



Artículo de investigación

Rivera-Ruiz et al., 2025

<https://doi.org/10.61767/mjte.004.3.3847>

Recibido: 05-09-2025

Revisado: 08-12-2025

Aceptado: 10-12-2025

Publicado: 20-12-2025

Evaluación de sustratos alternos en la calidad de avena forrajera

Evaluation of alternate substrates in the quality of forage oats

Juan Andrés Rivera-Ruiz¹, Omar Ríos-Peralta^{1*}, Uriel González-Lemus¹, Christian Jesús Mora-Pérez², Octavio Loera Corral², José Miguel Angel Castillo-Minjarez³, Oscar Arce-Cervantes¹

¹ Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México, Tulancingo de Bravo, CP 43600

² División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Ciudad de México, 09340 México.

³ División de Electromecánica Industrial, Universidad Tecnológica de Tecámac, México, México, CP 55740.

Correspondencia: *ri421605@uaeh.edu.mx

Resumen

El aprovechamiento de residuos agrícolas se presenta como una necesidad desde el punto de vista del desarrollo sustentable debido a que se aprovecha al máximo los recursos y se disminuye la disposición de residuos. El sustrato residual de setas y el sustrato residual de hongos filamentosos como el arroz son materiales que pueden incorporarse en el suelo con el fin de mejorar los porcentajes de materia orgánica y la humedad. Por lo cual, se evaluaron como sustratos en este estudio, ambos en el cultivo de avena (*Avena sativa* L.) para forraje verde. Se realizó mediante un estudio bromatológico. Se observó que el sustrato residual de arroz (SRA) aportó mayor materia seca (14.5%); sin embargo, el sustrato residual de hongo seta (SRHS) alcanzó 29% de proteína. Estos resultados indican el posible uso de estos sustratos en mezcla con suelo franco arcilloso debido a que favorece la producción de avena. Se evidencia la revalorización de residuos como sustratos de cultivo en la agricultura sustentable, ya que son materiales que ofrecen oportunidades de reciclaje agrícola y mejoradores de suelos al impactar favorablemente en su estructura.

Palabras clave: *Avena sativa*, forraje, sustrato residual, proteína.

Abstract

The use of agricultural waste is presented as a necessity from the point of view of sustainable development because it makes the most of resources and reduces waste disposal. The residual



Artículo de investigación

Rivera-Ruiz et al., 2025

mushroom substrate and the residual filamentous fungi such as rice substrate are materials that can be incorporated into the soil to improve the percentages of organic matter and humidity. Therefore, both were evaluated as substrates in this project in the cultivation of oats (*Avena sativa* L.) for green forage. It was carried out through a bromatological study. It was observed that the residual rice substrate (SRA) provided greater dry matter (14.5%), however, the residual mushroom substrate (SRHS) reached 29% protein. These results indicate that it is possible to use these exhaust substrates in a mixture with clay loam soil because it favors oat production. The revaluation of waste as crop substrates in sustainable agriculture is evident, since they are materials that offer opportunities for agricultural recycling and soil improvers to have a better soil structure.

Keywords: *Avena sativa*, forage, residual substrate, protein.

1. Introducción

En México el cultivo de avena (*Avena sativa* L.) es estratégico como fuente de alimento para la industria pecuaria; cerca del 80% de la producción nacional se destina como forraje verde y henificado. La avena como forraje tiene alto contenido de proteína y fibra, alta digestibilidad y cantidad de energía metabolizable, su fibra presenta mejores cualidades que otros cereales de grano pequeño (Espitia et al., 2012).

La avena forrajera es importante en Valles Altos, como cultivo presenta un amplio rango de adaptación, por lo que es una opción para sustituir cultivos tradicionales (Villaseñor et al., 2009); además, es un cultivo de cobertura ideal para proteger la salud del suelo, liberando carbono y nitrógeno que benefician a cultivos posteriores. Por otro lado, la mezcla de sustratos como el de arroz utilizado para el cultivo de hongos filamentosos como *Trichoderma harzianum* y el de hongos setas como *Pleurotus* spp. en combinación con suelo han sido objeto de diversas investigaciones por la capacidad para mejorar la disponibilidad de nutrientes, mejorar la retención de agua y la estructura del suelo para el desarrollo radicular. Por lo que diversos materiales o residuos pueden contribuir a la intensificación de la producción y proveer altos rendimientos en la cosecha, incluso en áreas con condiciones cada vez más adversas en cuestiones climáticas (Bracho et al., 2009).

Al final de la cosecha, del cultivo de *Pleurotus* spp. se genera un sustrato que es considerado residual debido a que el rendimiento de setas disminuye considerablemente; sin embargo, este sustrato residual aún contiene nutrientes digeribles que se pueden agregar al suelo para la producción de cultivos agrícolas (Piña Guzmán et al., 2016).

En este mismo sentido, el arroz residual que se genera después de la obtención de conidios de *Trichoderma harzianum*, son materiales que ofrecen oportunidades de reciclaje agrícola y mejoradores de suelos, considerando su aplicación para mejorar la calidad de suelos al mejorar la aireación, retención de humedad, aportar nutrientes, aumentar el contenido de materia orgánica y una microflora específica (Soto et al., 2012). A pesar de esto, Ansorena et al. (2014), señalaron que la calidad del cultivo obtenido dependerá del tipo de sustrato a utilizar ya que el desarrollo y funcionamiento de las raíces están determinadas por las condiciones de aireación y el contenido de agua, además de la influencia que estos factores tienen sobre el suministro de los nutrientes necesarios. De esta manera, se pueden aprovechar residuos producidos regionalmente, para producir alimentos de alto contenido proteíco y el sustrato agotado puede ser utilizado para la mejora de suelos, ofreciendo así alternativas tanto para la seguridad alimentaria como para la disminución del impacto ambiental ocasionado por los



Artículo de investigación

Rivera-Ruiz et al., 2025

residuos agrícolas y agroindustriales (Albert et al., 2016).

Actualmente, el incorporar diferentes sustratos residuales al suelo representa una opción de revalorizar residuos (Fuentes et al., 2011), sin embargo; la información del proceso de preparación, siembra y análisis es escasa. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar la proteína, fibra, extracto libre de nitrógeno y materia seca de la avena cultivada a 30 días en un suelo franco arcilloso, mezclado con sustrato residual del proceso de producción de hongo seta y arroz residual del proceso de producción de *Trichoderma harzianum*.

2. Materiales y métodos

2.1 Establecimiento y manejo agronómico

El estudio se realizó en el Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Previamente, se realizó un análisis de suelo que indicó ser un suelo franco arcilloso, con un pH de alcalino (8.0), una conductividad eléctrica (CE) baja de 0.78 dS/m. Asimismo, con bajo contenido de materia orgánica (1.67%). Con NO₃, P y K alto (33.5, 36.5 y 397 ppm), respectivamente.

Como se observa en la Figura 1, se mezcló el suelo franco arcilloso con tezontle cribado, estiércol vacuno en una proporción (1:1:1) y se solarizó por una semana. A esta preparación inicial (Control) como se observa en la Figura 2 y 3, se incorporaron 20 kg de sustrato residual de arroz (SRA), para así tener el segundo tratamiento y 20 kg de sustrato residual de hongo seta (SRHS) como el tercer tratamiento (Figura 3).

Estas preparaciones se transfirieron a bolsas negras separándolas por tratamientos, T1: Control; T2: SRA; T3: SRHS. Llenándolas a una capacidad del 80%; posteriormente, se les realizó un riego y se sembraron con 10 g de semilla por cada bolsa de la variedad Turquesa de vitaseed®. Finalmente, se colocaron en un invernadero cubierto con malla sombra para evitar el paso de luz directa y proteger de heladas. En todos los tratamientos se aplicó humus 10mL/L cada 8 días.

Se siguió un manejo agronómico convencional en la etapa de germinación y se mantuvo el sustrato a capacidad de campo.



Figura 1. Preparación del sustrato control mezcla de suelo franco arcilloso con tezontle cribado y estiércol vacuno para los tres sustratos utilizados.



Figura 2. Preparación de sustrato residual de arroz mezclando suelo franco arcilloso con tezontle cribado y estiércol vacuno.



Artículo de investigación

Rivera-Ruiz et al., 2025



Figura 3. Establecimiento de sustrato residual de hongo seta mezclando suelo franco arcilloso con tezontle cribado y estiércol vacuno.

2.2 Diseño Experimental

Se estableció un diseño experimental completamente al azar con 3 tratamientos (12 plantas por Tratamiento). T1: Control; T2: SRA; T3: SRHS (Figura 4).



Figura 4. Acomodo de las bolsas conforme a los tres tratamientos establecidos, cada una con su tratamiento correspondiente.

2.3 Cosecha

La cosecha se realizó a los 30 días posteriores de la siembra, se realizó cuando se alcanzó la altura de 20 y 25 cm (Figura 5). En el caso de las plantas usadas se encontraban en un promedio de 24 cm de altura, posteriormente se pesó y secó durante

una semana (Figura 6), para determinar la materia seca.



Figura 5. Cosecha de *Avena sativa* una vez que habían alcanzado los 24cm de altura a los 30 días de siembra.



Figura 6. Proceso de secado de las muestras de los tres tratamientos durante una semana

2.4 Características bromatológicas

El contenido de proteína se determinó mediante el método Kjeldahl de acuerdo con la Norma Oficial 950.36 de la AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Para la determinación de cenizas se utilizaron crisoles a peso constante (110°C durante 4 h), en donde se pesó 1 g de muestra de *Avena sativa*, posteriormente, las muestras fueron calcinadas en una mufla a 550°C. El porcentaje de cenizas se calculó por diferencia de pesos.

El contenido de grasa se evaluó mediante la extracción de grasa utilizando éter de petróleo



Artículo de investigación

Rivera-Ruiz et al., 2025

por el método *Goldfish* en un sistema de extracción automática *Buchi, Extraction System B-811* (Buchi Labortechnik AG, Flawill, Suiza). Se colocaron 5 g de muestra dentro del dedal de celulosa, luego se colocaron en el equipo. Por otra parte, los vasos de extracción fueron puestos en una estufa hasta peso constante (110°C durante 12 h), el dedal y los vasos se colocaron en la estufa, para evaporar el residuo de solvente por 2 h, posteriormente se colocaron en un desecador por 24 h, después se pesaron.

Finalmente, para la determinación de fibra cruda se pesaron 5 g de muestra seca desgrasada. Se colocó en un vaso de *Berzelius* de 600 mL y se añadió 200 mL de solución de H₂SO₄ 0.225 N en ebullición, en seguida se colocó en el aparato de digestión manteniendo en ebullición suave durante 30 minutos, pasado ese tiempo, se filtró y se lavó el residuo con agua hirviendo hasta que se obtuvo un pH neutro. Luego se adicionaron 200 mL de solución de NaOH 0.313 N en ebullición, nuevamente colocándolo con el aparato de digestión, manteniendo la ebullición durante 30 minutos. El residuo se filtró y se lavó con 25 mL de solución de ácido sulfúrico 0.225 N, se filtró y se lavó con agua destilada en ebullición, posteriormente con 25 mL de alcohol absoluto. El

residuo se puso a secar en un crisol en una estufa durante dos horas a 130°C. Finalmente, se llevó a una mufla donde fue calcinado a 600°C durante 4 h aproximadamente.

3. Resultados y discusión

3.1 Análisis químico proximal

En la avena cosechada en los diferentes tratamientos evaluados no se presentaron diferencias estadísticas en los parámetros de grasa y cenizas. Sin embargo, se observa (Tabla 1) que el tratamiento SRHS presentó un valor significativamente mayor de proteína (9.9 y 7.1%) en comparación del tratamiento control y SRA. Es fundamental para la nutrición del ganado, ya que proporciona aminoácidos esenciales para la síntesis de proteínas en los animales, ya que promueve el crecimiento muscular y el desarrollo corporal, en el rumiante, las proteínas del forraje se degradan en el rumen para formar amoníaco que luego es utilizado por los microorganismos para construir su propia proteína celular, la cual es digerida y absorbida por el animal, los valores de proteína recomendados en el cultivo de avena son de 31% (Sánchez et al., 2014), siendo valores similares a los encontrados en este trabajo.

Tabla 1. Se observa el porcentaje obtenido en los resultados del estudio bromatológico en los parámetros de proteína, fibra, ELN y materia seca.

Tratamiento	Contenido de Proteína (%)		Contenido de Fibra (%)		Contenido de ELN (%)		Contenido de MS (%)					
Control	22.4	±	0.12 ^B	10.29	±	0.13 ^C	41.89	±	0.33 ^A	13.14	±	0.16 ^B
SRA	19.6	±	0.21 ^C	16.45	±	0.33 ^A	38.89	±	0.30 ^B	14.59	±	0.45 ^A
SRHS	29.5	±	0.13 ^A	13.18	±	0.68 ^B	32.94	±	0.58 ^C	12.28	±	0.35 ^C

Diferentes literales en la misma columna indican diferencia entre tratamientos DHMS (p>0.05). ELN: Extracto libre de nitrógeno; MS Materia seca.

Esto podría ser debido a que el sustrato aporta estructura y aumenta la retención de agua, lo que favorece la adecuada aireación radicular, de igual forma dicho sustrato contiene micelio, que promueve la biodiversidad microbiana y ayuda a evitar ausencia de raíces debido a la materia orgánica que aporta dicho sustrato para que las

raíces crezcan profundamente y absorban oxígeno, de tal manera que estimulen el crecimiento de raíces fuertes. (Pino Rodríguez et al., 2017), la adición de materia orgánica, como el compost, mejora la estructura del suelo, permitiendo una mejor aireación y capacidad de



Artículo de investigación

Rivera-Ruiz et al., 2025

almacenamiento de agua, lo que favorece un sistema radicular saludable.

Por otro lado, el forraje de avena al ser un portador de fibra, ocupa espacio en la ración y puede usarse como un "relleno" en ciertas etapas para mejorar el bienestar del animal, como alarga el tiempo de ingestión y permite una mejor absorción de nutrientes, de tal manera que ayuda a regular el consumo de energía, ya que la fibra acelera el tránsito digestivo y diluye la densidad energética de la dieta, por lo que se observó un aumento en la fibra (16.45%) en el tratamiento SRA en comparación de los tratamientos control y SRHS. Este hecho ha sido documentado por (Maldonado Torres et al., 2021) en forrajes como el trigo, con valores cercanos al 20% de fibra. De igual forma, se encuentra dentro de los rangos reportados por Maglio Sarsa (2025), quien informa los valores entre 14 y 20% para los ovinos, en las recomendaciones actuales para la ingestión diaria de fibra.

El SRA mejora la estructura y la aireación del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua y control de la temperatura del suelo, además de ser fuente de materia orgánica, lo que promueve raíces más sanas y el desarrollo de la planta al reducir la compactación (Mariño, 2023). Adicionalmente, el SRA contiene conidios residuales de *T. harzianum*; estos a su vez metabolizan los nutrientes de las raíces de la avena en la rizosfera, estableciendo una interacciones planta-microorganismo y compitiendo con hongos patógenos como *Rhizoctonia*, *Rhizopues*, *Fusarium* y *Phytum* (Druzhinina et al., 2011) mediante diversos mecanismos como el micro parasitismo donde secreta enzimas junto a otros metabolitos tóxicos (acidificando el suelo), volviendo el suelo inadecuado para estos fitopatógenos. Además, de aumentar la competencia por los nutrientes e incluso modificando la morfología en la planta, aumentando su resistencia sistémica y crecimiento radicular. La colonización efectiva de *Trichoderma* sp. comprende el reconocimiento de la planta hospedadora, la fijación de este a las raíces (mediada por hidrofobinas y otras proteínas),

seguida de la interacción con la planta para su posterior defensa con agentes fitopatógenos (Asad, 2022).

El extracto libre de nitrógeno es un indicador crucial del valor nutritivo y la densidad energética del forraje de avena, siendo esencial para cubrir los requerimientos energéticos de los animales alimentados con él, un mayor contenido de ELN suele indicar un forraje de mayor calidad energética, en la avena forrajera, de tal forma que los niveles constituyen una parte significativa de su composición bromatológica, contribuyendo a su valor como alimento para el ganado, se observó un (41.89%) en comparación de los tratamientos SRA y SRHS (38.89 y 32.94), esto es debido al mayor aporte de materia orgánica, mejorando la estructura del suelo, su capacidad de retención de agua y aireación, además de aumentar la actividad microbiana, lo que se traduce en un crecimiento más saludable de las plantas y una mayor fertilidad (Solís et al., 2004). Estos valores fueron comparados y analizados con diferentes forrajes como maíz y trigo, pero no existe un porcentaje ideal ya que este valor varía según la etapa de madurez del forraje (Sánchez Vivanco et al., 2023). Por otra parte, la materia seca en el forraje de avena representa el valor nutricional real del alimento, ya que elimina el agua para concentrar los nutrientes esenciales, su función es proporcionar la energía y los nutrientes necesarios para el ganado, permitiendo una nutrición balanceada, por último, el tratamiento con SRA, se obtuvo un 14.59% de materia seca (MS), este parámetro es importante en los forrajes porque los nutrientes (proteínas, carbohidratos, grasas) que se encuentran en ella, son la base para calcular los requerimientos nutricionales de los animales, permitiendo formular dietas precisas y más eficientes (Herrera Angulo et al., 2007). Dichos valores fueron similares a los reportados por Zapata et al. (2005), en donde los valores de materia seca en el cultivo de trigo fueron de 16%, siendo valores muy similares a los encontrados en este trabajo, de igual forma Rosero Noguera et al. (2022), reportaron un 13.59% de materia seca en el pasto kikuyo, por lo que los valores de este



Artículo de investigación

Rivera-Ruiz et al., 2025

proyecto están por arriba un 1% y dentro de los rangos reportados en los forrajes. A partir del análisis químico y su comparación con otros trabajos en avena, se pudo observar que el contenido de MS fue superior a los reportados por Sosa Montes et al. (2011), quienes reportaron una tendencia a la disminución de la materia seca a medida que transcurren los días después de siembra del cultivo.

4. Conclusión

El aprovechamiento de sustrato residual de hongo seta contribuyó en el cultivo de avena para forraje, aportando un mayor porcentaje de proteína, pero quedando bajo en los porcentajes de fibra, extracto libre de nitrógeno y materia seca, por lo que podría ser este un sustrato mejorador de suelos que fomente la actividad microbiana, lo que se traduce en un crecimiento más saludable de las plantas y una mayor fertilidad de estas. El sustrato residual de arroz genera niveles altos en fibra y materia seca, este sustrato aumentó la capacidad de retención de agua. Además, es posible que la presencia de *T. harzianum* en la rizosfera mejore en períodos de tiempo más prolongados la resistencia sistémica y el crecimiento radicular de la planta. Adicionalmente, el aprovechamiento de los sustratos residual de hongo seta y sustrato residual de arroz es crucial por su importancia ambiental, económica y agronómica. Se evidencia que es posible reutilizar y mezclar estos sustratos residuales con suelo franco arcillosos, con esto se logra reutilizar desechos de la industria biotecnológica, mejorando las características bromatológicas de la avena, optimizando los recursos de forma sostenible.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, a la Universidad Autónoma Metropolitana y a la SECIHTI (Proyecto CBF-2025-I-3008) por el financiamiento de esta investigación.

Declaraciones y afirmaciones

Fondos: SECIHTI (Proyecto CBF-2025-I-3008).

Conflicto de interés: Los autores no declaran conflicto de interés.

Aprobación ética: No se requirió aprobación ética para este estudio debido a que no contiene ningún estudio realizado con participantes humanos ni animales.

Consentimiento para participar: El trabajo de investigación se llevó a cabo en parcela y laboratorio y no involucró a participantes humanos; por lo tanto, no se requirió el consentimiento para participar.

Consentimiento para publicar: No se requirió el consentimiento para su publicación. No contiene datos personales de ninguna persona.

Disponibilidad de los datos: Los datos que respaldan este estudio están disponibles en el artículo. No se generaron ni analizaron conjuntos de datos adicionales durante el presente estudio.

Contribución del autor: Los autores JARR y ORP realizaron el experimento en parcela y laboratorio, obtuvieron y analizaron los datos, así como preparar el borrador inicial del manuscrito. UGL, capacitó y asesoró el trabajo de laboratorio. CJMO, OL, JMAM y OAC, conceptualización, diseño de la investigación, interpretación, revisión y obtener financiamiento, así como refinar el manuscrito.

Todos los autores leyeron y aprobaron la versión final del manuscrito.

Referencias

1. AACC. (2000). *Approved methods of the* Albert, G., Alonso, N., Cabrera, A., Rojas, L., & Rosthoj, S. (2016). Evaluación productiva del forraje verde hidropónico de maíz, avena y trigo. *sidalc*. Recuperado el 3 de octubre de 2025, de <https://www.sidalc.net/search/Record/oai:cieno:S226-17612016000100002/Description>
2. Ansorena, J., Batalla, E., & Merino, D. (2014). Evaluación de la calidad y usos del compost



Artículo de investigación

Rivera-Ruiz et al., 2025

- como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos. Escuela Agraria Fraisoro, 1. Recuperado el 22 de septiembre de 2025, de https://d1wqtxts1xze7.cloudfront.net/55956789/pdf_000304-libre.pdf?1520108942=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEvaluacion_de_la_calidad_y_usos_del_comp.pdf&Expires=1763780496&Signature=GG-vBEyhlNpmKFds20--Qc9HWS4aoGXKgAmAwNMKm6fHcPr1vm4IMxU17lRr1A1aatD8NDma1UCr4TTnnrl0nCSS9-QHtjq4xJDtXZcjfvztlHry~1UzjGdzJqA79~s4u~9d98LtQd81Dtx-x-zSH1f872wODacU~~vOju6TixDXVQNWVtJac47EDCpCS1-O7rYKH4cTWBSWcSRAm2HyDNT0sgOFL1az9R~nOoCYo24dj0BXo-psmollLwchqGmVq~vwBdEMUXyHQ~VILijziO101b8zY3IK~lgn-nDZJYa5pEcfUnB9jMRAZ8dgSVGmoTX02xM_UQ7XXnIHZhA &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
3. Asad, S. A. (2022). Mechanisms of action and biocontrol potential of *Trichoderma* against fungal plant diseases-A review. *Ecological complexity*, 49, 100978. Recuperado el 3 de noviembre de 20205 de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1476945X21000714>
 4. Bracho, J., Pierre, F., & Quiroz, A. (2009). Caracterización de componentes de sustratos locales para la producción de plántulas de hortalizas en el estado Lara, Venezuela. *Bioagro*, 21(2), 117-124. Recuperado el 13 de septiembre de 2025 de: https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612009000200006&script=sci_arttext
 5. de la Rosa-Arana, J. L. (2017). Producción de materia seca de forrajes en condiciones de Trópico Húmedo en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Recuperado el 27 de Octubre de 2025, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016001203329&script=sci_arttext
 6. Druzhinina, I.S., Seidl-Seiboth, V., Herrera-Estrella, A., Horwitz, B.A., Kenerley, C.M., Monte, E., Mukherjee, P.K., Zeilinger, S., Grigoriev, I.V., Kubicek, C.P., 2011. *Trichoderma: the genomics of opportunistic success*. *Nat. Rev. Microbiol.* 9, 749–759. Recuperado el 7 de noviembre de 2025 de <https://www.nature.com/articles/nrmicro2637>
 7. Espitia-Rangel, E., Villaseñor Mir, H. E., Tovar Gómez, R., de la O Olán, M., & Limón Ortega, A. (2012). Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(4), 771-783. Recuperado el 12 de septiembre de 2025, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000400012
 8. Fuentes, F., Poblete, C., Huerta, M., & Palape, I. (2011). Evaluación de la producción y calidad nutritiva de avena como forraje verde hidropónico en condiciones de desierto. *Idesia* (Arica), 29(3), 75-81. Recuperado el 27 de septiembre de 2025, de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292011000300011&script=sci_arttext
 9. Herrera-Angulo, A. M., De pablos Alviárez, L. A., López Maduro, R., Ben Ezra Sucre, M. A., & Ríos de Álvarez, L. (2007). Degradabilidad y digestibilidad de la materia seca del forraje Hidropónico de Maíz (*Zea Mays*). Respuesta animal en términos de consumo y ganancia de peso. *Revista científica*, 17(4), 372-379. Recuperado el 20 de Octubre de 2025, de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0798-22592007000400009



Artículo de investigación

Rivera-Ruiz et al., 2025

10. Maglio-Sarsa, Lucas Ariel (2025). Evaluación de parámetros productivos en el uso de grano de avena como alternativa al grano de maíz en dietas ovinas de terminación a corral. *Repositorio Institucional del Departamento de Agronomía*, 11-13. Recuperado el 20 de septiembre de 2025, de <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/7106>
- a. Maldonado-Torres, R., Álvarez Sánchez, M. E., Acevedo, D. C., & Ríos Sánchez, E. (2013). Nutrición mineral de forraje verde hidropónico. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 19(2), 211-223. Recuperado el 20 de octubre de 2025, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2013000200007&script=sci_arttext
11. Mariño, j. w. v. (2023). Efectos de tres sustratos de suelos y fertilización en semilleros de arroz (*oryza sativa*) (doctoral dissertation, universidad agraria del ecuador). recuperado el 12 de octubre de 2025, de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VEL%C3%81SQUEZ%20MARI%C3%91O%20JORGE%20WASHINGTON.pdf>
12. Piña-Guzmán, A. B., Nieto-Monteros, D. A., & Robles-Martínez, F. (2016). Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible seta (*Pleurotus spp.*). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32, 141-151. Recuperado el 13 de septiembre de 2025, de <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2016.32.05.10>
13. Rosero-Noguera, R., Bedoya-Mazo, S., & Posada-Ochoa, S. L. (2022). Predicción del consumo de materia seca de forraje en vacas lecheras mediante el uso de acelerómetros. *Información tecnológica*, 33(4), 63-72. Recuperado el 1 de Noviembre de 2025, de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642022000400063&script=sci_arttext
14. Sánchez-Gutiérrez, R. A., Gutiérrez Bañuelos, H., Serna Pérez, A., Gutiérrez Luna, R., & Espinoza Canales, A. (2014). Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 5(2), 131-142. Recuperado el 17 de septiembre de 2025, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242014000200001&script=sci_abstract&tlng=pt
15. Sánchez-Vivanco, M. L., & Jumbo Jimbo, D. A. (2023). Efecto de la aplicación de abono orgánico en la producción y calidad nutricional del forraje del potrero la quebrada de la Quinta Experimental Punzara-UNL. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 25-30. Recuperado el 22 de Octubre de 2025, de <https://dspace.unl.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9155427a-bbc7-46e6-8bec-083502b3a51d/content>
16. Solís, J. D. Á., & Martínez, M. D. J. A. (2004). Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas, México. *Agrociencia*, 38(1), 13-22. Recuperado el 20 de octubre de 2025, de <https://www.redalyc.org/pdf/302/30238102.pdf>
17. Sosa-Montes, E., Mendoza Pedroza, S. I., Alejos de la Fuente, J. I., Villarreal González, J. A., Velasco Estrada, D. B., & Rodríguez Rosales, E. (2020). Rendimiento de forraje de avena variedad Chihuahua. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(spe24), 255-264. Recuperado el 5 de octubre de 2025, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342020000900255&script=sci_abstract



Artículo de investigación

Rivera-Ruiz et al., 2025

18. Soto, M. A. C., Reyes, A. S. J., Ahumada, J. A. R., Cervantes, M. G., Lozano, R. G. R., & Barragán, H. B. (2012). Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. *Interciencia*, 37(12), 906-913. Recuperado el 15 de septiembre de 2025, de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33925592007.pdf>
19. Villaseñor-Mir, H. E., Espitia Rangel, E., Huerta Espino, J., Osorio Alcalá, L., & López Hernández, J. (2009). Turquesa, nueva variedad de avena para la producción de grano y forraje en México. *Agricultura técnica en México*, 35(4), 487-492. Recuperado el 12 de septiembre de 2025, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0568-25172009000400015&script=sci_abstract&tlng=pt
20. Zapata, N., Guerrero, F., & Polo, A. (2005). Evaluación de corteza de pino y residuos urbanos como componentes de sustratos de cultivo. *Agricultura Técnica*, 65(4), 378-387. Recuperado el 2 de noviembre de 2025, de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0365-28072005000400004&script=sci_arttext&tlng=en