

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



**Efectividad de Substancias Húmicas de Leonardita en la Calidad de Avena Forrajera
(Avena sativa)**

POR:

ARTURO EDUARDO ALVAREZ FERRER

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

**Buenavista, Saltillo, Coahuila México
Agosto del 2009**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL

Efectividad de Substancias Húmicas de Leonardita en la Calidad de Avena
Forrajera (*Avena sativa*)

Por:

ARTURO EDUARDO ALVAREZ FERRER

Tesis

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial
para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobado Por:

Ing. José Rodolfo Peña Oranday
Presidente del Jurado

Dr. Rubén López Cervantes
Asesor

Dr. Alvaro Fernando Rodríguez Rivera
Asesor

Ing. José Rodolfo Peña Oranday
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Agosto de 2009

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



COORDINACION DE
CIENCIA ANIMAL

ÍNDICE DE CONTENIDO

Índice de contenido.....	i
Índice de figuras.....	iii
Índice de cuadros.....	iv
Agradecimientos.....	v
Dedicatoria.....	vi
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
Objetivos	4
Hipótesis	4
REVISION DE LITERATURA	5
Generalidades del cultivo	5
Las sustancias Húmicas (SH).....	5
Los Ácidos Fúlvicos (AF).....	6
Efecto de las SH en el crecimiento de las plantas	7
Las proteínas.....	7

MATERIALES Y METODOS	10
Localización del Área Experimental	10
Metodología	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
CONCLUSIONES	20
LITERATURA CITADA	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Densidad de población de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....13

Figura 2. Peso fresco de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....14

Figura 3. Peso seco de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....15

Figura 4. Altura de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....16

Figura 5. Contenido de nitrógeno de tejido vegetal de follaje de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....18

Figura 6. Contenido de proteína de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....18

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de varianza de la densidad de población de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	12
Cuadro 2. Análisis de varianza de peso fresco de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	13
Cuadro 3. Análisis de varianza de peso seco de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	15
Cuadro 4. Análisis de varianza de la altura de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	16
Cuadro 5. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	17
Cuadro 6. Análisis de varianza del contenido de proteínas de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	17

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a dios por haberme dado una segunda oportunidad de seguir preparándome y de estar rodeado de personas que me brindan cariño, apoyo y buenos consejos que me han servido en toda mi vida.

A mi Alma Mater, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por delegar en mi tan noble tarea “De Representarla”, a la División de Ciencia Animal. Por permitir la formación de un profesionista capaz de realizar sus anhelados sueños.

Al Dr. Rubén López Cervantes por brindarme su invaluable amistad y apoyo así como compartir sus conocimientos para lograr este trabajo y poder transmitir a personas humildes que viven del campo.

Al Ing. Rodolfo Peña Oranday por la amistad y confianza que me a brindado para realizar este trabajo.

Al Dr. Álvaro Fernando Rodríguez Rivera por su amistad y confianza para realizar este trabajo.

Al Dr. Fernando Ruiz Zarate por el gran apoyo brindado y consejos que e recibido para lograr mis metas.

Al Laboratorio de Fertilización de suelos y sustratos por facilitar los materiales para lograr el contenido de proteína.

A la Lic. Minerva Zermeño Camarillo encargada del laboratorio de Fertilidad de Suelos y Sustratos por facilitar y apoyar para la determinación de proteína.

A la Secretaria de Ciencias del suelo Dolores Alonso Arroyo por el gran apoyo y facilidad para realizar la documentación deseada.

DEDICATORIA

A tan honorable persona que siendo imparcial su apoyo, no dudo ni un solo momento en que lograría tan anhelada meta, por ser la persona que estuvo cuidando todos y cada uno de los momentos para que no cometiera errores y poder superarme que dios la deje mucho tiempo a mi lado porque el cariño que usted me ha dado es incomparable, por eso y más.

Este triunfo es tuyo.

“Amiga y Madre” Felisa Ferrer Balderas

A quien comparte conmigo las experiencias de su vida dándome enseñanzas que solo el puede darme y siendo un ejemplo a seguir con una enorme valentía, sencillez y capacidad para lograr tan grandes cosas que nadie más que él ha conseguido y por tan noble corazón.

Este triunfo es tuyo

“Amigo y Padre” Ismael Alvarez Zúñiga

A las que siempre han estado dándome abrazos y apoyo con el fin de lograr esta meta a ustedes que con su confianza me impulsaron para salir adelante y que han creído en mí con cariño para mis hermanas:

Francisca Alvarez Ferrer
Camelia Alvarez Ferrer
Enedina Alvarez Ferrer
María Isel Alvarez Ferrer

A los que con su ejemplo fue siempre mi meta para ser alguien en la vida porque con un consejo y dándome la mano me apoyaron para seguir con eso que siempre anhele y me dieron las herramientas necesarias para ser siempre el mejor con cariño para mis hermanos:

Francisco Alvarez Ferrer
Luciano Alvarez Ferrer
Ismael Alvarez Ferrer
Felipe Alvarez Ferrer

A mis abuelas(os) María Dolores Balderas, Martha Zúñiga y Delfino Ferrer, Francisco Alvarez que con sus grandes experiencias me ayudaron a ser una persona de bien.

A mi tío Gregorio Alvarez que siempre me dio su cariño como padre y que creyó en mí.

A mi esposa Ana Julia Pérez Alvarez que me supo esperar durante este tiempo así como el gran cariño y amor que me tiene y por el fruto que trae en su bendito vientre.

A mi hija(o) que me inspira a seguir luchando y ser el mejor padre ahora que nazca y que me vino a cambiar mi vida para madurar mucho mas y te espero con gran anhelo.

A mis cuñadas Isabel Pacheco, Margarita Pérez, Adriana Padrón, que con sus consejos me sirvió de apoyo para ser mejor y que ojala que a su hijos los apoyen a ser mejores que nosotros y mantengan siempre unida a nuestra familia.

A mis Cuñados Juan , Alejandro , Antonio que e tenido poco tiempo de convivir con ellos y así decirles que tienen un amigo que en quien confiar y darme y recibir un consejo.

A todos mis amigos Los Juanelos que con su amistad me enseñaron a creer en mí, conocer la vida como es y recordar aquellas tantas locuras que vivimos, Jero, Curita, Chamuscas, Candi, Hondo, Totis, Cush, Braulio, Fredo, Neto, y el jefe de la Banda Juanelo y todos los que me faltaron.

A mis compañeros de internado, Sabiel, Tapia, Crespo, Gaspar, Pillo, Luis, Pomposo, Vidal, Chava, Toni, Alonso, Noé, Celestino, Justino, Eduardo, Oscar, Yorfe, Natalio, Tatiana, Momo.

Y para todos los que alguna vez convivieron con migo en clases y en momentos especiales, recuerden que también los llevo en mis recuerdos de estudiante .

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la efectividad de sustancias húmicas de leonardita, en la calidad de avena forrajera, en una “cama” de siembra con el horizonte Ap de un Calcisol, se sembró la variedad “Cuauhtémoc” y se le agregaron 2, 4 y 6 m.litro⁻¹ de agua de tres ácidos fúlvicos de leonardita: uno denominado ORGANIC FIELD PLANTA sin hierro (OFP), el otro el mismo, solo que con hierro (OFPPe) y el otro K-tionic (KT) y agua como testigo absoluto (TA). Las variables medidas fueron(En campo): densidad de planta (DP), peso fresco (PF), peso seco (PS), altura de planta (AP) y al tejido vegetal de follaje(En laboratorio), el contenido de nitrógeno (N) y proteínas (P). En la DP al aplicar 6 ml.litro⁻¹ de agua del OFP y 4 ml.litro⁻¹ del OFPPe, ambos superaron al TA en 50 %. En el PF, con la adición de 2 ml.litro⁻¹ del KT, se adelantó en 24 % al TA. Cuando se aplicó el KT a razón de 2 ml.litro⁻¹, se superó al TA en 30 % en el PS. La mayor altura fue cuando se agregaron 2 ml.litro⁻¹ del KT, se adelantó al TA en 3 %. Al agregar 2 ml.litro⁻¹ del OFP, se aventajó al TA en 28 % TA y situación similar sucedió en el contenido de proteína. Se concluye que la adición del ORGANIC FIELD PLANTA, realizó efecto positivo en la DP, el N y las P; mientras que el K-tionic lo efectuó en el PF, PS y AP.

PALABRAS CLAVE: Avena, Sustancias Humicas , Leonadita, Ácidos Humicos, Ácidos Fúlvicos.

INTRODUCCIÓN

En la familia de las gramíneas se encuentran muchas plantas importantes una de ellas es la avena que se usa como alimento humano y en la elaboración de concentrados para la alimentación animal. Además, esta familia está dividida en dos grupos. El primero es el grupo de los granos chicos al cual pertenecen los pastos. El otro grupo es el de los granos grandes y a este pertenecen los cereales como el trigo, la cebada y la avena. En la producción de esta última, se distingue el cultivo de la avena común y de la avena roja y es uno de los más importantes del mundo, al ocupar el cuarto lugar en producción de grano, después del trigo, el arroz y el maíz.

Los suelos agrícolas del Noreste de México son Calcisoles, que se caracterizan por poseer pH de 7.8 a 8.7, menos de uno por ciento de materia orgánica (MO), la fracción arcilla es dominada por illitas y montmorillonitas y más del 25 por ciento de carbonatos de calcio (WRB-FAO/UNESCO, 1994), esto provoca fijación de cationes metálicos, como el hierro (Fe). Este micronutriente, es uno de los de mayor importancia en la nutrición vegetal, ya que interviene en la constitución química de la molécula de clorofila y forma parte de enzimas y sustancias metabólicas que intervienen en la fotosíntesis, pero, la falta de éste provoca el problema conocido como clorosis férrica. En muchas especies la clorosis es intervenal y en las hojas recientemente formadas se puede observar un patrón de fino reticulado, las venas más verdes contrastan notablemente contra un fondo verde ligero o amarillento (Mengel y Kirkby, 2001).

Es conocido que con los fertilizantes químicos se soluciona el problema de la nutrición de cultivos, sin embargo, éstos salinizan los suelos por su poder residual, es por ello que se hace necesaria la búsqueda de metodologías ecológica y económicamente factibles. Una

práctica común que los agricultores realizan desde tiempos inmemorables, es la adición de residuos tanto de origen vegetal como animal sin descomponer y humificados como son las compostas.

La composición fundamental de las compostas es el humus, el cual está constituido por sustancias húmicas (SH), las que se clasifican en ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), de acuerdo a su solubilidad en ácidos o álcalis y son definidas como una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química muy compleja, distinta y más estable que su forma original y provienen de la degradación de residuos de plantas y animales, gracias a la actividad enzimática de los microorganismos (Schnitzer, 2000) y por metamorfismo de residuos orgánicos, sepultados por arcillas después de millones de años en deltas de ríos, es decir generación de minerales fósiles (Escobar, 2002, comunicación personal).

OBJETIVOS

Determinar la efectividad de sustancias húmicas de leonardita, en la calidad de avena forrajera.

HIPÓTESIS

Al menos una sustancia húmica de leonardita, tiene efecto positivo en la calidad de avena forrajera.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del Cultivo

En México, se dedica a este cultivo una superficie que varía de 90 000 a 13 000 hectáreas; de esta superficie el 90 por ciento es de temporal, por que los rendimientos son muy bajos. Chihuahua se considera “La Avenera” de México, porque se siembran entre 80 y 100 000 hectáreas, principalmente en los valles. La altura de estos valles varía entre 1600 y 2000 m.s.n.m., con precipitación de 350 a 500 mm anuales, repartidos principalmente de julio a septiembre. En segundo y tercer lugar se encuentran Durango y el Estado de México. No se conoce con certeza el área exacta donde se originó la avena cultivada, pero al parecer tuvo su origen en la región de Asia; desde esta región, la avena se extendió hacia el norte y el oeste hasta Europa y a otras regiones favorables para su cultivo, como América (<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/avena.htm>).

Las Substancias Húmicas (SH)

Son compuestos de color de amarillento a negro, amorfos, muy polimerizados, con peso molecular muy elevado, tienen naturaleza coloidal, presentan núcleos de carácter aromático y propiedades refractarias (Aiken *et al.*, 1985). Son producto del proceso de humificación de la materia orgánica en descomposición. Este proceso se presenta de manera natural en el suelo cuando se incorpora cualquier fuente de materia orgánica (como guano de rumiantes, “humus” de lombriz, etc.). La obtención de sustancias húmicas a partir de esta aplicación toma de 2 a 3 años, es por eso que la tendencia actual es la aplicación directa de SH, para obtener de manera inmediata sus beneficios y ventajas.

Las SH no se fabrican, sino que se forman de modo natural a partir de la materia orgánica. Dentro de la materia orgánica de tipo sedimentario son de especial interés las turbas, lignitos y leonardita, ligados al proceso de formación del carbón. El carbón consiste en distintos tipos de humus en un estado de descomposición avanzado, que se formaron durante épocas prehistóricas. Los distintos tipos de carbón que existen se han formado en distintas fases de evolución (carbonización). Las sustancias húmicas de este origen son similares a las del suelo, aunque su complejidad puede venir aumentada por el proceso de carbonificación. La leonardita es una forma oxidada del carbón de origen lignítico formada principalmente por sales de ácidos húmicos. Es un material de color marrón parecido al carbón blando (Burés, 1997).

Los Ácidos Fúlvicos (AF)

Los primeros conocimientos sobre el ácido crénico ($C_{24}H_{24}O_{16}$) y apocrénico ($C_{24}H_{12}O_{12}$) o ácidos fúlvicos, se deben a las investigaciones realizadas en la primera mitad del siglo XIX por el científico sueco Berzelius. El ácido crénico tiene un color amarillo claro y cuando se oxida en el aire, forma una coloración pardo oscura transformándose en una sustancia poco soluble – parecida al ácido húmico- clasificada como ácido apocrénico. Los estudios realizados por los suecos Berzelius y Mulder y por el ruso Guerman, comprobaron que los ácidos crénicos y aprocrénicos contienen menos carbono (44 – 49 %) y más oxígeno que los ácidos húmicos. Estos ácidos destruyen rápidamente la fase mineral del suelo, y en particular, los minerales de silicato (Cepeda, 1991). También se ha comprobado que las sales crénicas y apocrénicas de calcio, magnesio, aluminio, hierro, etc., son fácilmente solubles y velozmente lavadas del suelo por lixiviación.

Los AF son la porción soluble en agua bajo todas las condiciones de pH. Ellos permanecen en solución después de la separación de los ácidos húmicos por acidificación. Los AF son de color amarillo claro o café-amarillo, de bajo peso molecular (de 170 a 2000 KDa), 45 % de carbón y 48 % de oxígeno (12 % más que los ácidos húmicos-AH) (Schnitzer, 2000).

Este último investigador, continúa diciendo que los AF tienen una alta capacidad de intercambio catiónico; por su composición química, son similares a los AH y contienen grupos carboxilos, metoxílicos e hidroxilos fenólicos, que determinan las reacciones de intercambio iónico. Al igual que los AH, los AF contienen nitrógeno y al ser hidrolizados con el ácido clorhídrico 6.0 N; casi de un 20 a un 30 por ciento del nitrógeno total pasa a la solución en forma de aminoácidos. Además, los AF contienen, aminoazúcares y posiblemente, sustancias reductoras en mayor cantidad que los AH (Cepeda, 1991).

Efecto de las SH en el Crecimiento de Plantas

Las SH influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, al mejorar el crecimiento radicular ya que la elongación y la formación de los primeros pelos radicales son afectados por los materiales húmicos, ya sea por aplicación foliar o adición al suelo (Sánchez *et al.*, 1994).

Las Proteínas

Para (Mahe *et al.*, 1994), Las proteínas son macromoléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos. El nombre proteína proviene de la palabra griega "prota", que significa "lo primero" o del dios *Proteo*, por la cantidad de formas que pueden tomar. Las proteínas desempeñan un papel fundamental en los seres vivos y son las biomoléculas más versátiles

y más diversas y realizan una enorme cantidad de funciones diferentes, entre las que destacan: estructural (colágeno y queratina), reguladora (insulina y hormona del crecimiento), transportadora (hemoglobina), defensiva (anticuerpos), enzimática y contráctil (actina y miosina). También, las proteínas de todo ser vivo, están determinadas mayoritariamente por su genética (con excepción de algunos péptidos antimicrobianos de síntesis no ribosomal), es decir, la información genética determina en gran medida qué proteínas tiene una célula, un tejido y un organismo.

Además, comenta el autor que las proteínas son macromoléculas; biopolímeros, es decir, están constituidas por gran número de unidades estructurales simples repetitivas (monómeros). Debido a su gran tamaño, cuando estas moléculas se dispersan en un disolvente adecuado, forman siempre dispersiones coloidales, con características que las diferencian de las disoluciones de moléculas más pequeñas. Por hidrólisis, las moléculas de proteína se escinden en numerosos compuestos relativamente simples, de masa pequeña, que son las unidades fundamentales constituyentes de la macromolécula. Estas unidades son los aminoácidos, de los cuales existen veinte especies diferentes y que se unen entre sí mediante enlaces peptídicos. Cientos y miles de estos aminoácidos pueden participar en la formación de la gran molécula polimérica de una proteína.

Continúa al decir que todas las proteínas tienen carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno y casi todas poseen también azufre. Si bien, hay ligeras variaciones en diferentes proteínas, el contenido de nitrógeno representa, por término medio, 16 por ciento de la masa total de la molécula; es decir, cada 6,25 g de proteína contienen 1 g de N. El factor 6.25 se utiliza para estimar la cantidad de proteína existente en una muestra a partir de la medición de N de la

misma. La síntesis proteica es un proceso complejo cumplido por las células según las directrices de la información suministrada por los genes.

Las proteínas son largas cadenas de aminoácidos unidas por enlaces peptídicos entre el grupo carboxilo (-COOH) y el grupo amino (-NH₂) de residuos de aminoácido adyacentes. La secuencia de aminoácidos en una proteína está codificada en su gen (una porción de ADN) mediante el código genético. Aunque este código genético especifica los 20 aminoácidos "estándar" más la selenocisteína y, en ciertos Archaea, la pirrolisina, los residuos en una proteína sufren a veces modificaciones químicas en la modificación postraduccional: antes de que la proteína sea funcional en la célula, o como parte de mecanismos de control. Las proteínas también pueden trabajar juntas para cumplir una función particular, a menudo asociándose para formar complejos proteicos estables (Mahe et al., 1994).

Las propiedades de las proteínas para (Mahe et al., 1994), son: Solubilidad: Se mantiene siempre y cuando los enlaces fuertes y débiles estén presentes. Si se aumenta la temperatura y el pH, se pierde la solubilidad. Capacidad electrolítica: Se determina a través de la electroforesis, técnica analítica en la cual si las proteínas se trasladan al polo positivo, es porque su molécula tiene carga negativa y viceversa. Especificidad: Cada proteína tiene una función específica que está determinada por su estructura primaria.

Amortiguador de pH (conocido como efecto tampón): actúan como amortiguadores de pH debido a su carácter anfótero, es decir, pueden comportarse como ácidos (aceptando electrones) o como bases (donando electrones).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Experimento

El trabajo se efectuó en una “cama” de siembra del área experimental del Departamento de Ciencias del Suelo, del *Campus* principal de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), ubicada en la Ex Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, la cual se encuentra a los 25° 23’ de latitud norte y 101° 02’ de longitud oeste y una altitud de 1742 msnm.

Metodología

En la “cama” de siembra con 10 m² del horizonte Ap de un Calcisol, se dividieron 10 parcelas de 1 m² y en cada una de éstas, se sembró “al boleó” semilla de avena de la variedad “Cuahutémoc”. Al momento de la siembra y después de tapar la semilla, se adicionaron 2 ml.litro⁻¹ de agua de dos ácidos húmicos: uno denominado ORGANIC FIELD SUELO (OFS), proporcionado por la Empresa CB Marketing Group y el otro Humitron del Grupo Bioquímico Mexicano (GBM). Después de germinar la semilla y cuando la plántula presentó 15 cm de altura, se adicionaron por vía foliar 2, 4 y 6 ml.litro⁻¹ de agua de un ácido fúlvico de leonardita, denominado ORGANIC FIELD PLANTA (OFP) (CB Marketing Group) y un segundo producto similar, solo que con la agregación de 5 g de Sulfato ferroso (Fe₂ SO₄) por cada galón del OFP (OFPFe); además, el ácido fúlvico del Grupo Bioquímico Mexicano (GBM) denominado K-tionic[®] (KT) y agua como testigo absoluto (TA).

El trabajo se estableció de acuerdo a un Diseño Experimental Completamente al azar, con 10 tratamientos y cuatro repeticiones; cada repetición fue de 80 cm² por tratamiento, para lo

cual se empleó un cuadro de madera (80 cm²). Las variables evaluadas a la planta, fueron (en campo) densidad de planta (DP), peso fresco (PF), peso seco (PS) y altura (AP); al tejido vegetal de follaje los contenidos del nitrógeno (N) (Kjeldalh) y el de proteína (P) (en laboratorio). El análisis estadístico consistió en el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de medias de Tukey ($P < 0.05$) para las cuales se empleó el paquete para computadora MINITAB, versión 14 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos realizaron efecto altamente significativo, en la densidad de población de la avena (Cuadro 1). Conforme aumentó la dosis del ORGANIC FIELD PLANTA (OFP), también lo efectuó la densidad de población de la planta; en la dosis media del ORGANIC FIELD PLANTA con hierro (OFPPe), aumentó la cantidad de densidad con respecto a las dosis baja y alta y con el K-tionic, a las dosis baja y alta aventajaron a la cantidad media.

Cuadro 1. Análisis de varianza de la densidad de población de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	9	12843.2	1427.0	4.36	0.001**
Repetición	3	4306.9	1435.6	4.39	0.012 NS
Error	27	8838.9	327.4		
Total	39	25989.0			

Al adicionar 6 ml.litro⁻¹ de agua del OFP (OFP6) y 4 ml.litro⁻¹ del OFPPe (OFPPe4), ambos superaron al testigo absoluto (TA) en 50 por ciento (Figura 1).

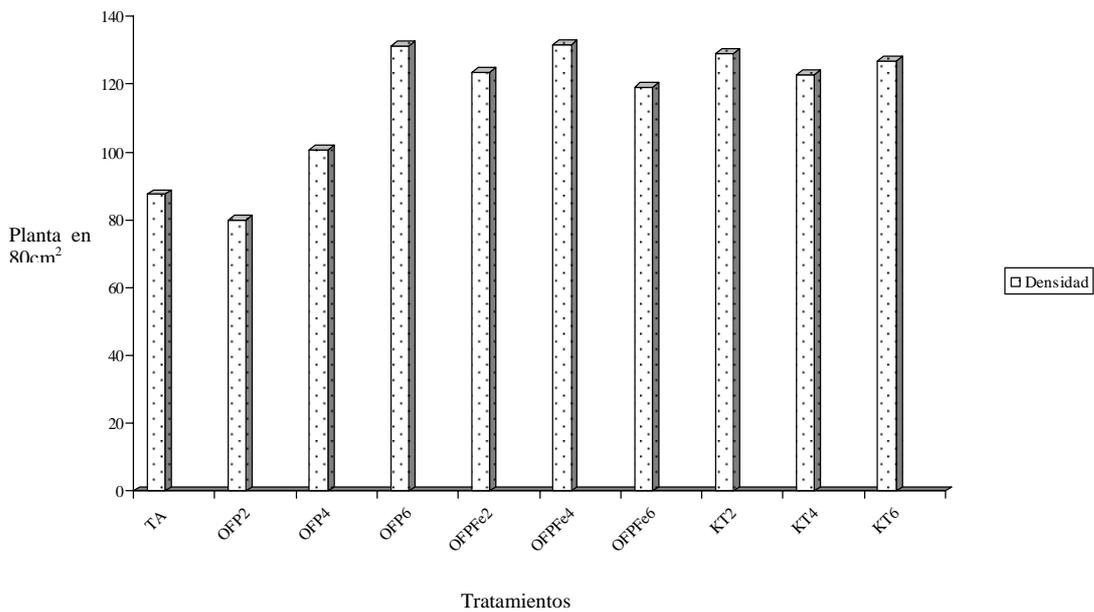


Figura 1. Densidad de población de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

En el peso fresco de planta de avena, los tratamientos no tuvieron efecto significativo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de varianza de peso fresco de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	9	58552	6506	1.49	0.203 NS
Repetición	3	226588	75529	17.26	0.000 **
Error	27	118137	4375		
Total	39	403277			

De forma gráfica (figura 2), al agregar el OFP sin hierro, a las dosis baja y alta, se superó a la dosis media en el peso fresco; conforme se aumentó la dosis del OFP con hierro, aumentó el valor del peso fresco. Al aumentar la dosis del K-tionic, disminuyó la cantidad de esta variable. Con la adición de 2 ml.litro⁻¹ de agua del K-tionic, se adelantó en 24 por ciento al TA (Cuadro 1).

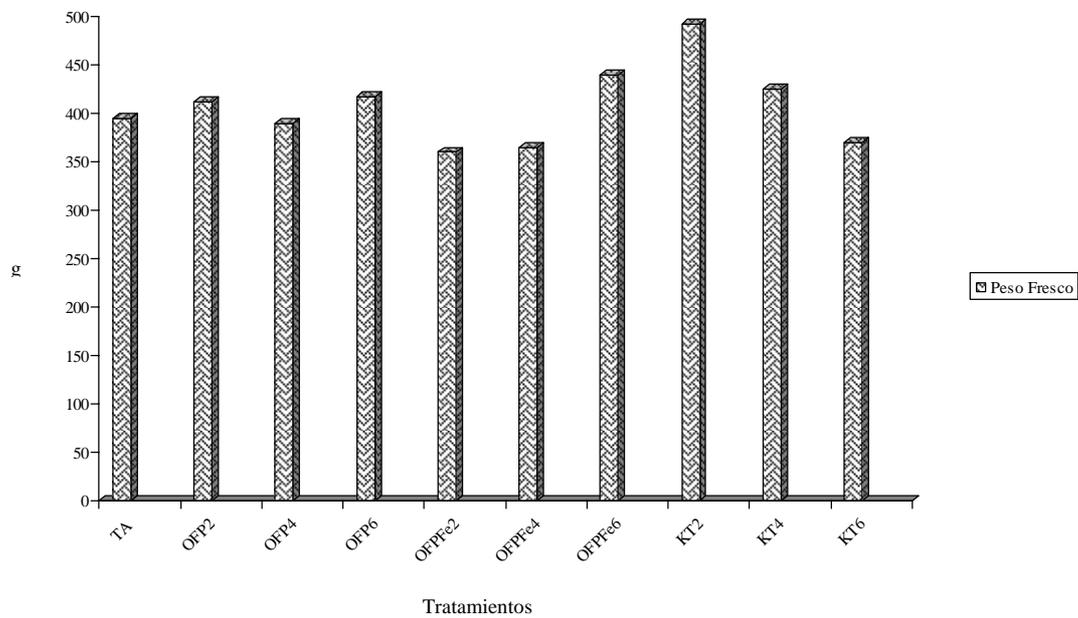


Figura 2. Peso fresco de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

En el peso seco de la planta de avena, los tratamientos realizaron efecto significativo (Cuadro 3). Al aplicar las dosis baja y alta del OFP, la dosis media fue adelantada por éstas. Al aumentar la dosis del OFP con hierro, aumentó el peso seco; mientras que con el K-tionic fue a la inversa, es decir, al aumentar la dosis, la cantidad fue menor.

Cuadro 3. Análisis de varianza de peso seco de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	9	2880.6	320.1	2.68	0.023 *
Repetición	3	8091.9	2697.3	22.57	0.000 **
Error	27	3226.9	119.5		
Total	39	14199.4			

Cuando se aplicó el K-tionic a razón de 2 ml.litro⁻¹, este tratamiento superó al TA en 30 por ciento (Figura 3).

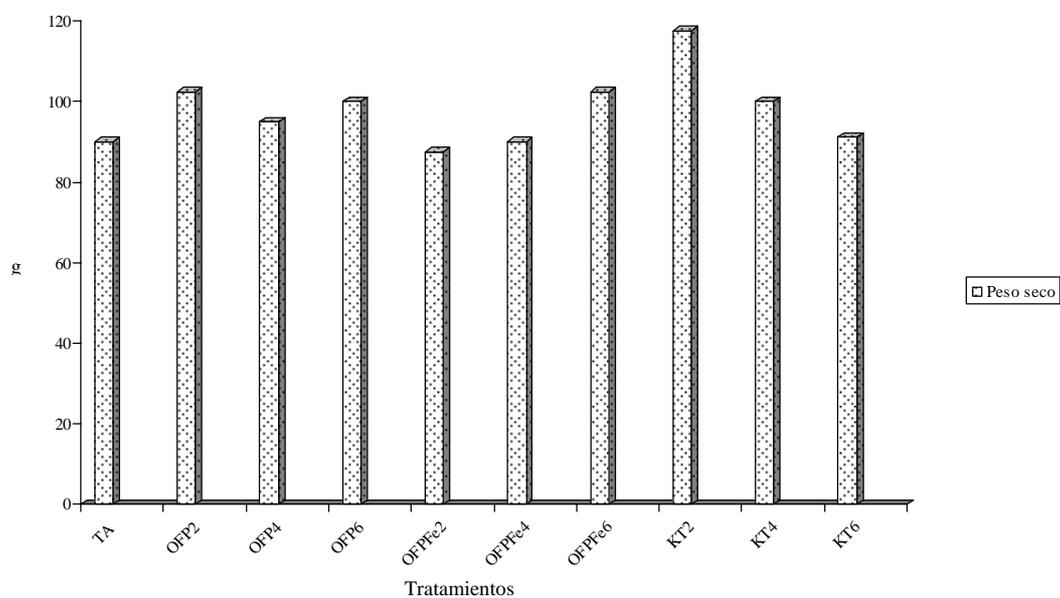


Figura 3. Peso seco de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Los tratamientos realizaron efecto altamente significativo en la altura de planta de la avena (Cuadro 4). La cantidad de esta variable, disminuyó conforme aumentó la dosis del OFP sin hierro, con hierro (OFPPe) y con el K-tionic (KT). Cuando se agregaron 2 ml.litro⁻¹ de agua del K-tionic, se adelantó al TA en tres por ciento (Figura 4).

Cuadro 4 .Análisis de varianza de la altura de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	9	187.900	20.878	26.22	0.000**
Repetición	3	11.000	3.667	4.60	0.010*
Error	27	21.500	0.796		
Total	39	220.400			

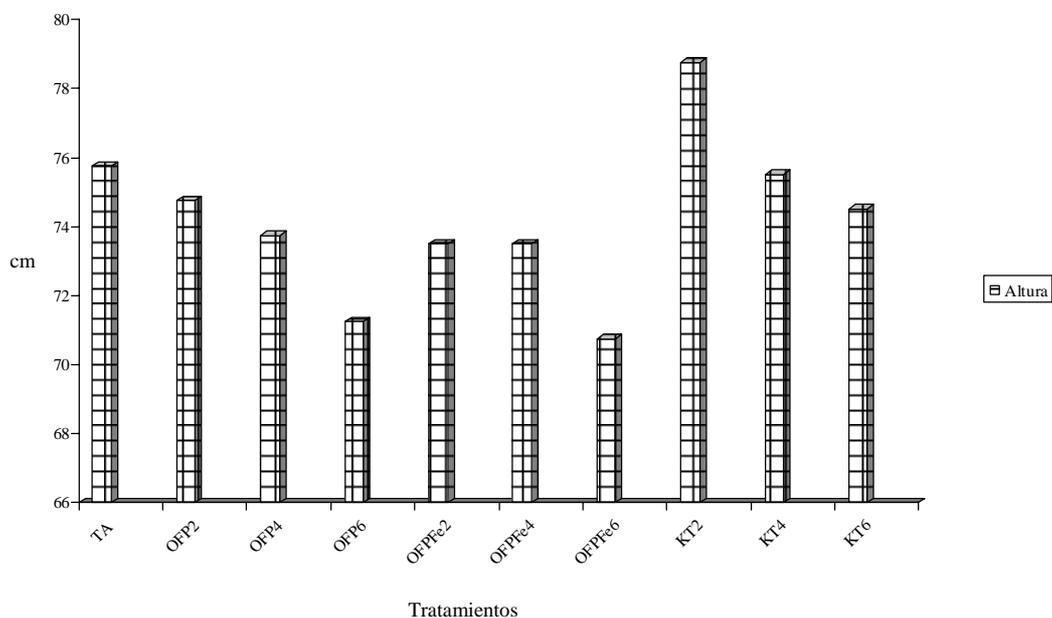


Figura 4. Altura de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Los tratamientos no realizaron efecto significativo en el contenido de nitrógeno ni de proteína (Cuadros 5 y 6). Al aumentar la cantidad del OFP sin hierro, disminuyó el

contenido de nitrógeno en el tejido vegetal de follaje y situación a la inversa sucedió al adicionar el OFP con hierro; mientras que con la dosis media del K-tionic, se adelantó a las dosis baja y alta.

Cuadro 5. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	9	16.430	1.826	0.99	0.473 NS
Repetición	3	5.585	1.862	1.01	0.405 NS
Error	27	49.960	1.850		
Total	39	71.975			

Cuadro 6. Análisis de varianza del contenido de proteínas de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	9	558.69	62.08	0.98	0.475 NS
Repetición	3	189.65	63.22	1.00	0.407 NS
Error	27	1701.98	63.04		
Total	39	2450.32			

De forma gráfica se puede establecer que al agregar 2 ml.litro⁻¹ del OFP sin hierro, se aventajó al TA en 28 por ciento al TA (Figura 5). Situación similar sucedió en el contenido de proteína de la avena (Figura 6).

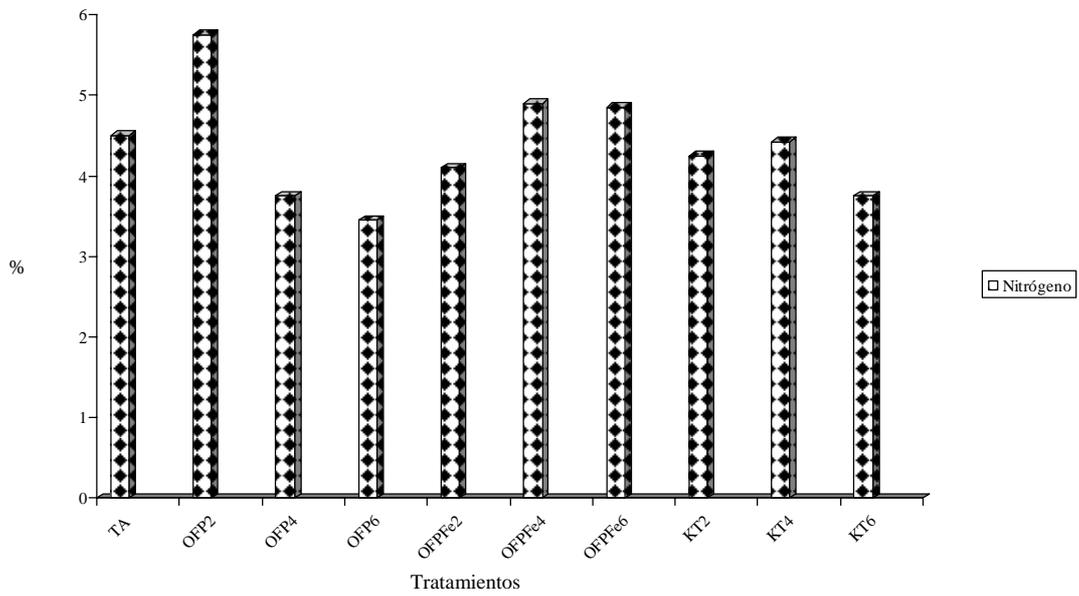


Figura 5. Contenido de nitrógeno de tejido vegetal de follaje de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

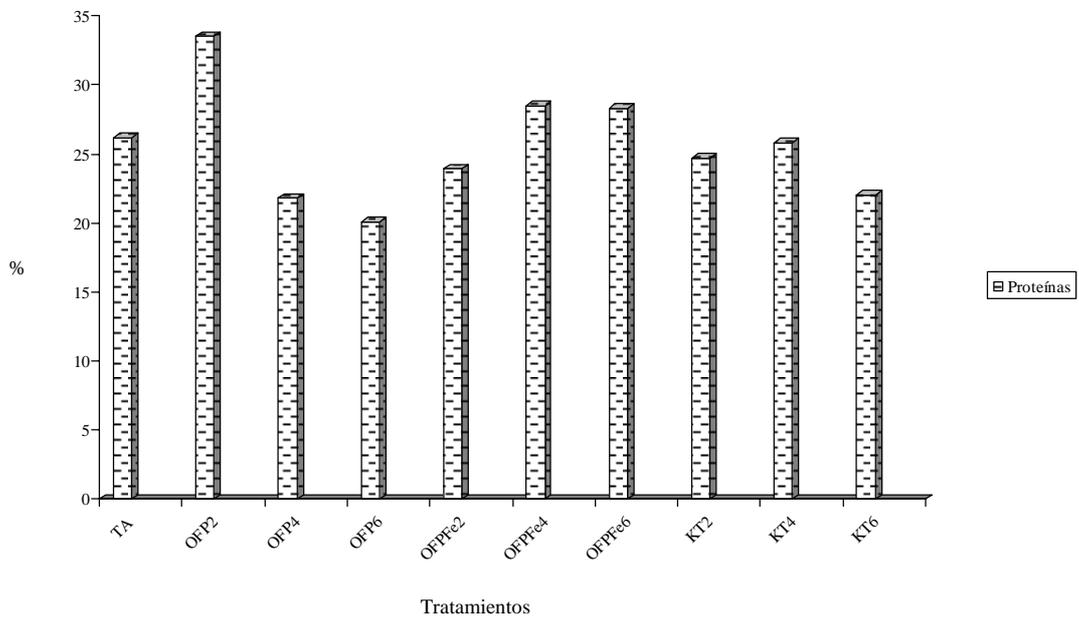


Figura 6. Contenido de proteína de planta de avena, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

A forma de discusión, se puede establecer que al agregar el ORGANIC FIELD PLANTA, la densidad de planta y los contenidos de nitrógeno y proteínas, aumentaron; mientras que al agregar el K-tionic, aumentaron el peso seco, peso fresco y la altura de planta, porque los grupos funcionales libres carboxilos ($-\text{COOH}$) de los compuestos orgánicos, actuaron como ligantes naturales (semejantes a los ácidos orgánicos sintéticos que actúan como agentes quelatantes) de los nutrimentos aplicados en la pequeña cantidad de fertilizantes adicionados y posteriormente los colocaron disponible para las plantas. Esto quiere decir que las sustancias húmicas (SH) están bien polimerizadas y bien oxidadas, aunque, es necesario considerar el número de cargas eléctricas negativas (de 1 a n: donde n es el número total de sitios aniónicos disponibles) de las moléculas orgánicas, las cuales pudieron ser equilibradas por cargas positivas de los cationes (Fründ *et al.* 1994), mientras que para Evangelou *et al.* (2004), todas las moléculas que sirven como agentes quelatantes, sin importar su origen, tiene una capacidad limitada de unir moléculas o iones, dependiente de la cantidad de sitios de unión (cargas eléctricas negativas), pero, los ácidos fúlvicos (AF) siempre estarán más oxidados que los ácidos húmicos (AH), independientemente de la fuente de origen (Pettit, 2004).

La gran importancia de precisar la química de la unión de metales traza con las SH, radica en la extensión de la complejación, la estabilidad de los complejos y el efecto de la formación de los complejos en propiedades como su solubilidad, pero, esto es un tema de bastante controversia; así, la acidez total (AT) es generalmente considerada como la que provee una adecuada medida de la habilidad de las sustancias orgánicas para unirse con metales, sin embargo, existe la posibilidad de que grupos funcionales no oxigenados podrían estar involucrados (Schnitzer, 2000), además, aquí es necesario considerar la capacidad de intercambio catiónico de la raíz (Marschner, 1995).

CONCLUSIÓN

La adición del ORGANIC FIELD PLANTA, realizó efecto positivo en la densidad de planta y el contenido de nitrógeno y proteína; mientras que el K-tionic lo efectuó en el peso fresco, peso seco y altura de la planta.

LITERATURA CITADA

Aiken, G. R., McKnight, D. M., Wershaw, R.L., MacCarthy, P. 1985. An introduction to humic substances in soil, sediment, and water. Ed. Wiley-interscience, New York. Pp. 1-9.

Burés, S. 1997. Las enmiendas humicas. Revista terralia tomo 9. Ediciones agrotecnicas, S.L. Madrid, España.

Cepeda D.J.M. 1991. Química de suelos. Segunda Edición. Editorial Trillas, S. A. de C.V. México, D.F.

Escobar, S. A. R. 2002, Comunicación personal.

Evangelou, M. W. H. Hactice and D. Andreas, S. 2004. The Influence of Humic Acids on the Phytoextraction of Cadmium from Soil. *Chemosphere*. 57 207—213.

FAO/UNESCO. 1994. World Reference Base for Soil Resources. Wageningen/Rome.

Fründ, R., K. Guggenberg, K. Haider, H. Knicker, I. Kögel-Knaber and H.-D. Lüdeman 1994. Recent advances in the spectroscopic characterization of soil humic substances and their ecological relevance. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 157: 175-186.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Prote%C3%ADna>

<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/avena.htm>

Mahe S, Marteau P, Huneau JF, Thuillier F, Tome D. (1994). Intestinal nitrogen and electrolyte movements following fermented milk ingestion in man. *Br J Nutr* 71(2):169-80.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Edition. Academic Press Inc. London.

Mengel, K. and E. A. Kirkby. 2001. Principles of plant Nutrition. 5th ed. Kluwer Dordrecht, Netherlands. Pp 425-437.

Pettit. 2004. Organic matter, Humate, Humic acid, Fulvic acid and Humin: Their Importance in Soil Fertility and Plant Health. Huma Tech. Inc. Makers of Promax. <http://www.humate.info/>

Sánchez-Sánchez A., J. Sánchez-Andreu, M. Juárez, J. Jordá, and D. Bermúdez. 2006. Improvement of Iron Uptake in Table Grape by Addition of Humic Substances. *Journal of Plant Nutrition*, 29: 259–272. Copyright ©Taylor & Francis Group, LLC. ISSN: 0190-4167 print / 1532-4087 online. DOI: 10.1080/01904160500476087.

Schnitzer, M. 2000. Life Time Perspective on the Chemistry of Soil Organic Matter. D. L. Sparks (Ed.). *Advances in Agronomy*, Academic Press. 68: 3-58.

Watson, D. J. 1968. A prospect of crop physiology. *Ann. Appl. Biol.* 62: 1-9