

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



Dinámica de Crecimiento y Desarrollo en *Avena sativa* L. Variedad Chihuahua

Por:

PAULINO CESARIN LÓPEZ PÉREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Dinámica de Crecimiento y Desarrollo en *Avena sativa* L. Variedad Chihuahua

Por:

PAULINO CESARIN LÓPEZ PÉREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por el Jurado Examinador:



M. C. Fidel Maximiano Peña Ramos
Presidente



Dr. Dino Ulises González Uribe
Vocal



M. C. Alejandra Rosario Escobar Sánchez
Vocal



M. C. Sergio Sánchez Martínez
Coordinador de la División de Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Dinámica de Crecimiento y Desarrollo en *Avena sativa* L. Variedad Chihuahua

Por:

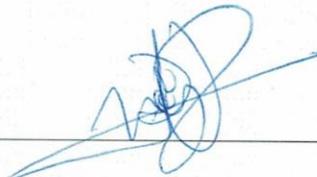
PAULINO CESARIN LÓPEZ PÉREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Dino Ulises González Uribe
Asesor Principal



M. C. Fidel Maximiano Peña Ramos
Coasesor



M. C. Alejandra Rosario Escobar Sánchez
Coasesor

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2022

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Paulino Cesarin López Pérez

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a **Dios** por darme salud y permitirme cumplir una etapa más de mi vida, por darme esperanza y confianza en mí mismo, por guiarme por buenos caminos, por enseñarme a mantenerla la fe y creer que cualquier sueño se pudo logra no importa que tan difícil sea el camino, le doy gracias por lo bueno que es conmigo por cuidar de mis seres queridos y en especial le doy gracias por su inmenso amor que nos brinda día a día.

A **mi Alma Mater** por darme la oportunidad de formarme tanto en lo profesionalmente como en el ámbito personal, por brindarme herramientas, y nutrirme de conocimientos durante toda mi formación académica.

Mis agradecimientos al personal técnico de la universidad, especialmente al **M. C. Fidel Maximiano Peña Ramos** asesor y amigo durante este proyecto de investigación, **al Dr. Dino Ulises González Uribe** por el apoyo de la investigación y la redacción de este trabajo.

A mis ex profesores del Departamento de suelos por brindarme sus valiosos conocimientos, por compartir experiencias consejos, y brindarme las herramientas necesarias para seguir formándome cada día y lograr formarme profesionalista.

Al **Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez** por su generosa colaboración y sugerencias sobre el manejo del experimento.

Al **Departamento de Recursos Naturales** por permitirnos usar el laboratorio para poder realizar el secado de las muestras

DEDICATORIA

A mis padres:

Porfirio López Pérez

y

Elena Pérez de León

Por haberme dado la vida por brindarme su amor y cariño incondicionalmente, por poner su confianza en mi persona, por estar ahí cuando más lo necesitaba, por educarme para ser una persona de bien, por apoyarme económicamente y psicológicamente.

A mis hermanos:

Elmer Jesús López Pérez, por sus palabras de motivación y consejos en los momentos más difíciles.

Gemanina López Pérez, por motivarme día a día, por ser un ejemplo de superación para mí, por brindarme tanto apoyo económico como psicológicamente.

Esdras Marín López Pérez, Fredy López Pérez, Ángel Pérez de León, Rosaura Pérez de León. Por darme palabras de aliento durante toda la carrera.

A mi sobrina **Elia Rut López Pérez** por brindarme su apoyo moral durante los primeros semestres de la carrera hasta el término de la misma.

RESUMEN

Dinámica de Crecimiento y Desarrollo en *Avena sativa* L. Variedad Chihuahua

Por:

Paulino Cesarin López Pérez

Dr. Dino Ulises González Uribe –Asesor Principal

Palabras clave: agente quelatante, forraje, Leonardita, peso seco de biomasa aérea, relación hoja tallo

El uso de Leonardita en forma cristalizada en *Avena sativa* L. variedad Chihuahua ha cobrado importancia en la última década por los beneficios que tiene como agente quelatante en la dinámica de crecimiento y desarrollo de forraje. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue determinar su efecto en presentación de cristal a diferentes concentraciones sobre las variables, peso seco de hoja (PSH, kg ha⁻¹), peso seco de tallo (PST, kg ha⁻¹), relación hoja tallo (RHT, NA), peso seco de biomasa aérea (PSBA, kg ha⁻¹) y altura de planta (AP, cm) en *A. sativa*. El experimento se estableció en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, en el periodo de septiembre de 2021 a marzo de 2022. Se aplicaron tres concentraciones de Leonardita cristalizada (3, 8 y 12 ml l⁻¹) cada 41 días en agua de riego, las cuáles representaron los tratamientos, más un testigo. El experimento se evaluó con un Diseño Completamente al Azar con tres repeticiones, la unidad de estudio fue de 12.5 m². Se obtuvo un Análisis de Varianza (ANVA) y, posteriormente una comparación de medias con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$) en las variables: PSH (kg ha⁻¹), PST (kg ha⁻¹), RHT y PSBA (kg ha⁻¹), en la AP no las hubo ($P > 0.05$) entre los tratamientos. Los valores mayores en PSH (kg ha⁻¹), PST (kg ha⁻¹), RHT y PSBA (kg ha⁻¹) se registraron en 12 y 8 (ml l⁻¹), respectivamente, la AP (cm) mostró valores semejantes entre las concentraciones de 3 (ml l⁻¹), 12 (ml l⁻¹) y 8 (ml l⁻¹). La producción de forraje no decayó, lo cual fue un indicador de que la Leonardita cristalizada actuó como agente quelatante natural que favoreció la disponibilidad de nutrientes.

ÍNDICE GENERAL

	Página
AGRADECIMIENTOS	<i>i</i>
DEDICATORIA	<i>ii</i>
RESUMEN	<i>iii</i>
ÍNDICE GENERAL	<i>iv</i>
ÍNDICE DE TABLAS	<i>vii</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>viii</i>
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	2
Hipótesis	3
Justificación	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen	4
Producción nacional	4
Superficie sembrada, cosechada y producción a nivel nacional y estatal	4
Importancia económica	4
Importancia social	5
Descripción general del cultivo	6
Características morfológicas	6
Requerimientos climáticos	7
Requerimientos edáficos	8
Fases fenológicas	8
Procesos de producción	9
Antecedentes fenológicos	10
Requerimientos de fertilización	10
Aplicación de fertilizantes químicos	11
Valor nutrimental del forraje	11

	Página
Plagas	11
Enfermedades	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	13
Localización del área de estudio	13
Características climáticas del área de estudio	13
Prueba de germinación	13
Establecimiento del experimento	13
Establecimiento de las parcelas	13
Etiquetado de parcelas	14
Labores para la siembra	14
Sistema de riego	14
Siembra	14
Tratamientos experimentales	15
Propiedades físicas y químicas	15
Unidad experimental	15
Diseño experimental y análisis estadístico	15
VARIABLES A EVALUAR	16
Altura de la planta	16
Peso seco de la hoja	16
Peso seco del tallo	16
Peso seco de la biomasa	16
Relación hoja tallo	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
Peso seco de hoja (PSH)	17
Peso seco del tallo (PST)	19
Relación hoja tallo (RHT)	20
Peso seco de la biomasa área (PSBA)	22

	Página
Altura de la planta (AP)	23
V. CONCLUSIONES	25
VI. LITERATURA CITADA.	26

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla1. Pruebas de germinación en <i>Avena sativa</i> L. variedad Chihuahua	13
Tabla 2. Valores promedio para peso seco de hoja (kg ha ⁻¹) en <i>Avena sativa</i> L. variedad Chihuahua	18
Tabla 3. Valores promedio para peso seco del tallo (kg ha ⁻¹) en <i>Avena sativa</i> L. variedad Chihuahua	20
Tabla 4. Valores promedio para relación hoja/tallo en <i>Avena sativa</i> L. variedad Chihuahua	21
Tabla 5. Valores promedio para peso seco de biomasa aérea (kg ha ⁻¹) en <i>Avena sativa</i> L. variedad Chihuahua	23
Tabla 6. Valores promedio para altura (m) en <i>Avena sativa</i> L. variedad Chihuahua	24

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Localización del área de estudio	13
Figura 2. Promedios del peso seco de la hoja (kg ha ⁻¹) por tratamiento en <i>Avena sativa</i> L. variedad Chihuahua	17
Figura 3. Promedios del peso seco del tallo (kg ha ⁻¹) por tratamiento en <i>Avena sativa</i> L. variedad Chihuahua	19
Figura 4. Promedios de la relación hoja/tallo por tratamiento en <i>Avena sativa</i> L. variedad Chihuahua	21
Figura 5. Promedios del peso seco de biomasa aérea (kg ha ⁻¹) por tratamiento en <i>Avena sativa</i> L. variedad Chihuahua	22
Figura 6. Promedios de la altura (m) por tratamiento en <i>Avena sativa</i> L. variedad Chihuahua	24

I. INTRODUCCIÓN

En el noroeste del estado de Chihuahua se cultiva *Avena sativa* L. variedad Chihuahua (avena), principalmente en condiciones de temporal, su siembra representa el 6 % de la superficie establecida en México y 69 % de la superficie sembrada se destina para la producción de forraje. De la producción de esta especie en Chihuahua, 70 % se emplea en la alimentación pecuaria, 25 % para consumo humano y 5 % para semilla (Ávila y Salmerón, 1999). La avena se utiliza en cualquier etapa de crecimiento para el consumo animal, desde germinados en la alimentación de especies menores, hasta en estado lechoso, masoso de grano. Esto trae consigo la necesidad de conocer la capacidad de producción de materia seca del cultivo, para determinar el momento óptimo de corte que permita incrementar su rentabilidad (Espitia *et al.*, 2012). *A. sativa*, es un cereal de consumo en expansión como alimento, ya sea a través del uso tradicional (desayuno, derivados farináceos) o de su inclusión en productos a los que confiere el carácter de terapia de dieta. En este sentido, se le incorpora en diversos preparados comerciales que han ganado el mercado a nivel mundial, no sólo como nutriente, sino por la adjudicación de algunas propiedades tales como hipocolesterolemizante, preventivo de cardiopatías, normalizadora de estados fisiológicos alterados o estrés (disminución de lípidos) (Crivaro *et al.*, 2006). Es un cultivo de usos múltiples, predominando los relacionados al consumo animal como forraje verde, heno y grano (Wehrhahne, 2009). El contenido de proteínas (con un balance de aminoácidos), de carbohidratos y de fibras, le confiere al grano de avena un valor nutritivo, su consumo en la alimentación humana ha sido revalorizado sus propiedades para la salud, en particular por que los beta glucanos contribuyen a disminuir el colesterol en la sangre (Wehrhahne, 2009). La fecha de siembra en *A. sativa*, generalmente se asocia a la longitud del día, la radiación solar y la temperatura, por lo tanto, son las condiciones climáticas de cada zona las que determinan dicha fecha, la cual afecta el crecimiento y desarrollo del cultivo. Por esta razón, los días de siembra óptima de un cultivo debe determinarse para cada localidad, dependiendo del clima y la incidencia de plagas y enfermedades (Berti *et al.*, 2003).

El cultivo de *A. sativa*, tiene gran importancia en México para la producción de alimento balanceado de uso pecuario y por su amplio rango de adaptación, tanto a zonas altas, frías y lluviosas, como a ambientes semiáridos, es un cultivo estratégico (Mendoza *et al.*, 2021), es muy sensible a las altas temperaturas durante la floración y el llenado del grano, siendo menos

resistente al frío que el trigo y la cebada, prefiere los climas templados y fríos, con una temperatura óptima entre los 8 °C a los 16 °C (García, 2004). El valor nutricional del grano de avena es superior al de otros cereales, es más rica en aminoácidos esenciales, especialmente en lisina, su contenido de proteínas digeribles es mayor que en maíz y también tiene una mayor riqueza en materia grasa que la cebada y el trigo (Infoagro, 2022).

Es una planta anual, posee una raíz fibrosa, el tallo es una caña herbácea y erguida con nudos llenos de entrenudos huecos generalmente va de 0.60 a 1.5 mm, las hojas son de color verde oscuro que alcanzan alrededor de 25 cm de largo y 1.6 cm de ancho. La inflorescencia es una panoja compuesta con ramificaciones largas y sostienen cada una un pequeño número de espiguillas (Robles, 2008). La variedad Chihuahua, presenta cualidades forrajeras, mide entre 90 a 110 cm, bajo riego puede llegar a medir 135 cm, el grano es grande, vistoso y con cáscara de color blanco, se adapta bien bajo riego y temporal, su floración ocurre entre los 55 y 60 días y alcanza su madurez entre 95 y 110 días (1,200 unidades de calor), tiene la particularidad de no ser resistente a la roya de la corona (Salmerón *et al.*, 2003). En la avena forrajera se aprovecha toda la planta y, se emplea principalmente en la alimentación del ganado, en pastoreo, como heno o ensilado; se usa sola o en combinación con leguminosas forrajeras. La paja de avena está considerada como una de las principales opciones para la alimentación en el sector ganadero, tiene alta digestibilidad, proporciona alta cantidad de energía metabolizable, su fibra presenta mejores cualidades que otros cereales, mientras que el grano, tiene alta cantidad y calidad de proteínas, carbohidratos, minerales, grasas y contenido de vitamina B (Rodríguez *et al.*, 2020).

La Leonardita es un fertilizante orgánico que cada vez tiene mayor aceptación entre los agricultores, contiene altas cantidades de ácidos húmicos y es bioactivo, lo cual favorece la producción de los cultivos (González *et al.*, 2018). Es un mineral originado de materia orgánica que se formó a través de procesos geológicos de millones de años en climas templados o fríos principalmente en deltas de ríos. Actualmente, se han empezado a explotar numerosos depósitos de Canadá y el norte de Europa ya que tiene un gran potencial en la agricultura (Martínez, 2014).

Objetivo

Identificar la concentración de Leonardita cristalizada que genere mayor crecimiento y desarrollo de follaje de *Avena sativa* L. variedad Chihuahua.

Hipótesis

Las concentraciones de Leonardita cristalizada afectan el crecimiento y desarrollo de follaje de *Avena sativa* L. variedad Chihuahua.

Justificación

La *A. sativa* L. variedad Chihuahua es la más producidas en México, tiene importancia económica y pecuaria tanto por su consumo de grano, como para forraje. Es una de las mejores opciones como cultivo de invierno, posee un rendimiento y buen valor nutricional que puede aprovecharse en cualquiera de sus etapas fenológicas, ya sea para pastoreo, heno o ensilado.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Origen. En los libros de medicina tradicional se menciona que *A. sativa* surgió de Asia y Europa Oriental, específicamente, Rusia. Por otro lado, se cree que se cultivó al norte de Europa y se convirtió en un cereal popular en España y Francia, a pesar de que en otros sitios del continente no fue aceptado. Este cereal no llegó a tener importancia en épocas donde el trigo y la cebada, si, inclusive fue considerada una mala hierba de estos cereales. Las primeras evidencias de la avena fueron encontradas en restos arqueológicos en Egipto, eran semillas de malas hierbas, no se le cultivaba en aquél entonces. Los restos más antiguos encontrados de cultivos de este cereal se localizaron en Europa Central en la Edad del Bronce. Se encontraron semillas en monumentos que prueban que fue cultivado antes que se conocieran las escrituras hebreas. La historia del cultivo de la variedad Chihuahua, inició con la llegada de un grupo integrado por 9,263 menonitas en 1922 y se estableció en los alrededores de lo que era San Antonio de los Arenales, actualmente, Cuauhtémoc, Chihuahua, este cultivo se utilizó fundamentalmente como forraje (Ávila y Salmerón, 1999; Mataix, 2013).

Producción nacional. En 2020 el estado de Chihuahua fue el principal productor de avena grano en México con 23,898 ton (29.1 %), seguido por México con 23,347 ton (28.4 %) y Baja California con 9,868 ton (12.0 %), por lo que estas 3 entidades representaron el 69.5 % de la producción nacional (Olmos, 2021).

Superficie sembrada, cosechada y producción a nivel nacional y estatal. México, Chihuahua y Zacatecas fueron los estados con mayor superficie cosechada, con 12,393, 10,930 y 2,410 hectáreas, respectivamente, es decir, el 35.5 %, 31.3 % y 6.9 % del total nacional. Mientras que Guanajuato, Baja California y Jalisco tuvieron el mayor rendimiento promedio, con 5.0, 4.3 y 4.0 toneladas por hectárea (Olmos, 2021).

Importancia económica. En México, el cultivo de *A. sativa* representa un insumo clave para la producción de alimento balanceado de uso pecuario, esto lo ha dado su amplio rango de adaptación, tanto en zonas altas, frías y lluviosas, como en ambientes semiáridos, lo coloca como un cultivo estratégico (Sosa *et al.*, 2020). La superficie sembrada de avena forrajera en México es de 663,466 ha, obteniendo una producción de 8,572,814 ton con un rendimiento promedio de 14.57 ton ha⁻¹ en fresco para todo el año (SIAP, 2020). A nivel mundial, la avena para el consumo humano se ha ido posicionando progresivamente en las últimas décadas como un cereal

con múltiples beneficios para la salud, como reducir el colesterol, aumentar la disponibilidad de fibras y estimular la ansiedad, entre otros (Danty *et al.*, 2018).

La mayor diversidad de productos se encuentra en Norteamérica y Europa Occidental, es tan variada la oferta de productos que se ha desarrollado por la creciente demanda de alimentos saludables y listos para el consumo, según las recomendaciones entregadas por la Organización Mundial de la Salud y los principales centros académicos y de nutrición a nivel mundial (Danty *et al.*, 2018).

Los productos elaborados a partir de la avena se han desarrollado en diferentes formas de acuerdo con las preferencias de los consumidores, utilizando mayoritariamente las hojuelas o copos y, en menor proporción, la harina (Danty *et al.*, 2018). El cultivo en México ha incrementado su superficie sembrada en los últimos 15 años. Con retraso de temporal o con largos periodos de sequía, se ha promovido la siembra de este cereal en extensas áreas siniestradas; sin embargo, el abasto de semilla es insuficiente y su demanda es tan alta que propicia el comercio de semilla de dudosa calidad (Bobadilla *et al.*, 2013). La avena ocupa el sexto lugar de los cereales que se producen en el mundo, precedida por el trigo, maíz, arroz, cebada y sorgo (Marioni, 1998).

Importancia social. La cantidad de suministro de avena es muy variable dependiendo del país, en España esta cantidad es pequeña, concretamente de 0.43 kg para cada persona en el año 2013, incrementándose su consumo poco a poco con los años. En la merienda, las recetas en las que la avena tiene más presencia, es en forma de cereales de desayuno, barritas de cereales y bollería junto con bebidas (leche, café, infusiones o bebidas vegetales), también es consumida con yogurth, en forma de pan y como complemento alimenticio (FEN, 2017).

El uso de avena forrajera para alimentación animal es una práctica generalizada debido a su aporte energético y proteico, además de ser un cultivo de ciclo corto; por estas razones es importante incrementar su volumen de producción, optimizando la nutrición de este forraje (Borda *et al.*, 2007). Por su contenido en fibra y fotoquímicos, se recomienda en la prevención y control de enfermedades cardiovascular, diabetes, regulación de la presión arterial, control de peso, salud gastrointestinal, cáncer, entre otras (Aparicio y Ortega, 2016).

La avena tiene altos contenidos de fibra, por lo que consumirlo regularmente en una dieta diseñada especialmente para diabéticos tiene un impacto favorable en la regulación de la glucosa sanguínea, ya que por su viscosidad, la fibra soluble, contenida en el salvado de avena, ayuda a reducir los niveles de glucosa (Rodríguez, 2001).

Más del 90 % de la alimentación de los animales herbívoros como bovinos, ovinos, caprinos y equinos, entre otros, está constituida de cereales forrajeros como la avena y a su vez constituye el alimento predilecto para ellos (Posada, 2005).

Descripción general del cultivo. Es una especie anual de la familia de las monocotiledóneas y su clasificación taxonómica es (Márquez, 1990):

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia Pooideae

Tribu: Aveneae

Género: Avena

Especie: Fanerógama

Nombre Científico: *Avena sativa*

Características morfológicas. Raíz: Es una planta cuyo sistema radical es el típico fasciculado o en cabellera, como el resto de las gramíneas, pero muy profundo y más abundante que el del resto de los cereales, lo cual favorece su anclaje, y lo hace muy apto para el pastoreo (Argentina Unida, 2022).

Tallo: Son gruesos y rectos lo cual hace poco resistente al viento de igual manera es de buen valor Forrajero (Argentina Unida, 2022).

Hojas: En gran número, de igual manera la vaina es sellada y la lígula corta y ovalada con dientes bien definidos y distintos a las de trigo y cebada (Cazares, 1999).

Inflorescencia: Las espiguillas tienen su forma de panículo su ramificación es racimosa y la de más arriba es espigosa, los verticilos en el panículo son de cuatro o más, las ramas primarias emergentes causan su decrecimiento de la ramificación desde la base hasta el vértice (Cazares, 1999).

Espícula o Flor: Flores de cinco a veces solo hay tres comúnmente, su maduración es de una sola flor la cual es la base (Cazares, 1999).

Semilla: Contenida en un fruto llamado cariósipide, el cual exteriormente presenta una estructura denominada pericarpio; éste corresponde a la fusión de las paredes del ovario y se presenta unida

a la testa de la semilla. Esta última está conformada internamente por el endospermo y el embrión, el cual a su vez está constituido por la coleorriza, la radícula, la plúmula u hojas embrionarias, el coleoptilo y el escutelo o cotiledón. Las semillas, que son alargadas y acanaladas, pueden ser dependiendo del cultivar, oblongas o cilíndricas. Su color varía comúnmente del blanco al amarillo, aunque también hay cuyas semillas presenta colores que varían del violáceo al negro (López, 2016).

Requerimientos climáticos. Fotoperiodo: Temperatura base o mínima de crecimiento, 4 °C, para el desarrollo y días largos de catorce horas (Marlet, 1989). Los principales factores ambientales que intervienen sobre el desarrollo son: la temperatura, la vernalización y el fotoperiodo. Existe una relación directa entre la duración del período de frío y la disminución del tiempo para el inicio de la floración (Posada, 2005).

Altitud: Más de 1500 m en zonas tropicales y subtropicales y desde el nivel del mar en zonas templadas (Productos y Servicios Biotecnológicos, 2010).

Precipitación: Es susceptible tanto al déficit como al exceso de agua, requiere entre 350 mm a 600 mm en total durante el ciclo del cultivo, tolera sequías no prolongadas (FAO, 2018).

Humedad ambiental: Requiere más humedad que otros cereales, tiene baja tolerancia al exceso de ella (López, 2016). Básicamente, se caracteriza por desarrollarse mejor en la estación fría del año, se obtiene la mayor producción en climas templados fríos, secos o húmedos, sin embargo no es resistente a inviernos pesados (García, 2004).

Temperatura: El rango de temperatura varía de 5 a 30 °C, con una óptima de 17.5 °C (Financiera Rural, 2010). Al igual que el trigo, requiere de un periodo de vernalización en las primeras etapas de desarrollo, para lograr una buena floración. Es durante este periodo cuando se comporta como una especie tolerante al frío, condición que desaparece en las etapas posteriores. El régimen térmico diario, ejerce una importante influencia sobre la fenología de la avena, así como en el nivel de productividad de materia seca (Corral *et al.*, 2005).

Salinidad: Se puede desarrollar sin mayor problema con agua de riego y aun con cierto grado de salinidad, se recomienda aguas de baja salinidad (< 1.0 dS m⁻¹) o aguas de media salinidad (1.0 a 1,5 dS m⁻¹) (Delgado, 2016).

pH: Es tolerante a suelos alcalinos y susceptibles a suelos ácidos (pH 5.2 o inferiores). El pH óptimo fluctúa entre 6.0 a 8.5 (Beratto, 2006).

Tolera heladas: Prefiere un clima templado resistiendo moderadamente el frío y heladas benignas (Beratto, 2006).

Luz: Las plantas crecen mejor cuando la luz incide totalmente sobre los forrajes hidropónicos que cuando tiene solamente una parte de luz. La duración de la fotosíntesis influye sobre el desarrollo vegetativo (Álvarez, 2006).

Requerimientos edáficos. Suelo: Al principio, las semillas requieren de un suelo húmedo para una buena germinación, requiere agua durante los primeros 50 días después de la siembra, crece en terrenos diversos, su preferencia es hacia los profundos arcillo arenosos, ricos en cal, que retengan humedad. Prefiere suelos cuyo pH esté comprendida entre 5 y 7 (SAGARPA, 2017). Los suelos moderadamente fértiles potencian los aumentos de rendimiento, pero favorecen la tendadura, especialmente cuando tienen un alto contenido de nitrógeno (Beratto, 2006).

Fases fenológicas. Emergencia: Aparición de las plantitas con 1 ó 2 hojas por encima de la superficie del suelo (Yzarra *et al.*, 2017).

Premacollaje: Corresponde a la etapa comprendida entre la emergencia y el brote de la cuarta hoja, de cada una brota un pseudo tallo formado por las vainas de las hojas emergidas anteriormente (Yzarra *et al.*, 2017).

Macollaje: Se da cuando el 50 % de las plantas han macollado, es decir, tienen brotes y retoños. Puede considerarse terminada a los 45 días, la aparición de la cuarta hoja indica el inicio del macollamiento (Aduviri, 2014).

Encañado: En esta se produce la elongación de los entrenudos dando origen al tallo verdadero y conduciendo a la planta hacia un porte más erecto. A partir del primer entrenudos que se alarga, localizado cerca de la base del tallo, los entrenudos siguientes se elongan en forma creciente. A nivel interno la iniciación de primordios florales continúa hasta lograr el máximo de primordios florales. A partir del inicio del encañado se produce una senescencia progresiva e inversa a la aparición de macollos (Dellacanonica, 2014).

Prefloración: Es la emergencia de las espigas, se observa una panoja, estado inmediatamente a la anterior a la floración como primer signo externo que la planta es reproductiva. La espiga había sido diferenciada mucho antes, a los pocos días de la emergencia se produce una autofecundación, que son las especies de polinización autogama a través del mecanismo floral de cleistogamia (Dellacanonica, 2014).

Floración: Posterior a la autofecundación aparecen las anteras. Se identifica con la antesis, la emergencia de los estambres por fuera de las espiguillas y comienza la formación de las cubiertas del grano. El periodo espigazón antesis resulta crítico para la ocurrencia de una helada, en función de esta etapa se determina la fecha de siembra, de manera tal que este periodo ocurra en un momento donde no haya riesgo de heladas (Meza *et al.*, 2013).

Llenado de granos: Posteriormente a la floración y al cuajado, comienza en llenado de granos, acelerándose de manera progresiva la senescencia foliar. En este periodo se puede diferenciar dos fases: la fase larga posteriormente la floración donde no se evidencia un crecimiento activo del grano en sí, sino que se produce la formación de las células del endospermo; y la fase de llenado efectivo donde se reconoce distintos estados (Dellacanonica, 2014). Se identifican cuando al hacer presión secreta una sustancia lechosa (grano pastoso, al presionarlo segrega una pasta) y el grano se torna amarillento, grano duro (no se puede romper el grano al presionar entre los dedos), aunque se marque fácilmente la uña en el pericarpio y grano maduro (el grano tiene un color amarillento y no se aplasta bajo la presión de los dedos). Entre grano lechoso y pastoso, la cantidad de agua que entra compensa la que se pierde constituyendo la fase crítica del llenado de grano (Dellacanonica, 2014).

Madurez fisiológica: Se refiere a la etapa del desarrollo de la fruta u hortaliza en que se ha producido el máximo crecimiento y maduración. Generalmente está asociada con la completa madurez de la fruta y la etapa de madurez fisiológica es seguida por el envejecimiento. No siempre es posible distinguir claramente las tres fases del desarrollo del órgano de una planta (crecimiento, madurez y envejecimiento) porque las transiciones entre las etapas son a menudo muy lentas y poco diferenciadas (FAO, 2022).

Madurez comercial. A partir de la madurez fisiológica ocurre una pérdida de agua de los granos. El momento de cosecha se decide en función del contenido de humedad del grano. En condiciones normales es de 16 - 18 % de forma que al finalizar con el proceso de cosecha la humedad corresponda a un 14 %, que es el valor comercial (Dellacanonica, 2014).

Procesos de producción. Debe comprobarse que la tierra sea la adecuada, tener el suelo flojo, retirar las malas hierbas, hacer un hoyo pequeño (dos centímetros de profundidad), esparcir unas cuantas semillas (por ejemplo: dos por cada dos centímetros cuadrados), tapar las semillas con tierra manualmente o utilizar un rastrillo pequeño, cuidar que el suelo quede uniforme. Las semillas deberán estar enterradas a la misma profundidad, regarlas y esperar la germinación. Si

bien la *A. sativa* puede soportar climas fríos, es poco resistente a los calurosos por lo que se puede poner una malla que la cubra en esas épocas o controlar la temperatura cuando se hizo en invernadero o plantar la avena junto a hierbas que requieran mucha humedad para que absorban el agua sobrante (Gómez, 2022).

Antecedentes fenológicos. EL estado fenológico de las plantas es un buen indicador de su calidad nutricional, ya que existe una relación de este parámetro con los contenidos de proteína, energía, fibra y minerales. Así un forraje en estado de hojas, tiene normalmente un alto porcentaje de proteína y alta concentración de energía. En la medida que aparecen los tallos, la planta se hace más fibrosa y lignificada y pierde calidad, por esta razón, para conseguir un ensilaje de alta calidad, es fundamental que la planta se encuentre con la mayor proporción de hojas posible, Sin embargo, el rendimiento en estados vegetativos tempranos es inferior que en estados más tardíos, por lo que se tiende a atrasar la cosecha para obtener mayor cantidad de forraje con el consiguiente sacrificio de la calidad (Dumont y Alomar, 2005).

La fenología es importante ya que permite determinar los requerimientos bioclimáticos de los cultivos, organizar calendarios agrícolas, ubicar áreas óptimas para cultivos y generar herramientas para una planificación óptima en el sector agrario (Pamela, 2018). Es importante conocer la biología de las especies y especialmente la secuencia característica de estadios en el desarrollo; por ejemplo la floración puede ocurrir antes, después o al mismo tiempo que la foliación, algunas especies pueden presentar dos ciclos biológicos en el mismo año (AEMETBLOG, 2019). La condición del medio alarga o acorta la duración de las fases fenológicas, especialmente esta interacción se produce entre disponibilidad de nutrientes, temperatura y humedad del suelo. Se ha evidenciado que el periodo vegetativo de *A. sativa* en el altiplano para forraje es de 160 a 190 días y el periodo vegetativo para avena grano es de 210 a 240 días (Venegas, 2016). Con respecto a los valores de fibra detergente neutra (FND), ésta disminuye su fracción potencialmente degradable conforme avanza el estado fenológico, (Benkendorf y Sosa, 2017).

Requerimientos de fertilización. Los elementos esenciales para la nutrición vegetal son 17, de los cuales 14 son tomados directamente del suelo. Un suelo fértil puede proveer normalmente estos elementos que la planta requiere y si hace falta, se debe agregar como fertilizantes (Bernal, 2003). Se recomienda la aplicación de fertilizantes orgánicos acompañado de fertilizantes inorgánicos ya que los nutrientes de los fertilizantes inorgánicos, su efecto en la nutrición de las

plantas es directo y rápido, comparación con los abonos orgánicos que liberan algunos nutrientes a una manera más lenta, ya que este proceso depende directamente de la actividad microbiana en el suelo y de algunos factores abióticos; ello dificulta garantizar las necesidades nutricionales de los cultivos inmediatamente después de su aplicación, pero que si pueden estar disponibles para la etapa final o nuevas siembras (Torres *et al.*, 2016). En los cereales como la *A. sativa*, los nutrientes de mayor importancia son requeridos durante el crecimiento de la planta el nitrógeno, fósforo y potasio, en menos cantidad son calcio, magnesio y azufre (Trujano *et al.*, 2008).

Aplicación de fertilizantes químicos. De acuerdo con los resultados del análisis de suelo, se debe considerar la absorción de nutrientes del cultivo y la oferta del suelo; sin embargo, en el Centro de Investigación Tibaitatá, para obtener una producción de 30 ton ha⁻¹ de materia seca, es aconsejable garantizar al cultivo 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N), 90 kg ha⁻¹ de fósforo (P₂O₅) y 30 kg ha⁻¹ de potasio (K₂O). El nitrógeno y el potasio deben ser aplicados de manera fraccionada en tres etapas del cultivo: al momento de la siembra (40 %), en el estado de macolla miento (30 %) y en el estado de inicio de floración (30 %). Se recomienda aplicar el fósforo, en su totalidad, al momento de la siembra (Campuzano *et al.*, 2018).

Valor nutrimental del forraje. La *A. sativa* es un cereal muy valorado por sus propiedades alimentarias ya que aporta energía y fibra, el valor nutricional del grano contiene un 14.75 % en proteína, 4.03 % en fibra, aceites y grasas, 8.61 % (Fuentes y Cazar, 1990). Es muy rica en dos tipos de fibra, fibra insoluble, muy adecuada para favorecer el tránsito intestinal y evitar el estreñimiento, y fibra soluble, el fósforo y azufre, que aporta, son necesarios para el cerebro y para la fragilidad de las uñas, caída del pelo y arrugas prematuras de la piel. Es el cereal forrajero que aporta mayores rendimientos en buenas condiciones hídricas, pudiendo llegar a producir 11 ton ha⁻¹ de materia seca en forraje es la *A. sativa* de invierno, y de ciclo largo más productiva, es muy apetecible y de gran valor nutritivo, aunque de bajo contenido proteico, su producciones de grano oscilan entre las 1 a 3 ton ha⁻¹ (Santoyo *et al.*, 2019).

Plagas. La más común en el cultivo es el pulgón de la espiga (*Sitobium avenae*), el cual aparece durante la etapa de embuchamiento hasta grano pastoso. Cuando se presenta una infestación de 10 pulgones por espiga en un muestreo de 100 espigas, se recomienda aplicar Malatión CE 50 y Paratión metílico CE 50 en dosis de 1.0 lt ha⁻¹, las plagas que se pueden presentar esporádicamente son los pulgones del cogollo y del follaje pero estos causan un daño mínimo y por lo tanto no se recomienda su control (Palacios, 1999).

Plaga del halo (*Pseudomonas coronafaciens*), Produce manchas locales comúnmente en las hojas pero algunas veces aparecen en otras partes como en los frutos, los tizones bacterianos del halo en *A. sativa*, producen sustancias tóxicas causantes de las partes de las zonas aéreas amarillentas que se encuentran inmediatamente alrededor de las regiones muertas donde las bacterias han invadido los tejidos (Palacios, 1999).

Enfermedades. Roya de la avena (*Puccinia coronata avenae*), ataca hojas y tallos, disminuyendo la producción y la calidad del forraje. Se caracteriza por ocasionar lesiones redondas u ovaladas que varían del color amarillo naranja al café rojizo (Jiménez, 2021). La medida de control más importante es la utilización de variedades resistentes (Lara y Jurado, 2014).

Tizón de la avena (*Helmitosporium victoreare*). Produce lesiones en la base de los vástagos de las plántulas formando rayas rojizas sobre las hojas jóvenes, cuando la infección es alta puede provocar la muerte (Palacios, 1999).

Roya del tallo de la avena (*Puccinia graminis avenae*). Se observa como pústulas aisladas polvorizadas de color café rojizo prominentes alargadas con la epidermis de la planta hospedera rota, en torno a la pústula y al pasar los dedos sobre ella desprenden un polvo rojizo, constituido por las esporas del hongo, con el tiempo las pústulas aumentan de tamaño y son más numerosas, llegando unirse con otras para formar lesiones que circulan al tallo principalmente en la base, pueden llegar a ocasionar la muerte, observándose que todas o casi todas las plantas de los campos tienen y de color amarillo sucio o cenizo, si el ataque fue temprano no llega a formarse grano, o si se forma es muy pequeño y arrugado (Palacios, 1999)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio. El estudio se llevó a cabo en los campos experimentales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Buenavista, Saltillo, Coahuila, durante el ciclo de otoño invierno. Se encuentra ubicada en una Latitud $25^{\circ} 21' 10''$ Norte, Longitud $101^{\circ} 01' 52''$ Oeste, a una altitud de 1,783 metros (Figura 1).



Figura 1. Localización del área de estudio.

Características climáticas del área de estudio. El clima es templado semiseco, con una temperatura promedio de 17°C . Los inviernos son extremos, predominando temperaturas máximas superiores a 18 grados Celsius y algunos días con temperaturas mínimos inferiores a cero grados (Eréndra, 2022).

Prueba de germinación. La prueba de germinación se realizó el 9 de septiembre de 2021, con la finalidad de conocer la viabilidad de la similla. Se tomaron 60 semillas de *A. sativa* y se dividieron en 3 grupos obteniendo un total de 30, se colocan en cajas Petri en forma aleatoria, tres repeticiones que contenían 30 semillas; pasaron a la estufa de germinación y se retiraron al quinto día. El conteo de semillas se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Pruebas de germinación en *Avena sativa* L. variedad Chihuahua.

Repeticiones	R1	R2	R3
Germinadas	21	24	20
Germinación del 100 %	70	80	66
Promedio	72 %		

Establecimiento del experimento. Preparación del terreno. El acondicionamiento del suelo consiste en una labor convencional se realizó la limpieza del terreno eliminando las malezas una vez que se terminó de realizar esta actividad se recolectó toda la maleza para llevarlo hasta las orillas del terreno, y se procedió a realizar el barbecho a una profundidad de 30 cm, rastreo y nivelación del terreno para la formación de camas.

Establecimiento de las parcelas. Se llevó a cabo con la medición del terreno, se intercalaron estacas para separar 20 parcelas de 5 x 2.5 m, dejando una distancia de 1 m entre ellas, la superficie total del área de siembra fue 676 m².

Etiquetado de parcelas. Se procedió a colocar las etiquetas del experimento, se recortaron y enmarcaron 20 etiquetas, para evitar que se mojara para luego grabarlas a una madera que fue la que se colocó en la parcela para identificar los tratamientos.

Labores para la siembra. Se aplicaron 3 riegos anterior a la siembra, posteriormente se le estuvo realizaron dos riegos por día uno a las 7:00 am y el otro a las 6:30 pm (193 días del ciclo del cultivo).

Sistema de riego. Se colocó el 23 de septiembre de 2022 un sistema de riego por goteo, consistió en 12 cintillas con medias de 18 m largo para la primera mitad del terreno y 12 cintillas para la segunda mitad, se cortó y midió 26 m de cintilla para lo ancho del terreno, se instalaron las válvulas para abrir y cerrar el riego.

Siembra. La siembra se llevó a cabo de forma manual el 20 de septiembre de 2021, se aplicó la técnica al boleado en toda la parcela, se cubrió con tierra utilizando la mano o un rastrillo, este proceso se llevó a cabo sucesivamente para todas las demás parcelas, se concluyó el 3 de marzo de 2022.

Tratamientos experimentales. Consistieron en utilizar Leonardita cristalizada a distintas concentraciones, el testigo solamente se le aplicó agua de riego.

Tratamiento 1. Leonardita cristalizada a una concentración de 3 ml lt⁻¹ (mililitros por litro de agua), su frecuencia de aplicación fue cada 41 días en forma foliar. La primera aplicación se realizó en la etapa de germinación, la segunda en etapa de amacollamiento a los 86 días después de la siembra (DDS), la tercera aplicación se llevó a cabo en la etapa de encañado al DDS 123.

Tratamiento 2. Leonardita cristalizada a una concentración de 12 ml lt⁻¹ de agua, su frecuencia de aplicación fue cada 41 días en forma foliar. La primera aplicación se realizó en la etapa de

germinación, la segunda en etapa de amacollamiento al DDS 86, la tercera aplicación se llevó a cabo en la etapa de encañado al DDS 123.

Tratamiento 3. Leonardita cristalizada a una concentración de 8 ml lt⁻¹ de agua, su frecuencia de aplicación fue cada 48 días en forma foliar, la primera aplicación se realizó en la etapa de germinación, la segunda en la etapa de amacollamiento al DDS 86, la tercera aplicación se llevó a cabo en la etapa de encallado al DDS 123.

Tratamiento 4. Consistió en aplicar el riego dos veces al día, uno a las 7:00 am y otro a las 6:30 pm de 1 una hora cada uno los 165 días que duró el experimento.

Propiedades físicas y químicas. La Leonardita cristalizada (AHAF-99) es un producto altamente concentrado de ácidos húmicos 68 % y fúlvicos 31 % (99 % solubles en agua). Ayuda a mejorar la estructura del suelo y aumenta la capacidad de retención del agua. Mejora el rendimiento y calidad de las plantas, tiene un alto poder de quelatación para los microelementos en los suelos alcalinos y estimula la presencia de microorganismos benéficos, disminuye el estrés inducido por sequías, pesticidas, residuos de herbicidas y sustancias tóxicas. Hace eficiente a la actividad de los fertilizantes y la absorción de nutrientes. Su aplicación en el suelo es como mezcla con fertilizantes sólidos, puede ser en presiembra, al momento de la siembra o después de la emergencia del cultivo. Es útil para cualquier cultivo y es compatible con la mayoría de los fertilizantes y plaguicidas. Dentro de sus especificaciones, su pH es de 8 – 9, de color negro y apariencia de cristales, bioestimulante y no residual. Se recomienda la dosis de 3 g lt⁻¹ de agua.

Unidad experimental. En cada parcela se estableció un tratamiento con sus respectivas repeticiones y dentro de cada una de ellas se seleccionaron tres plantas en forma aleatoria marcándolas con ligas de color rojo en la etapa de germinación, en la etapa de encañado se colocaron palillos a un lado de la planta para facilitar el proceso de la toma de datos. Las plantas seleccionadas se buscó tuvieran una buena competencia y desarrollo.

Diseño experimental y análisis estadístico. Al experimento se le evaluó como un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres tratamientos, cinco repeticiones y un testigo. El análisis de varianza (ANVA) para los datos, se llevó a cabo con el software Statistical Analysis Systems (SAS) versión 9.1 (SAS Institute Inc., 2004; Zambrano, 2016), posteriormente, se aplicó una comparación de medias con la prueba Tukey ($\alpha < 0.05$). El modelo estadístico del diseño fue,

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, t; j = 1, 2, \dots, n$$

Dónde: y_{ij} es la observación del tratamiento i en la repetición j , μ es la media general, τ_i es el efecto del i -ésimo tratamiento, e_{ij} es el error experimental de la ij -ésima observación.

Variables a evaluar. Altura de planta (AP, m). A las cinco plantas seleccionadas al azar por tratamiento, se les midió con una cinta métrica, se colocó de forma vertical a nivel de superficie de suelo y se llevó hasta la parte superior de la planta.

Hoja. Cada 14 días se utilizó una báscula digital, se tomaron por cada tratamiento en sus respectivas repeticiones cinco plantas al azar, se separó únicamente el área foliar, se llevaron a la estufa de secado por 48 horas a 60 °C, se registró el peso (kg) para cada muestra. Esta variable representó el peso seco de la hoja (PSH, kg).

Tallo. Cada 14 días se utilizó una báscula digital, se tomaron por cada tratamiento en sus respectivas repeticiones cinco plantas al azar, se separó únicamente el tallo, se llevaron a la estufa de secado por 48 horas a 60 °C, se registró el peso (kg) para cada muestra. Esta variable representó el peso seco del tallo (PST, kg).

Biomasa área. Se llevó a cabo cada 14 días con una báscula digital, se tomaron por cada tratamiento en sus respectivas repeticiones cinco plantas al azar, las muestras se separaron en bolsas, se llevaron a la estufa de secado por 48 horas a 60 °C, se registró el peso (kg) para cada una. Esta variable representó el peso seco de la biomasa (PSBM, kg).

Relación hoja/tallo. Por cada tratamiento en sus respectivas repeticiones se tomaron cinco plantas al azar, se separó la lámina foliar y el tallo, se llevaron a una estufa de secado por 48 horas a 60 °C, se registró el peso (kg) con una balanza digital. La relación Hoja:Tallo se estimó al dividir el PSH con PST (PSH/PST), esta variable representó la relación Hoja:Tallo (RHT, NA), dónde NA significa que no aplican unidades de medición.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso seco de hoja (PSH). El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos evaluados en los DDS 25, 53, 67, 81, 95, 123, 137, 151 y 165 (Figura 2, Tabla 2). En el DDS 25, el mayor PSH (kg ha^{-1}) se presentó en T3 ($184.80 \text{ kg ha}^{-1}$), seguido de T2 ($151.73 \text{ kg ha}^{-1}$), lo cual se muestra en la Figura 2, al disminuir la dosis de Leonardita, aumentó el PSH (kg ha^{-1}).

Para el DDS 53, el mayor de peso seco se presentó con T3 ($354.38 \text{ kg ha}^{-1}$), seguido de T2 ($315.46 \text{ kg ha}^{-1}$), nuevamente se observó que al disminuir la dosis de Leonardita, aumentó el PSH (kg ha^{-1}).

Para el DDS 67 el mayor PSH (kg ha^{-1}) se presentó T3 ($554.83 \text{ kg ha}^{-1}$), seguido de T2 ($500.30 \text{ kg ha}^{-1}$) (Figura 2), en el DDS 81 el mayor PSH se obtuvo en T2 ($694.56 \text{ kg ha}^{-1}$), seguido de T3 ($466.08 \text{ kg ha}^{-1}$), en el DDS 95 se presentó en T1 ($691.68 \text{ kg ha}^{-1}$), seguido de T3 ($554.83 \text{ kg ha}^{-1}$). Para los DDS 123, 137, 151 y 165, hubo un comportamiento similar (Figura 2).

Los resultados sugieren que en etapas mayores, *A sativa* demandó más nutrientes, para los DDS 81, 137, 151 y 165, al aumentar las dosis de Leonardita, el PSH aumentó (Tabla 2).

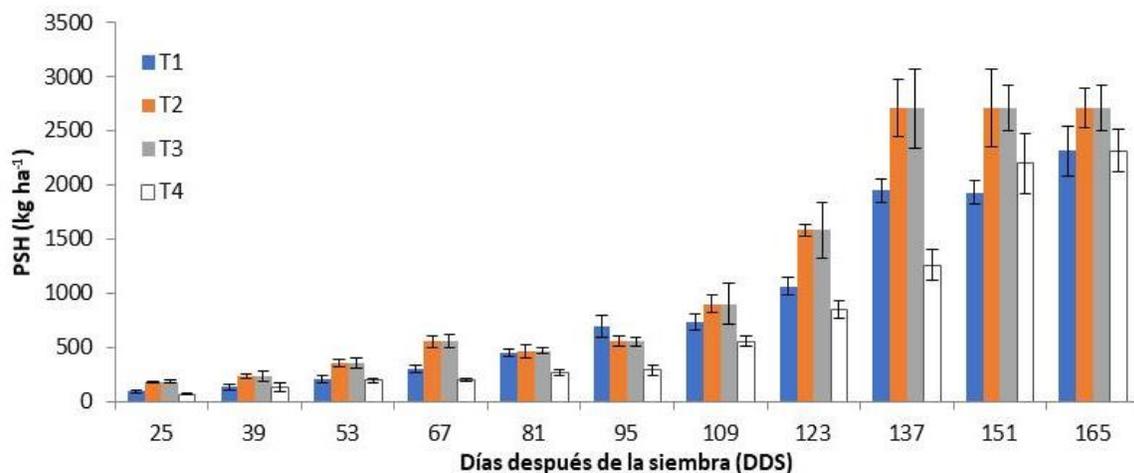


Figura 2. Promedios del peso seco de la hoja (kg ha^{-1}) por tratamiento en *Avena sativa* L. variedad Chihuahua.

Tabla 2. Valores promedio para peso seco de hoja (kg ha^{-1}) en *Avena sativa* L. variedad Chihuahua.

DDS	PSH				$P > F$	CV %
	T1	T2	T3	T4		
25	92.74 Db	151.73 Da	184.80 Ca	71.57 Db	0.0001	20.59
39	133.3 Da	206.54 Da	233.33 Ca	133.30 Da	0.2758	42.95
53	207.55 Dab	315.46 Dcab	354.38 Ca	197.33 Db	0.0234	30.45
67	307.10 Db	500.30 DCa	554.83 Ca	197.66 Db	0.0001	23.41
81	452.64 CDb	694.56 DCa	466.08 Cb	272.64 Dc	0.0001	16.39
95	691.68 DCa	511.20 DCa	554.83 Ca	291.36 Db	0.0001	23.41
109	738.2 DCa	820.3 DCa	903.8 Ca	558.70 CDa	0.1370	29.22
123	1065.6 Cb	1031.0 Cb	1584.5 Ba	852.5 CBb	0.0038	22.32
137	1952.1 Bcb	2815.2 Ba	2709.1 Aab	1261.4 Bc	0.0003	19.66
151	1930.6 BAb	3117.5 BAa	2712.0 Aab	2198.4 Ab	0.0050	17.59
165	2314.1 Ab	3083.5 Aa	2712.0 Aab	2317.4 Ab	0.0080	12.55

Valores con misma letra minúscula entre filas, son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $P < 0.05$). Valores con misma letra mayúscula entre columnas, son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $P < 0.05$). Dónde: DDS = Días después de la siembra, T1 = 3 ml lt^{-1} Leonardita, T2 = 12 ml lt^{-1} Leonardita, T3 = 8 ml lt^{-1} Leonardita, T4 = Testigo.

El mayor valor de PSH fue al DDS 165 en T1, lo mismo ocurrió en T2, T3 y T4 (Tabla 2), Sosa *et al.* (2020), reportó al DDS 120 días para PSH 776 kg ha^{-1} , en este experimento al DDS 123, se obtuvo un PSH en T4 (852.5 kg ha^{-1}) (Testigo), para los tratamientos T2 ($1,031.0 \text{ kg ha}^{-1}$), T3 ($1,584.5 \text{ kg ha}^{-1}$), T1 ($1,065.6 \text{ kg ha}^{-1}$), observándose una notoria diferencia en el PSH entre tratamientos, esto debido a que se aplicó Leonardita a diferentes concentraciones. Por otro lado, Jiménez (2012) al DDS 120 mostró un rendimiento de materia seca de hoja en *A. sativa* de $3,527 \text{ kg ha}^{-1}$, que se acerca a los valores obtenidos en este experimento para el DDS 165, para T1 ($2,314.1 \text{ kg ha}^{-1}$), T2 ($3,083.5 \text{ kg ha}^{-1}$), T3 ($2,712.0 \text{ kg ha}^{-1}$), T4 ($2,317.4 \text{ kg ha}^{-1}$). Por otro lado, Sosa *et al.* (2020), reportó que la variable PSH aumentó, después de 75 días y, luego disminuyó hasta llegar a valores muy bajos al término del ciclo de cultivo. Contrario a los datos obtenidos en este experimento, donde no mostró una disminución en cuanto a los valores de PSH, siguió en

aumento hasta DDS 165 como se muestra en la Figura 2, donde se obtuvieron los mayores valores de PSH.

Peso seco del tallo (PST). El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos para todos los DDS (25, 39, 53, 67, 81, 95, 109, 123, 137, 151 y 165). En el DDS 25 el mayor PST se presentó en T2 (52.224 kg ha⁻¹) y T3 (22.368 kg ha⁻¹) observándose que al disminuir la dosis de Leonardita, el PST (kg ha⁻¹) aumentó (Figura 3, Tabla 3).

Para los DDS 39, 53 y 67, el mayor PST se obtuvo en T3 (86.35 kg ha⁻¹, 160.66 kg ha⁻¹, 247.34 kg ha⁻¹), resultados semejantes los obtuvo Jiménez (2012), reportando 195 kg ha⁻¹ al DDS 60 en *A. sativa*.

Para el DDS 165, el mayor valor fue en T2 (3,381 kg ha⁻¹), seguido de T3 (3,381 kg ha⁻¹), T1 (2,289.1 kg ha⁻¹), T4 (2,106.2 kg ha⁻¹), por su parte Sosa *et al.* (2020) obtuvo el mayor PDT al DDS 120 (2,225 kg ha⁻¹) en la misma variedad de avena, estos resultados son aproximados a los de este experimento para el DDS 165,

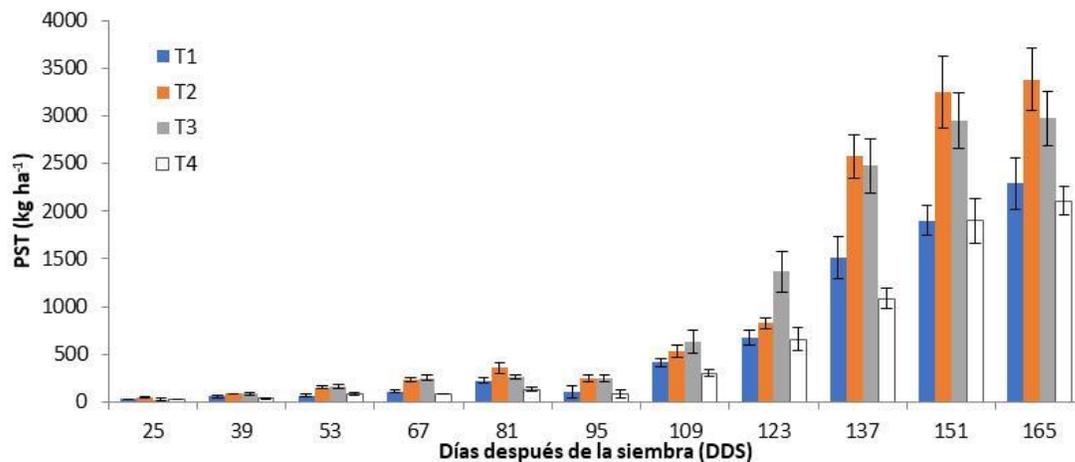


Figura 3. Promedios del peso seco del tallo (kg ha⁻¹) por tratamiento en *Avena sativa* L. variedad Chihuahua.

Tabla 3. Valores promedio para peso seco del tallo (kg ha⁻¹) en *Avena sativa* L. variedad Chihuahua.

DDS	PST				<i>P</i> > <i>F</i>	CV %
	T1	T2	T3	T4		
25	26.016 Ecb	52.224 Cab	22.368 Dc	22.368 Dc	0.0058	38.89
39	56.21 Eab	84.48 Cb	86.35 Db	35.71 Db	0.0048	30.62
53	67.46 Dec	149.04 Cab	160.66 DCa	84.77 Dcb	0.0024	30.27
67	106.51 DEb	231.41 CBa	247.34 Dca	81.89 Db	0.0001	24.78
81	217.92 Deb	353.76 CBa	261.60 DCb	130.56 Dc	0.0001	17.80
95	106.51 DCb	247.34 CBa	247.34 DCa	81.89 Db	0.0001	24.78
109	414.24 DCab	532.80 CBba	625.44 Ca	302.40 CDb	0.0314	32.96
123	670.1 Cb	822.7 Bb	1368.0 Ba	657.1 BCb	0.0002	21.82
137	1508.3 Bb	2574.2 Aa	2474.8 Aa	1082.9 Bb	0.0001	20.76
151	1901.3 BAa	3247.2 Aa	2949.6 Aab	1897.9 Ab	0.0066	24.30
165	2289.1 Ab	3381.1 Aa	2971.7 Aab	2106.2 Ab	0.0124	20.91

Valores con misma letra minúscula entre filas, son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $P < 0.05$). Valores con misma letra mayúscula entre columnas, son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $P < 0.05$). Dónde: DDS = Días después de la siembra, T1 = 3 ml lt⁻¹ Leonardita, T2 = 12 ml lt⁻¹ Leonardita, T3 = 8 ml lt⁻¹ Leonardita, T4 = Testigo.

Relación hoja tallo (RHT). El análisis estadístico de RHT mostró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos, la prueba de Tukey ($P < 0.05$) detectó diferencias para el DDS 123 y para los restantes, no (25, 39, 53, 67, 81, 95, 109, 137, 151 y 165). El mayor valor de RHT se obtuvo con en T1 (1.62) y T4 (1.37), los siguieron, T2 (1.26) y T3 (1.15) (Figura 4, Tabla 4). Resultados menores obtuvo Jiménez (2012) quién reportó un RHT de 0.64 al DDS 120 para *A. sativa*.

Los mayores RHT se presentaron a los DDS 53 en T1 (1.62) y T4 (2.56) y 67 DDS en T1 (2.92) y T4 (2.43). Al respecto, Wilson (2015) menciona que el mejor RHT se observó al DDS 63 y 77 para las variedades que estudio, Chihuahua, Turquesa, Ágata y Saia. Por su parte, Sosa *et al.*, (2020) encontró diferencias significativas en los DDS 30, 45, 60, 75 y 90 ($P < 0.05$) en *A. sativa*.

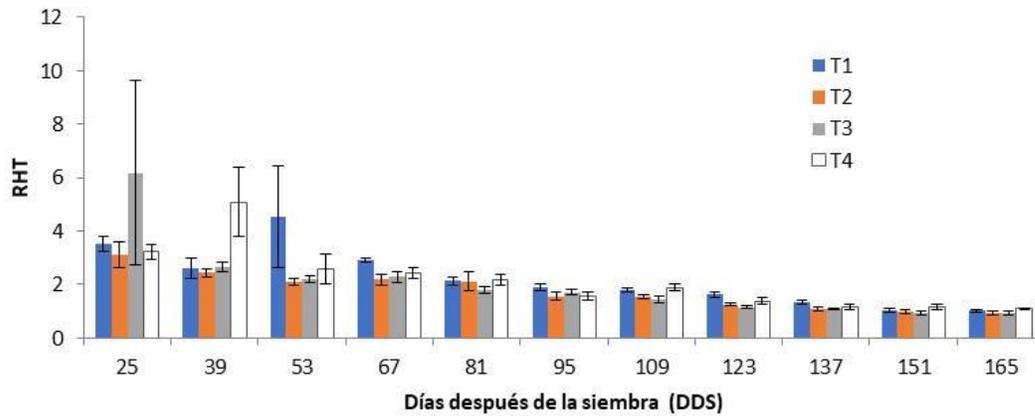


Figura 4. Promedios de la relación hoja/tallo por tratamiento en *Avena sativa* L. variedad Chihuahua.

Tabla 4. Valores promedio para relación hoja/tallo en *Avena sativa* L. variedad Chihuahua.

DDS	RHT				<i>P</i> > F	CV %
	T1	T2	T3	T4		
25	3.53 Aa	3.12 Aa	6.18 Aa	3.22 BAa	0.561	95.75
39	2.61 BAa	2.43 BAb	2.67 BAa	5.08 Aa	0.083	52.17
53	4.53 BDCa	2.12 BCa	2.18 BAa	2.56 Ba	0.331	79.31
67	2.92 BAa	2.19 BACa	2.28 BAa	2.43 Ba	0.086	17.65
81	2.14 BDCa	2.11 BCa	1.80 BAa	2.17 Ba	0.471	19.83
95	1.89 BEDCa	1.56 BDCa	1.71 BAa	1.56 Ba	0.086	17.65
109	1.79 EDCa	1.56 BDCa	1.44 BAa	1.89 Ba	0.059	15.21
123	1.62 EDCa	1.26 DCab	1.15 Bb	1.37 abB	0.013	14.11
137	1.34 Eda	1.09 Da	1.09 Ba	1.17 Ba	0.153	15.58
151	1.03 Ea	0.98 Da	0.94 Ba	1.16 Ba	0.340	19.11
165	1.02 Ea	0.93 Da	0.93 Ba	1.09 Ba	0.333	15.93

Valores con misma letra minúscula entre filas, son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $P < 0.05$). Valores con misma letra mayúscula entre columnas, son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $P < 0.05$). Dónde: DDS = Días después de la siembra, T1 = 3 ml lt⁻¹ Leonardita, T2 = 12 ml lt⁻¹ Leonardita, T3 = 8 ml lt⁻¹ Leonardita, T4 = Testigo.

Peso seco de la biomasa área (PSBA). El análisis estadístico para PSBA (kg ha^{-1}) mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos los DDS 25, 53, 67, 81, 95, 123, 137, 151 y 165. El mayor valor de PSBA se presentó en el DDS 25 en T3 ($243.23 \text{ kg ha}^{-1}$) y T2 ($203.45 \text{ kg ha}^{-1}$), al disminuir la concentración de Leonardita aumentó el valor del PSBA.

Al DDS 81 hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos, los mayores valores fueron en T2 ($1,048.32 \text{ kg ha}^{-1}$) y T3 ($727.68 \text{ kg ha}^{-1}$) resultados contrarios a Wilson (2015), reportó al DDS 84 DDS $3,287 \text{ kg ha}^{-1}$ en PSBA en variedad chihuahua.

El máximo PSBA se obtuvo al DDS 151 en T2 ($6,364.70 \text{ kg ha}^{-1}$) y T3 ($5,661.60 \text{ kg ha}^{-1}$) y, 165 en T2 ($6,464.60 \text{ kg ha}^{-1}$) y T3 ($5,683.70 \text{ kg ha}^{-1}$) (Figura 6, Tabla 6). Sosa *et al.*, (2020) reportó como PSBA máximo $5\ 355 \text{ kg ha}^{-1}$ al DDS 120 en estado lechoso-masoso en variedad Chihuahua.

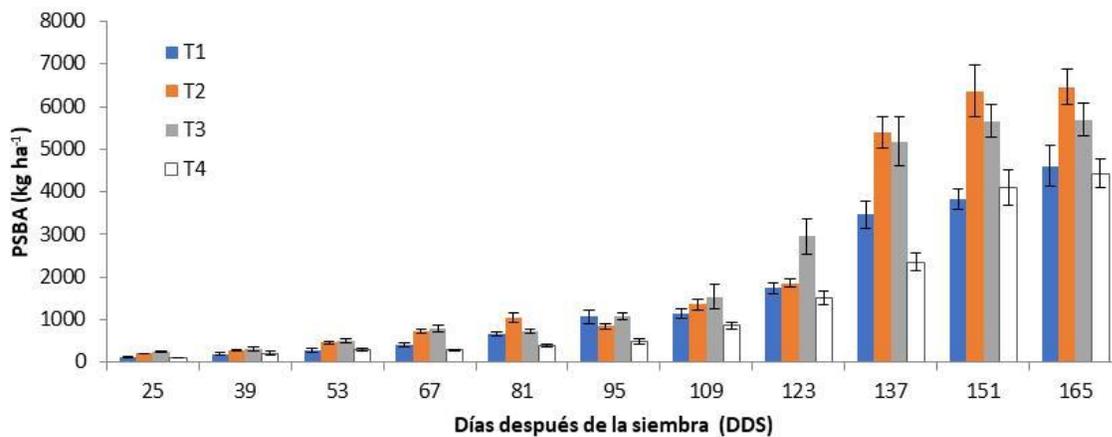


Figura 5. Promedios del peso seco de biomasa aérea (kg ha^{-1}) por tratamiento en *Avena sativa* L. variedad Chihuahua.

Tabla 5. Valores promedio para peso seco de biomasa aérea (kg ha⁻¹) en *Avena sativa* L. variedad Chihuahua.

DDS	PSBA				<i>P</i> > F	CV %
	T1	T2	T3	T4		
25	118.75 Ib	203.95 Ja	243.23 Ia	93.94 Ib	0.0001	19.20
39	189.5 IHa	291.02 IJa	319.68 IHa	208.70 IHa	0.1267	36.60
53	275.01 IHb	464.5 IHab	515.04 IHa	282.1 HGb	0.0063	27.63
67	413.62 GHb	731.71 GHa	802.18 GHa	279.55 FGb	0.0001	22.06
81	670.56 GHb	1048.32 GFa	727.68 GHb	403.20 FGc	0.0001	13.59
95	1066.1 EFa	848.2 Fab	1086.2 Fb	489.1 Feb	0.0001	22.06
109	1152.5 EDa	1353.1 Ea	1529.3 Ea	861.1 Ea	0.071	30.08
123	1735.7 Db	1853.8 Db	2952.5 Da	1509.6 Db	0.0008	21.24
137	3460.4 Cb	5389.4 Ca	5183.9 Ca	2344.3 Cb	0.0001	18.46
151	3831.8 Bc	6364.7 Ba	5661.6 Bab	4096.3 Bcb	0.0017	17.80
165	4603.2 Ab	6464.6 Aa	5683.7 Aab	4423.7 Ab	0.0036	14.43

Valores con misma letra minúscula entre filas, son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $P < 0.05$). Valores con misma letra mayúscula entre columnas, son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $P < 0.05$). Dónde: DDS = Días después de la siembra, T1 = 3 ml lt⁻¹ Leonardita, T2 = 12 ml lt⁻¹ Leonardita, T3 = 8 ml lt⁻¹ Leonardita, T4 = Testigo.

Altura de la planta (AP). El análisis de estadístico de AP (m) no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$), entre tratamientos en los DDS (Figura 6, Tabla 6).

En el DDS 165, la mayor AP se presentó en T2 (0.7146 m) y T3 (0.7026 m). Datos menores los obtuvo Wilson (2015) en variedad Chihuahua (0.61 m), Turquesa (0.54 m), Ágata (0.53 m) y Saia (0.50 m); por su parte, Guevara (2011) aplicó humus líquido, obteniendo AP promedio de 0.7002 m, en *A. sativa*.

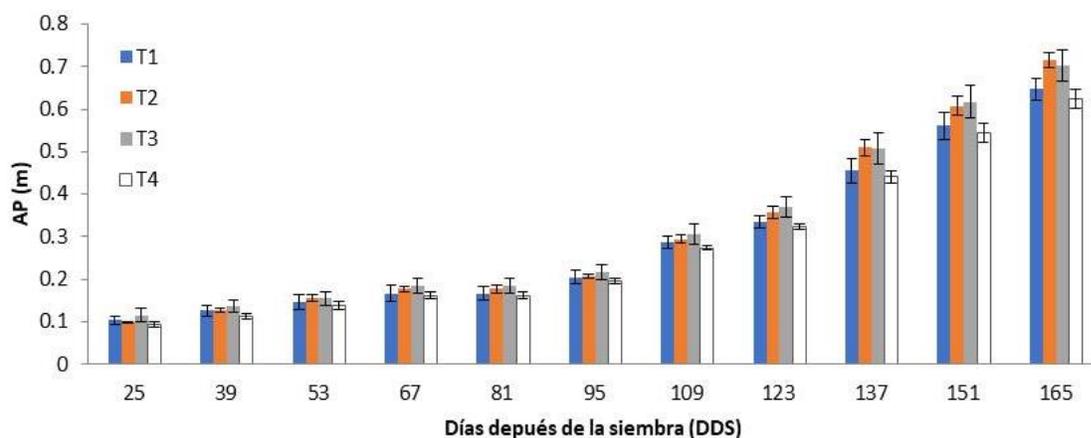


Figura 6. Promedios de la altura (m) por tratamiento en *Avena sativa* L. variedad Chihuahua.

Tabla 6. Valores promedio para altura (m) en *Avena sativa* L. variedad Chihuahua.

DDS	AP				P > F	CV %
	T1	T2	T3	T4		
25	0.1032 Ea	0.980 Da	0.1153 Da	0.940 Da	0.618	25.68
39	0.1258 Ea	0.1277 CDa	0.1367 Da	0.1131 Da	0.618	22.03
53	0.1463 Ea	0.1551 CDa	0.1556 Dca	0.1384 Da	0.816	21.87
67	0.1669 Ade	0.1772 CBDa	0.1843 DCa	0.1618 Da	0.785	21.87
81	0.1669 CBDa	0.1772 CBDa	0.1843 DCa	0.1618 Da	0.785	21.87
95	0.2047 CEDa	0.2060 CBDa	0.2170 DCa	0.1960 Da	0.736	14.28
109	0.2868 CBa	0.2940 CBa	0.3066 Cba	0.2740 CDa	0.528	11.88
123	0.3340 Ba	0.3566 Ba	0.3706 Ca	0.3244 CBa	0.242	10.75
137	0.4556 Ba	0.5094 Aa	0.5072 Aa	0.4404 Ba	0.186	12.05
151	0.5606 Ba	0.6080 Aa	0.6174 Aa	0.5438 Aa	0.246	10.94
165	0.6476 Ba	0.7146 aAa	0.7026 Aa	0.6230 Aa	0.088	8.76

Valores con misma letra minúscula entre filas, son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $P < 0.05$). Valores con misma letra mayúscula entre columnas, son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $P < 0.05$). Dónde: DDS = Días después de la siembra, T1 = 3 ml lt^{-1} Leonardita, T2 = 12 ml lt^{-1} Leonardita, T3 = 8 ml lt^{-1} Leonardita, T4 = Testigo.

V. CONCLUSIONES

El crecimiento y desarrollo en *Avena sativa* L. variedad Chihuahua debido a los tratamientos aplicados en el ciclo invierno-primavera, mostró que los valores más altos en las variables evaluadas fue en T2 (Leonardita cristalizada a una concentración de 12 ml l⁻¹), con un PSH de 3,883.5 kg ha⁻¹, PST 3,381.1 kg ha⁻¹, RHT 0.93 (superado por T4 con 1.09), PSBA 6,464.6 kg ha⁻¹ y, AP 0.7146 m, seguidos por T3 (Leonardita cristalizada a una concentración de 8 ml l⁻¹), con un PSH de 2,712.0 kg ha⁻¹, PST 2,971.7 kg ha⁻¹, RHT 0.93, PSBA 5,683.7 kg ha⁻¹ y, AP 0.7026 m.

Las variables PSH (kg ha⁻¹), PST (kg ha⁻¹) y PSBA (kg ha⁻¹), aumentaron de valor, su comportamiento fue de forma logística en los DDS, el de AP (m) aumentó en parábola, mientras que la RTH disminuyó.

La experiencia y resultados obtenidos aplica solamente al área de estudio del municipio de Saltillo, Coahuila, donde se realizó la siembra de la variedad chihuahua de *A. sativa*.

VI. LITERATURA CITADA

- Aduviri, V. L. I. (2014). Comportamiento agronómico de tres variedades de avena (*Avena sativa* L.) con aplicación de materia orgánica, en la Estación Experimental de Choquenaira. Tesis Doctoral. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 90 p.
- AEMETBLOG. (2019). Breve introducción a la fenología. España. <https://aemetblog.es/2019/02/23/breve-introduccion-a-la-fenologia/> Consultado el 1 de Diciembre de 2022.
- Álvarez, T. L. (2006). Eficacia de tres medios hidropónicos en la producción de forraje verde, en avena forrajera (*Avena sativa* L.). Tesis de Licenciatura. Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador. 61 p.
- Aparicio Vizuet, A. y Ortega Anta, R. M. (2016). Efectos del consumo del beta-glucano de la avena sobre el colesterol sanguíneo: una revisión. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 20(2): 127-139.
- Argentina Unida. (2022). Sistema nacional de vigilancia y monitoreo de plagas. *Avena sativa*. <https://www.sinavimo.gob.ar/cultivo/avena-sativa> Consultado el 6 de Agosto de 2022.
- Ávila, M. M. R., y Salmerón, J. J. Z. (1999). Adopción de variedades de avena y su impacto en el estado de Chihuahua. Folleto científico No. 5. CESICH-CIRNOC-INIFAP-SAGAR. Ciudad Cuauhtémoc, México. 38 p.
- Benkendorf, J., y Sosa, M. (2017). Efecto del estado fenológico sobre el aprovechamiento ruminal de forraje fresco y del ensilaje de planta entera de *Avena sativa* variedad cantara. Tesis Doctoral. Universidad de República de Uruguay. 38 p.
- Bernal, J. (2003). Manual de nutrición y fertilización de pastos. Instituto de la Potasa y el Fósforo. *Revista Instituto Internacional de Nutrición Vegetal*, 63(2): 5-17.
- Berti, M., Wilckens, R., y Hevia, F. (2003). Influencia de la fecha de siembra y de la procedencia de la semilla en el rendimiento de capítulos de *Calendula officinalis* L., durante dos temporadas en Chillan. *Revista de Agricultura Técnica*, 63(1): 3-9.
- Beratto, M. E. (2006). Cultivo de la avena en Chile. Libros INIA, Segunda edición. Imprenta Austral. Temuco, Chile. 294 p. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/3695?show=full> Consultado el 2 de Diciembre de 2022.

- Bobadilla Meléndez, M., Gámez Vázquez, A. J., Ávila Perches, M. A., García Rodríguez, J. J., Espitia Rangel, E., Moran Vázquez, N., y Covarrubias Prieto, J. (2013). Rendimiento y calidad de semilla de avena en función de la fecha y densidad de siembra. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(7): 973-985.
- Borda, O. A., Barón, F. H., y Gómez, M. I. (2007). El silicio como elemento benéfico en avena forrajera (*Avena sativa* L.): respuestas fisiológicas de crecimiento y manejo. *Revista Agronomía Colombiana*, 25(2): 273-279.
- Campuzano, L. F., Rincón, E. C., Sierra, J. C., Cuesta, D. T., Muñoz, P. A. C., López, P. A. P., y Chamorro, D. B. Y. (2018). Avena Forrajera Altoandina. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/35561/Ver_documento_35561.pdf?sequence=4 Consultado el 2 de Diciembre de 2022.
- Cazares, P. M. J. (1999). El cultivo de la avena (*Avena sativa* L.). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México. 67 p.
- Corral, J. A. R., Díaz, L. E. V., López, H. E. F., García, G. M., Díaz, J. L. R., Pérez, J. F. y del Toro, F. M. (2005). Potencial productivo agrícola de la región sierra occidental de Jalisco. Libro técnico No. 7. <http://www.inifapcirpac.gob.mx/PotencialProductivo/Jalisco/Sierra%20Occidental/RegionSierraOccidentalPortada.pdf> Consultado el 2 de Diciembre de 2022.
- Crivaro, N. O., Apóstolo, N. M., Calloni, S., Lorenzo, E., Viñales, L., y Gualdieri, P. (2006). Reconocimiento de alimentos vegetales: caracterización micro-gráfica del grano de avena. *Revista de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 26: 197-302.
- Danty, J., Gasic, C., Díaz, M., Mendoza, V., Urbina, C., y Acuña, E. (2018). Prospectivas del mercado mundial de la avena para consumo humano. <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/12/estudioAvena2018.pdf> Consultado el 2 de Diciembre de 2022.
- Delgado Acarapi, J. (2016). Producción de avena (*Avena sativa*) como forraje verde hidropónico con tres métodos de producción, en el distrito 8 de la ciudad de El Alto. Tesis de Licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 69 p.
- Dellacanonica, C. (2014). Rendimiento y calidad de un cultivo de avena (*Avena sativa* L.), bajo distintas láminas de riego en el noroeste de Chubut, Argentina. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina. 156 p.

- Dumont, J. C., Enrique, R., y Alomar, D. (2005). Efecto de dos sistemas de determinación de materia seca en la composición química y calidad del ensilaje directo de avena en diferentes estados fenológicos. *Revista de Agricultura Técnica*, 65(4): 388-396.
- Eréndra, L. T. C. (2022). Ubicación y clima de Saltillo. Saltillo, México, https://www.elclima.com.mx/ubicacion_y_clima_de_saltillo.htm Consultado el 2 de Diciembre de 2022.
- Espitia Rangel, E., Villaseñor Mir, H. E., Tovar Gómez, R., de la O Olán, M., y 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.
- FAO. (2018). Informe Legumbres. Pequeñas semillas, grandes soluciones. <https://www.fao.org/3/ca2597es/CA%20%20%20%202597ES.pdf> Consultado el 13 de Noviembre de 2022.
- FAO. (2022). Manual para el mejoramiento del manejo pos cosecha de frutas y hortalizas. <https://www.fao.org/3/x5055s/x5055S00.htm#Contents> Consultado el 13 de Noviembre de 2022.
- FEN. (2017). Datos actuales sobre las propiedades nutricionales de la avena. Informe Técnico Coahuila, México. 36 p.
- Finaciera Rural. (2010). Monografía de la avena y semilla de avena para siembra. <https://www.yumpu.com/es/document/read/19835477/monografia-de-la-avena-y-semilla-de-avena-para-financiera-rural> Consultado el 13 de Noviembre de 2022.
- Fuentes O., G., y Cazar, E. (1990). INIAP-Mojanda 90, avena para consumo humano. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina. Programa de Cereales, Sección Avena. Santa Catalina, Ecuador. 6 p.
- García, F. J. A. (2004). Comparación de la producción de forraje de avena (*Avena sativa* L.), ballico italiano (*Lolium multiflorum* Lam.) y avena más ballico italiano, irrigados, en la región de la Costa de Hermosillo, Sonora, México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Sonora. Sonora, México. 35 p.
- Gómez, A. R. (2022). Como sembrar avena en tu huerto (guía, cuidado paso a paso). <https://www.sembrar100.com/avena/> Consultado el 13 de Noviembre de 2022.

- González, M., Jiménez, L., Yáñez, W., Parducci, P. (2018). Potencial uso de la leonardita para el cultivo de rosa en condiciones de invernadero. *Revista Agronomía Costarricense*, 42(1): 155-162.
- Guevara, S. G. A. (2011). Evaluación de tres abonos líquidos foliares enriquecido con microelementos en la producción forrajera de una mezcla de *Medicago sativa* y *Arrhenatherum elatius*. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Ecuador. 86 p.
- Infoagro. (2022). El cultivo de avena. <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/avena.htm> Consultado el 13 de Noviembre de 2022.
- Jiménez, T. (2012). Comportamiento productivo y crecimiento de cereales de invierno con fines forrajeros en zonas semiáridas. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México, 52 p.
- Lara Macías, C. R., y Jurado Guerra, P. (2014). Paquete tecnológico para la producción de avena forrajera en Chihuahua. Folleto técnico No. 51. INFAP. Aldama, México. 35 p.
- López, A. (2016). Respuesta del cultivo de avena forrajera a la aplicación de lixiviados de lombricomposta. Tesis de licenciatura. Estado de México, México. 54 p.
- Marioni, M. (1998). Ventajas comparativas de cultivos de temporada en Chihuahua. *Revista de Agricultura Técnica de México*, 23(2): 12-138.
- Marlet, H. (1989). Requerimientos de Clima y Suelo. *Revista Centro de Información de recursos naturales*, 86: 7-53.
- Márquez, C. L. A. (1990). Rendimiento y calidad de la semilla de avena en relación a la fertilización, densidad de siembra y zona de producción. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 55 p.
- Martínez, N. (2014). Las sustancias húmicas en la productividad agrícola. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/las-sustancias-humicas-productividad-t30958.htm> Consultado el 13 de noviembre de 2022.
- Mataix, V. J. (2013). *Nutrición para educadores*. Segunda edición. Editorial Díaz Santos, Madrid, España. 686 p.
- Meza O, V., Leguizamón R., C., y Paniagua A., J. (2013). Evaluación de la asociación de avena negra, *Avena strigosa* Schieb, y nabo forrajero, *Raphanus sativus* L. en el sistema de siembra directa. *Revista Agraria*, 6(2): 10-16.

- Olmos, A. (2021). Estadísticas de Producción de avena forrajera en México. <https://blogagricultura.com/estadisticas-avena-grano-mexico/#:~:text=En%202020%20el%20estado%20de,69.5%25%20de%20la%20producci%C3%B3n%20nacional> Consultado el 2 de Diciembre de 2022.
- Palacios, J. (1999). Plagas y enfermedades más importantes del cultivo de la avena (*Avena fatua* L.). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, México. 65 p.
- Pamela U. (2018). La importancia de la fenología. <https://www.meteored.mx/noticias/ciencia/la-importancia-de-la-fenologia.html#:~:text=Las%20observaciones%20en%20la%20fenolog%C3%ADa,actividades%20en%20el%20sector%20agrario> Consultado el 13 de noviembre de 2022.
- Posada, J. O. S. (2005). Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros. Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 244 p.
- Productos y Servicios Biotecnológicos. (2010). Recomendaciones para el empleo de Bactocrop dual y Micocrop en plantaciones de Avena (*Avena sativa* L.). <https://bioqualitum.com/data/itecnica/paquetes/Avena.pdf> Consultado el 13 de Noviembre de 2022.
- Robles Sánchez, R. (2008) Producción de granos y forraje. Segunda edición. Editorial Limusa. Ciudad de México, México. 599 p.
- Rodríguez, M. (2001). La fibra y la diabetes. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 2(3): 1-2.
- Rodríguez-Herrera, S. A., Salgado-Ramírez, O., García-Rodríguez, J. G., Cervantes Ortiz, F., Figueroa Rivera, M. G., y Mendoza Elos, M. (2020). Fertilización química y orgánica en avena: rendimiento y calidad de la semilla. *Revista de Agronomía Mesoamericana*, 31(3): 564-576.
- SAGARPA. (2017). Planeación agrícola nacional 2017-2030. Avena forrajera mexicana. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256424/B_sico-Avena.pdf Consultado el 13 de Noviembre de 2022.
- Salmerón, Z. J. J., Meda, F. J., y Barcena, J. R. (2003). Variedades de avena y calidad nutricional del forraje. Folleto Técnico No. 17. CESICH-CIRNOC-INIFAP-SAGARPA. Ciudad Cuauhtémoc, México. 43 p.

- Santoyo Ariza, M. L., Sedano, M. P., y Díaz Villamil, P. A. (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. ECAPMAN, Working Papers, 2: 1-8.
- SAS Institute Inc. (2004). SAS/STAT ® 9.1 User's Guide. Cary, NC. USA. 5121 p.
- SIAP. (2020). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por estado. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do Consultado el 13 de Noviembre de 2022.
- Sosa-Montes, E., Mendoza Pedroza, S. I., Alejos de la Fuente, J. I., Villarreal González, J. A., Velasco Estrada, D. B., y Rodríguez Rosales, E. (2020). Rendimiento de forraje de avena variedad Chihuahua. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(24): 255-264.
- Torres-Moya, E., Ariza-Suárez, D., Baena-Aristizabal, C. D., Cortés-Gómez, S., Becerra-Mutis, L., y Riaño-Hernández, C. A. (2016). Efecto de la fertilización en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la avena (*Avena sativa*). *Pastos y forrajes*, 39(2): 102-110.
- Trujano, D. S. L., González, P. A., Jaimes, J. J., Cueto, W. J. A., y Hernández, S. J. R. (2008). Evaluación de fertilizantes sobre la avena forrajera. *Revista. Chapingo Serie Zonas Áridas*, 7(1): 73-82.
- Venegas Chauca, I. (2016). Evaluación del comportamiento agronómico de cinco variedades de avena bajo dos densidades de siembra en la Estación Experimental de Cota Cota. Tesis de Licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 112 p.
- Wehrhahne, N. L. (2009). Evaluación de parámetros de calidad molinera de avenas en Argentina. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina. 84 p.
- Wilson, G. C. Y. (2015). Rendimiento y calidad de forraje de cereales de grano pequeño. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 79 p.
- Yzarra Tito, W. J., López Ríos, F. M. (2017). Manual de observaciones fenológicas. Lima, Perú. 79 p. <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/272> Consultado el 13 de Noviembre de 2022.
- Zambrano, A. A. (2016). Computación Estadística con SAS. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencia Económicas y Sociales. Escuela de Estadística. Mérida, Venezuela. 139 p.