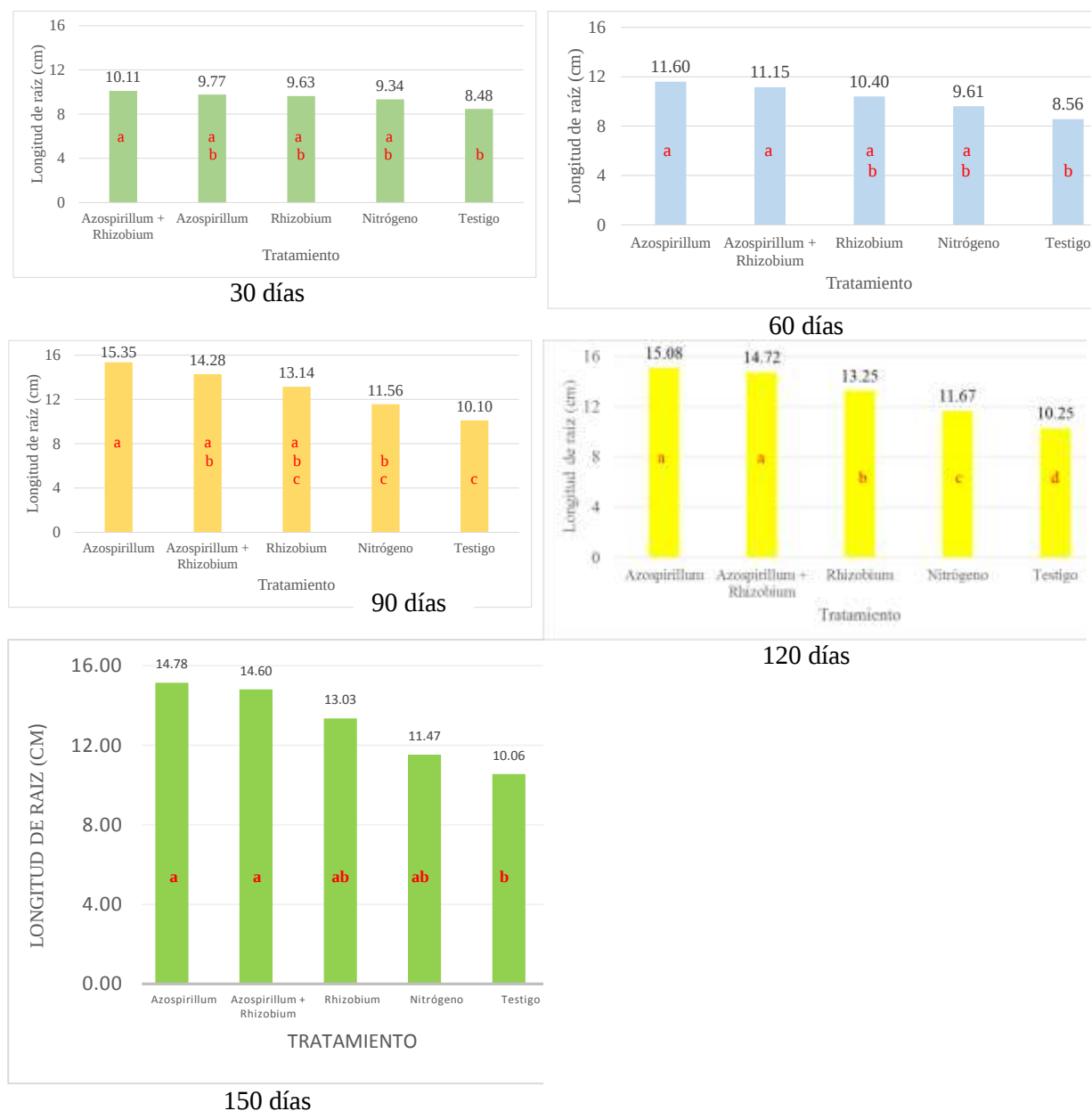


Figura 3.3. Prueba de Tukey de la longitud de raíz para el efecto de tratamientos a los 30, 60, 90 y 120 días en avena forrajera (*Avena sativa* L.).

La prueba de Tukey a los promedios de longitud de la raíz (figura 3.3) para el efecto principal de *Azospirillum* a los 30, 60, 90, 120 y 150 días, muestra que al aplicar *Azospirillum* se logra una longitud de raíz superior con respecto a los otros tratamientos, mientras que Bilal et al., (2017) mencionan que las bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico aumentan la superficie de raíz a través de la formación de raíces laterales para una mayor absorción de agua y nutrientes. En el caso de la prueba de Tukey para el efecto de tratamientos donde se usaron microorganismos o nitrógeno muestran diferencias significativas al testigo.

Tabla 3.4

Promedios de la longitud de raíz por tratamiento y número de días en avena forrajera (*Avena sativa* L.).

Nº de días	<i>Azospirillum</i>	<i>Azospirillum</i> + <i>Rhizobium</i>	<i>Rhizobium</i>	Nitrógeno	Testigo
30	9.77	10.11	9.63	9.34	8.48
60	11.60	11.15	10.40	9.61	8.56
90	15.35	14.28	13.14	11.56	10.10
120	15.08	14.72	13.25	11.67	10.25
150	14.78	14.60	13.03	11.47	10.06

El incremento de la longitud de raíz a través del tiempo para los periodos de tiempo de 30 a 120 días, logra el mejor resultado el tratamiento de *Azospirillum* (15.08 cm) siendo similar al tratamiento *Azospirillum* + *Rhizobium*, sin embargo para los tratamientos con *Rhizobium* y nitrógeno existe una diferencia significativa, mientras que el tratamiento testigo logra un promedio menor (10.25 cm) con diferencia significativa a los cuatro tratamiento anteriormente mencionados (tabla 3.4)

La inoculación con *Azospirillum* influenciaron positivamente en crecimiento de la raíz del cultivo de Arroz, según reportado por Lara et al., (2013) en donde a los 60 dds se observó un aumento longitudinal de raíces en los tratamientos T1 (15.1 cm) y T2 (16,3 cm) a diferentes concentraciones UFC de *Azospirillum*, mientras que los tratamientos con mayor concentración de UFC reportaron una longitud menor de raíces.

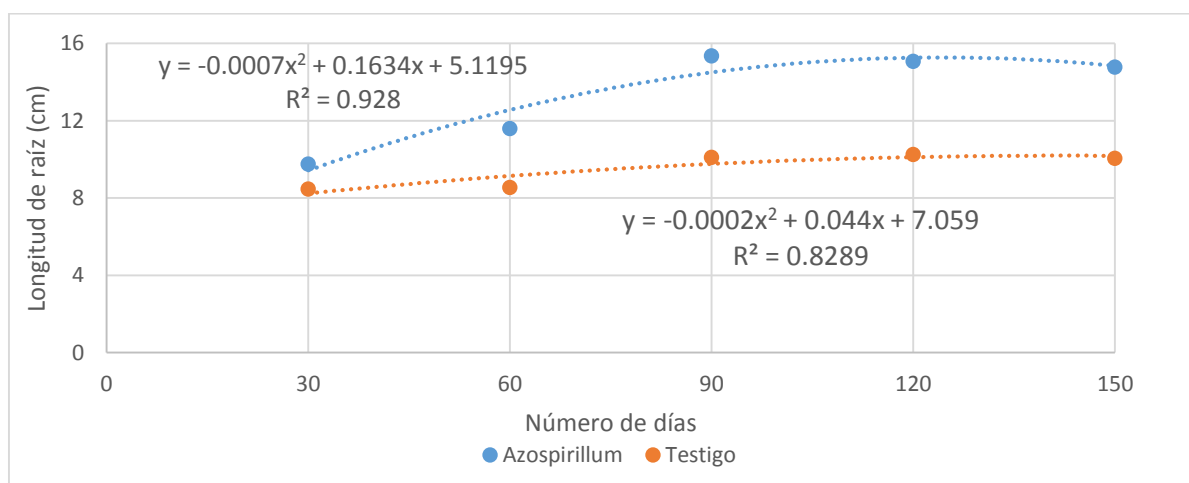


Figura 3.4. Relación longitud de raíz y número de días en avena forrajera (*Avena sativa* L.).

El crecimiento de la longitud de raíz está relacionada con el número de días después de la siembra, este crecimiento acelera hasta los 90 días, luego el crecimiento disminuye

alcanzando su máximo crecimiento a los 120 días, mientras que a los 150 días el crecimiento radicular disminuye (Anexo 01), originando un modelo polinomial cúbico, en la (figura 3.4) se tienen los modelos para el crecimiento de raíz de la avena forrajera para el testigo y *Azospirillum*, como se mencionó anteriormente las diferencias son significativas entre los 30 a 150 días.

Los resultados en longitud de raíz del presente trabajo de investigación muestran ser superiores con respecto al reporte por Sanchez de la Cruz et al., (2008) siendo estos valores de 8.8 cm a los 60 días después de la siembra en el cultivo de trigo inoculado con *Azospirillum*.

3.2. Rendimiento en peso

3.2.1. Peso fresco total

Tabla 3.5

Análisis de variancia del peso fresco total de la planta en la co-inoculación (*Rhizobium* y *Azospirillum*), de avena forrajera (*Avena sativa* L.) en relación al testigo.

F. V.	GL	Número de días									
		30		60		90		120		150	
		C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor
Bloque	3	0.0569	0.0817	0.1233	0.3115	6.6082	0.0012	323.727	0.0053	1310.22	0.0001
Tratamiento	4	0.0243	0.3534	0.0455	0.7433	0.3440	0.7116	153.051	0.0457	337.27	0.0210
<i>Azospirillum</i> (A)	1	0.0012	0.8098	0.1541	0.2222	0.6740	0.3253	160.504	0.0848	452.93	0.0324
<i>Rhizobium</i> (R)	1	0.0125	0.4442	0.0002	0.9641	0.0014	0.9634	52.085	0.3056	77.30	0.3375
A x R	1	0.0071	0.5619	0.0056	0.8098	0.7006	0.3164	388.484	0.0128	811.35	0.0071
Factorial vs N	1	0.0764	0.0739	0.0222	0.6335	0.0001	0.9924	11.130	0.6297	7.51	0.7609
Error	12	0.0200		0.0929		0.6409		45.474		77.46	
Total	19										
CV		20.91		14.57		21.79		20.35		18.30	
Promedio		0.675		4.458		14.946		33.144		48.09	

En el análisis de variancia de peso fresco total de la planta (tabla 3.5) se encontró que la interacción *Azospirillum* + *Rhizobium* es significativo a los 120 y 150 días de crecimiento. Mientras no se encontró diferencia significativa en los demás tratamientos. Los coeficientes de variación se encuentran entre los valores aceptables para el diseño experimental usado.

La avena establecida tuvo una producción de biomasa superior a lo reportado por Santoyo Ariza et al., (2019) quienes registraron a los 105 días después de la siembra 42 T.FV/ha mientras que para los 115 días dds es de 45 T.FV/ha.

Tabla 3.6

Promedios del peso fresco total por tratamiento y número de días en avena forrajera (*Avena sativa* L.).

Nº de días	<i>Azospirillum</i> + <i>Rhizobium</i>	<i>Azospirillum</i>	<i>Rhizobium</i>	Testigo	Nitrógeno
30	0.646	0.660	0.587	0.685	0.799
60	4.883	4.826	3.835	4.070	4.676
90	14.579	19.754	14.660	11.060	14.680
120	33.910	37.960	32.730	26.480	34.640
150	35.810	39.771	34.810	28.680	36.320

El incremento del peso fresco total para los periodos de 30 a 120 días lográndose el mejor resultado con el tratamiento de *Azospirillum* (37.96 g) con diferencia estadística en los tratamientos de *Azospirillum* + *Rhizobium*, *Rhizobium* y nitrógeno, mientras que el tratamiento testigo logra un promedio menor (26.48 g) con diferencia significativa con los cuatro tratamiento restantes (tabla 3.6), así mismo Schmidt, (2020) en una investigación realizado obtuvo un aumento significativo a favor de la inoculación con *Azospirillum* en el cultivo de trigo, con un incremento de 11.9% en biomasa aérea.

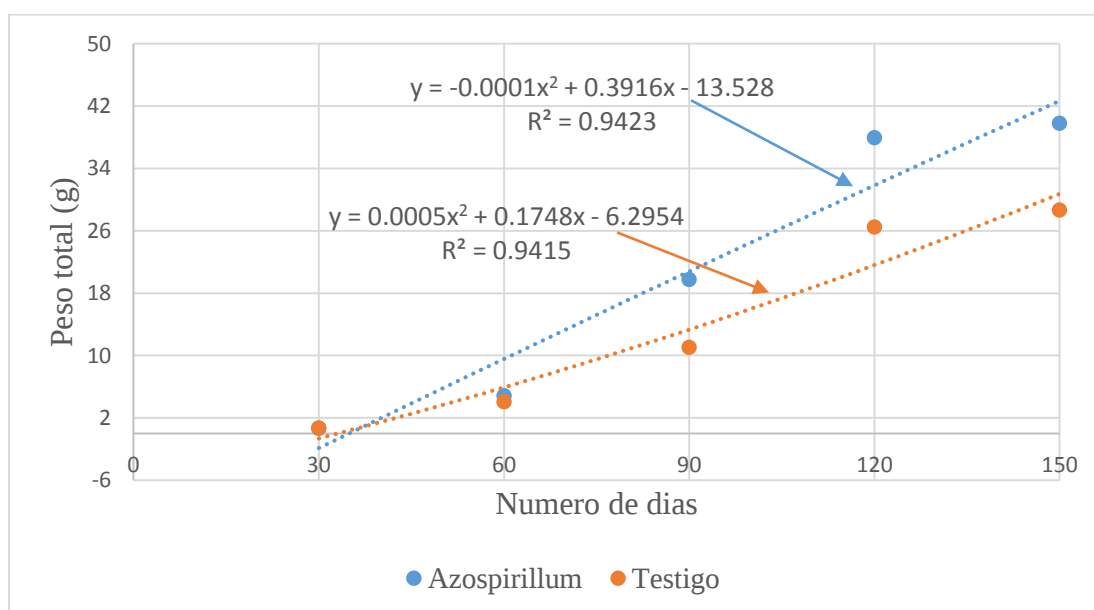


Figura 3.5. Relación peso fresco total y número de días en avena forrajera (*Avena sativa* L.). Cochabamba, 4100 msnm – Ayacucho.

El incremento del peso fresco total está relacionada con el número de días después de la siembra, este aumento varía ligeramente entre las fechas de 30 a 60 días, luego ocurre un incremento más pronunciado hasta los 150 días, originando un modelo polinomial cúbico, en la (figura 3.5) se tienen los modelos del peso fresco total de la avena forrajera entre el testigo y *Azospirillum*.

3.2.2. Peso fresco del follaje

Tabla 3.7

Análisis de variancia del peso fresco de follaje en la co-inoculación (*Rhizobium* y *Azospirillum*), de avena forrajera (*Avena sativa* L.).

F. V.	GL	Número de días									
		30		60		90		120		150	
		C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor
Bloque	3	0.0079	0.5208	1.7574	0.3030	5.0672	0.0016	3.7435	0.0160	1342.66	0.0115
Tratamiento	4	0.0127	0.3331	0.8079	0.6547	0.5156	0.4553	0.6838	0.4721	226.13	0.4632
<i>Azospirillum</i> (A)	1	0.0372	0.0779	1.0899	0.3772	1.3549	0.1348	1.2933	0.2064	551.18	0.1517
<i>Rhizobium</i> (R)	1	0.0015	0.7015	0.9448	0.4099	0.2601	0.4958	0.3543	0.4977	27.47	0.7384
A x R	1	0.0042	0.5294	1.0404	0.3879	0.4376	0.3801	1.0873	0.2441	321.87	0.2647
Factorial vs N	1	0.0081	0.3857	0.1563	0.7344	0.0096	0.8947	0.0001	0.9915	4.00	0.8984
Error	12	0.0100		1.2959		0.5271		0.7247		235.13	
Total	19										
CV		22.34		29.61		21.12		15.79		35.50	
Promedio		0.448		3.845		12.999		30.201		43.20	

En el análisis de variancia del peso fresco de follaje (tabla 3.7), no se encontró diferencia significativa en los tratamientos de *Azospirillum* y *Rhizobium*, así como la interacción *Azospirillum* + *Rhizobium*, y el promedio factorial vs nitrógeno a los 30, 60, 90, 120 y 150 días (Anexo 01). Los coeficientes de variación se encuentran entre los valores aceptables para el diseño experimental usado.

Tabla 3.8

Promedios del peso fresco del follaje por tratamiento y número de días en avena forrajera (*Avena sativa* L.).

Nº de días	<i>Azospirillum</i> + <i>Rhizobium</i>	<i>Azospirillum</i>	<i>Rhizobium</i>	Testigo	Nitrógeno
30	0.479	0.492	0.415	0.363	0.488
60	4.050	4.074	4.038	3.042	4.022
90	14.213	16.932	12.736	8.684	12.428
120	31.900	35.540	30.610	23.070	29.880
150	38.450	40.340	35.710	26.770	35.980

El incremento del peso fresco del follaje través del tiempo para los 30 a 150 días (tabla 3.8) se logra el mejor resultado estadístico con el tratamiento de *Azospirillum* (40.340 g/plta) y por metro cuadrado se obtuvo (5.686 kg. FV/m²) lo que equivale (56.80 T. FV. ha⁻¹) sin diferencia significativo con los tratamientos de *Azospirillum* + *Rhizobium*, *Rhizobium* y nitrógeno, mientras que el tratamiento testigo logra un promedio menor (26.770 g/plta) obteniéndose (3.160 kg FV/m²). Los valores del rendimiento de biomasa obtenidos en la co-inoculación (*Azospirillum* y *Rhizobium*) en la avena forrajera, Cochabamba, 4100 msnm. No hay diferencia a los reportes de Carrasco et al., (2021) quienes obtuvieron rendimiento de 59.8 T. FV/ha. En donde realizaron a altitudes que van desde los 2680 hasta los 3818 msnm.

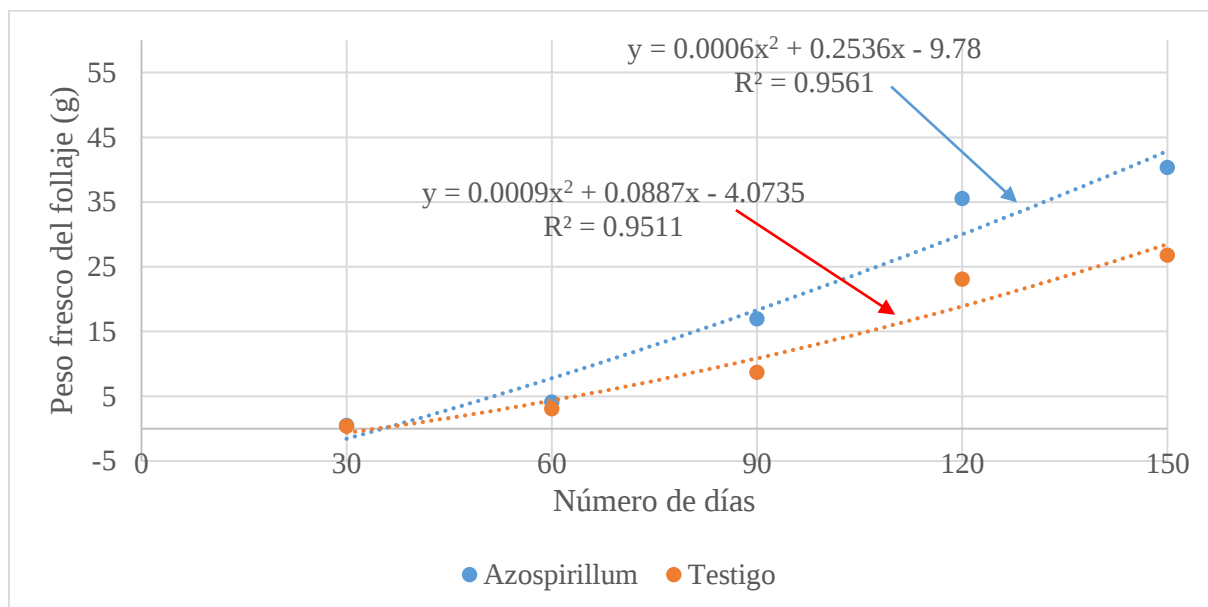


Figura 3.6. Relación peso fresco del follaje y número de días en avena forrajera (*Avena sativa* L.).

El incremento del peso fresco de la parte aérea está relacionada con el número de días después de la siembra, este crecimiento varía ligeramente entre las fechas de 30 a 60 días, luego ocurre un incremento más pronunciado entre los 90 a 150 días, originando un modelo polinomial cúbico, en la (figura 3.8) se tienen los modelos para el peso fresco del follaje de la avena para el testigo y *Azospirillum*, cabe precisar que las diferencias no son estadísticamente significativas entre los 30 a 150 días.

Los resultados de peso fresco del follaje en el presente trabajo de investigación tuvo un rendimiento de biomasa inferior a lo reportado por Tipe, (2017) en una investigación realizado sobre características morfológicas de 14 variedades de avena en la región de Ayacucho localidad de Allpachaca a 3,529 msnm donde el rendimiento de la avena forrajera en verde de la variedad Mantaro 15M fue de 88.75 T. FV/ha.

3.2.3. Peso fresco de la raíz

Tabla 3.9

Análisis de variancia del peso fresco de la raíz en la co-inoculación (*Rhizobium* y *Azospirillum*), de avena forrajera (*Avena sativa* L.).

F. V.	GL	Número de días									
		30		60		90		120		150	
		C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor
Bloque	3	0.0017	0.0537	0.8500	0.0015	0.3943	0.0022	5.8599	0.0027	17.90	0.0274
Tratamiento	4	0.0014	0.0742	0.3459	0.0280	0.1686	0.0313	2.2502	0.0499	2.52	0.6633
<i>Azospirillum</i> (A)	1	0.0015	0.1108	0.7478	0.0126	0.2862	0.0254	4.1636	0.0302	1.46	0.5625
<i>Rhizobium</i> (R)	1	0.0016	0.0951	0.2989	0.0887	0.2756	0.0277	3.5288	0.0431	5.86	0.2563
A x R	1	0.0023	0.0527	0.1051	0.2935	0.1116	0.1372	1.2814	0.1980	1.23	0.5945
Factorial vs N	1	0.0002	0.5604	0.2319	0.1287	0.0010	0.8838	0.0269	0.8467	1.51	0.5567
Error	12	0.0005		0.0871		0.0440		0.6899		4.13	
Total	19										
CV		11.61		19.70		10.48		20.15		35.34	
Promedio		0.191		0.690		2.492		4.121		5.75	

En el análisis de variancia del peso fresco de la raíz (tabla 3.9) se encontró que el tratamiento de *Azospirillum* es significativo a los 60 días del resto de los tratamientos, mientras que a los 90 y 150 días se encontró diferencia estadística con el tratamientos de *Rhizobium*, no encontrándose diferencia significativa en los tratamiento de la interacción *Azospirillum* x

Rhizobium y el promedio factorial vs nitrógeno. Los coeficientes de variación se encuentran entre los valores aceptables para el diseño experimental usado.

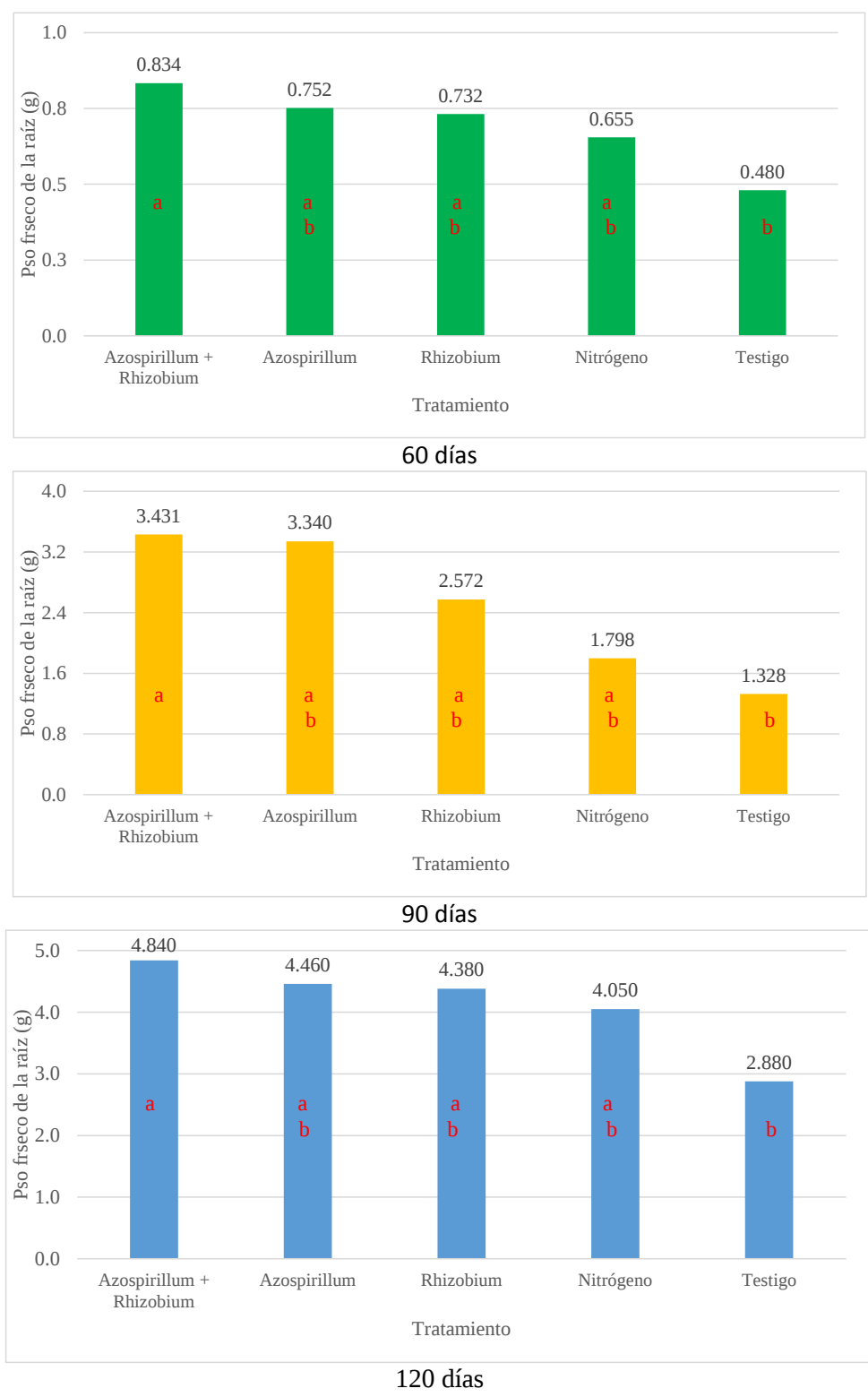


Figura 3.7. Prueba de Tukey del peso fresco de la raíz para el efecto de tratamientos a los 60, 90 y 120 días en avena forrajera (*Avena sativa* L.).

La prueba de Tukey del peso fresco de la raíz (figura 3.7) para el efecto principal de *Azospirillum* x *Rhizobium* a los 60, 90 y 150 días, muestra que cuando se aplica *Azospirillum* + *Rhizobium* se logra el peso fresco de la raíz de (0.834, 3.431 y 4.840 g/plta) y cuando no se aplica la interacción de microorganismos se tiene un peso fresco de raíz (0.480, 1.328 y 2.880 g/plta), con diferencia significativa. En el caso de la prueba de Tukey para el efecto de tratamientos, revelan donde se usaron microorganismos o nitrógeno muestran diferencias significativas al testigo.

Tabla 3.10

Promedios del peso fresco de la raíz por tratamiento y número de días en avena forrajera (*Avena sativa* L.).

Nº de días	<i>Azospirillum</i> + <i>Rhizobium</i>	<i>Azospirillum</i>	<i>Rhizobium</i>	Testigo	Nitrógeno
30	0.198	0.201	0.202	0.158	0.197
60	0.834	0.752	0.732	0.480	0.655
90	3.431	3.340	2.572	1.328	1.798
120	4.840	4.460	4.380	2.880	4.050
150	4.742	4.250	4.170	2.660	4.010

El desarrollo del peso fresco de la raíz a través del tiempo entre los 30 a 150 días logra el mejor resultado con el tratamiento de interacción *Azospirillum* x *Rhizobium* (4.84 g/plta) sin diferencia estadística con los tratamientos de *Azospirillum*, *Rhizobium* y nitrógeno, mientras que el tratamiento testigo logra un promedio menor (2.88 g/plta) con diferencia significativa con los cuatro tratamiento anteriores, a los 120 días como se puede observar en la (tabla 3.10)

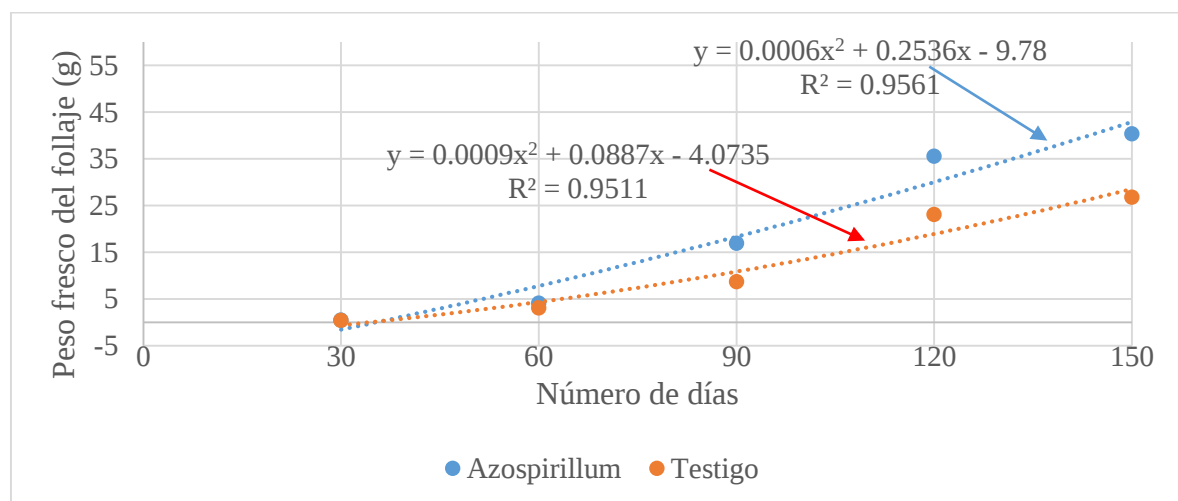


Figura 3.8. Relación peso fresco de la raíz y número de días en avena forrajera (*Avena sativa* L.)

El incremento del peso fresco de la raíz está relacionada con el número de días después de la siembra, este aumento varía ligeramente entre las fechas de 30 a 60 días, luego ocurre un incremento más pronunciado entre 60 a 150 días, originando un modelo polinomial cúbico, en la (figura 3.8) se tienen los modelos para el incremento del peso fresco de la raíz en la planta para el testigo y la interacción *Azospirillum* x *Rhizobium*, como se indicó anteriormente las diferencias no son significativas a los 30 y 150 días y con diferencia estadística a los 90 y 120 días entre *Azospirillum* y *Rhizobium*.

3.2.4. Peso seco del follaje

Tabla 3.11

Análisis de variancia del peso seco del follaje en la co-inoculación (*Rhizobium* y *Azospirillum*), de avena forrajera (*Avena sativa* L.).

F. V.	GL	Número de días									
		30		60		90		120		150	
		C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor
Bloque	3	0.00009	0.6152	0.00006	0.7378	0.98673	0.0007	21.31210	0.1015	57.43	0.0378
Tratamiento	4	0.00024	0.2322	0.00038	0.0691	0.09572	0.3903	11.89076	0.2792	20.97	0.1887
Azospirillum (A)	1	0.00045	0.1046	0.00043	0.0944	0.15074	0.2080	18.11779	0.1638	33.01	0.1158
Rhizobium (R)	1	0.00009	0.4595	0.00039	0.1095	0.11509	0.2675	16.45925	0.1829	25.96	0.1586
A x R	1	0.00028	0.1916	0.00056	0.0598	0.11509	0.2675	12.22901	0.2464	23.96	0.1743
Factorial vs N	1	0.00013	0.3601	0.00012	0.3518	0.00197	0.8816	0.75699	0.7670	0.97	0.7761
Error	12	0.00015		0.00013		0.08513		8.23638		11.49	
Total	19										
CV		19.41		17.98		17.40		27.40		25.09	
Promedio		0.062		0.064		3.031		10.474		13.50	

En el análisis de variancia del peso seco del follaje (tabla 3.11), no se encontró diferencia significativa a los 30, 60, 90 y 150 días en los tratamientos de *Azospirillum* y *Rhizobium*, así como en la interacción *Azospirillum* + *Rhizobium* y el promedio factorial vs nitrógeno. Los coeficientes de variación se encuentran entre los valores aceptables para el diseño experimental usado.

Los resultados en este trabajo muestran que la co-inoculación (*Azospirillum* + *Rhizobium*) es menor a lo representado por Lara et al., (2013) al mostrar mejor resultado a los 90 días después de la siembra, presenta el mayor valor de 12.8 g con el tratamiento de fertilizante nitrogenada a 120 kg N. ha⁻¹ mientras que los demás tratamientos inoculadas a

diferente concentraciones (UFC/ml) con semilla de arroz no presentan una diferencia significativa.

Tabla 3.12

Promedios del peso seco del follaje por tratamiento y número de días en avena forrajera (*Avena sativa* L.).

Nº de días	<i>Azospirillum</i> + <i>Rhizobium</i>	<i>Azospirillum</i>	<i>Rhizobium</i>	Testigo	Nitrógeno
30	0.065	0.068	0.062	0.049	0.068
60	0.067	0.069	0.068	0.046	0.069
90	3.299	3.480	3.257	2.037	3.082
120	11.580	11.300	11.200	7.420	10.860
150	11.880	11.600	11.400	7.820	11.160

El aumento del peso seco del follaje de avena (tabla 3.12) a través del tiempo evaluado entre los 30 a 150 días (Anexo 01) se logra el mejor resultado con el tratamiento de *Azospirillum* + *Rhizobium* (11.880 g/plta) obteniendo por metro cuadrado (1.49 kg MS.ha⁻¹) equivalente a (14.88 T MS.ha⁻¹) sin diferencia estadística con los tratamientos de *Azospirillum*, *Rhizobium* y nitrógeno, solo presenta diferencia numérica.

Estos resultados concuerdan con lo reportado de García et al., (2010) llegando a determinar que las cepas de *Azospirillum* spp. GM-57 y GM-86 (6.87 a 6.40 g) incrementaron el peso de la materia seca de la parte aérea en el cultivo de arroz.

Mientras que el tratamiento testigo logra un promedio menor (7.820 g/plta) equivalente a (9.90 T MS.ha⁻¹) con diferencia significativa con los cuatro tratamientos anteriormente mencionados (tabla 3.12)

Los resultados en rendimiento de materia seca de avena del presente trabajo de investigación muestran ser superiores a lo reportado por Montoya, (2017) para la var. “INIA 902 Mantaro 15” a los 134 y 149 días después de la siembra en el estado fenológico de grano lechoso y pastoso, obteniéndose rendimientos de materia seca (9,601 y 9,936 kg MS/ha).

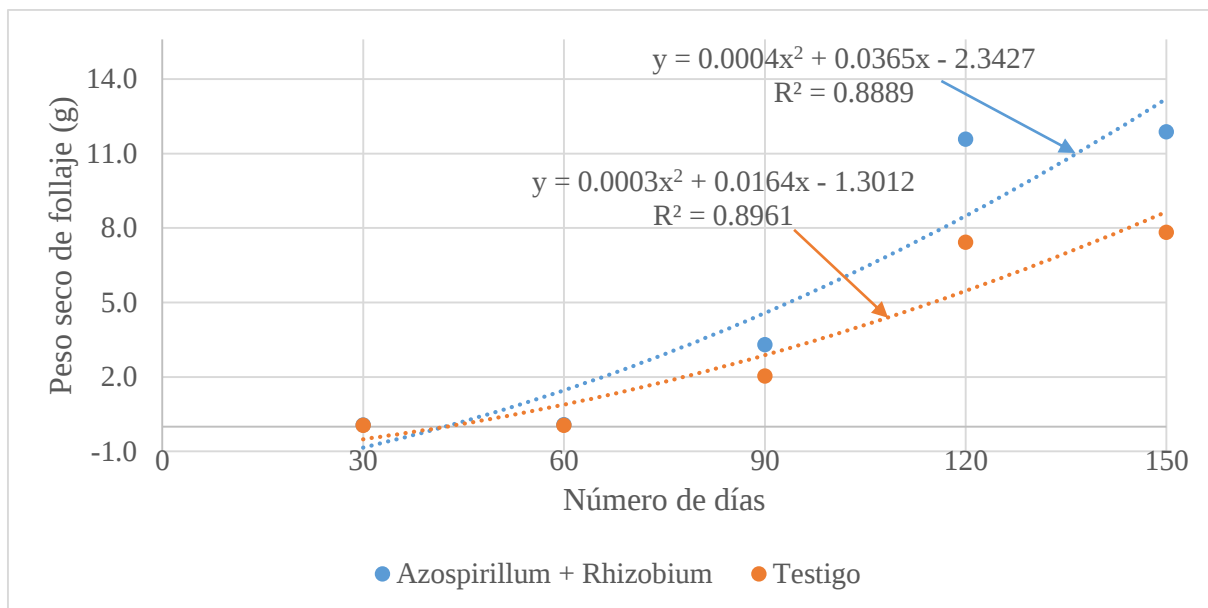


Figura 3.9. Relación peso seco del follaje y número de días en avena forrajera (*Avena sativa* L.).

El incremento del peso seco del follaje de la planta está relacionada con el número de días después de la siembra, este crecimiento varia ligeramente entre las fechas de 30 a 60 días, luego ocurre un incremento más pronunciado a los 90 y 150 días, originando un modelo polinomial cúbico, se observa en la (figura 3.9) los modelos para el incremento del peso seco del follaje de avena para el testigo y *Azospirillum* + *Rhizobium*.

3.2.5. Peso seco de la raíz

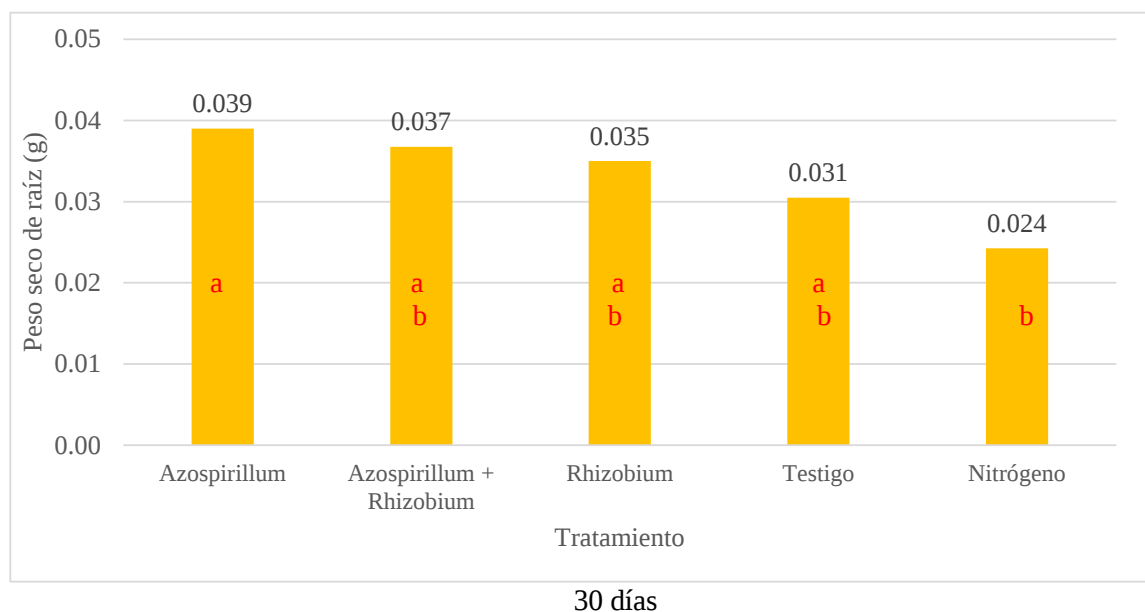
Tabla 3.13

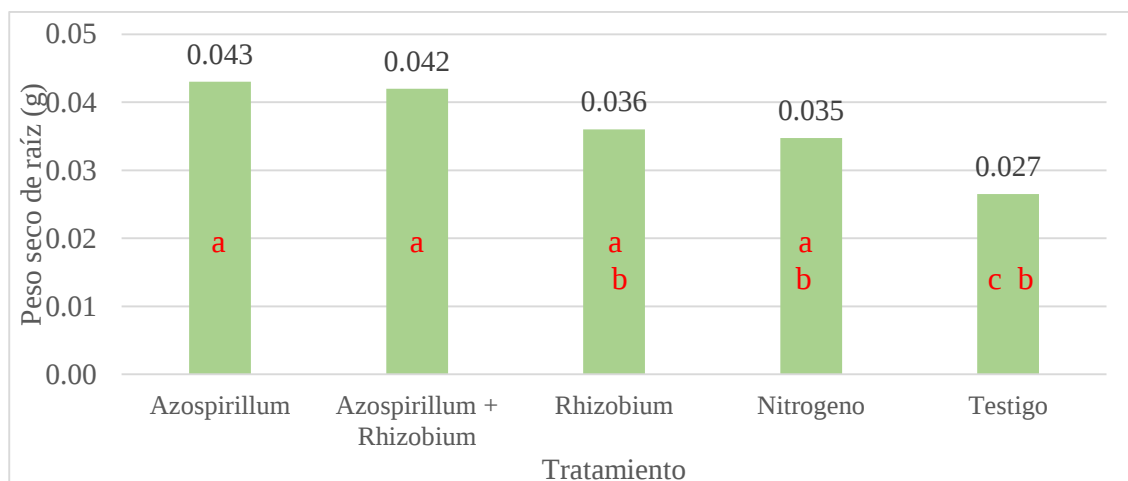
Análisis de variancia del peso seco de la raíz en la co-inoculación (*Rhizobium* y *Azospirillum*), de avena forrajera (*Avena sativa* L.).

F. V.	GL	Número de días									
		30		60		90		120		150	
		C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor	C. M.	p-valor
Bloque	3	0.00004	0.4136	0.00005	0.2598	0.21885	0.0012	0.10279	0.0838	1.72	0.0122
Tratamiento	4	0.00014	0.0402	0.0017	0.0120	0.03620	0.2092	0.08416	0.1173	0.81	0.0852
Azospirillum (A)	1	0.00027	0.0213	0.0051	0.0021	0.07169	0.0894	0.16851	0.0525	1.68	0.1374
Rhizobium (R)	1	0.00007	0.1977	0.00064	0.1897	0.00574	0.6106	0.04516	0.2873	0.19	0.4460
A x R	1	0.00017	0.0590	0.0001	0.1078	0.04873	0.1535	0.07952	0.1652	0.87	0.1170
Factorial vs N	1	0.00003	0.3694	0.00011	0.5707	0.01864	0.3647	0.04343	0.2962	0.51	0.2206
Error	12	0.00004		0.00033		0.021		0.03641		0.31	
Total	19										

CV	18.83	15.87	21.62	19.14	25.69
Promedio	0.033	0.037	0.502	1.049	1.55

En el análisis de variancia del peso seco de la raíz (tabla 3.13) se encontró que el efecto principal de *Azospirillum* es significativo a los 30 y 60 días de crecimiento, no se encontró diferencia significativa en las fuentes de variación a los 90 y 150 días en todos los tratamientos. Los coeficientes de variación se encuentran entre los valores aceptables para el diseño experimental usado.





60 días

Figura 3.10. Prueba de Tukey del peso seco de raíz para el efecto de tratamientos a los 30 y 60 días en avena forrajera (*Avena sativa* L.).

La prueba de Tukey del peso seco de la raíz (figura 3.10) para el efecto principal de *Azospirillum* a los 30 y 60 días, muestra que cuando se aplica *Azospirillum* se logra un peso seco de la raíz de (0.043 g/plta) y cuando no se aplica *Azospirillum* se tiene un peso seco de la raíz de (0.027 g), con diferencia significativa. En el caso de la prueba de Tukey para el efecto de tratamientos donde se usaron microorganismos o nitrógeno muestran diferencias significativas al testigo.

Tabla 3.14

Promedios del peso seco de la raíz por tratamiento y número de días en avena forrajera (*Avena sativa* L.).

Nº de días	<i>Azospirillum</i> + <i>Rhizobium</i>	<i>Azospirillum</i>	<i>Rhizobium</i>	Testigo	Nitrógeno
30	0.037	0.039	0.035	0.024	0.031
60	0.042	0.043	0.036	0.027	0.035
90	0.557	0.676	0.558	0.318	0.401
120	1.270	1.400	1.090	0.650	0.830
150	1.320	1.630	1.140	0.850	0.930

El incremento del peso seco de la raíz para los periodos de tiempo de 30 a 150 días (Anexo 02) logra el mejor resultado con el tratamiento de *Azospirillum* (1.630 g/plta), sin diferencia estadística con el tratamiento de *Azospirillum* + *Rhizobium*, solo presenta diferencia numérica. Mientras que el tratamiento testigo logra un promedio menor de (0.850 g) con diferencia significativa de los demás tratamientos como se puede observar en la (tabla 3.14).

Los resultado del presente trabajo de investigación es inferior con respecto a lo obtenido por García et al., (2010) quienes obtuvieron valores en promedio de materia seca de raíces en el cultivo de arroz de 3.55 g con *Azospirillum* sp. GM-86 y 1.55 g con el testigo absoluto. El comportamiento se puede atribuir propios a las características del cultivo.

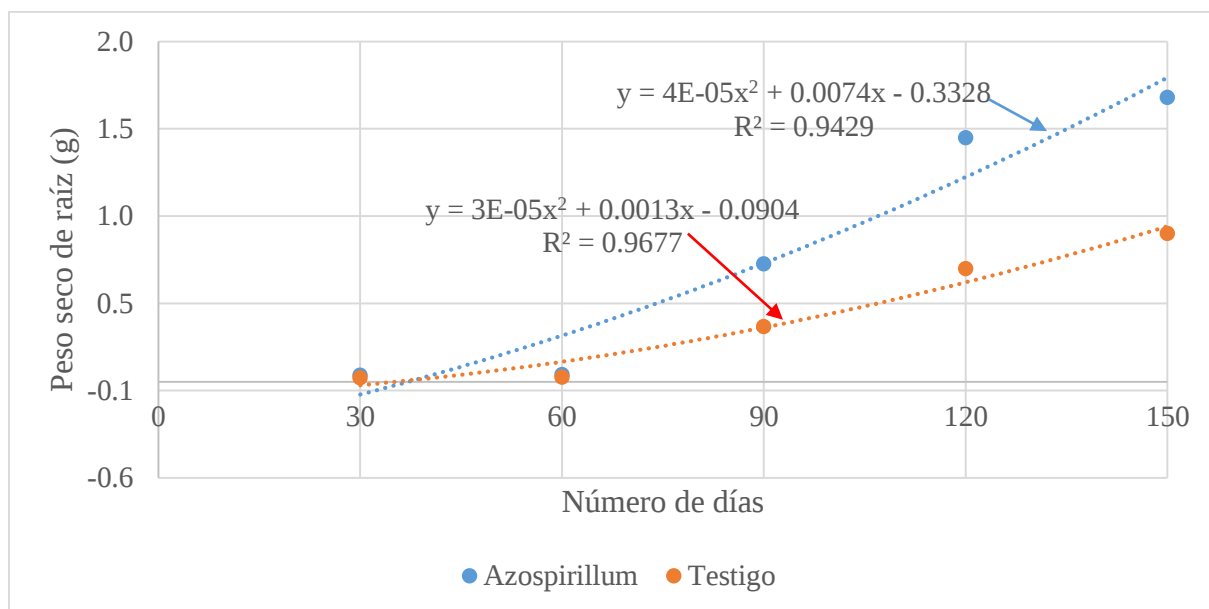


Figura 3.11. Relación peso seco de la raíz y número de días en avena forrajera (*Avena sativa* L.).

El incremento del peso seco de la raíz está relacionada con el número de días después de la siembra, este incremento varia ligeramente entre las fechas de 30 a 60 días, luego ocurre una mejora más pronunciado entre los 90 a 150 días, originando un modelo polinomial cúbico, como se puede observar en la (figura 3.11) se tienen los modelos para el incremento de peso seco de la raíz con el *Azospirillum* y testigo, solo presentando diferencia numérica con los tratamientos.

3.2.6. Contenido de nitrógeno

Tabla 3.15

Análisis de variancia del contenido de nitrógeno del follaje en la co-inoculación (*Rhizobium* y *Azospirillum*), de avena forrajera (*Avena sativa* L.).

F. V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Bloque	3	0.0087	0.0029	0.82	0.5058
Tratamiento	4	0.1906	0.0476	13.56	0.0002
<i>Azospirillum</i> (A)	1	0.0380	0.0380	10.82	0.0065
<i>Rhizobium</i> (R)	1	0.1225	0.1225	34.86	0.0001
A x R	1	0.0289	0.0289	8.22	0.0141
Factorial vs N	1	0.0011	0.0011	0.32	0.5820
Error	12	0.0422	0.0035		
Total	19	0.2414			

En el análisis de variancia del contenido de nitrógeno del follaje de la planta (tabla 3.15) se encontró que el efecto principal de *Azospirillum*, *Rhizobium*, así como la interacción *Azospirillum* + *Rhizobium* es altamente significativo con respecto a los demás tratamientos, debido a las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) que aumentan la absorción radical del nitrógeno por estimulación fitohormona (Paredes, 2013). Los coeficientes de variación se encuentran entre los valores aceptables para el diseño experimental usado, se detalla el resultado de análisis del contenido de nitrógeno en el (Anexo 03).

De acuerdo con Parra & Cuevas, (2002) la inoculación con *Azospirillum* en la planta provoca cambios significativos en varios parámetros de su crecimiento, por otra parte los efectos que provoca la inoculación son; incrementa el contenido de nitrógeno en las hojas, número de espigas, altura de la planta, longitud de raíz, tamaño de las hojas y la tasa de germinación. La época de corte para determinar el porcentaje de nitrógeno se realizó en condiciones de grano pastoso.

Tabla 3.16

Prueba de Tukey del contenido de porcentaje de nitrógeno de la parte aérea para el efecto de tratamientos en avena forrajera (*Avena sativa* L.).

Tratamiento		Promedio	Tukey (0.05)
t1	Az + Rh	0.878	a
t3	Az	0.865	a
t2	Rh	0.788	a
t5	T+N	0.765	a
t4	T	0.605	b

La prueba de Tukey del contenido de nitrógeno de la parte aérea (tabla 3.16) para el efecto principal de *Azospirillum*, *Rhizobium* y la interacción *Azospirillum* + *Rhizobium* y el tratamiento nitrógeno, revelan que los tratamientos donde se usaron microorganismos o nitrógeno muestran diferencias significativas del testigo.

Del mismo modo Askary et al., (2009) Llegaron a determinar que el contenido de nitrógeno en los granos de trigo cosechado con la co-inoculación de *Azospirillum brasiliense* y *Rhizobium meliloti* más 2,4-D mostraron que la cantidad de nitrógeno en los granos se incrementaron a 26,03 mg (65.8%) y 25,4 mg.g DW(61.8%) en las variedades de Baccross y Mahdavi, mientras que las plantas no inoculadas lograron acumular la menor cantidad de nitrógeno.

3.3. Asociación entre caracteres

Tabla 3.17

Coeficientes de correlación entre caracteres en avena forrajera (*Avena sativa* L.).

	altura de la planta	Longitud de la raíz	peso fresco total	peso fresco del follaje	peso fresco de la raíz	peso seco del follaje	peso seco de la raíz	% Nitrógeno
	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8
Y2	0.2825							
	0.2276							
Y3	0.4132	0.2608						
	0.0701	0.0755						
Y4	0.7093	0.4108	0.7109					
	0.0005	0.0720	0.0000					
Y5	0.3603	0.5458	0.7283	0.7932				
	0.1187	0.0081	0.0000	0.0000				
Y6	0.6605	0.4887	0.6153	0.8056	0.7571			
	0.0015	0.0133	0.0000	0.0000	0.0001			
Y7	0.5931	0.5745	0.6040	0.9094	0.7283	0.7331		
	0.0058	0.0023	0.0011	0.0000	0.0003	0.0002		
Y8	0.2243	0.7193	0.2550	0.2798	0.5388	0.4347	0.3946	
	0.3418	0.0004	0.2778	0.2322	0.0142	0.0554	0.0851	

Se evaluó el coeficiente de correlación entre caracteres en avena forrajera (*Avena sativa* L.) (Tabla 3.17) para cada variable determinado en estudio.

- Para la altura de la planta existe el coeficiente de correlación significativa con el peso fresco y el peso seco de la parte aérea, así como también, con el peso seco de la raíz. Lo cual determina que la influencia de la altura en la avena a través del uso de microorganismos determina en el rendimiento de los demás variables evaluados.
- La longitud de la raíz presenta una correlación positiva con el peso fresco y el peso seco de la raíz, del mismo modo, con el porcentaje de contenido de nitrógeno de la parte aérea.
- El peso fresco total (follaje y raíz) presenta una correlación significativa con el peso fresco y seco de la parte aérea, asimismo, con el peso fresco y seco de la raíz.
- Las otras variables evaluadas no presentaron el coeficiente de correlación de significancia.

CONCLUSIONES

1. Los resultados de la inoculación con *Azospirillum* muestra ser superior en altura de planta y longitud de raíz (155.50 cm, 15.08 cm). Con respecto al testigo. Sin embargo, resulta ser similar a los otros tratamientos en rendimiento de forraje verde y materia seca solo mostrando diferencia numérica.
2. Con respecto al efecto de las bacterias *Rhizobium* muestra ser similar a los diferentes parámetros evaluados solo presenta diferencia numérica. Sin embargo presenta una diferencia significativa respecto al testigo.
3. Los efectos de la interacción *Azospirillum* más *Rhizobium* resulta ser superior estadísticamente en peso fresco de la raíz con respecto a los demás tratamientos. Sin embargo, a los parámetros evaluados muestra ser similar con los otros tratamientos.

RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios con réplicas del presente trabajo con los microorganismos (*Azospirillum* y *Rhizobium*) en la avena forrajera en diferentes pisos ecológicos para diseminar y consagrar su adopción en los productores.
2. Se recomienda evaluar el costo de producción con estos inoculantes biológicos en la producción de la avena forrajera a fin de reducir el uso de fertilizantes químicos.
3. Realizar trabajos de investigación en condiciones de invernadero con las bacterias promotoras del crecimiento vegetal en avena forrajera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROTORAL. (2018). Manual de abonamiento con guano de las islas. *Ministerio de Agricultura y Riego, 1ra. edici*, 63–65.
- Akhila, R., Anusha, M., & Romachandra, A. (2021). Molecular basis of legume-Rhizobium symbiosis. *Agriculture & Food:E-NEWSLETTER*, 3(3), 136–138.
- Alvarez, C., & Díaz-Zorita, M. (2020). Inoculacion de semillas de cebada con Azospirillum brasilense: Produccion de biomasa aerea y uso de agua. *SEMIÁRIDA*, 30(1), 9–17.
- Álvarez, R. (2017). Rendimiento y calidad del forraje de cuatro cereales de grano pequeño en tres etapas de crecimiento y dos niveles de nitrogeno en el valle de Toluca. *Facultad de Ciencias Agricola-Universidad Autónoma Del Estado de México.*, 1–76.
- Argote, G., & Ruiz, J. (2011). Manejo y Conservación de Avena Forrajera. *Oficina Académica de Extension y Proyeccion Social Agrobanco-Universidad Nacional Agraria La Molina*.
- Askary, M., Mostajeran, A., Amooaghaei, R., & Mostajeran, M. (2009). Influence of the Co-inoculation Azospirillum brasilense and Rhizobium meliloti plus 2 , 4-D on Grain Yield and N , P , K Content of Triticum aestivum (Cv . Baccros and Mahdavi). *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 5(3), 296–307.
- Bilal, M., Ayub, M., Tariq, M., Tahir, M., & Nadeem, M. A. (2017). Dry matter yield and forage quality traits of oat (Avena sativa L.) under integrative use of microbial and synthetic source of nitrogen. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(3), 236–241.
- Calla, J. (2012). Analisis de suelos y fertilizacion en avena forrajera. *Agrobanco*, 1–32.
- Campuzano, L., Castro, E., Castillo, J., Torres, D., Cuesta, P., Antonio, P., Portillo, P., Nieto, D., Nieto, F., & Yepes, D. (2018). Avena Forrajera Altoandina. *AGROSAVIA*, 5–20.

- Carrasco, W., Alvarez, W., & Vásquez, H. (2021). Rendimiento productivo de dos genotipos de Avena sativa L. en 10 localidades, y el momento optimo para la produccion de ensilado en asociacion con Vicia sativa L. en la sierra norte del Perú. *Agroindustrial Sciencie*, 11(2), 193–199. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.02.09>
- Chávez, A., & Gómez, S. (1999). Guia para producir forraje de avena y cebada bajo riego en la costa Ensenada. *Inifap-Produce Fundacion*, 9.
- Direccion Regional Agraria Ayacucho (DRAA). (2021). *Produccion y rendimiento de la avena forrajera en las provincias de Ayacucho*.
- Domingues, C., Cecato, U., Trento, T., Mamédio, D., & Galbeiro, S. (2020). Azospirillum spp. en gramineas y forrajeras. Revision. *Revista Mexicana Ciencia Pecuaria*, 11(1), 223–240.
- Ferlini, H. (2008). Inoculacion de semillas, una tecnica tambien para gramineas. *Sitio Argentino de Produccion Animal*, 16, 16–20.
- Flores, A. (2005). Manual de pastos y forrajes altoandinos. *Universidad Nacional Agraria La Molina*. <http://www.itdg.org.pe>
- Garcia-Blasquez, C., & Sato, M. (2019). Técnicas de aislamiento, identificacion, selección de cepas de Rhizobium, Azospirillum y producción de inoculantes. *Revista de Investigacion UNSCH*, 27.
- García, F., Muñoz, H., Carreño, C., & Mendoza, G. (2010). Caracterizacion de cepas nativas de Azospirillum spp. y su efecto en el desarrollo de Oryza sativa L. “arroz” en Lambayeque. *Scientia Agropecuaria*, 1, 107–116.
- Guerrero, M. (2012). Asistencia técnica dirigida en análisis de suelos y fertilizacion en el cultivo de avena forrajera. *InfoAgro*, 1–32.
- Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R., & Ahmed, I. (2010). Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Ann Microbiol*, 60, 579–598.
- Holguin, G., Bashan, Y. ;, Puente, E. ;, Carrillo, A., Bethlenfalvay, G., Rojas, A., Vázquez, P.,

- Toledo, G. ;, Bacilio Jiménez, M. ;, Glick, B. ;, González De Bashan, L., Lebsky, V., Moreno, M., & Hernández, J. (2003). Promocion del crecimiento en plantas por bacterias de la rizosfera. *Agricultura Técnica En México*, 29(2), 201–211.
- INIA-Huancayo. (2006). Avena INIA 901 - Mantaro 15M. In *INIA-Estacion experimentacion Agraria Santa Ana-Huanacyo*. Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/658>
- Jewsbury, G. (2017). Gramineas ornamentales. Soporte teórico de clase. Recopilacion bibliografica. Módulo reproduccion I. Tecnicatura en jardineria y floricultura. *Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.*, 3–14.
- Landriscini, M., Lázzari, M., & Galantini, J. (2010). Fertilización nitrogenada y balance de nutrientes en cebada cervecera. *Ciencias Del Suelo*, 28(2), 201–214.
- Lara, C., Alvarez, A., & Eliecer, L. (2013). Impacto de inoculacion con la bacteria nativa Azospirillum sobre Oryza sativa L . en Cordoba – Colombia. *Biotecnologia En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2), 37–45.
- Lara, G. (2012). Produccion de materia seca y contribucion de los componentes (tallos, hojas y espigas) en trigos imberbes y otros cereales de invierno. *Departamento de Fitomejoramiento-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*, 1–56.
- Licea-Herrera, J., Di Carlo Quiroz-Belásquez, J., & Hernández-Mendoza, J. (2020). impacto de azospirillum brasilense, una rizobacteria que estimula la produccion de acido indol-3-acetico como el mecanismo de mejora del crecimiento de las plantas en los cultivos agricolas. *Bolivian Journal of Chemistry*, 37(1), 34–39.
- Lopez, L. (1991). Cereales - Cultivos herbaceos. In *Escuela técnica superior de ingenieros Agrónomos - Universidad de Córdoba* (Ediciones, Vol. 1).
- Loredo -Osti, C., López-Reyes, L., & Espinosa-Victoria, D. (2004). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramineas: Una revision. *Terra Latinoamericana*,

22(2), 225–239.

- Mamani, J., & Cotacallapa, F. (2018). Rendimiento y calidad nutricional de avena forrajera en la región de Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas -Journal of High Andean Research*, 20(4), 385–400.
- MINAGRI. (2015). Manual de abonamiento con guano de las islas. *Ministerio de Agricultura y Riego*, 119.
- MINAGRI. (2020). El Agro en cifras. *Ministerio de Agricultura y Riego Boletín, Estadístico Mensual “El Agro En Cifras,”* 63.
- Montoya, K. (2017). Características Agronómicas y valor nutricional de 7 cultivos forrajeros bajo secano en la sierra central. (Tesis de pregrado) *Facultad de Zootécnia - Univerisdad Nacional Agraria La Molina*, 1–99.
- Nestares, A. (2014). Técnicas de conservación de forrajes para alimentación animal. *Instituto Nacional de Innovación Agraria*, 7(2), 1–57.
- Noli, C., Asto, R., & Canto, A. (2004). *Evalaucion de variedades de avena forrajera tolerantes a sequias y heladas para produccion de forraje verde.*
- Noli, C., Nestares, A., & Coronel, J. (2017). *La avena forrajera INIA 901-Mantaro 15M, alternativa de alimentación para epoca de estiaje para la ganaderia en la sierra del Perú.*
- Ortiz, A., Delgadillo, J., Rodríguez, M., & Calderón, G. (2016). Bacterial Inoculation of five strawberry varieties in contrasting soil pH: effect on growth and fruit quality. *Terra Latinoamericana*, 34, 177–185.
- Paredes, M. (2013). Fijacion biologicas de nitrogeno en leguminosas y gramineas. (Tesis de pregrado) *Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Catolica Argentina*, 1–143.
- Parra, Y., & Cuevas, F. (2002). Potencialidades de Azospirillum como inoculante para la agricultura. *Cultivos Tropicales-Instituto Nacional de Ciencias Agricolas*, 23, 1–12.
- Peters, M., Horacio Franco, L., & Schmidt Belisario Hincapié, A. (2010). *Especies Forrajeras*

Multipropósito Opciones para Productores del Trópico Americano.

- Rubiños, T. (2017). Efecto de dos momentos de inoculación de *Azospirillum* spp. nativas en el desarrollo vegetativo de *Zea mays* L. en condiciones de invernadero. (tesis de Maestría) *Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo,"* 32–54.
- Ruiz, J., Medina, G., González, I., Flores, H., Ramírez, G., Ortiz, C., Byerly, K., & Martínez, R. (2013). *Requerimiento agroecológicos de cultivos* (2da Edición, Issue 3). <https://www.researchgate.net/publication/343047223>
- Saleem, M., Zamir, M., Haq, I., Irshad, M., Khan, M., Asim, M., Zaman, Q., Ali, I., Khan, A., & Rehman, S. (2015). Yield and Quality of Forage Oat (*Avena sativa* L.) Cultivars as Affected by Seed Inoculation with Nitrogenous Strains. *American Journal of Plant Sciences*, 6, 3251–3259.
- Sanchez, R., Diaz-Franco, A., Pecina-Quintero, V., Garza-Cano, I., & Loera-Gallardo, J. (2008). *Glomus intraradices* y *Azospirillum brasilense* en trigo bajo dos regímenes de humedad en el suelo. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*, 24(1), 239–245.
- Santoyo, M., Sedano, M., & Diaz, P. (2019). Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (avena sativa) en dos estados de maduración diferentes, en la vereda el Gaital del Municipio de Vélez, Santander. *Working Papers ECAPMA*, 8.
- Schmidt, A. (2020). Efecto de la residualidad de *Azospirillum brasilense* sobre los distintos parámetros de rendimiento en el cultivo de Trigo. *Universidad Nacional Del Sur-Departamento de Agronomía*, 36.
- Servin, M., Sánchez, R., Ramírez, O., Galindo, M., & Gutierrez, H. (2018). Modelos para programación y optimización de agua de riego en avena forrajera. *Revista Mexicana de Ciencia Pecuarias*, 9(4), 667–684.
- Tipe, A. (2017). Caracterización morfológica de variedades de avena (*Avena* spp). Allpachaca 3529 msnm-Ayacucho. (Tesis de pregrado) *Universidad Nacional de San Cristóbal de*

Huamanga-Facultad de Ciencias Agrarias, 94–96.

Uhrich, W., & Benintende, S. (2005). Aplicacion de Azospirillum brasilense en cultivo de soja en co-inoculacion con Bradyrhizobium japonicum. *Revista Cientifica Agropecuaria*, 9(1), 71–75.

Villanueva, N. (2006). Producción de avena (Avena sativa) con diferentes dosis de composta y yeso. *Universidad Autonoma Agraria “Antonio Narro” -Division de Carreras Agronomicas*, 1–36.

Vital, L., & Mendoza, A. (2014). Azospirillum : habitante de la gramíneas. *La Ciencia y El Hombre - Universidad Veracruzana*, 27, 2–5.

Yzarra, W. (2011). Manual de observaciones fenológicas. *Senamhi*, 16.

ANEXOS

ANEXO 1. Evaluación de la co-inoculación (*Rhizobium*, *Azospirillum*) en el rendimiento de avena forrajera (*Avena sativa* L.) Cochabamba 4100 msnm – Ayacucho.

Nº días	altura de la planta	Longitud de la raíz	peso total	peso fresco del follaje	peso fresco de la raíz	peso seco del follaje	peso seco de la raíz	Nitrógeno
D	Y1 cm	Y2 cm	Y3 g/planta	Y4 g/planta	Y5 g/planta	Y6 g/planta	Y7 g/planta	Y8 %
30	14.77	11.01	0.600	0.431	0.203	0.061	0.031	
30	14.16	10.44	0.502	0.379	0.170	0.066	0.039	
30	15.10	9.34	0.603	0.453	0.203	0.063	0.037	
30	13.79	7.97	0.514	0.343	0.118	0.053	0.027	
30	14.48	9.19	0.653	0.472	0.163	0.062	0.029	
30	14.43	9.55	0.545	0.419	0.182	0.064	0.042	
30	13.43	9.02	0.570	0.450	0.186	0.071	0.046	
30	13.99	9.99	0.613	0.438	0.210	0.082	0.046	
30	12.37	8.41	0.514	0.278	0.133	0.046	0.019	
30	14.40	10.03	0.751	0.475	0.196	0.070	0.033	
30	14.64	9.99	0.551	0.403	0.190	0.053	0.031	
30	16.80	9.38	0.981	0.732	0.249	0.083	0.043	
30	13.58	8.92	0.559	0.380	0.194	0.053	0.027	
30	13.97	8.51	0.892	0.426	0.198	0.050	0.027	
30	15.85	8.04	1.007	0.516	0.229	0.085	0.031	
30	15.19	9.87	0.889	0.664	0.215	0.080	0.043	
30	14.40	10.23	0.587	0.407	0.200	0.053	0.028	
30	14.21	10.27	0.572	0.390	0.202	0.051	0.030	
30	13.66	9.01	0.819	0.406	0.184	0.048	0.024	
30	14.45	10.10	0.785	0.488	0.201	0.053	0.029	
D	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8

60	29.34	11.07	4.52	3.819	0.701	0.061	0.039
60	29.645	11.59	5.438	4.455	0.983	0.067	0.042
60	29.5	10.95	4.151	3.955	0.756	0.068	0.039
60	28.82	9.08	4.043	2.855	0.548	0.049	0.028
60	28.28	10.38	4.552	3.871	0.681	0.062	0.036
60	27.96	9.58	3.686	3.076	0.61	0.068	0.044
60	28.75	11.31	3.316	2.646	0.67	0.071	0.049
60	30.96	10.19	4.432	4.496	0.806	0.086	0.049
60	25.43	7.34	2.809	2.255	0.374	0.042	0.026
60	27.06	7.93	3.807	3.246	0.561	0.07	0.034
60	33.97	11.33	4.007	3.292	0.715	0.054	0.036
60	37.7	13.42	7.554	6.617	0.937	0.083	0.044
60	29.52	10.87	3.483	3.87	0.763	0.059	0.03
60	34.12	9.18	5.872	4.521	0.498	0.048	0.027
60	31.81	9.78	5.436	4.666	0.77	0.082	0.037
60	36.97	12.62	7.319	6.011	1.308	0.083	0.048
60	28.73	10.07	2.994	2.576	0.418	0.053	0.036
60	30.09	9.6	3.275	3.829	0.602	0.059	0.024
60	26.81	8.63	3.556	2.535	0.501	0.046	0.025
60	38.6	10.36	4.91	4.303	0.607	0.06	0.032

D	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8
90	42.77	12.1	6.455	8.527	2.899	1.787	0.306	

90	38.79	14.16	7.105	6.006	1.079	1.417	0.273
90	40.15	13.91	10.941	9.956	1.791	2.624	0.324
90	39.29	10.26	11.601	9.054	1.49	2.148	0.396
90	38.57	10.65	9.278	8.096	1.172	2.107	0.256
90	40.47	14.52	7.747	9.381	1.83	1.907	0.217
90	43.95	13.7	12.057	10.914	2.537	2.422	0.595
90	44.06	12.7	8.671	7.699	1.766	1.623	0.256
90	35.29	8.57	4.467	3.074	0.488	1.077	0.102
90	41.8	10.75	5.655	5.079	0.568	1.172	0.147
90	42.21	14.84	21.542	19.174	4.714	4.682	0.907
90	52.6	19.77	50.365	42.957	7.613	7.604	1.346
90	50.33	14.58	29.812	25.08	5.029	6.303	1.377
90	38.33	10.77	16.475	13.307	2.162	3.014	0.502
90	50.35	13.48	27.202	22.934	3.06	4.659	0.669
90	51.32	15.65	22.572	19.77	4.282	4.818	0.797
90	41.08	13.78	9.488	7.851	2.131	2.475	0.491
90	41.16	11.38	9.214	8.208	1.703	2.476	0.273
90	42.5	10.81	11.697	9.302	1.172	1.91	0.27
90	44.06	11.35	16.584	13.601	2.391	4.391	0.532

D	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8
120	52.95	14.84	34.261	31.559	4.99	9.609	1.452	
120	54.03	15.018	41	34.091	5.923	12.196	1.196	

120	57.87	13.02	41.885	36.756	5.801	12.906	1.349
120	47.02	11.2	21.901	18.937	3.065	4.707	0.557
120	61.88	11.68	44.233	38.924	5.567	12.518	1.071
120	58.95	14.07	16	16.555	3.146	5.199	0.532
120	66.54	15.17	31.626	19.989	2.86	8.845	0.648
120	63.78	13.09	25.151	23.679	3.844	10.661	1.067
120	54.67	8.51	16.879	13.229	1.636	5.862	0.499
120	56.98	11.14	17.333	15.453	2.192	7.505	0.532
120	59.24	14.53	35.504	33.072	5.703	12.577	1.386
120	80.56	15.07	48.167	65.643	5.481	14.331	2.765
120	58.44	13.12	31.063	29.385	3.957	9.874	0.855
120	75.49	10.94	45.507	40.42	4.918	10.658	1.017
120	67.64	11.76	37.271	32.014	4.383	10.482	0.858
120	79.36	15.42	31.056	46.433	5.506	18.938	1.721
120	58.55	15.06	49.882	22.42	3.588	9.831	1.001
120	66.36	13.75	32.804	32.635	3.926	11.363	1.097
120	57.2	10.67	21.63	19.712	1.888	8.469	0.514
120	62.65	11.6	39.702	33.12	4.049	12.947	0.858

D	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8
150	155	17.58	40.716	40.086	7.081	11.396	1.758	0.8
150	157	15.876	48.105	40.097	10.767	13.613	1.469	0.75
150	145	12.13	52.826	46.712	9.811	15.53	1.673	0.88

150	130	12.14	33.502	27.991	4.64	6.855	0.953	0.68
150	156	12.71	53.511	47.02	9.962	14.625	1.327	0.72
150	148	13.62	23.747	25.936	4.462	7.106	0.749	0.87
150	152	16.64	43.683	30.903	3.183	11.267	1.243	0.77
150	147	13.48	33.822	31.378	5.922	12.284	1.323	0.91
150	125	8.45	21.346	16.303	2.784	6.939	0.601	0.51
150	149	11.53	22.988	20.532	3.816	8.677	0.679	0.78
150	145	14.22	57.046	52.246	6.692	17.259	2.293	0.96
150	156	10.37	98.532	108.6	3.349	21.935	4.111	0.79
150	148	11.66	60.875	54.465	2.885	16.177	2.232	0.85
150	125	11.11	61.982	53.727	7.674	13.672	1.519	0.69
150	155	10.04	64.473	54.948	5.706	15.141	1.527	0.79
150	155	15.19	53.628	66.203	6.73	23.756	2.518	0.88
150	157	16.34	59.37	30.271	5.045	12.306	1.492	0.84
150	152	16.12	42.018	40.843	6.149	13.839	1.37	0.82
150	133	10.53	33.327	29.014	2.604	10.379	0.784	0.54
150	148	11.85	56.286	46.721	5.707	17.338	1.39	0.77

ANEXO 2. Análisis de suelo y estiércol

A. Analisis de suelo del campo experimental Cochabamba II Alta - Qarqollachayoc



MULTISERVICIOS AGROLAB

INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:

- EVALUACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS.
- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA.
- USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS.
- ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.
- AGRICULTURA SUSTENTABLE.

1053591

Solicitante: Sr. Claudio Palomino Espinoza

Departamento: Ayacucho

Provincia: Huamanga

Distrito: Chiara

Lugar: Qarqollachayoc

Fecha: 16/10/2020

Numero de Muestra		pH (t) (t)	C.E. (t) dS.m ⁻¹	CaCO ₃ %	Nt %	MO %	P ppm	K ppm	Analisis Mecanico			Clase Textural	CIC	Cationes cambiabiles					% Sat. De Bases
Lab	Campo								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺⁺ + H ⁺	
										Cmol (+).kg ⁻¹									
9778	Qarqollachayoc	5.05	0.41	0.00	1.19	24.3	4.6	109	ORGANICO			41.98	8.21	3.01	0.41	0.10	3.16	28	


P.D. NURKENI CERDA GÓMEZ
Responsable de Laboratorio

A = arena, A.Fr = Arena franca; Fr.A. = Franco arenoso; Fr = Franco; Fr.L = Franco limoso; L = Limoso; FrArA = Franco arcillo arenoso; FrAr = Franco arcilloso; FrArL = Franco arcillo limoso; ArA = Arcillo arenoso; ArL = Arcillo limoso; Ar = Arcilloso.

Urb. Mariscal Cáceres Mz. "G-12" - Ayacucho / ☎ (066) 312049 - 📠 966938028 - 966631889 / 📞 982781298 ✉ agrolab01@yahoo.es - agrolab107@gmail.com

B. Analisis químico del estiércol de ovino



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR

Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996

Ayacucho – Perú

“Año de la Universalización de la Salud”

Región	:	Ayacucho	HR. 0008
Provincia	:	Huamanga	
Distrito	:	Chiara	
Comunidad	:	Cochabamba Alta II	
Proyecto	:	Trabajo de Investigación	
Muestra	:	Estiércol de Ovino	3650msnm
Solicitante	:	Claudio C. Palomino Espinoza	

ANALISIS QUIMICO

Muestra	Nitrógeno total (%)
01	1.76

Ayacucho, 16 de Octubre del 2020.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE

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

ANEXO 3. Analisis foliar de la avena realizado por el laboratorio VALLE GRANDE en estado fenologico de grano pastoso a los 150 dias.

MUESTRA	PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Az -R1	Nitrógeno Total	0.75	%	MEF-001	Dumas
Az -R2	Nitrógeno Total	0.77	%	MEF-001	Dumas
Az -R3	Nitrógeno Total	0.79	%	MEF-001	Dumas
Az -R4	Nitrógeno Total	0.84	%	MEF-001	Dumas
Az +Rh-R1	Nitrógeno Total	0.8	%	MEF-001	Dumas
Az +Rh-R2	Nitrógeno Total	0.87	%	MEF-001	Dumas
Az +Rh-R3	Nitrógeno Total	0.96	%	MEF-001	Dumas
Az +Rh-R4	Nitrógeno Total	0.88	%	MEF-001	Dumas
Rh-R1	Nitrógeno Total	0.88	%	MEF-001	Dumas
Rh-R2	Nitrógeno Total	0.91	%	MEF-001	Dumas
Rh-R3	Nitrógeno Total	0.85	%	MEF-001	Dumas
Rh-R4	Nitrógeno Total	0.82	%	MEF-001	Dumas
T+N -R1	Nitrógeno Total	0.72	%	MEF-001	Dumas
T+N -R2	Nitrógeno Total	0.78	%	MEF-001	Dumas
T+N -R3	Nitrógeno Total	0.79	%	MEF-001	Dumas
T+N -R4	Nitrógeno Total	0.77	%	MEF-001	Dumas
T-R1	Nitrógeno Total	0.68	%	MEF-001	Dumas
T-R2	Nitrógeno Total	0.51	%	MEF-001	Dumas
T-R3	Nitrógeno Total	0.69	%	MEF-001	Dumas
T-R4	Nitrógeno Total	0.54	%	MEF-001	Dumas

Fuente: Laboratorio agricola VALLE GRANDE

ANEXO 4. Panel fotografico



Foto 1. Preparación de terreno para la instalación del experimento de avena forrajera



Foto 2. Aplicación de cal Dolomita agrícola para corregir el pH del suelo.



Foto 3. Nivelación del terreno a través del trabajo de yunta.



Foto 4. Trazado o demarcación del área de ensayo



Foto 5. Determinación del porcentaje de germinación.



Foto 6. Inoculación del *Azospirillum* en la semilla de avena



Foto 7. Co-inoculación de *Azospirillum* más *Rhizobium* en la semilla de avena.



Foto 8. Siembra de la avena forrajera en la comunidad de Cochabamba-Chiara



Foto 9. Colaboradores en la instalación del ensayo.



Foto 10. Evaluación del crecimiento de la avena forrajera.



Foto 11. Evaluación del crecimiento y desarrollo de la avena forrajera.



Foto 12. Evaluación del ensayo de cada uno de los tratamientos en estudio.



Foto 13. Pesado de la muestra de acuerdo a los variables evaluados.



Foto 14. Medición de la altura de la planta en la fase fenológica de grano pastoso a los 150 días.



Foto 15. Evaluacion del metro cuadrado en biomasa de la avena forrajera a los 150 dias.



Foto 16. Evaluación de los tratamientos inoculados con bacterias y sin inocular.



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

Anexo 4

HOJA DE OPINIÓN Y CONFORMIDAD

El jurado de la sustentación de tesis, el tesista, el asesor y la comisión Académica del Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, da conformidad al Título del informe de investigación (☒) o suficiencia profesional ()

Co-inoculación (*Rhizobium* y *Azospirillum*), en el rendimiento de forraje de avena Mantaro 15 (*Avena sativa* L.), en la comunidad de Cochabamba 4100 msnm – Ayacucho

Autor : **Claudio Carlos Palomino Espinoza**

Aprobado el: **10 de febrero del 2023**

I. El asesor de tesis declara que ha corregido la redacción del informe respetando las reglas gramaticales y tildación.

(firma)

Grado, nombre y apellidos **Ing. Dimas Alberto Quintanilla Melgar**

II. El jurado de la sustentación de tesis de conformidad que el autor ha subsanado las observaciones efectuadas durante la sustentación de tesis.

(firma)

Grado, nombre y apellidos **Dra. Nery Luz Santillana Villanueva**
Presidente de jurado

(firma)

Grado, nombre y apellidos **Ing. Wilfredo Daniel Gonzales Guzmán**

(firma)

Grado, nombre y apellidos **Dra. Roberta Esquivel Quispe**

III. La comisión Académica del Consejo de Facultad da conformidad al informe, ha sido redactado respetando el formato establecido por reglamento interno de Facultad de Ciencias Agrarias y cumple con los demás requisitos estipulados por la UNSCH.

(firma)

Grado, Nombre y apellidos **M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo**



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El presidente de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias, deja constancia que el trabajo de tesis titulado;

Co-inoculación (*Rhizobium* y *Azospirillum*), en el rendimiento de forraje de avena Mantaro 15 (*Avena sativa* L.), en la comunidad de Cochabamba 4100 msnm – Ayacucho.

Autor : Claudio Carlos Palomino Espinoza

Asesor : Dimas Alberto Quintanilla Melgar

Ha sido sometido al análisis del sistema antiplagio TURNITIN concluyendo que presenta un porcentaje de 19 % de similitud.

Por lo que, de acuerdo al porcentaje establecido en el Artículo 13 del Reglamento de originalidad de trabajos de investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, es procedente otorgar la Constancia de Originalidad.

Ayacucho, 24 de febrero de 2023

Ing. WALTER AUGUSTO MATEU MATEO
Presidente de comisión

Co-inoculación (Rhizobium y Azospirillum), en el rendimiento de forraje de avena Mantaro 15 (Avena sativa L.), en la comunidad de Cochabamba 4100 msnm - Ayacucho

por Claudio Carlos Palomino Espinoza

Fecha de entrega: 24-feb-2023 07:37p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2022425736

Nombre del archivo: TESIS-Avena._Claudio_Carlos_Palomino_Espinoza.pdf (1.93M)

Total de palabras: 20526

Total de caracteres: 105117

Co-inoculación (Rhizobium y Azospirillum), en el rendimiento de forraje de avena Mantaro 15 (Avena sativa L.), en la comunidad de Cochabamba 4100 msnm - Ayacucho

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	2%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	www.agrorural.gob.pe Fuente de Internet	1%
7	aprenderly.com Fuente de Internet	1%
8	docplayer.es Fuente de Internet	1%

9	cienciaspecuarias.inifap.gob.mx Fuente de Internet	1 %
10	Dagoberto Durán Hernández, Olivia Tzintzun Camacho, Onécimo Grimaldo-Juárez, Daniel González-Mendoza et al. "Compendio Científico en Ciencias Agrícolas y Biotecnología (Vol 1)", Omnia Publisher SL, 2019 Publicación	1 %
11	www.produccion-animal.com.ar Fuente de Internet	1 %
12	repositorio.inia.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
13	www.uv.mx Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Anahuac México Sur Trabajo del estudiante	<1 %
15	www.revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083 Fuente de Internet	<1 %
17	1library.co Fuente de Internet	<1 %
18	ri.uaemex.mx Fuente de Internet	

<1 %

19

CÉSAR AUGUSTO TERÁN CHAVES.
"Determinación de la huella hídrica y
modelación de la producción de biomasa de
cultivos forrajeros a partir del agua en la
Sabana de Bogotá (Colombia).", Universitat
Politecnica de Valencia, 2015

Publicación

<1 %

20

studyres.es

Fuente de Internet

<1 %

21

www.inia.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

22

Submitted to Universidad Continental

Trabajo del estudiante

<1 %

23

cerac.unlpam.edu.ar

Fuente de Internet

<1 %

24

repositorio.utn.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

25

repositorio.umsa.bo

Fuente de Internet

<1 %

26

terralatinoamericana.org.mx

Fuente de Internet

<1 %

27

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

28	Submitted to upec Trabajo del estudiante	<1 %
29	repositoriodigital.uns.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
30	www.ecampo.com Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	helvia.uco.es Fuente de Internet	<1 %
33	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo