



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando den crédito y licencia a las nuevas creaciones bajo los mismos términos. Esta licencia suele ser comparada con las licencias copyleft de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la suya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial.

[http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"



ESCUELA DE POSGRADO

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al **BORRADOR DE TESIS** cuyo título es:

"EFECTO DE LA NUTRICIÓN COMPLEMENTARIA CON LODOS INDUSTRIALES, EN EL RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DEL MAÍZ (ZEA MAYS L.), EN EL VALLE DE ICA"

Presentado por:

GUTIERREZ ARAUJO OSCAR PLACIDO

De la **MAESTRÍA EN AGRONOMÍA** mención **PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**.

Que, se ha recibido del operador del programa informático evaluador de originalidad de la Escuela de Posgrado de la UNICA, el informe automatizado de originalidad, el mismo que concluye de la siguiente manera:

El documento de investigación APRUEBA los criterios de originalidad con un porcentaje de similitud de 3%.

Para dar fe, se adjunta al presente el reporte de similitud de las bases de datos de iThenticate. En Ica 30 de noviembre de 2023

Atentamente


UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
ESCUELA DE POSGRADO
Dr. LUIS ALBERTO PECHO TATAJE
Director (e)

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERECTORADO DE INVESTIGACION

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRIA: AGRONOMIA

MENCIÓN: PRODUCCIÓN AGRÍCOLA



TESIS

“EFECTO DE LA NUTRICION COMPLEMENTARIA CON LODOS INDUSTRIALES, EN EL RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS BIOMETRICAS DEL MAIZ (*Zea mays* L.), EN EL VALLE DE ICA”

Línea de investigación:

Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

PRESENTADO POR:

Bach. Gutierrez Araujo, Oscar Placido

GRADO A OBTENER: MAESTRO

ASESOR:

ING. MSC. CARLOS RICARDO CORNEJO MERINO

Ica – Perú

2023

DEDICATORIA

Le dedico el resultado de este trabajo a toda mi familia. Principalmente, a mis padres Placido Blas y Francisca, que se encuentran en la eternidad de sus vidas. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento.

Me han enseñado a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño. Todo esto con una enorme dosis de amor y sin pedir nada a cambio.

También quiero dedicarle este trabajo a mis hijos, Alejandro y Oscar S. por ser tolerantes y hacerme comprender que muchas de nuestras actividades pueden tardar, pero al final llegan si no desmayas en el camino. Especial dedicatoria a mi hija, Luz, a la luz que permanentemente ilumina mi camino y es la razón para alcanzar el equilibrio que me permite dar todo mi potencial. Nunca dejaré de estar agradecido por esto.

También, quiero dedicarle este trabajo a Olga, por casualidad o causalidad, ha coincidido con la finalización de esta tesis. Sin duda ella es lo mejor que me ha pasado, y ha llegado en el momento justo para darme el último empujón que me faltaba para terminar el proyecto.

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA” DE ICA, Alma Mater de mi formación profesional.

A LA ESCUELA DE POS GRADO, y a sus Docentes por los conocimientos impartidos durante mi formación académica.

A mi asesor Ing. Msc. Carlos Ricardo Cornejo Merino, quien, durante el desarrollo de la investigación, compartió sus conocimientos y me acompañó en todo el proceso de este trabajo de investigación.

A todos aquellos que de una u otra forma colaboraron con el desarrollo de la presente investigación.

INDICE GENERAL

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUCCION	01
1.1. Planteamiento del problema	12
1.2. Justificación e importancia de la investigación	14
1.3. Hipótesis y variable	16
1.4. Objetivos de la investigación	17
1.4.1 Objetivos Generales	17
1.4.2 Objetivos específicos	17
2. ESTRATEGIA METODOLOGICA	18
2.1. Ubicación del campo experimental	18
2.2. Análisis de suelo	18
2.3. Observaciones meteorológicas	19
2.4. Tratamientos en estudio	19
2.5. Diseño experimental	20
2.6. Metodología desarrollada	20
2.7. Características del campo experimental	21
2.8. Croquis experimental	22
2.9. Conducción del experimento	22
2.10. Características evaluadas.....	26
3. RESULTADOS	28
4. DISCUSION.....	35
5. CONCLUSIONES.....	51
6. RECOMENDACIONES.....	52
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	53
8. ANEXOS.....	57

INDICE DE TABLAS

	Pág.	
Tabla 1:	Análisis Físico – mecánico del Suelo	18
Tabla 2:	Análisis químico del suelo	18
Tabla 3:	Observaciones meteorológicas de mayo a octubre del 2023	19
Tabla 4:	Tratamientos o combinaciones	20
Tabla 5:	Cronograma de cultivos y deshierbos	23
Tabla 6:	Calendario de riegos	25
Tabla 7:	Análisis de Varianza del rendimiento de maíz grano seco por parcela, por efecto de la nutrición complementaria con lodos industriales, en Ica.	28
Tabla 8:	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del rendimiento de maíz grano seco por parcela por efecto de la nutrición complementaria con lodos industriales en Ica.	28
Tabla 9:	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del grano seco de maíz en cada uno de los factores en Ica	29
Tabla 10:	Cuadrados medios de los análisis de Varianza de las características morfométricas estudiadas en el cultivo de maíz en Ica.	30
Tabla 11:	Orden de mérito según la prueba de Duncan de las características morfométricas estudiadas en el cultivo de maíz en Ica.	30
Tabla 12:	Orden de mérito según la prueba de Duncan de los efectos simples de las características morfométricas estudiadas en maíz en cada uno de los factores en Ica.	32
Tabla 13:	Cuadrados medios de los análisis de Varianza de los componentes de rendimiento estudiados en el cultivo de maíz en Ica.	33
Tabla 14:	Orden de mérito según la prueba de Duncan de los componentes de rendimiento estudiados en el cultivo de maíz en Ica.	34
Tabla 15:	Orden de mérito según la prueba de Duncan de los efectos simples de los componentes de rendimiento estudiados en maíz en cada uno de los factores en Ica.	35

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Rendimiento de maíz grano seco	37
Figura 2: Rendimiento de maíz grano seco según dosis de lodo	38
Figura 3: Rendimiento de maíz grano seco según dosis de nitrógeno	39
Figura 4: Altura de planta	39
Figura 5: Altura de planta según dosis de nitrógeno	40
Figura 6: Altura de inserción a la mazorca	41
Figura 7: Altura de inserción de la mazorca según dosis de lodo orgánico	41
Figura 8: Altura de inserción de la mazorca según dosis de nitrógeno	42
Figura 9: Largo de mazorca	42
Figura 10: Largo de mazorca según dosis de nitrógeno	43
Figura 11: Ancho de mazorca	43
Figura 12: Ancho de mazorca según dosis de lodo orgánico	44
Figura 13: Ancho de mazorca según dosis de nitrógeno	44
Figura 14: Área foliar	45
Figura 15: Área foliar según dosis de lodo orgánico	46
Figura 16: Área foliar según dosis de nitrógeno	46
Figura 17: Peso de mazorca	47
Figura 18: Peso de mazorca según dosis de lodo orgánico	47
Figura 19: Peso de mazorca según dosis de nitrógeno	48
Figura 20: Peso de grano por mazorca	48
Figura 21: Peso de grano por mazorca según dosis de lodo orgánico	49
Figura 22: Peso de grano por mazorca según dosis de nitrógeno	49

RESUMEN

Con el fin de evaluar el efecto de la adición de lodo orgánico, sobre el crecimiento y desarrollo de maíz, bajo diferentes niveles de nitrógeno, se planteó la presente investigación, que se llevó a cabo bajo condiciones edafoclimáticas de la zona media del valle de Ica, los tratamientos utilizados fueron 5.0, 10.0 y 20.0 toneladas de lodo orgánico/ha, en interacción con 0, 50 y 100 unidades de nitrógeno/ha. Se efectuaron mediciones de características morfológicas (altura de planta, altura de inserción a la mazorca, área foliar, largo y ancho de mazorca) y de rendimiento (peso/mazorca, peso grano/mazorca y rendimiento/parcela). Los resultados obtenidos indican que existió un efecto positivo del lodo orgánico sobre el rendimiento y otras características de maíz, ya que el comportamiento de estos parámetros no fue afectado por la ausencia del nitrógeno sintético, asumiéndose que sus requerimientos fueron cubiertos por la disponibilidad de este elemento, a través del alto nivel de materia orgánica que contiene el lodo y el aporte de nitrógeno reducido, en especial la fracción soluble fácilmente asimilable por las plantas (N-NH₄). La dosis de lodo orgánico que numéricamente obtuvo el mayor rendimiento, fue la de 5 t/ha, asumiéndose que en las dosis mayores (10 y 20 t/ha), el factor limitante fue el alto contenido de sales en el lodo. Se sugiere continuar con los trabajos con lodo orgánico, mejorando su forma de aplicación, así como la evaluación de parámetros fisiológicos, que permitan hacer un seguimiento del efecto del lodo orgánico sobre la fisiología de las plantas.

Palabras claves: Lodo orgánico en maíz; maíz (*Zea mays* L.); maíz amarillo duro

SUMMARY

In order to evaluate the effect of the addition of organic sludge on the growth and development of corn, under different levels of nitrogen, this research was carried out under edaphoclimatic conditions in the middle zone of the Ica valley. , the treatments used were 5.0, 10.0 and 20.0 tons of organic sludge/ha, in interaction with 0, 50 and 100 units of nitrogen/ha. Measurements were made of morphological characteristics (plant height, insertion height to the cob, leaf area, cob length and width) and yield (weight/cob, grain/cob weight and yield/plot). The results obtained indicate that there was a positive effect of the organic sludge on the yield and other characteristics of corn, since the behavior of these parameters was not affected by the absence of synthetic nitrogen, assuming that its requirements were covered by the availability of this element. , through the high level of organic matter contained in the sludge and the reduced nitrogen contribution, especially the soluble fraction easily assimilated by plants (N-NH₄). The dose of organic sludge that numerically obtained the highest yield was 5 t/ha, assuming that in the highest doses (10 and 20 ton/ha), the limiting factor was the high salt content in the sludge. It is suggested to continue working with organic sludge, improving its application method, as well as the evaluation of physiological parameters, which allow monitoring the effect of organic sludge on the physiology of plants.

Keywords: Organic sludge in corn; corn (*Zea mays* L.); hard yellow corn

I. INTRODUCCIÓN

Las condiciones edafoclimáticas que caracterizan a la costa del Perú son excelentes para el impulso de una agricultura intensiva. En esta región desértica, la agricultura está supeditada a las tierras con disponibilidad de agua de riego de fuentes superficiales y en menor escala, a las aguas subterráneas, habiéndose verificado en los últimos años, la expansión por sistemas productivos basados en los cultivos de exportación, con mediana a alta tecnología.

Los suelos para explotación agrícola de mayor productividad de nuestro país se encuentran a nivel de Costa, a pesar de ciertas limitaciones que presentan como una fertilidad natural de media a baja, textura preferentemente arenosa con poca capacidad de retención de agua, con una salinidad que va de ligera a alta, escenario que se pueden presentar adversas si el suelo y el recurso hídrico no son manejados adecuadamente. Eso explica de por qué esta agricultura es exigente en el uso de fertilizantes de síntesis química, que son utilizados en grandes cantidades para optimizar la producción de los cultivos.

La escasez de la materia orgánica en los suelos de la costa peruana y los bajos aportes orgánicos, casi inexistentes, dan como resultado que nuestra agricultura está basada en la fertilización sintética que resultan en el bajo contenido orgánico de los suelos, y su efecto negativo sobre las propiedades físicas y químicas de los mismos.

Es claro que un análisis profundo, nos indica que la fertilidad de nuestros suelos sigue disminuyendo y por tanto se debe tomar medidas para reponer la pérdidas de los elementos esenciales para las plantas que son consecuencia misma del proceso productivo, esta labor se debe realizar sin alterar los factores medioambientales; en tal sentido, la materia orgánica utilizada en cualquiera de sus formas y cantidades, nos permite de una u otra forma suplementar la fertilización química y a su vez mejorar los suelos para que presenten una mejor estructura y una mayor activación de sus microorganismos naturales.

Los suelos de nuestra costa son deficitarios en carbono orgánico, las fuentes tradicionales como son: el estiércol, compost, humus de lombriz, etc. son limitadas en forma natural, es por ello que la aplicación de lodos residuales debe ser ensayada como una alternativa de provisión de carbono orgánico al suelo y de permitir una mejor disponibilidad de nutrientes, de esta forma se podría en un futuro disminuir el uso de fertilizantes sintéticos, sin afectar la producción y productividad de los cultivos.

Los lodos orgánicos industriales como son los derivados de la agroindustria, la industria cervecera, la industria textil, etc., son de un uso muy limitado en la agricultura y su producción continua y en grandes cantidades, crea problemas ambientales; sin embargo, estos lodos podrían constituir una fuente de nutrientes para nuestros suelos empobrecidos por su explotación

intensiva. Siendo el caso de la industria textil, cuyos lodos de deshecho de las plantas de tratamiento biológico de aguas residuales, cuyos análisis químicos realizados han verificado que contienen carbono orgánico y altos tenores de elementos esenciales y a su vez no presentan elementos tóxicos, por lo que es posible su uso en la agricultura. ENVIROLAB PERU S.A.C [1]. En investigaciones realizadas con lodos industriales en nuestro valle, en algunos cultivos de importancia económica, como maíz y tomate, han dado buenos resultados, lo que hace suponer que su uso puede significar de importancia en la producción, y también con beneficios en el medio ambiente, ya que nos permitiría disminuir el uso del nitrógeno de síntesis química, en la fertilización de los cultivos. Marín [2]

La presente investigación plantea el uso de lodos orgánicos residuales producto de la industria textil, que se encuentra disponible en cantidades relativamente grandes, para ser utilizada como como fuente del carbono orgánico para el suelo y así mismo proveer de ciertos nutrientes esenciales para el cultivo de maíz y de esta forma confirmar los buenos resultados obtenidos a nivel de invernadero y campo en experiencias previas.

Antecedentes

Antecedentes a nivel internacional

Esteller [3], menciona que una serie de investigaciones sobre la aplicación de lodos residuales en suelos agrícolas se realizaron en Universidad Autónoma de México- Facultad de Ciencias; los estudios se basaron en la aplicación de lodos prensados en pasto forrajero, maíz y haba; obteniendo resultados beneficiosos en la productividad en los tres cultivos.

De igual manera se observó que existe una mayor concentración de nitrógeno y fósforo en los vegetales, sin presencia de posibles problemas de toxicidad por metales pesados; cabe expresar que en cultivo de haba se observó una baja en la cantidad de almidón conforme se incrementaba la dosis de lodos residuales, por lo que sugiere realizar estudios respecto a la calidad nutricional de las plantas.

Salcedo et al [4], indican que la posibilidad de reutilizar materia prima orgánica rica en nutrimentos, plantea la necesidad de aplicar lodos residuales en suelos agrícolas, siendo una alternativa interesante para la productividad agrícola. En su trabajo se ensayaron diferentes cantidades de lodos de aguas residuales en la producción de maíz. Se evaluaron 10 y 20 ton/ha⁻¹ de lodos deshidratados, 10 y 20 ton/ha⁻¹ de compost de lodos mezclados con restos vegetales. La distribución de los materiales en estudio se distribuyó en el suelo utilizando un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones. Las características evaluadas incluyeron el rendimiento de grano seco y el forraje. Como resultado se obtuvo que el rendimiento en los tratamientos con lodos residuales y compost aumentó significativamente, en 18 y 22% respectivamente, con

respecto al testigo sin aplicación, con respecto a altura de planta y diámetro del tallo el incremento fue de 18% que se obtuvo con la mayor dosis de lodos residuales, comparativamente con el testigo sin aplicación control. Se concluye en que la utilización de lodos residuales utilizado como abono orgánico incrementó el rendimiento de maíz.

Esparza et al., [5], valoraron el resultado de la adición de lodo residual, proveniente del tratamiento secundario de aguas residuales de una industria de celulosa, aplicados a suelos derivados de cenizas volcánicas y un ultisol, sobre las características físico-químicas y biológicas, del suelo, encontrando como resultado que con la incorporación del lodo residual, mejoró las propiedades físico-químicas, así como los niveles de nitrógeno, fósforo, la capacidad de intercambio catiónico y de micronutrientes en el suelo, en contra de estas características, disminuyó el % de saturación de Aluminio.

Ribo [6], en su trabajo de investigación sobre el balance de nutrientes y materia orgánica en cultivos hortícolas llegó a la conclusión que en el balance simplificado del elemento nitrógeno, en todos los sistemas estudiados se consiguieron excedentes de nitrógeno en toda la experiencia,

Como ya lo había previsto, el balance balances anual del elemento fósforo se fue reduciendo a razón que también iba reduciendo la fuente suministradora de este nutriente, el estiércol orgánico y el fertilizante mineral empleado, presentaron valores negativos en todos los sistemas, al culminar la experiencia, no significó la presencia de carencias nutritivas para los cultivos ya que los contenidos del elemento fósforo asimilable en el suelo reflejaron ser superiores al máximo de lo requerido que se estableció como objetivo, considerado como agronómica y ambientalmente satisfactorio.

Woo et al [7], en un ensayo sobre la aplicación de lodos residuales activados y la fertilizante urea en el cultivo de maíz, llegaron a las siguientes conclusiones: en la provisión de materia seca y área foliar, el mejor resultado se alcanzó con la aplicación de 4 ton/ha⁻¹ de lodo deshidratado. En el índice de crecimiento del cultivo y la permanencia del área foliar se logró el mismo efecto. El índice de asibilación neta y la tasa de crecimiento relativa, disminuye conforme pasa el tiempo, mientras que la menor relación de área foliar se obtuvo con la aplicación de urea.

Teuber et al [8], en un trabajo de investigación, encontraron que, con la aplicación de lodos residuales, fruto de la crianza de salmón y posterior a un cultivo de papa, se observó que el suelo incrementó el fósforo disponible en los tratamientos donde la dosis del lodo residual era alta y también tenía fertilización inorgánica; con la dosis alta del lodo residual, también se mejoró la calidad química del suelo.

Antecedentes a nivel nacional

Felipe Morales [9], sugiere que la utilización de los lodos residuales provenientes de distintas

industrias, en la agricultura estará restringida al riesgo concerniente a los microorganismos patógenos presentes en ese material, así como también a la presencia de sustancias tóxicas, preferentemente de metales pesados.

Reyes [10], reporta que la finalidad de su trabajo de investigación radicó en usar el lodo residual estabilizado de la laguna de oxidación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Trujillo con la finalidad de mejorar el suelo arenoso del Valle Santa Catalina en La Libertad. En el trabajo se utilizaron cinco dosis comprendidas entre 10 a 70 toneladas de lodo por hectárea de suelo arenoso, que fueron calculados tomando como base el requerimiento del cultivo de maíz de nitrógeno, para producir una tonelada de maíz amarillo duro, de la variedad 'Marginal 28 Tropical'. Como resultados se obtuvo que la dosis de 50 ton/ha de lodo residual estabilizado aplicado al suelo arenoso, mejoró los contenidos de materia orgánica que se incrementó de 0.08 a 1.83%; en el caso del fósforo aumentó de 100 a 647 mg/kg; el nitrógeno, de 0.012 a 0.150 %; el potasio de 160 a 185 mg/kg. Dentro de otras características también optimizó la conductividad hidráulica, que varío de 11.55 a 3.24 m/d; en el caso de la porosidad de 44.6 se extendió a 63.50 %. Se llegó a la conclusión que la aplicación de lodo residual estabilizado mejora las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo arenoso y lo convierte en adecuado para su uso agrícola; también se llegó a determinar que el rendimiento de maíz se acrecienta progresivamente con la adicción de lodo residual al terreno arenoso, determinándose que la mejor dosis para lograr el incremento del rendimiento en grano del cultivo de maíz es de 50 ton/ha, con lo cual se logra incrementar en 472.2%, con relación a la fertilización química.

Gálvez [11], en un estudio realizado sobre lodos residuales, menciona que el objetivo principal fue evaluar el efecto de la aplicación de lodos residuales en el suelo y sobre el crecimiento de los cultivos, utilizando para tal fin el maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.) y el rábano (*Raphanus sativus* L.). Los lodos residuales utilizados fueron conseguidos de la planta de tratamiento de efluentes domésticos por aireación extendida, también denominados lodos activados, de la sede del Club Regatas Lima, en el km 20.4 de la carretera Panamericana Sur. Se plantearon los tratamientos, con lodos mezclados al 25% (T1), 50% (T2), 75% (T3) y 100% (T4); Igualmente, se preparó un Control (T0), que correspondió a un suelo agrícola procedente de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

El análisis de los resultados, indican que los lodos residuales utilizados como sustrato, aportaron beneficios en el crecimiento y desarrollo del maíz y frijol, mas no para los otros dos cultivos en estudio. En el caso del maíz, se favoreció desde la germinación, emergencia, así como el crecimiento de la planta, en todos los tratamientos probados, los que casi duplicaron los valores del suelo utilizado como testigo (T0), en las mediciones efectuadas a los 20 días de la siembra.

Pomalaza y Ramos [12], en su trabajo de investigación denominado vermiestabilización de lodos

activados para la obtención de compost, encontró que las características de peso seco de raíz y de la parte aérea el testigo (T0), obtuvo como resultado una relación de 1.21, mientras que el tratamiento 3, presentó una relación de 1.27, estos resultados se encuentran por debajo comparativamente con otras investigaciones, en términos generales, el peso de la parte aérea no debe llegar a ser mayor que el de la raíz, mientras más estrecha sea la correlación (cercana a 1), mayor será las posibilidades de supervivencia en lugares secos. La mejor calidad de planta se considera cuando la parte aérea es más pequeña y la raíz es de mayor tamaño, esto garantiza mayores probabilidades de supervivencia, ya que impide que la transpiración sea mucho mayor que la capacidad de absorción.

Aunque normalmente se da en las plantas una buena relación entre la altura y su masa (parte aérea), se dan circunstancias en que una planta sea alta medida en longitud, pero la parte aérea no sea “grande”, esto sucede en plantas que se cultivan bajo sombra o a altas densidades de siembra, en ambos casos los tallos de las plantas se alargan demasiado, pero no ramifican mucho, y la cobertura de la parte aérea es relativamente bajo. En este trabajo, en general los resultados indican que el Tratamiento 3 (tratamiento de vermiestabilización), presentó un efecto positivo en la calidad de las plántulas de *Pinus radiata*, con diferencias estadísticas comparativamente con el Testigo.

Antecedentes a nivel local

Trabajos de investigación realizados con estos lodos en el valle de Ica, en cultivos como maíz y tomate, han dado resultados alentadores, lo que hace presumir que su uso puede ser económica y ambientalmente viable, ya que permitiría disminuir el uso de nitrógeno sintético en la fertilización de los cultivos en los suelos de la región. y confirmar los buenos resultados obtenidos.

Marin [3], en un trabajo de investigación en invernadero, donde aplicó distintas dosis de lodo orgánico consistentes en 2, 4 y 6 ton/ha y diferentes niveles del elemento nitrógeno 50, 100 y 150 kg/ha, con un nivel 0, en el cultivo de tomate, obtuvo como resultados, que trabajando con 4 ton/ha de lodo orgánico, los menores niveles de nitrógeno no afectaron el rendimiento final del tomate, considerando que este cultivo es exigente en el elemento nitrógeno, asumiéndose que la riqueza orgánica del lodo, complementó los requerimientos del cultivo.

Aquije [13], en su investigación, para optar el grado de Magister en Agronomía, halló que el análisis de suelo efectuado a la cosecha del cultivo de maíz, presentó incrementos de algunos parámetros comparativamente con el análisis químico previo a la siembra, como incremento de la materia orgánica, del fósforo y potasio, lo que fue favorable para el cultivo de maíz, a pesar de la ausencia del nitrógeno en algunos tratamientos.

El análisis físico-químico del lodo orgánico determina un buen contenido de materia orgánica, así como macro y micronutrientes; sin embargo, como condición limitante presenta un alto contenido de sales.

En cuanto a los resultados de rendimiento estos se delimitaron dentro de los promedios normales para el valle, asumiéndose que se halló una respuesta a la aplicación de los lodos orgánicos, ya que a pesar que el cultivo de maíz es exigente en su requerimiento del nitrógeno y al no haberse aplicado al testigo, el rendimiento obtenido fue favorable, asumiendo que el lodo proporcionó el nitrógeno requerido por el cultivo. En conclusión, se asume que la interacción con el elemento nitrógeno, demostró que, en ausencia de este, el rendimiento del cultivo no fue afectado.

La dosis de lodo que tuvo una mejor performance fue la de 4 ton/ha, mientras que la dosis de 6 ton/ha presentó un menor rendimiento, probablemente por el alto contenido de sales lo que limitó fisiológicamente a la planta de maíz.

En la mayoría de características no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, lo que hace presumir que la similitud de los resultados se debió principalmente al uso del lodo orgánico, que aportó beneficios que son ampliamente explicados por diversos autores, principalmente en mejorar las características nutricionales de los suelos, en este caso específico fue notorio el aporte de nitrógeno, que suplementó eficientemente las necesidades del cultivo de maíz.

Bases teóricas de la investigación

Sobre el cultivo de maíz

Montaldo [14], indica que el maíz, es un grano nativo de América, siendo el cultivo alimenticio que ocupa el 2do lugar en cantidad procedente de América tropical y el 1er lugar en área sembrada. Su contenido alimenticio es importante, con un 71% de carbohidratos y 9.5% de proteína. Sus requerimientos ecológicos revelan que demanda de humedad durante todo su ciclo vegetativo, teniendo algunos periodos críticos, como por ejemplo durante la antesis y la polinización, además en su etapa de formación y crecimiento del grano.

Recomienda su siembra en suelos profundos y aireados, debido a que este tipo de cereales, emiten raíces que pueden llegar de 1.0 a 1.5 m de profundidad, también tiene requerimientos y preferencias por suelos fértiles y bien drenados.

Yuste [15], expone que el maíz o *Zea mays*, pertenece a la familia de las gramíneas, es un cereal cuyo centro de origen es América, específicamente México, se trata de una planta de gran vigor, con raíces fasciculadas que poseen una gran potencia y un rápido crecimiento. Sus tallos pueden alcanzar los cuatro metros de altura y sus hojas son anchas y lanceoladas. Es una planta monoica, es decir que sus flores se encuentran en la misma planta, pero en lugares separados, por tanto, se cuenta con flores masculinas y femeninas.

Es es una planta de lugares cálidos, teniendo exigencias de temperaturas altas, siendo necesario un mínimo de 10°C para la siembra, un mínimo de 15°C para la germinación y no menos de 18°C en la fase de floración; la temperatura óptima para la fase de crecimiento se encuentra en un rango de 24 a 30°C. En el caso de sus requerimientos de suelos, se adapta bien a variados tipos de suelos, siendo el pH preferido de esta especie de neutro o ligeramente ácido (6 a 7), su limitación se encuentra en los suelos alcalinos que tienen a bloquear la disponibilidad y por tanto la absorción de los elementos menores.

Deras [16], revela que el maíz es un cereal que se adapta a una vasta variedad de suelos con posibilidades de obtener buenos rendimientos siempre y cuando los cultivares sean los más productivos y adaptados a la zona y se efectúe un buen manejo del cultivo. Si embargo los suelos más aptos para este cereal son los de textura media (francos), de buena fertilidad, con buena aireación y drenaje, profundos y con buena capacidad para la retención del agua. Crece bien bajo condiciones de pH que varíe entre 5.5 a 7.8; pues suelos con pH mayores a 8, presentarán deficiencias de ciertos elementos menores como: hierro, manganeso y zinc, que son importantes en este cultivo.

En lo que respecta al agua, su escasez representa el factor más restrictivo en la producción de maíz, principalmente en zonas tropicales; cuando se presenta estrés hídrico o sequía durante las primeras fases de su ciclo de vida, entre los 15 a 30 días de establecido del cultivo ocasiona mortandad de plántulas, lo que produce una reducción de la densidad de plantas o también provoca la detención de su crecimiento, en este caso existen posibilidades que el cultivo se recupere, sin afectar fuertemente el rendimiento. Hay que considerar que la etapa más sensible a la falta de recurso hídrico, se da cerca a la floración, periodo donde el maíz es muy sensible al estrés hídrico, en este caso el rendimiento de grano seco, se ve muy afectado, principalmente se produce una sequía prolongada.

Sobre la importancia del nitrógeno en las plantas

Gross [17], en su libro “Guía práctica de la fertilización”, menciona que las plantas pueden tomar nitrógeno en forma de iones NO_3 y NH_4 , sin embargo se presentan ciertas discrepancias pues otros investigadores que sustentan que es de las dos formas pero especialmente en forma de NO_3 , sin embargo Gross plantea que no es tan cierto, porque las plantas pueden absorber el amoníaco sin que exista la nitrificación, sustentando el hecho que en las primeras fases del estadio de las plántulas, tienen preferencia por el nitrógeno amoniacal, que lo utilizan de forma más rápida que los iones en estado nítrico en los procesos de síntesis de las moléculas orgánicas.

Torres [18], plantea que el elemento nitrógeno es uno de los nutrimentos de mayor importancia para los vegetales, pues utilizado en la síntesis de las proteínas, indispensables para su

funcionamiento; también indica que este elemento está compuesto por una parte orgánica que corresponde al 90% (Disminuye con la profundidad) y por otra porción mineral al que se denomina nitrógeno disponible. Menciona que el nitrógeno es tomado por el aparato radicular bajo las formas de NO_3^- y NH_4^+ , con la diferencia que el nitrato se halla disuelto en la solución suelo, mientras que gran fracción del amonio se encuentra adsorbido sobre la cubierta de las micelas arcillosas. Corrientemente el nitrógeno de los lodos, mayormente se halla en forma orgánica y constituye del 1 a 6% en peso de la materia seca, en su mineralización el nitrógeno orgánico pasa a la forma inorgánica NH_4^+ , siendo los factores que determinan la mineralización: la estructura, la textura, humedad del suelo, temperatura y el pH.

Sánchez [19], sugiere que la fertilización adecuada del maíz es fundamental para obtener buenos rendimientos, principalmente cuando se trabaja con maíces híbridos que tienen un alto potencial para producir granos de calidad, teniendo en cuenta que para obtener una buena producción el maíz extrae un promedio de 120 a 250 unidades de nitrógeno por unidad de área.

Cornejo [20], reporta que diversos autores indican que la vida no sería concebible sin la existencia del elemento nitrógeno, pues desempeña diversas funciones, en especial en la fisiología de las plantas, como:

- Interviene en la síntesis de la proteína, incrementando el contenido de proteínas en las plantas y constituyendo parte importante en el peso total de ellas.
- Es un constituyente fundamental de la molécula de clorofila, pigmento fotosintético que cumple una importante función en el proceso de fotosíntesis.
- Incrementa el crecimiento de todos los tejidos vivos de las plantas.
- Las hormonas vegetales, que son sustancias que ejercen funciones reguladoras del metabolismo de las plantas, contienen nitrógeno.

Melgar [21], revela que el elemento nitrógeno es el nutriente que en mayor cantidad toma el cultivo del maíz y de la misma forma, es el nutrimento que afecta en mayor proporción su productividad, debido a que en diversas oportunidades no es aplicado convenientemente en las dosis y época oportuna, además hay que tener en cuenta que existen diversos factores que afectan su disponibilidad para los cultivos en general, de igual forma el requerimiento de nitrógeno por los cultivos depende de varios factores, como por ejemplo de la materia orgánica del suelo, que es la principal fuente de este elemento para los cultivos, también es afectada por el tipo de material vegetal que se deposita en el suelo, que influye directamente en la relación Carbono/Nitrógeno de la materia seca, la misma que es capaz de inmovilizar el nitrógeno.

Origen y características de los lodos residuales

Balan y Monteiro [22], expresan que los lodos residuales, procedentes de las textilerías tienen una

constitución variable y en algunos casos contienen metales pesados, además de sales inorgánicas; hay que tener en cuenta que los colorantes, microorganismos patógenos y metales pesados pueden estar presentes en cantidades variables, por lo que muchas veces el compostaje se hace necesario para su utilización en una enmienda del suelo.

Vásquez y Vargas [23], comunica que se nombran como lodos residuales a los biosólidos que resultan del tratamiento y limpieza de aguas residuales, siendo el objetivo extraer los contaminantes presentes en el agua para que estas sean aptas para otros usos. Hay que tener en cuenta que el tratamiento del agua siempre genera lodos, los que son muy difíciles de tratar e involucran costos adicionales para un adecuado manejo y disposición. Cuando se presentan contaminantes en las aguas residuales estas son trasladadas a las plantas de tratamiento donde todo vestigio de contaminantes es eliminado por la gran capacidad de absorción de los lodos. El lodo obtenido en estos procesos se someterá a un análisis que permitirá establecer sus características físicas, químicas, microbiológicas, en función a esto se permitirá determinar cuál será el destino de los lodos y bosquejar las alternativas para su manejo y disposición de los mismos, pudiendo ser como insumo del cultivo y en el mejoramiento del suelo. Casi en términos generales gran parte de los lodos residuales generados en una PTAR, son remitidos a empresas especializadas en el manejo de residuos contaminantes, o en ocasiones dispuestos en rellenos sanitarios por temas económicos, desaprovechando su potencial como mejoradores de suelos en los cultivos. Cuando se ejecuta un estudio sobre el uso de lodos residuales en la agricultura se debe procurar tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Aspectos sanitarios y medio ambientales.
- Características propias del lodo residual a utilizar.
- Posibles efectos sobre la explotación agrícola.
- También tener en cuenta aspectos institucionales y legales.
- Los aspectos económicos.

El primer paso es efectuar un estudio de las particularidades físicas, químicas y biológicas del lodo residual, que permitirá conocer su idoneidad o pertinencia por posibles efectos sobre el suelo, especie vegetal y el recurso hídrico, así como su potencialidad como fertilizante orgánico y acondicionador de los suelos.

Yongije y Yangsheng [24], reportan que cada año grandes cantidades de estos restos son generados y liberados en el medio ambiente por la industria textil, por lo que se hace necesario de encontrar soluciones alternativas para el manejo de los lodos textiles, indicando que el lodo residual de la industria textil es un subproducto ineludible en el tratamiento de aguas residuales de los procesos textiles.

Flotats y Solé [25], sugieren que la purificación de las aguas residuales necesita de la aplicación de tratamiento físicos, químicos y biológicos y reducir los contaminantes que se encuentran presentes en dichas aguas para hacerlas idóneas para otros usos, para conseguir como subproducto los lodos residuales. Estos procesos pueden incluir técnicas de digestión anaerobia, digestión aerobia y tratamientos químicos, cuya finalidad al fin de cuentas es reducir el poder de fermentación y asegurar los biosólidos.

Elias [26], reportan que los lodos residuales son el resultado de la limpieza de las aguas ya sea del proceso primario como secundario. El alto grado de este proceso de limpieza de las aguas crea grandes cantidades de fangos, que básicamente están compuestos en gran porcentaje por agua y materia orgánica, incluyendo concentraciones en menor proporción de otros compuestos, es aquí donde se encuentran los contaminantes que al final determinan la calidad de los lodos residuales.

ECOTICIAS.COM [27], señalan que existen diferentes fases dentro del tratamiento de los lodos residuales, como son: Espesamiento, Estabilización y Deshidratación, una vez obtenidos los lodos residuales deshidratados se presentan dos opciones, uno el compostaje que permite mejorar la calidad de los lodos residuales y utilizarlos como abonos complementarios y segundo, el aprovechamiento agrario directo.

Uso de lodos orgánicos en la agricultura

Rodríguez [28], informa que estudios de aplicación de lodos anaerobios como bioabono se han efectuado principalmente para cultivos hortícolas. Se encontró que se produce una estimulación en la germinación, en el crecimiento de las plantas, en la reducción del ciclo de vida y se logró aumento en los rendimientos de diferentes cultivos, como pepino, remolacha y frejoles, sobre un base formado por 75% de lodo residual y 25% de suelo agrícola, comparado con un sustrato de suelo agrícola y cachaza descompuesta aeróbicamente como testigo. También se obtuvieron resultados en otras especies como en el ajo y cebolla, donde demostraron ventajas en cuanto al ciclo de vida y los rendimientos, empleando estiércol vacuno. Asumen que esta materia orgánica es posible de mejorar por otras vías, como el composteo aeróbico o el uso de lombricultura.

Ribo [6], indican que habiéndose medido los efectos de la materia orgánica sobre las propiedades químicas y biológicas del suelo sus propiedades se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se ha encontrado que incrementa la capacidad de intercambio iónico del suelo; las sustancias húmicas y las arcillas componen la parte fundamental del complejo de cambio, y gracias a sus conjuntos funcionales acrecientan el poder de adsorción de la mayoría de nutrientes contribuyendo de esta forma la fertilidad de los suelos agrícolas.

- También es germen y reserva de elementos nutritivos para las plantas; esto debido a que bajo la acción de los microorganismos presentes en el suelo aportado por los lodos, el humus se mineraliza mucho más despacio y va liberando su contenido en elementos minerales.
- Los complejos fosfo-húmicos son formados por la presencia del lodo, lo que impide la regresión del fósforo elemento que se mantiene en estado asimilable para los vegetales, muy a pesar que pueda existir calcio y hierro en estado libre.
- Amortigua la fijación del potasio en algunas arcillas presentes.
- Al producirse la oxidación lenta del humus se independiza carbono en forma de dióxido de carbono, por lo que se convierte en una fuente de gas carbónico y este a su vez se convierte en ácido carbónico al disolver en la solución suelo, de esta forma se contribuye a solubilizar ciertos elementos minerales lo que facilita su absorción por la planta.
- Ayuda en la acción de los elementos minerales, pues algunas sustancias húmicas aumentan la permeabilidad de las membranas celulares en las raíces, específicamente en los pelos absorbentes, y de esta forma facilitan la absorción de los nutrientes minerales.

Islam et al [29], dicen que, si bien las concentraciones de nitrógeno, fosforo, potasio y azufre en lodos residuales originarios de la industria textil, resultan bajas si los comparamos con los fertilizantes químicos, pero resultan altas comparativamente con los contenidos de nutrimentos de los abonos orgánicos.

Hay que tener en cuenta que también aporta carbono orgánico total y materia orgánica total que en las muestras analizadas se encontró en cantidades muy altas, por tanto, los lodos residuales de la industria textil son capaces de proveer cantidades pequeñas pero importantes de elementos minerales importantes para el suelo y la planta y que además pueda corregir algunas propiedades de la estructura del suelo, así como sus particularidades físicas, químicas y biológicas, siendo importante su participación en la retención de agua, concluyen diciendo que su utilización como fertilizante orgánico resulta importante.

SOCIEDAD INGENIERIA BIO AGUAS [30], explica que en el proceso de tratamiento de aguas se detienen sustancias contaminantes que ordinariamente se encuentran en los lodos residuales, de modo más concentrada, su composición es variable por lo que se tienen que implementar técnicas para su tratamiento muy transformadas que estén en continuo progreso y que permitan eliminar los contaminantes.

Teniendo en cuenta que la mayor parte de la masa de los lodos residuales industriales es agua, por lo que se debe aplicar operaciones de deshidratación para disminuir el volumen de los residuos a trasladar o tratar; también es necesario mejorar sus características para su empleo, la disminución del volumen a tratar por la eliminación del agua, reducirá el costo de transporte como también el tratamiento, siendo mas manejable para su uso en campo.

Lobo [31], menciona que existen dos etapas en la evolución de la materia orgánica, conocidas como humificación y mineralización, este material se halla en las primeras capas del suelo, logrando formar un horizonte orgánico, que tiene efecto sobre sus propiedades físicas, estableciendo agregados y fortaleciendo su estructura debido a la unión con las arcillas, de esta manera se ayuda a la permeabilidad y a la retención de agua, de igual forma mejorando el intercambio gaseoso y disminuyendo el peligro de erosión. Con respecto a las características químicas, al mejorar la capacidad de intercambio catiónico del suelo, facilita el abastecimiento de elementos minerales para las plantas. En conjunto todas las mejoras físicas y químicas del suelo, resultan también en un beneficio de las propiedades biológicas, por lo que se favorece los métodos de mineralización, y con el desarrollo de la cubierta vegetal, tiene influencia también en el crecimiento de la fauna microbiana del suelo.

Muñoz y Sánchez, [32], reportan que la gran cantidad de materia orgánica como componente de la composición de los lodos residuales y biosólidos, así también como el contenido de elementos minerales resultan de gran importancia para el beneficio de los suelos y el incremento de la calidad para el mejoramiento de la agricultura, considerando que el uso indiscriminado de fertilizantes químicos de síntesis, han tenido un impacto negativo en los suelos agrícolas, lo que ha estimulado la búsqueda de alternativas con eficiencia, pero a su vez amigables con el medio ambiente.

En ese sentido es importante tener en cuenta la procedencia de los lodos residuales, para ver si cumplen los estándares de calidad para su uso agrícola y si cuentan con un valor nutricional que amerite su uso. Destacando dentro de todas las industrias alimentarias, por su alto contenido de materia orgánica y escasa concentración de metales pesados, también se incluye a las industrias conservera, láctica, cárnica, de zumo, cervecera, pesquera y azucarera, teniendo en cuenta que es una de las industrias con mayor huella hídrica debido a que en sus procesos el uso del agua está muy extendido, desde el proceso diario en el aseo, hasta su uso como ingrediente importante de ciertos productos.

1.1 Planteamiento del problema de investigación

La priorización de la fertilización química en deterioro de las fuentes orgánicas, agregada a la alta tasa de mineralización que se presenta en la zona puede acarrear a la reducción del contenido orgánico de los suelos, con la subsecuente consecuencia que tendría sobre sus propiedades físicas y químicas, provocado por el uso indiscriminado de dicho factor de la producción, sin embargo en forma paradójica, en la actualidad, los altos costos de los fertilizantes sintéticos, limitan su uso, especialmente en la mediana y pequeña agricultura, además hay que tener en cuenta su comprobada capacidad de contaminación al medio ambiente.

Este hecho ha provocado que la fertilidad de los suelos de nuestra región, haya ido disminuyendo en forma sostenida, por lo que se deben plantear alternativas que permitan restablecer las sensibles pérdidas de los elementos esenciales que se producen como resultado mismo del proceso productivo en los cultivos, sin afectar las condiciones ambientales; es en ese sentido, que se asume que la materia orgánica en cualquiera de sus formas, permite suplementar la fertilización química de síntesis y a su vez permitir que los suelos presenten mejores características con una mayor activación de sus microorganismos naturales.

Actualmente en los países en vías de desarrollo, la producción de alimentos especialmente por parte de los medianos y pequeños productores, constituye uno de los más importantes problemas, principalmente en cultivos no tradicionales los que no cuentan con el apoyo de las políticas gubernamentales, por lo que se hace perentorio buscar alternativas que permitan un incremento de la productividad, con menores costos y efectos contaminante del medio ambiente.

Ante este escenario se hace necesario promover alternativas agroecológicas, que accedan a disminuir el uso de productos químicos, sin afectar la productividad de los cultivos, teniendo en cuenta que la predisposición es alcanzar mayores niveles productivos, que permitan alimentar a una población en constante crecimiento.

Siendo el cultivo de maíz una de los principales alimentos a nivel mundial, tanto para el consumo humano, como animal, debido a sus características nutritivas, se constituye en un componente importante de la dieta diaria de la población de nuestro país y de la mayoría de países del mundo.

1.1.1 Formulación del problema

Problema General

¿Cuál será el efecto de la nutrición complementaria con lodos industriales en el rendimiento y las características morfométricas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) híbrido XB-8030, en el valle de Ica?

Problemas específicos

1. ¿Cuál será el efecto de la nutrición complementaria con lodos industriales en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) híbrido XB-8030, en el valle de Ica?
2. ¿Cuál será el efecto de la nutrición complementaria con lodos industriales sobre las características morfométricas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) híbrido XB-8030, en el valle de Ica?

1.1.2 Delimitación del problema

Delimitación espacial o geográfica

El experimento se desarrolló en el Fundo “Ica verde” ubicado en el Distrito de Subtanjalla, Provincia y departamento de Ica.

Delimitación temporal

La investigación en su fase de campo y laboratorio, se desarrolló entre los meses de mayo a octubre del 2023, las actividades se iniciaron planificando el experimento, búsqueda y acopio del material experimental (Semilla, fertilizantes, etc.), preparación del suelo experimental tanto en seco, como en húmedo, para posteriormente ejecutar la siembra, y las labores agrícolas propias del manejo agronómico del cultivo que son comunes para alcanzar un buen rendimiento del cultivo como desahije, despiques, cultivos, riegos, controles fitosanitarios, etc., complementados con los tratamientos aplicados, que determinaron el efecto diferencial, hasta la cosecha y evaluaciones de laboratorio; con la información obtenida se procedió a efectuar las pruebas estadísticas a todas las características de importancia agronómica, hasta la presentación del informe final.

Delimitación social

La siembra de maíz, la llevan a cabo principalmente medianos y pequeños agricultores, por lo que tiene un impacto social importante en cada campaña, por lo que se hace necesario respuestas muy rápidas en la generación de nueva tecnología, que pueda servir en forma inmediata a los agricultores y así mejorar la rentabilidad de sus cultivos y evitar los efectos contaminantes de la fertilización química.

Delimitación conceptual

El uso continuo de productos químicos de síntesis viene impactando negativamente a los suelos agrícolas y al medio ambiente en general, por lo que se hace necesario revertir dicha situación mediante el uso de productos orgánicos, en forma de bioabonos, en este caso específico lodos industriales tratados, que existen en todos los lugares del mundo.

1.2 Justificación e importancia de la investigación

1.2.1 Justificación

La producción del maíz amarillo duro, es un insumo vital en la producción de

alimentos balanceados que requiere el sector avícola; teniendo en cuenta que la región Ica, es uno de los principales productores de aves dentro del sector avícola, es necesario potenciar la producción de este tipo de maíz, mediante investigaciones relacionadas con la nutrición del cultivo, especialmente en el uso de fertilizantes nitrogenados, ya que este cereal es exigente en este fertilizante.

Esta investigación, espera generar nuevas tecnologías que ayuden al crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz, en términos generales a mejorar los rendimientos por unidad de área, disminuyendo el uso de la fertilización química, principalmente del nitrógeno, por ser escaso, costoso y altamente contaminante, mejorando la rentabilidad del cultivo, haciéndolo atractivo para los agricultores.

1.2.2 Importancia

En los últimos 20 años la producción de maíz ha crecido notablemente, este aumento fue más importante en el caso del maíz amarillo duro (162%) en respuesta a la dinámica impuesta por los requerimientos de la industria avícola, que es la principal demandante de alimentos balanceados elaborados con este insumo, la cual comenzó a incrementarse notablemente desde el año 2005 a una tasa promedio de 9.43% al año. Huamanchumo [33]

En la actualidad existe disponibilidad de lodos orgánicos, producto de la planta de tratamiento biológica de aguas residuales, deshecho de la industria textil, los mismos que mediante análisis, han confirmado no presentar características de toxicidad y a su vez contener altos niveles de elementos nutritivos, así como de materia orgánica, lo que hace posible su uso en la agricultura.

Trabajos de investigación realizados con estos lodos en el valle de Ica, en cultivos como maíz y tomate, han dado resultados alentadores, lo que hace presumir que su uso como parte de la materia orgánica que se aplica a los cultivos puede ser de importancia en un ahorro en los costos de producción y en la conservación del medio ambiente, ya que permiten disminuir los niveles de nitrógeno sintético en la fertilización de los cultivos, elemento escaso y de alta contaminación en los suelos de la región.

El presente trabajo se plantea en utilizar un insumo orgánico producto de la industria textil, disponible en cantidades relativamente grandes, que en la actualidad carece de un uso práctico, y confirmar, los buenos resultados de experiencias anteriores en otros cultivos; así mismo mediante la presente investigación, se espera generar nuevas metodologías de investigación que permita optimizar el uso de la fertilización

biológica y que en un mediano plazo permita disminuir la fertilización química de síntesis a base de nitrógeno.

1.3 Hipótesis y variables

1.3.1 Hipótesis de la investigación

Hipótesis general

Debido a la riqueza en materia orgánica y otros elementos minerales, esenciales para las plantas, el lodo orgánico permitirá establecer un incremento del rendimiento por unidad de área en el cultivo de maíz, con un menor uso de fertilizantes nitrogenados.

Hipótesis específicas

1. La composición del lodo orgánico, como efluente de la industria textil, tiene un efecto complementario directo en el rendimiento del cultivo de maíz.
2. El uso del lodo orgánico permitirá disminuir las dosis de fertilización nitrogenada, sin afectar el rendimiento final del cultivo de maíz.
3. La composición del lodo orgánico, como efluente de la industria textil, tiene un efecto en las características morfológicas y componentes de rendimiento del cultivo de maíz.

1.3.2 Variables de la investigación

Identificación de las variables

Variables Independientes (X)

X1 = Híbrido de Maíz Amarillo Duro XB-8030

X2 = Lodo orgánico

X3 = Fertilización nitrogenada.

Variables Dependientes (Y)

Y1 ; Rendimiento de grano seco por planta

Y2 = Rendimiento de grano seco por parcela y por hectárea (kg).

Y3 = Características morfométricas del maíz amarillo duro

Variables Intervinientes (Z)

Z1 = condiciones edafo climáticas

Z2 = condiciones fitosanitarias

Z3 = recurso hídrico

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivos generales

Determinar el efecto de la nutrición complementaria con lodos industriales en el rendimiento y características morfométricas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) híbrido XB-8030, en el valle de Ica.

1.4.2 Objetivos específicos

Determinar el efecto de la nutrición complementaria con lodos industriales en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) híbrido XB-8030, en el valle de Ica.

Determinar el efecto de la nutrición complementaria con lodos industriales en las características morfométricas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) híbrido XB-8030, en el valle de Ica.

Establecer si el contenido de materia orgánica y de nitrógeno, del lodo industrial de planta textil, pueda suplir en parte los altos requerimientos de este elemento del cultivo de maíz.

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1 Ubicación del campo experimental

El presente trabajo de investigación, se llevó a cabo en el Fundo “Ica Verde” ubicado en el distrito de Subtanjalla, provincia y departamento de Ica.

2.2 Análisis del suelo

Siendo una investigación relacionada con la nutrición de los cultivos, y tener argumentos para la interpretación de los resultados, se procedió al análisis del suelo experimental al nivel de 0.0 a 0.30 m; lo que permitió conocer sus características físicas y químicas; previamente se muestreo el suelo experimental, obteniendo sub-muestras que fueron homogenizadas, hasta obtener una muestra final de dos kilos, y se remitió al Laboratorio Agrícola del CITE Agroindustrial, cuyos resultados se presentan en las Tablas 1 y 2.

TABLA 1
ANÁLISIS FÍSICO-MECÁNICO

Determinaciones	Suelo 0.0-0.30 m	Métodos
Arena (%)	70.50	Densímetro
Arcilla (%)	3.86	Densímetro
Limo (%)	25.64	Densímetro
Textura	Franco arenoso	Triángulo textural

Nota: Resultados emitidos por Laboratorio agrícola del Centro De Innovación Tecnológica Agroindustrial

TABLA 2
ANÁLISIS QUÍMICO

Determinación	SUELO 0 – 30cm	Método empleado	Interpretación
pH	7.65	NOM – 021- SEMARNAT – 2000 – AS – 02	Mod. Alcalino
C.E (dS/m)	1.43	NOM – 021- SEMARNAT – 2000 – AS – 16 al 18	Lig. Salino
Carbonato de calcio (CaCO ₃) (%)	3.02	Neutralización ácida	Medio
Materia orgánica (%)	1.05	Ignición	Bajo
Nitrógeno total (%)	0.05	Cálculo – Ignición	Bajo
Fosforo (ppm)	6.58	Olsen – espectrofometría	Medio
CIC	10.92	Titulación con EDTA	Medio
Ca ⁺⁺ meq/100 g	8.73	Titulación con EDTA	Alto
Mg meq/100 g	1.68	Titulación con EDTA	Bajo
Na meq/100 g	0.20	Espectrofotómetro de absorción atómica	Bajo
K meq/100 g	0.31	Espectrofotómetro de absorción atómica	Bajo

Nota: Resultados emitidos por Laboratorio agrícola del Centro De Innovación Tecnológica Agroindustrial

2.3 Observaciones meteorológicas

Se solicitó la información correspondiente al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Ica (SENAMHI – Ica), Estación CO Tacama, de los meses en que se desarrolló el experimento en su fase de campo y cuyos valores se presentan en la tabla 3

TABLA 3
OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS DE MAYO A OCTUBRE DEL 2023

Meses	Temperatura °C			Horas de sol	Horas de sol	Humedad relativa
	Máxima	Media	Mínima	diarias	mensual	%
	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}			
Mayo	28.7	21.7	14.8	7.8	241.8	82.7
Junio	26.2	19.6	12.9	6.6	198.0	84.2
Julio	25.8	19.1	12.3	7.0	217.0	83.7
Agosto	26.5	19.6	12.7	7.7	239.2	82.4
Setiembre	28.2	20.6	13.1	8.5	254.5	79.1
Octubre	28.8	20.5	12.2	8.9	276.6	79.3

Nota: información proporcionada por la Estación Meteorológica CO-TACAMA - SENAMHI - ICA.

Latitud Sur : 13°59'59.1"
Longitud Oeste : 75°43'14"
Altitud : 429 msnm

2.4 Tratamientos en estudio

En el presente trabajo se evaluaron diez tratamientos, que resultaron de la combinación de tres niveles de lodo orgánico provenientes de la industria textil y tres niveles de nitrógeno, más un testigo absoluto sin aplicación de lodo.

FACTORES:

Lodo Orgánico (D)

Niveles de Nitrógeno (N)

NIVELES:

Lodo Orgánico ton/ha		Niveles de nitrógeno kg/ha	
d1=	5.0	n0 =	0
d2 =	10.0	n1 =	50
d3 =	20.0	n2 =	100

TABLA 4
TRATAMIENTOS O COMBINACIONES

CLAVE NUMERICA	CLAVE LITERAL	Dosis Lodo Orgánico ton/ha	Dosis Nitrógeno kg/ha
1	d1n0	5.0	0
2	d1n1	5.0	50
3	d1n2	5.0	100
4	d2n0	10.0	0
5	d2n1	10.0	50
6	d2n2	10.0	100
7	d3n0	20.0	0
8	d3n1	20.0	50
9	d3n2	20.0	100
10	T	Testigo	Testigo

2.5 Diseño experimental

El trabajo de investigación, se basó en el método científico de la experimentación agrícola, para lo cual se aplicó el Diseño en Bloques Completamente Randomizados, dispuesto en factorial, 3 D x 3 N, más un testigo comercial, resultando diez tratamientos en cinco repeticiones o Blocks, con un total de 50 unidades experimentales.

En el análisis de variancia aplicado, se utilizó la prueba de “F” para los niveles de significación 0.01 y 0.05; los promedios se analizaron usando la prueba de comparaciones de Duncan, para obtener el orden de mérito respectivo.

2.6 Metodología desarrollada

El experimento se llevó a cabo en un campo de aproximadamente 0.50 has, convenientemente delimitado teniendo como referencia el croquis experimental, en donde se llevaron a cabo las aplicaciones de los tratamientos planteados y las evaluaciones proyectadas.

La metodología de la aplicación para determinar las cantidades a aplicar fue la siguiente: se realizaron los cálculos correspondientes del lodo orgánico y las dosis de nitrógeno, para el área experimental, procediéndose al pesado y colocándolos en recipientes debidamente identificadas, las mismas que fueron trasladadas al campo experimental, y se colocaron en la cabecera de las parcelas, luego se procedió a aplicar el lodo orgánico y el fertilizante nitrogenado entre los golpes de siembra, para que posteriormente fueran cubiertos con el paso de maquinaria agrícola.

2.7 Características del campo experimental

ÁREA EXPERIMENTAL

Área total del experimento.....	912.00 m ²
Área neta del experimento.....	840.00 m ²
Largo del experimento.....	38.00 m
Ancho del experimento.....	24.00 m
Área de calles.....	72.00.00 m ²

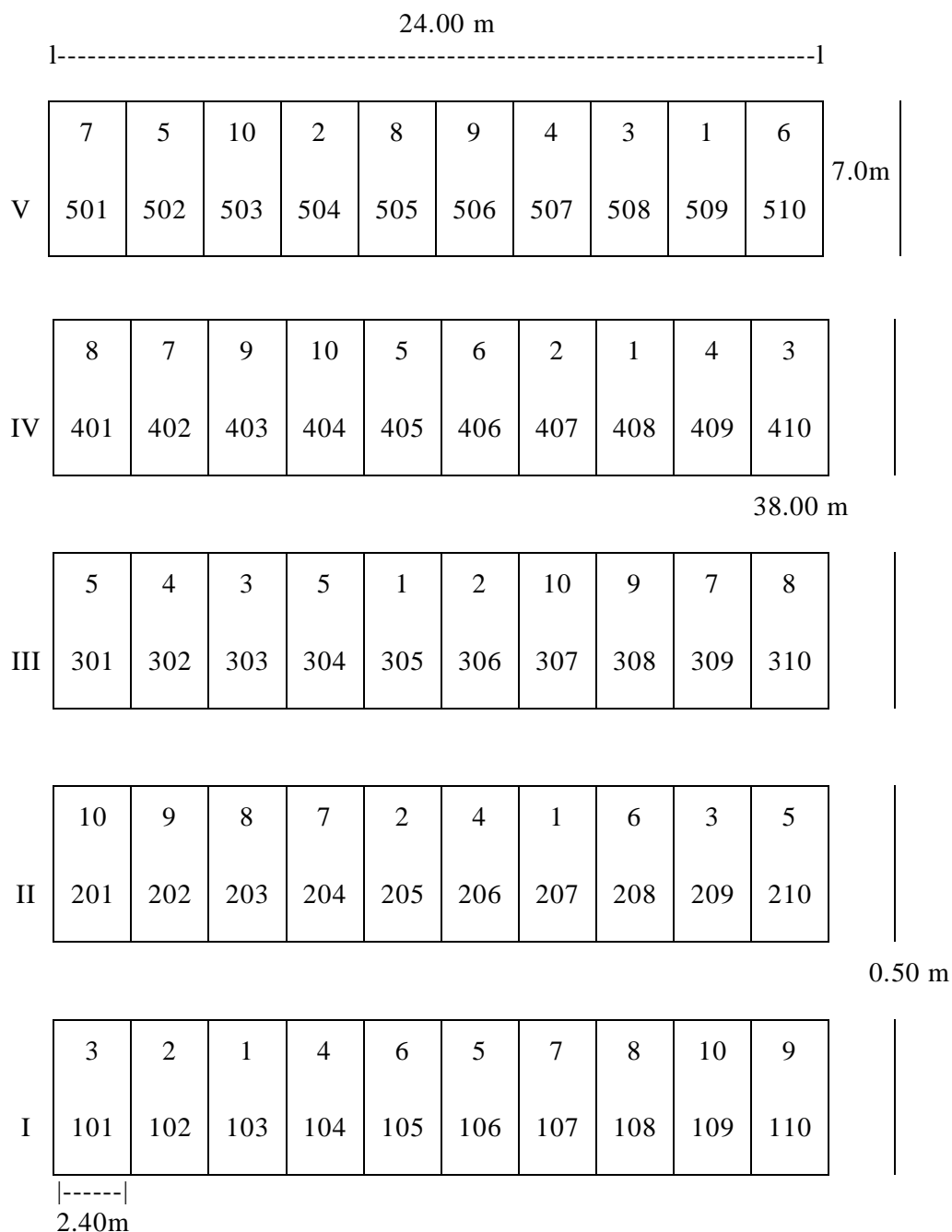
REPETICIONES

Área del block.....	168.00 m ²
Número de blocks.....	5
Largo del block.....	24.00 m
Ancho del block.....	7.00 m
Número de parcelas/block.....	10

PARCELA

Largo de parcela.....	7.00 m
Ancho de parcela.....	2.40 m
Área de parcela.....	16.80 m ²
Distancia entre líneas.....	0.80 m
Número de líneas/parcela.....	3.0
Distancia entre golpes.....	0.25 m
Número de plantas/parcela.....	168

2.8 Croquis experimental



2.9 Conducción del experimento

2.9.1 Preparación del terreno

Se efectuó una aradura en seco, gradeo y surcado, que consistió en una pasada de arado de disco para una roturación del suelo, a 30 cm de profundidad, posteriormente se pasó una rastra, con un riel, y se procedió al surcado para el riego “machaco”; este se llevó a cabo el 15 de mayo del 2023, con suficiente agua para dejar el campo listo para los trabajos posteriores.

2.9.2 Demarcación del terreno experimental

De inmediato terminada la labor de preparación del terreno en húmedo, se procedió al marcado del campo experimental, para lo cual se utilizó yeso, estacas y cinta métrica, trasladando las medidas del croquis experimental, se delimitaron las parcelas experimentales con estacas, así como se indicaron las zonas de evaluación, procediéndose a la colocación de las tarjetas de identificación que indicaban la repetición y el número de tratamiento, distribuidos al azar.

2.9.3 Siembra

La siembra se llevó a cabo el 20 de mayo del 2023, previamente se efectuó el surcado del campo, cuando el terreno se encontraba “a punto”, se utilizó el híbrido de maíz XB-8030, en forma manual con lampa, se colocaron 3 semillas por golpe, al centro del surco de siembra, las que fueron colocada a un distanciamiento de 0.25 m. entre golpes y 0.80 m entre surcos.

2.9.4 Fertilización

Esta labor se efectuó en la misma oportunidad que la aplicación de los tratamientos, el 27 de mayo del 2023(8 dds), se aplicó una fertilización complementaria a base de fósforo y potasio consistente en 80 y 100 unidades de P_2O_5 y K_2O , respectivamente, teniendo en cuenta que el nitrógeno se utilizó como tratamiento a diferentes dosis, se cubrió con una capa de tierra. Se utilizaron: como fuente de Nitrógeno, Urea (46% de N); de Fósforo y nitrógeno, el fosfato diamónico (18% de N y 46% de P_2O_5) y sulfato de potasio (50% de K_2O).

2.9.5 Cultivos y Deshierbos

Con la finalidad de impedir la competencia de malezas con el cultivo por agua, luz nutrientes y dióxido de carbono, así como para brindarle una conveniente aireación al sistema radicular, se efectuó un cultivo a tracción animal (Acémila) y deshierbos a lampa de acuerdo al siguiente cronograma:.

TABLA 5
CRONOGRAMA DE CULTIVOS Y DESHIERBOS

LABOR	FECHA	DIAS DESDE SIEMBRA
Deshierbo a lampa	18-06-2023	30
Cultivo- Cambio surco	02-07-2023	45
Deshierbo a lampa	17-07-2023	60
Deshierbo a lampa	30-07-2023	73

Las malezas que se presentaron con mayor incidencia en competencia con el cultivo fueron:

<u>NOMBRE COMUN</u>	<u>NOMBRE CIENTÍFICO</u>
“Verdolaga”	<i>Portulaca oleracea</i>
“ Chamico”	<i>Datura stramonium</i>
“Coquito”	<i>Cyperus rotundus</i>
Gramma china	<i>Sorghum halepense</i>
Gramma dulce	<i>Cynodon dactylon</i>
Pega Pega	<i>Setaria verticillata</i>
Rabo de zorra	<i>Sida paniculata</i>

2.9.6 Desahije

Se realizó en forma manual el 13 de junio del 2023 (25 dds), cuando la planta presentaba en promedio de 4 a 5 hojas verdaderas o definitivas, procediéndose a dejar dos plantas por golpe. Se tuvo especial cuidado en seleccionar las plantas, dejando las más vigorosas y sin problemas sanitarios.

2.9.7 Aporque

Se efectuó el “aporque”, para darle el sustento a la planta y evitar de esta forma que las plantas se caigan en su edad adulta causada por su propio peso, esto sucede generalmente cuando las mazorcas alcanza su máxima tamaño; también ayuda a la formación de raíces adventicias estimuladas por la acumulación de tierra en el cuello del tallo, lo que favorece la absorción de agua y nutrientes por la planta. Para esta labor se utilizó el pase de una cultivadora con tracción animal, acumulando la tierra a ambos lados de la línea de siembra. Se realizó el dos de julio a los 45 días de la siembra, además se tuvo que perfeccionar con una labor a lampa.

2.9.8 Riegos

Los riegos se aplicaron de forma regular de acuerdo al tipo de suelo y requerimientos del cultivo, en función a sus fases de crecimiento y desarrollo, manteniendo la humedad adecuada durante todo su ciclo de vida, logrando de esta manera un desarrollo normal de la planta.

Se utilizó el método de riego superficial por surcos, habiéndose aplicado durante el ciclo de vida del cultivo 15 riegos sin considerar el riego de preparación de tierras o “machaco”. Ver tabla 6.

TABLA 6

CALENDARIO DE RIEGOS			
Nº	FECHA	Edad (Días)	FUENTE AGUA
“Machaco”	15-05-2023	-.-	Pozo
1	31-05-2023	12	Pozo
2	08-06-2023	20	Pozo
3	19-06-2023	31	Pozo
4	26-06-2023	38	Pozo
5	09-07-2023	52	Pozo
6	18-07-2023	61	Pozo
7	23-07-2023	66	Pozo
8	01-08-2023	75	Pozo
9	08-08-2023	82	Pozo
10	18-08-2023	92	Pozo
11	23-08-2023	97	Pozo
12	27-08-2023	101	Pozo
13	02-09-2023	107	Pozo
14	08-09-2023	113	Pozo
15	16-09-2023	121	Pozo

2.9.9 Manejo fitosanitario

Se presentaron algunos problemas fitosanitarios por la presencia de insectos-plaga, la mayoría de los cuales no alcanzaron un nivel de daño económico; previo a la aplicación de productos químicos se efectuaron evaluaciones de los niveles de infestación.

INSECTOS-PLAGA

En las primeras etapas del cultivo se tuvo la presencia del Gusano de Tierra (*Agrotis ipsilon*) por lo que se tuvo que efectuar una aplicación para su control.

De la misma forma debido a la incidencia de insectos-plaga como el “gusano cogollero” (*Spodoptera frugiperda*) y el “perforador grande de la mazorca (*Heliothis virescens*), se efectuaron aplicaciones de productos químicos específicos para el control de dichas plagas de la siguiente manera:

Para el control del gusano de tierra (*Agrotis ipsilon*), se aplicó Lorsban (Chlorpyrifos) a razón de 400 ml, en 200 l de agua. Esta labor se efectuó el 05 de junio del 2023 (17 días dds).

Posteriormente haciendo daños al cogollo y a las primeras hojas que venían saliendo se

presentó el “gusano cogollero” (*Spodoptera frugiperda*), para el control de dicha plaga se efectuaron dos aplicaciones, en ambos casos se utilizó Dipterex (Trichlorfon) 2.5 G, a razón de 10 kg/ha, estas labores se efectuaron el 19 de junio (31 dds) y el 08 de julio (51 dds), respectivamente.

No se identificaron problemas fitopatológicos, al menos a nivel de daño económico, por lo que no fue necesario tomar ninguna medida de control.

2.9.10 Cosecha

Esta labor consistió en efectuar la cosecha del surco central, cuando las plantas presentaron su madurez de cosecha y se llevó a cabo el 07 de octubre del 2023 (142 dds), se procedió a la separación de las mazorcas de las plantas, las mismas que fueron conducidas a la “era”, para medir si el grano había alcanzado el contenido de humedad comercial de 12 a 14%, procediéndose al desgrane, labor que se llevó a cabo el 08 de octubre del 2023.

2.10 Características evaluadas

Las variables evaluadas fueron:

a) Rendimiento de grano seco por parcela y ha (Kg):

Siendo la característica de mayor importancia, se logró la información necesaria para obtener el rendimiento de grano seco por parcela, para tal fin se procedió al desgrane de la mazorcas del surco central de cada parcela experimental, ese resultado se llevo a hectárea, utilizando una regla de tres simple.

b) Altura de planta (Cm):

Esta característica se evaluó en la fase fenológica del espigado (floración femenina), en cinco plantas de cada unidad experimental, midiendo desde el cuello del tallo de la planta, hasta el inicio de la panoja de la planta.

c) Altura de inserción de mazorca (m):

Se utilizaron las mismas plantas de la evaluación anterior, para este caso se midió con una wincha, desde el cuello del tallo, hasta el asiento de la mazorca mejor conformada de la planta.

d) Longitud de la mazorca (cm):

Posteriormente a la cosecha, se efectuó esta medición en el laboratorio en 10 mazorcas que se tomaron al azar de cada parcela experimental, desde la base del inicio de las hileras de granos, hasta el pico de la tusa del choclo, obteniéndose luego el promedio por cada mazorca. Se llevó a cabo cuando las mazorcas habían

logrado la humedad comercial (12 a 14%).

e) Diámetro de la mazorca (mm):

En esta característica se utilizó la muestra anterior de las diez mazorcas, midiéndose en la parte media de la mazorca, para tal fin se empleó un calibrador “vernier”, para mayor exactitud, obteniéndose posteriormente el promedio aritmético por mazorca.

f) Área foliar (cm²):

Para la obtención del área foliar, fue necesario tomar la siguiente información:

- Número de hojas por planta: Tomada de cinco plantas elegidas al azar por cada parcela experimental, registrándose el número total de hojas de cada planta y posteriormente obtener la media aritmética por planta.
- Longitud de la hoja por planta: En este caso la muestra correspondió a tres hojas al azar de cada planta tomada en la unidad experimental y se calculó desde la lígula hasta el ápice terminal de la hoja, para luego hallar el promedio aritmético por hoja.
- Ancho de la hoja: En las mismas hojas utilizadas en la evaluación anterior se midió en la parte más ancha de la hoja, luego se obtuvo el promedio aritmético por hoja.

Para obtener el área por cada hoja se aplicó la siguiente fórmula:

$$Y = 0.75 \times \text{longitud} \times \text{ancho}$$

Para obtener el área foliar por cada planta se multiplico Y x número de hojas de planta

g) Peso de mazorca (g):

En esta característica, se utilizaron diez mazorcas tomadas al azar de la cosecha del surco central, pesándose en una balanza digital, para posteriormente obtener el promedio aritmético por mazorca.

h) Peso de grano por mazorca (g):

Se procedió al desgrane de las 10 mazorcas de la evaluación anterior, se pesó y luego se dividió entre el total de las mazorcas (grano + tusa).

III. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las evaluaciones de las características de crecimiento y componentes de rendimiento del cultivo de maíz en estudio.

En la Tabla 7, del análisis de varianza realizado para el rendimiento de grano seco de maíz por parcela, por efecto de la nutrición complementaria con lodos industriales en Ica, se ha encontrado diferencia altamente significativa para repeticiones y el factorial x testigo y diferencias significativas para tratamientos, con un coeficiente de variación de 12.19%.

TABLA 7

ANOVA DEL RENDIMIENTO DE MAÍZ GRANO SECO POR PARCELA, POR EFECTO DE LA NUTRICIÓN COMPLEMENTARIA CON LODOS INDUSTRIALES EN ICA

F.V	G.L	S.C	C.M	F.c	F.t		NIVEL SIG.
					0.05	0.01	
Repeticiones	04	4.057	1.014	4.04	2.63	3.89	**
Tratamientos	09	6.531	0.726	2.89	2.15	2.94	*
Lodo Orgánico (D)	02	0.159	0.080	0.32	3.26	5.25	N.S
Dosis nitrógeno (N)	02	1.853	0.927	3.69	3.26	5.25	N.S
D x N	04	0.956	0.239	0.95	2.63	3.89	N.S
Factorial x testigo	01	3.562	3.562	14.18	4.11	7.39	**
Error Experimental	36	9.044	0.251	----	----	----	----
Total	49	19.632	----	----	----	----	----
C.V (%)	12.19						
Promedio General	4.112 kg/parc.						

Nota: *.- Existe diferencia significativa con 95% de confiabilidad

**.- Existe diferencia altamente significativa con 99 % de confiabilidad.

TABLA 8

PRUEBA DE "DUNCAN" DEL RENDIMIENTO DE MAÍZ GRANO SECO POR PARCELA, POR EFECTO DE LA NUTRICIÓN COMPLEMENTARIA CON LODOS INDUSTRIALES EN ICA

CLAVE	TRATAMIENTOS		PROMEDIO		DUNCAN α 0.05	O.M
	Lodo Orgánico t/ha	Dosis nitrógeno kg/ha	Kg/parc.	kg/ha		
03	5.00	100	4.719	8426.79	a	1ro
04	10.00	00	4.389	7837.50	a b	1ro
09	20.00	100	4.359	7783.93	a b	1ro
07	20.00	00	4.261	7608.57	a b	1ro
06	10.00	100	4.218	7532.86	a b	1ro
02	5.00	50	4.080	7285.71	a b	1ro
01	5.00	00	4.054	7239.29	a b	1ro
08	20.00	50	3.903	6969.64	a b c	1ro
05	10.00	50	3.832	6842.86	b c	2do
10	00	00	3.312	5914.29	c	3ro

Nota: Los tratamientos con la misma letra no presentan diferencias estadísticas entre sí.

Efectuada la Prueba de "Duncan" (Tabla 8), confirmando la exigencia de esta prueba, se encontró que ocho tratamientos ocuparon el primer lugar con valores que fluctuaron de 8,426.79 kg de

maíz/ha para la clave 3 (5 t de lodo x 100 kg/ha de N) a 6,969.64 kg/ha de maíz de la clave 8 (20 t de lodo x 50 kg/ha de N); en el segundo lugar se ubicó la clave 5 (10 t de lodo x 50 kg/ha de N) y en el tercer lugar la clave 10 (Testigo), con 6,842.86 y 5,914.29 kg/ha de maíz, respectivamente.

EFECTOS SIMPLES

Realizada la prueba de “Duncan”, para determinar el efecto en cada uno de los factores en estudio, en el rendimiento grano seco de maíz, que se presenta en la Tabla 9 se encontró lo siguiente:

Con relación al factor Lodo Orgánico y confirmando los resultados del análisis de variancia, no se determinaron diferencias estadísticas entre las dosis estudiadas, fluctuando los resultados del nivel d1 (5 t/ha), con 7,50.60 kg/ha de maíz a d3 (20 t/ha), con 7,404.40 kg/ha de maíz

Mientras que en el factor niveles de nitrógeno, se determinó diferencias estadísticas, ubicándose en el primer lugar los niveles n2 (100 kg/ha) y n0 (00 nitrógeno), los valores variaron de 7,914.52 kg/ha para el nivel n2 y 7,561.79 kg/ha de maíz del nivel n0 (00 kg/ha). En el segundo lugar se ubicó el nivel n1 (50 kg/ha), con 7,032.74 kg/ha de maíz grano seco.

TABLA 9

PRUEBA DE “DUNCAN” DEL RENDIMIENTO GRANO SECO DE MAÍZ EN CADA UNO DE LOS FACTORES EN ICA

FACTOR LODO ORGANICO

CLAVE	NIVEL t/ha	RENDIMIENTO		DUNCAN	O.M
		Kg/parc.	kg/ha		
d1	5.00	4.284	7650.60	a	---
d3	20.00	4.174	7454.05	a	---
d2	10.00	4.146	7404.40	a	---

FACTOR DOSIS DE NITROGENO

CLAVE	NIVEL kg/ha	RENDIMIENTO		DUNCAN	O.M
		Kg/parc.	kg/ha		
n2	100	4.432	7914.52	a	1ro
n0	00	4.235	7561.79	a b	1ro
n1	50	3.938	7032.74	b	2do

Nota: Los tratamientos con la misma letra no presentan diferencias estadísticas entre sí.

Características morfométricas del maíz

Los cuadrados medios del análisis de variancia para altura de planta (Tabla 10), indican diferencias significativas para la fuente factorial x testigo, no encontrándose diferencias estadísticas para las otras fuentes de variación, siendo el coeficiente de variabilidad obtenido de 13.96 %.

TABLA 10

CUADRADOS MEDIOS DE LOS ANÁLISIS DE VARIANCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS ESTUDIADAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ EN ICA

F.V.	G.L	C.M.	C.M	C.M	C.M
		Altura de planta	Altura inser. Mazorca	Longitud mazorca	Diámetro mazorca
Repeticiones	04	0.137	0.085**	3.355	0.303**
Tratamientos	09	0.059	0.021	4.433**	0.041
Lodo Orgánico (D)	02	0.004	0.002	1.195	0.039
Dosis Nitrógeno (N)	02	0.037	0.006	5.787*	0.015
D x N	04	0.031	0.014	0.730	0.041
Factorial x testigo	01	0.323*	0.112*	23.014**	0.094
Error Experimental	36	0.058	0.021	1.431	0.060
Total	49	-----	-----	-----	-----
C. V (%)		13.96	20.45	8.76	5.32
Promedio General		1.72 m	0.71 m	13.65 cm	4.62 cm

Nota: *.- Existe diferencia significativa con 95% de confiabilidad

**.- Existe diferencia altamente significativa con 99 % de confiabilidad.

Los cuadrados medios de los análisis de variancia para Altura de inserción a la mazorca que se expone en la Tabla 10, determinaron diferencias altamente significativas para repeticiones y diferencias significativas para la fuente factorial x testigo, el coeficiente de variabilidad fue de 20.45 %.

Mientras que esta prueba estadística para largo de mazorca, determinaron diferencias altamente significativas para las fuentes de variación, tratamientos y factorial x testigo y diferencias significativas para el factor dosis de nitrógeno, el coeficiente de variabilidad fue de 8.76 %.

En el caso del ancho de mazorca los cuadrados medios de los análisis de variancia (Tabla 10), determinaron diferencias altamente significativas entre repeticiones, más no para las otras fuentes de variación, el coeficiente de variabilidad fue de 5.32 %.

TABLA 11

ORDEN DE MÉRITO SEGÚN LA PRUEBA DE "DUNCAN" DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS ESTUDIADAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ EN ICA

Clave	Tratamientos		Altura de planta		Altura inserción mazorca		Largo mazorca		Ancho mazorca	
	Lodo Org. t/ha	Dosis N kg/ha	m	O.M	m	O.M.	cm	O.M.	cm	O.M
01	5.00	00	1.68	1ro	0.69	1ro	13.747	2do	4.654	---
02	5.00	50	1.81	1ro	0.79	1ro	13.674	2do	4.664	---
03	5.00	100	1.72	1ro	0.68	1ro	15.050	1ro	4.724	---
04	10.00	00	1.77	1ro	0.71	1ro	14.150	1ro	4.784	---
05	10.00	50	1.68	1ro	0.70	1ro	13.083	2do	4.628	---
06	10.00	100	1.85	1ro	0.75	1ro	14.393	1ro	4.518	---
07	20.00	00	1.69	1ro	0.71	1ro	13.967	1ro	4.568	---
08	20.00	50	1.70	1ro	0.71	1ro	12.896	2do	4.592	---
09	20.00	100	1.85	1ro	0.80	1ro	13.914	1ro	4.580	---
10	00	00	1.48	2do	0.57	2do	11.613	3ro	4.810	---

Nota: Resultados de la prueba de "Duncan"

El orden de mérito según la prueba de "Duncan" que se presenta en la tabla 11, para altura de planta, ratificó los resultados del análisis de variancia, ocupando el primer lugar nueve

tratamientos, variando los resultados de 1.85 m de altura de planta de la clave 9 (20 t/ha lodo x 100 kg/ha de N), a 1.68 m de la clave 1 (5 t/ha lodo x 00 kg/ha de N); en el segundo y último lugar se ubicó la clave 10 (Testigo), con 1.48 m de altura de planta.

El orden de mérito según la prueba de “Duncan” para altura de inserción a la mazorca, que se presenta en la Tabla 11, por ser una prueba más exigente, determinó diferencias estadísticas entre los tratamientos, ubicándose en el primer lugar nueve tratamientos, con valores que variaron de 0.80 m de altura de inserción para la clave 9 (10 t/ha lodo x 100 kg/ha de N), a 0.68 m de la clave 3 (5 t/ha lodo x 100 kg/ha de N): en el segundo y último lugar se ubicó la clave 10 (testigo) con 0.57 m de altura de inserción a la mazorca.

Con respecto al largo de mazorca, el orden de mérito según la prueba de “Duncan” (Tabla 11), confirmó los resultados, estableciéndose diferencias estadísticas entre los tratamientos, ubicándose en el primer lugar siete tratamientos, con valores que variaron de 15.050 cm de largo de mazorca para la clave 3 (5 t/ha lodo x 100 kg/ha de N), a 13.674 cm de la clave 2 (5 t/ha lodo x 50 kg/ha de N): en el segundo lugar se ubicaron las clave 5 (10 t/ha lodo x 50 N) y 8 (20 t/ha lodo x 50 N), con 13.083 y 12.896 cm de largo de mazorca, respectivamente. En el tercer y último lugar la clave 10 (testigo), con 11.613 cm de largo de mazorca.

Mientras que, en ancho de mazorca, el orden de mérito según la prueba de “Duncan” (Tabla 11), confirmó los resultados del análisis de variancia, no determinándose diferencias estadísticas por efecto de los tratamientos estudiados, los resultados variaron de 4.784 cm de ancho de mazorca para la clave 4 (10 t/ha lodo x 00 kg/ha de N), a 4.490 cm de la clave 10 (Testigo sin aplicación).

EFFECTOS SIMPLES

Realizada la prueba de “Duncan”, para determinar el efecto en cada uno de los factores en estudio, en la característica altura de planta, que se presenta en la Tabla 12, se encontró lo siguiente:

Con relación al factor Lodo Orgánico y confirmando los resultados del análisis de variancia, no se determinaron diferencias estadísticas entre las dosis estudiadas, fluctuando los resultados del nivel d2 (10 t/ha), con 1.76 m de altura de planta, al nivel d1 (5 t/ha), que obtuvo 1.73 m de altura de planta.

En el factor niveles de nitrógeno, en donde tampoco se encontraron diferencias entre los niveles estudiados, los valores variaron de 1.80 m de altura de planta para el nivel n2 (100 kg/ha) a 1.71 m, del nivel n0 (00 de N).

Realizada la prueba de “Duncan”, para determinar el efecto en cada uno de los factores en estudio, de altura de inserción a la mazorca, que se presenta en la Tabla 12 se encontró lo siguiente:

Con relación al factor Lodo Orgánico y confirmando los resultados del análisis de variancia, no se determinaron diferencias estadísticas entre las dosis estudiadas, fluctuando los resultados del

nivel d3 (20 ton/ha), con 0.74 m de altura de inserción, a los niveles d1 (5 ton/ha) y d2 (10 ton/ha), que obtuvieron 0.72 m de altura de inserción a la primera mazorca.

TABLA 12

ORDEN DE MÉRITO SEGÚN LA PRUEBA DE "DUNCAN" DE LOS EFECTOS SIMPLES DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS ESTUDIADAS EN MAÍZ EN CADA UNO DE LOS FACTORES EN ICA

FACTOR LODO ORGANICO

CLAVE	NIVEL ton/ha	Altura de planta		Altura inserción mazorca		Largo mazorca		Ancho mazorca	
		m	O.M	m	O.M	cm	O.M	cm	O.M
d1	5.00	1.73	---	0.72	---	14.157	---	4.681	---
d2	10.00	1.76	---	0.72	---	13.876	---	4.643	---
d3	20.00	1.74	---	0.74	---	13.592	---	4.580	---

FACTOR DOSIS NITROGENO

CLAVE	NIVEL kg/ha	Altura de planta		Altura inserción 1ra mazorca		Largo mazorca		Ancho mazorca	
		m	O.M	m	O.M	cm	O.M	cm	O.M
n0	00	1.71	---	0.70	---	13.954	1ro	4.669	---
n1	50	1.73	---	0.73	---	13.218	2do	4.628	---
n2	100	1.80	---	0.74	---	14.452	1ro	4.607	---

Nota: Resultados de la prueba de "Duncan"

En el factor niveles de nitrógeno, tampoco se encontraron diferencias entre los niveles estudiados, los valores variaron de 0.74 m de altura de inserción para el nivel n2 (100 kg/ha) a 0.70 m, del nivel n0 (0 de N).

Con respecto a la característica largo de mazorca, efectuada la prueba de "Duncan", para determinar el efecto en cada uno de los factores en estudio, en esta característica, que se presenta en la Tabla N° 12 se encontró lo siguiente:

Con relación al factor Lodo Orgánico y confirmando los resultados del análisis de variancia, no se determinaron diferencias estadísticas entre las dosis estudiadas, fluctuando los resultados del nivel d1 (5 ton/ha), con 14.157 cm de largo de mazorca, al nivel d3 (20 ton/ha), que obtuvo 13.592 cm de largo de mazorca.

En el factor niveles de nitrógeno, se encontraron diferencias entre los niveles estudiados, el primer lugar lo ocuparon n2 (100 kg/ha de N) y n0 (00 de N), con 14.452 y 13.954 cm de largo de mazorca, respectivamente; el segundo lugar fue ocupado por el nivel n1 (50 kg/ha de N), con 13.218 cm de largo de mazorca.

Realizada la prueba de "Duncan", para determinar el efecto en cada uno de los factores en estudio, en el ancho de la mazorca, que se presenta en la Tabla 12, se encontró lo siguiente:

Con relación al factor Lodo Orgánico y confirmando los resultados del análisis de variancia, no se determinaron diferencias estadísticas entre las dosis estudiadas, fluctuando los resultados del nivel d1 (5 t/ha), con 4.681 cm de ancho de mazorca, al nivel d3 (20 t/ha), que obtuvo 4.580 cm de ancho de mazorca.

En el factor niveles de nitrógeno, en donde tampoco se encontraron diferencias entre los niveles estudiados, los valores variaron de 4.669 cm de ancho de mazorca del nivel n0 (00 kg/ha), a 4.607 cm de ancho de mazorca para el nivel n2 (100 kg/ha de nitrógeno).

Componentes de rendimiento del maíz

Los cuadrados medios de los análisis de variancia para área foliar (Tabla 13), no presentaron diferencias estadísticas para ninguna de las fuentes de variación, el coeficiente de variabilidad fue de 19.82%.

Los cuadrados medios de los análisis de variancia para peso de mazorca (Tabla 13), determinaron diferencias altamente significativas para las fuentes de variación repeticiones y factorial x testigo, el coeficiente de variabilidad fue de 15.07%.

Mientras que los cuadrados medios de los análisis de variancia para el peso de granos por mazorca (Tabla 13), determinaron diferencias altamente significativas para repeticiones y factorial x testigo, el coeficiente de variabilidad fue de 14.62%.

TABLA 13

CUADRADOS MEDIOS DE LOS ANÁLISIS DE VARIANCIA DE LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO ESTUDIADOS EN EL CULTIVO DE MAÍZ EN ICA

F.V.	G.L	C.M. Area foliar	C.M Peso de Mazorca	C.M Peso grano/mazor.
Repeticiones	04	3406756.974	3066.380**	3149.883**
Tratamientos	09	4624732.504	987.521	745.831
Lodo Orgánico (D)	02	2831002.030	542.874	162.277
Dosis Nitrógeno (N)	02	934181.494	744.096	1015.073
D x N	04	5105836.869	117.069	84.162
Factorial x testigo	01	13668878.008	5845.472**	4021.132**
Error Experimental	36	2155935.283	644.053	429.955
Total	49	----	-----	-----
C.V (%)		19.82	15.07	14.62
Promedio General		7409.57 cm ²	168.42 g	141.79 g

Nota: *.- Existe diferencia significativa con 95% de confiabilidad

**.- Existe diferencia altamente significativa con 99 % de confiabilidad.

El orden de mérito según la prueba de “Duncan” que se presenta en la Tabla 14, para área foliar, por ser una prueba más exigente, determinó que ocho tratamientos ocuparon el primer lugar, fluctuando los resultados de 8,673 cm² de área foliar para la clave 4 (10 t/ha lodo x 00 kg/ha de N), a 7,313 cm² de la clave 6 (10 t/ha lodo x 100 kg/ha de N); en el segundo y último lugar se ubicaron las claves 1 (5 t/ha de lodo x 00 de N) y la clave 10 (Testigo), con 5,848 y 5,841 cm² de área foliar, respectivamente.

TABLA 14

ORDEN DE MÉRITO SEGÚN LA PRUEBA DE "DUNCAN" DE LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO ESTUDIADOS EN EL CULTIVO DE MAÍZ

CLAVE	TRATAMIENTOS		Area Foliar		Peso de mazorca		Peso grano/mazorca	
	Lodo Org. t/ha	Dosis N kg/ha	cm ²	O.M	g	O.M.	g	O.M.
01	5.00	00	5848	2do	181.760	1ro	143.742	1ro
02	5.00	50	8023	1ro	168.446	1ro	141.526	1ro
03	5.00	100	7376	1ro	185.094	1ro	160.352	1ro
04	10.00	00	8673	1ro	174.826	1ro	146.798	1ro
05	10.00	50	7525	1ro	166.502	1ro	132.924	1ro
06	10.00	100	7314	1ro	172.042	1ro	147.630	1ro
07	20.00	00	7375	1ro	163.726	1ro	143.360	1ro
08	20.00	50	7521	1ro	158.178	1ro	135.420	1ro
09	20.00	100	8599	1ro	177.602	1ro	151.240	1ro
10	00	00	5841	2do	135.978	2do	114.884	2do

Nota: Resultados de la prueba de "Duncan"

En el caso de peso de mazorca, el orden de mérito según la prueba de "Duncan" que se presenta en la Tabla 14, ratificó los resultados del análisis de variancia, encontrándose diferencias entre los tratamientos, ubicándose en el primer lugar nueve tratamientos; los resultados variaron de 185.094 g de la clave 3 (5 t/ha lodo x 100 kg/ha de N), a 158.178 g de la clave 8 (20 t/ha lodo x 50 kg/ha de N). El segundo y último lugar lo ocupa el tratamiento con clave 10 (Testigo), con 135.978 g.

Mientras que el orden de mérito según la prueba de "Duncan" para peso de granos por mazorca, que se presenta en la Tabla 14, detectó algunas diferencias entre los tratamientos estudiados, ubicándose en el primer lugar nueve tratamientos con resultados que variaron de 160.352 g de peso de grano/mazorca de la clave 3 (5 t/ha lodo x 100 kg/ha de N), a 132.924 g de la clave 5 (10 t/ha lodo x 50 kg/ha de N); en el segundo lugar se ubicó el tratamiento con clave 10 (testigo), con 114.884 g.

EFFECTOS SIMPLES

Realizada la prueba de "Duncan", para determinar el efecto en cada uno de los factores en estudio para área foliar, que se presenta en la Tabla 15, se encontró lo siguiente:

Con relación al factor Lodo Orgánico confirmando los resultados del ANVA, no se determinaron diferencias estadísticas entre las dosis estudiadas, fluctuando los resultados del nivel d2 (10 t/ha), con obtuvo 7,837 cm² de área foliar, a la clave d1 (5 t/ha), con 7,082 cm².

En el factor niveles de nitrógeno, no se encontraron diferencias entre los niveles estudiados, los valores variaron de 7,763 cm² de área foliar para el nivel N2 (100 kg/ha), a 7,229 cm² para el nivel n0 (0 de nitrógeno).

En el caso de la característica peso de mazorca, realizada la prueba de "Duncan", para determinar el efecto en cada uno de los factores en estudio (Tabla 15), se encontró lo siguiente:

Con relación al factor lodo orgánico no se encontraron diferencias estadísticas entre las dosis estudiadas, los resultados fluctuaron de 178.433 g de peso de mazorca de la clave d1 (5 t/ha), a 166.502 g de la clave d3 (20 t/ha).

En el factor niveles de nitrógeno, tampoco se encontraron diferencias entre los niveles estudiados, variando los resultados de 178.242 g de peso de mazorca para el nivel n2 (100 kg/ha de N), a 164.375 g, para el nivel n0 (00 de N).

TABLA 15

ORDEN DE MÉRITO SEGÚN LA PRUEBA DE "DUNCAN" DE LOS EFECTOS SIMPLES DE LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO ESTUDIADOS EN MAÍZ EN CADA UNO DE LOS FACTORES

FACTOR LODO ORGANICO

CLAVE	NIVEL t/ha	Area Foliar		Peso de mazorca		Peso grano/mazorca	
		cm ²	O.M	g	O.M	g	O.M
d1	5.00	7082	---	178.433	---	148.540	---
d2	10.00	7837	---	171.123	---	143.340	---
d3	20.00	7832	---	166.502	---	142.451	---

FACTOR DOSIS NITROGENO

CLAVE	NIVEL kg/ha	Area Foliar		Peso de mazorca		Peso grano/mazorca	
		cm ²	O.M	g	O.M	g	O.M
n0	00	7299	---	173.437	---	144.633	1ro
n1	50	7690	---	164.375	---	136.623	2do
n2	100	7763	---	178.246	---	153.074	3ro

Nota: Resultados de la prueba de "Duncan"

Mientras que, en peso de grano por mazorca, efectuada la prueba de "Duncan", para determinar el efecto en cada uno de los factores en estudio (Tabla 15), se encontró lo siguiente:

Con relación al factor lodo orgánico no se encontraron diferencias estadísticas entre las dosis estudiadas, los resultados fluctuaron de 148.540 g de peso de grano/mazorca de la clave d1 (5 t/ha), a 142.451 g de la clave d2 (10 t/ha).

En el factor niveles de nitrógeno, se encontraron diferencias entre los niveles estudiados, el primer lugar lo ocuparon los niveles n2 (100 kg/ha de N) y n0 (00 de N), con 153.074 y 144.633 g de peso de grano/mazorca; el nivel n1 (50 kg/ha de N), obtuvo solo 136.623 g.

IV DISCUSIÓN

Iniciamos este capítulo haciendo un observación de las variables intervinientes, pues de una u otra forma tienen algún grado de influencia sobre el efecto de los tratamientos estudiados en las características evaluadas.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL SUELO

En la tabla 1 se presentan los resultados del análisis físico del suelo, que muestran que el suelo presentó una textura franco arenosa, indicando su buen drenaje y características adecuadas para el crecimiento radicular del maíz.

Mientras que las características químicas (tabla 2), presentan a un suelo característico de los suelos de la costa central de nuestro país, siempre con bajo contenido de materia orgánica y por tanto de nitrógeno, el elemento fósforo se presenta medio por las características de la agricultura en donde se desarrolló el experimento; mientras que la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es media, sin embargo el catión calcio se encuentra en un nivel alto, mientras que el magnesio, sodio y potasio se presentan en niveles bajos, así mismo se puede notar un contenido medio de calcáreo, y una alcalinidad moderada, con un pH ligeramente alcalino, asumiéndose que estas condiciones no fueron limitantes para el cultivo instalado.

El maíz se adapta con preferencia a suelos de textura franca, con un pH que oscile entre 6 a 7,5, planteado por Noriega [34] también indican que sin embargo no es raro encontrar siembras de maíz con pH, mayores y menores de los planteados.

Villar [35] reseña que, en cuanto a tipos de suelos se adapta a una gran variedad de ellos, sin embargo, tiene preferencia por suelos de textura media, con buen drenaje y sueltos, mientras que el pH debe hallarse entre 5.5 y 7. También indica que es necesario garantizar una profundidad efectiva del perfil del suelo ya que puede significar un factor limitante, pues si existieran capas compactas podrían interferir con el crecimiento radicular, provocando limitaciones en la absorción de nutrientes o fisiológicos con un consecuente menor crecimiento de las raíces.

CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Las condiciones meteorológicas que se presentaron durante la conducción del experimento (Tabla 3), indican que la temperatura media varió de 21.7°C en mayo, a 19.1°C en el mes de julio, mientras que la temperatura máxima fluctuó de 28.8°C en el mes de octubre, a 25.8 en el mes de julio y las mínimas oscilaron de 14.8°C en mayo, a 12.2°C en el mes de octubre.

La información obtenida para horas de sol, dejar ver que fueron suficientes para permitir una buena actividad fotosintética de la planta de maíz, las mismas que oscilaron de 8.9 horas de sol diarias en el mes de octubre, a 6.6 en el mes de junio. En el caso de la humedad relativa varió de 84.2% en el mes de junio a 79.1% en setiembre, no tuvieron ninguna influencia decisiva en el

crecimiento y desarrollo de la planta de maíz, ni para otras condiciones.

En este caso Noriega [34] expresa que en las etapas de crecimiento de la planta las temperaturas optimas deben fluctuar entre 24 y 30°C, mientras que en la formación de las mazorcas, deben hallarse entre 20 a 32°C; Bonilla [36], indica que el maíz tiene propensión por climas relativamente cálidos, lo que no resulta bueno pues provoca una alta transpiración que causara que el cultivo requiera en mayor cantidad el recurso hídrico, en tal sentido se hace necesario ofrecer volúmenes apropiados de agua, durante la conducción del cultivo.

RENDIMIENTO DE MAIZ GRANO SECO

En cuanto a los resultados obtenidos podemos asumir que existió una respuesta favorable a la aplicación del lodo orgánico (Fig. 1), ya que a pesar que el cultivo de maíz es exigente en el elemento nitrógeno para la obtención de buenos rendimientos, tal como lo expone, Sánchez [19], en este caso los niveles bajos de dicho elemento no afectaron el rendimiento del cultivo, ya que el nivel 0 de nitrógeno en interacción con las diferentes dosis de lodo orgánico se ubican en el primer lugar del rendimiento de grano de maíz.

Podemos asumir que el alto contenido de materia orgánica del lodo y por tanto de nitrógeno (Anexo 3), fueron suficientes para abastecer los requerimientos de nitrógeno del cultivo de maíz, que tal como se ha explicado son importantes en este cultivo.

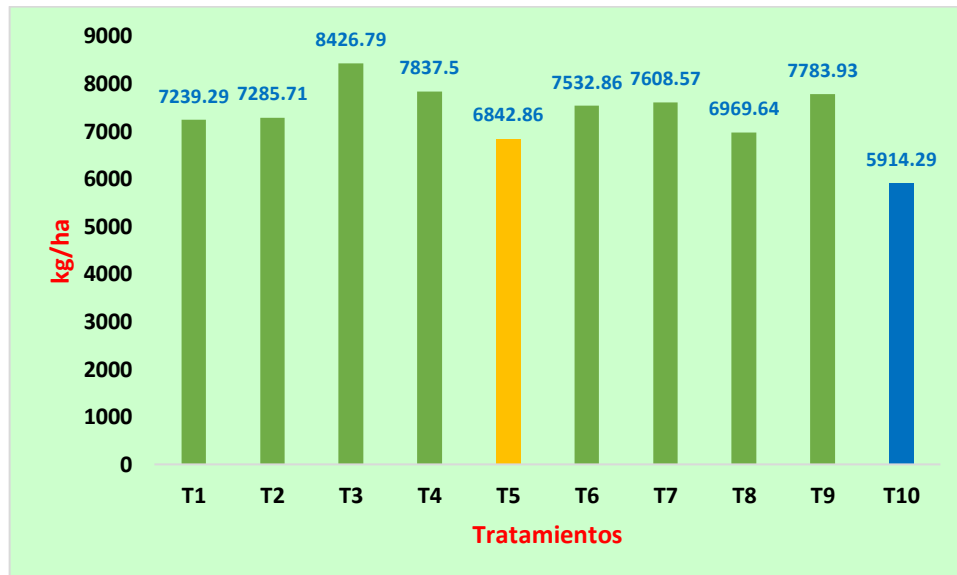


Fig. 1: Rendimiento de maíz grano seco

EFFECTOS SIMPLES

A pesar que las pruebas estadísticas no determinaron diferencias entre las dosis de lodo en estudio, se puede notar que numéricamente la dosis de 5 t/ha, (Fig. 2) tuvo el mejor comportamiento en cuanto a rendimiento, superando inclusive a la dosis más altas (10 y 20 t); estos resultados se sustentan en experiencias anteriores, principalmente la de Woo et al [7], quienes en su trabajo

sobre la aplicación de lodos activados y urea en el cultivo de maíz encontraron una mayor respuesta al aplicar 4 t ha^{-1} de lodo deshidratado, mientras que dosis mayores tuvieron un menor efecto positivo debido al alto contenido de sales, que tiene un efecto negativo directo e indirecto sobre la fisiología de las plantas.

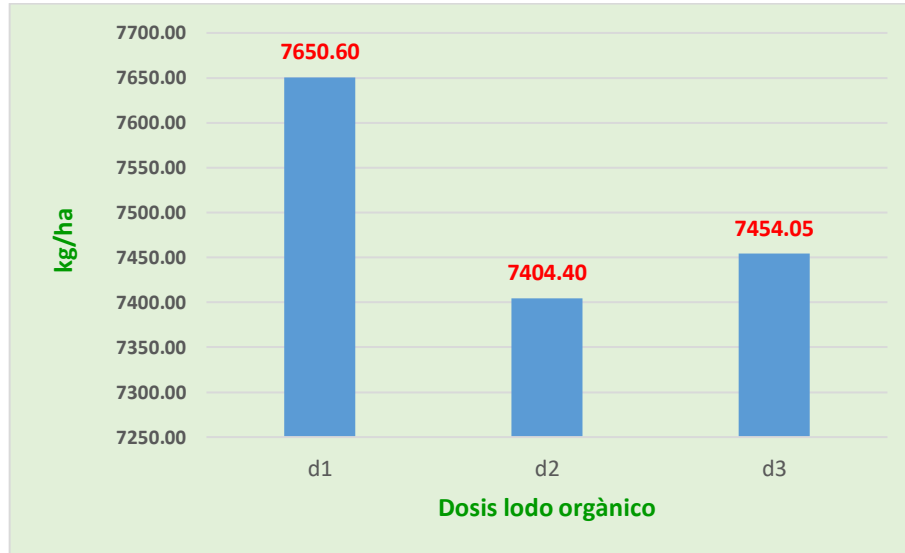


Fig. 2: Rendimiento de maíz grano seco según dosis de lodo

Mientras que en el factor niveles de nitrógeno (Fig. 3), se determinó diferencias estadísticas, entre los niveles, es conveniente resaltar que el nivel 0, obtuvo un buen rendimiento, esto se explicaría a que el nitrógeno requerido por el cultivo de maíz, fue suministrado fundamentalmente por la aplicación de los lodos orgánicos, habiendo sido estudiada esta posibilidad por Esparza et al [5], quienes evaluaron el efecto de la adición de lodos residuales de una industria de celulosa a suelos derivados de cenizas volcánicas andisoles, encontrando que con la incorporación de lodo se mejoró las propiedades físico-químicas, así como los niveles de N, P, CIC y de micronutrientes en el suelo.

Esto se refuerza en lo planteado por Ribo [6], quien indica que con la estrategia de fertilización seguida en los sistemas integrados que incluía la materia orgánica a base de lodos industriales, se logró reducir de forma sustancial las dosis de fertilizantes minerales aplicadas en los diferentes cultivos. En comparación con las dosis usuales en el cultivo convencional, se obtuvieron reducciones entre el 50 y 100% en el caso de fertilizantes nitrogenados y entre el 80 y 100% con los fosforados y potásicos.

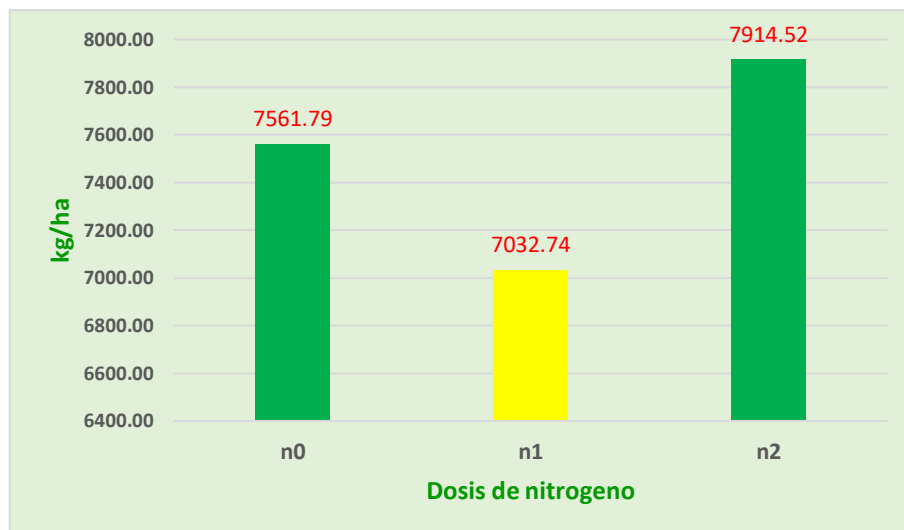


Fig. 3 Rendimiento de maíz grano seco según dosis de nitrógeno

ALTURA DE PLANTA

Los resultados como es de verse en la Fig. 4, no muestran una tendencia definida por efecto de los tratamientos, salvo en el testigo absoluto que ocupó el último lugar, asumiéndose que las diferencias numéricas encontradas se deben a la interacción genotipo-medio ambiente.

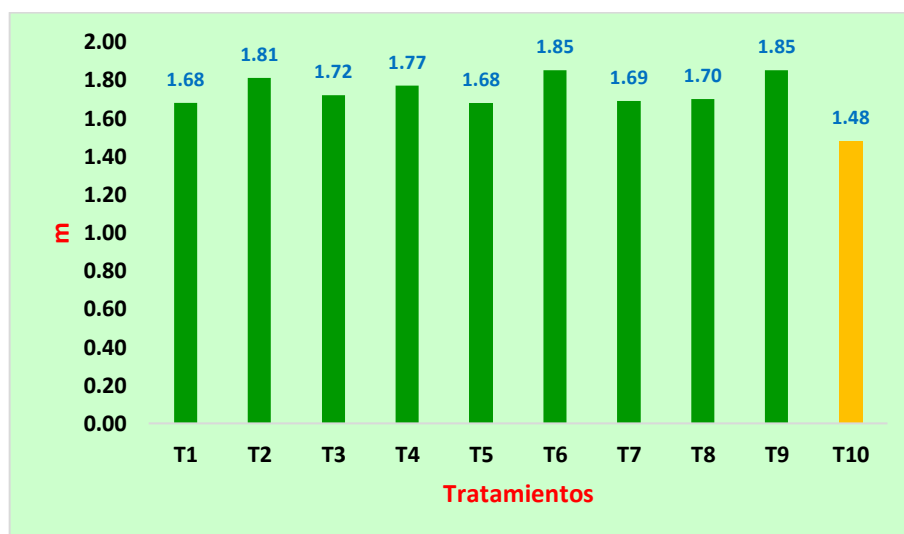


Fig. 4: Altura de planta

Resultados de trabajos anteriores indican que esta característica depende en mayor medida del efecto genético-medio ambiental, y de factores como el agua y nitrógeno; en este caso en particular hay que tener en cuenta que el alto contenido de nitrógeno en la materia orgánica de los lodos orgánicos y el nitrógeno sintético aplicado (Urea), fueron determinantes para que se diera un comportamiento similar en el crecimiento de las plantas, sin embargo también hay que anotar que el suelo experimental de textura arenoso, limitó un crecimiento mayor de las plantas, ya que en promedio del experimento, estas alcanzaron 1.72 m, siendo la característica normal del híbrido

que estas puedan alcanzar hasta 2.28 metros de altura de planta, se debe considerar lo planteado por Cornejo [20], indicando que dentro de las funciones del nitrógeno, está el de aumentar el crecimiento de todos los tejidos vivos.

EFFECTOS SIMPLES

A pesar de no haberse encontrado diferencias estadísticas entre los niveles de nitrógeno estudiados, es conveniente resaltar que numéricamente el nivel n2 (100 kg/ha de N), (Fig. 5), obtuvo la mayor altura de planta, esto se explica que al tener una mayor disponibilidad de nitrógeno las plantas utilizaron dicho elemento en su crecimiento vegetativo, hecho revelado por diversos autores, que conceden dicho efecto fisiológico al elemento nitrógeno; es así que Cornejo [20], menciona que dentro de su participación en la fisiología de la planta este elemento, entre otras funciones, aumenta el crecimiento de todos los tejidos vivos y su presencia en hormonas vegetales, como las auxinas, ejercen funciones reguladoras en el crecimiento de las plantas; sin embargo tal como lo plantea Ribo [6], el lodo puede haber influenciado para una mejor utilización del nitrógeno por las plantas, ya que incrementan la permeabilidad de las membranas celulares, facilitando la absorción de los elementos minerales disponibles.

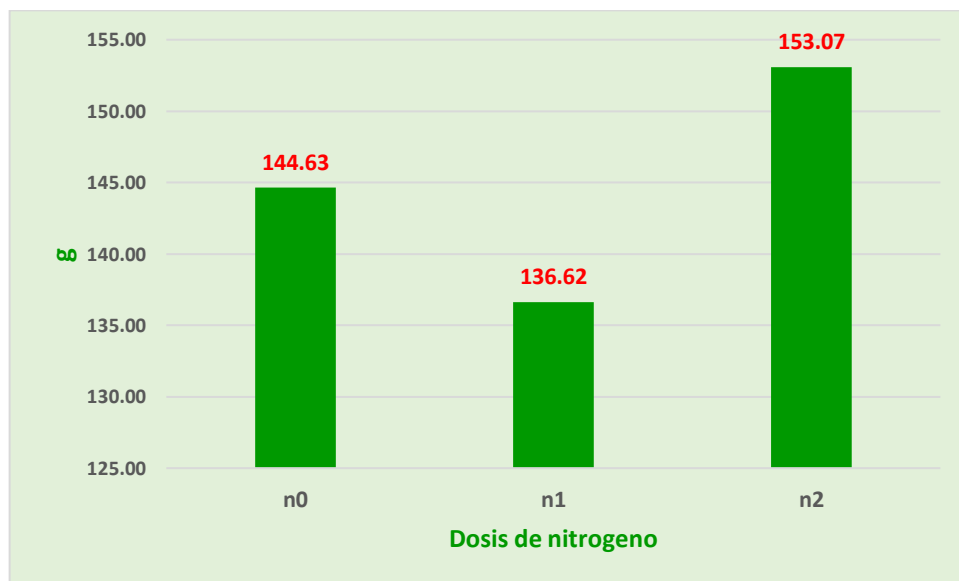


Fig. 5 Altura de planta según dosis de nitrógeno

ALTURA DE INSERCIÓN A LA MAZORCA

Los resultados para esta característica, siguen una tendencia coherente, con relación a los resultados obtenidos en altura de planta, encontrándose una disposición similar en esta característica de la altura de inserción a la mazorca, lo que nos indicaría que dicho factor está asociado a la anterior.

La fig. 6, nos indica una tendencia en la relación de esta característica, con la altura de planta, es así que los tratamientos con mayor altura de planta, T9 ((20 t/ha lodo x 100 kg/ha de N)), T2 ((5 t/ha lodo x 50 kg/ha de N)) y T6 (10 t/ha lodo x 100 kg/ha de N), también presentan la mayor

altura a la inserción a la mazorca, con 0.80, 0.79 y 0.75 m de altura a la inserción a la mazorca; los tratamientos con aplicaciones de lodo orgánico y nitrógeno, en promedio superaron al testigo sin aplicación en un 13%.

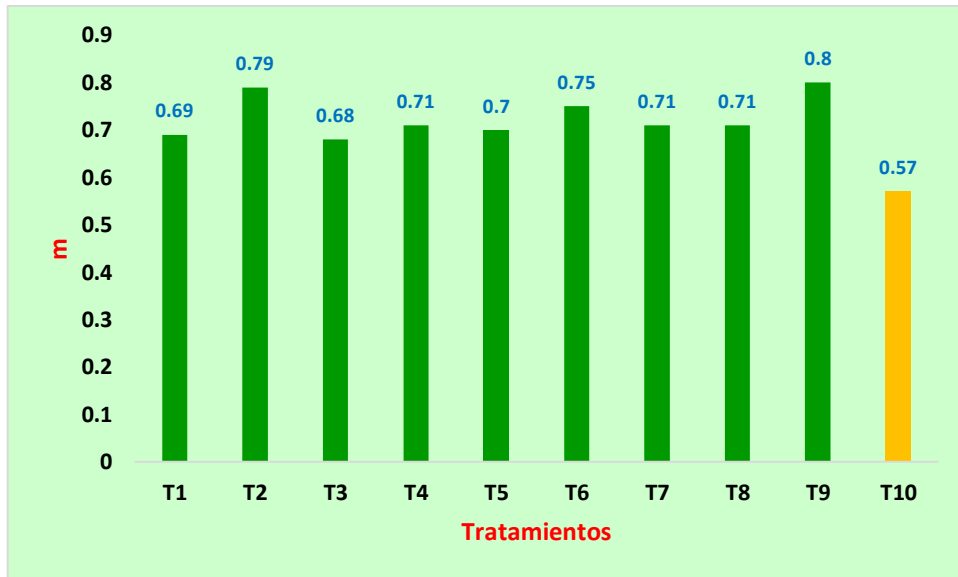


Fig. 6 Altura de inserción a la mazorca

EFFECTOS SIMPLES

Con respecto a los efectos simples, el comportamiento de las dosis de lodo y las dosis de nitrógeno, no presentaron diferencias estadísticas entre ellas, sin embargo, es bueno subrayar, que numéricamente los niveles más altos del lodo orgánico (20 t/ha) y del nitrógeno (100 kg/ha), superaron a los otros niveles como es de verse en las figuras 7 y 8.

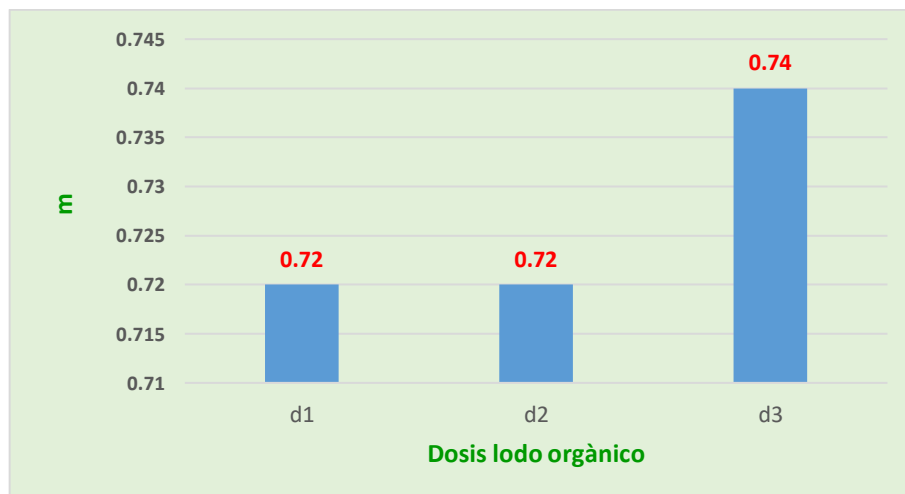


Fig. 7 Altura de inserción de la mazorca según dosis de lodo orgánico

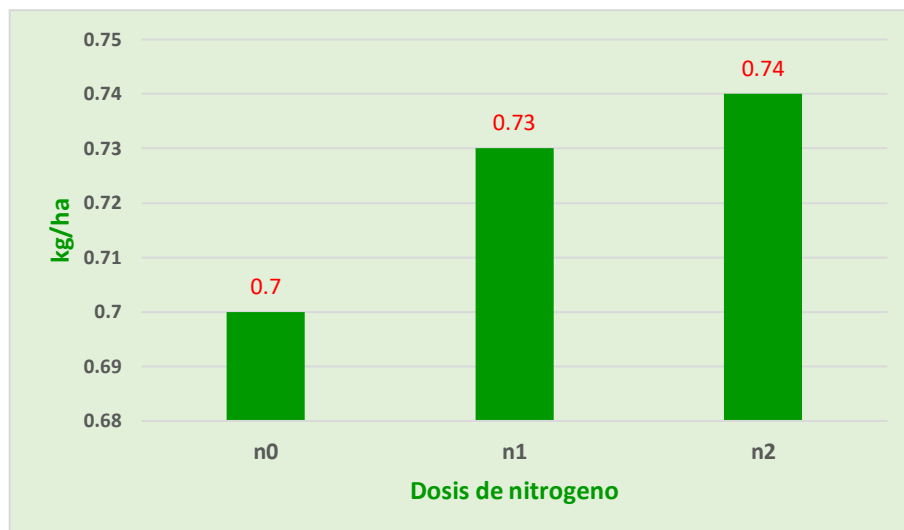


Fig. 8 Altura de inserción de la mazorca según dosis de nitrógeno

LARGO DE MAZORCA

Con respecto a esta característica los resultados obtenidos (Fig. 9), tienen una explicación coherente, considerando que el crecimiento de la mazorca se debe a una actividad metabólica de la planta, en la que el nitrógeno cumple una importante función, pues podemos ver que los tratamientos que tuvieron una mayor disponibilidad de nitrógeno, ya sea por el lodo y/o nitrógeno, se ubicaron en los primeros lugares, mientras que los tratamientos que se ubicaron en el segundo y último lugar tuvieron baja disponibilidad de este elemento, pues corresponde a las dosis bajas de lodos (5 t/ha) y medias de nitrógeno (50 kg/ha).

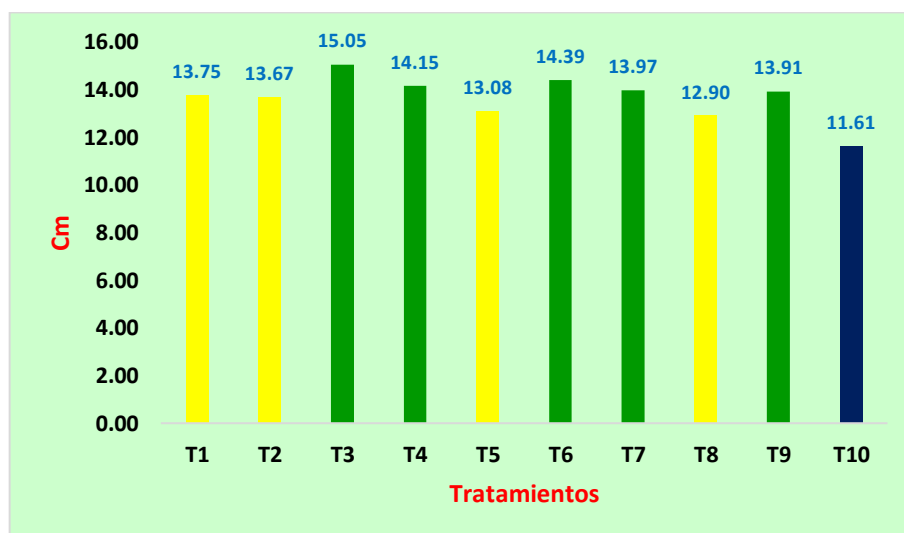


Fig. 9 Largo de mazorca

EFFECTOS SIMPLES

Los efectos de los niveles de nitrógeno (Fig. 10), fueron notorios, en este caso el nivel más alto de nitrógeno (100 kg/ha), mostro su efecto sobre el largo de mazorca, influyendo en la actividad metabólica del crecimiento y alargamiento de la mazorca, no siendo explicable la ubicación del nivel n0, en el primer lugar.

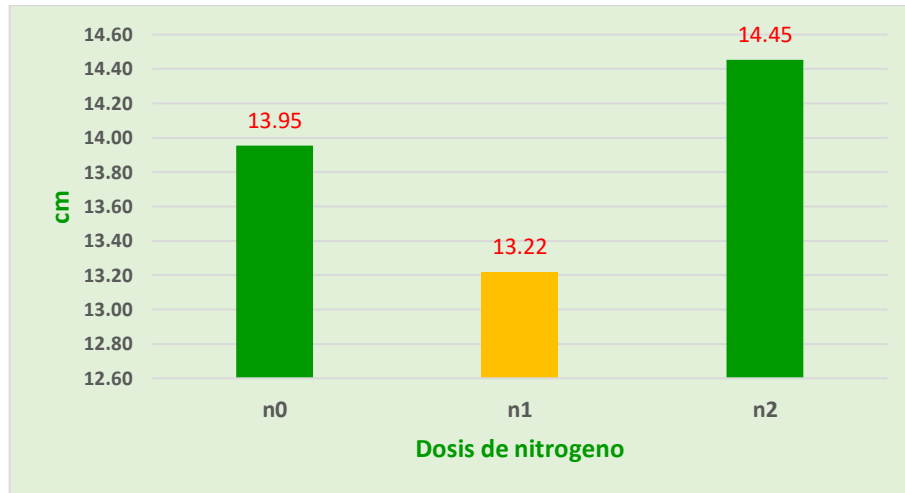


Fig. 10 Largo de mazorca según dosis de nitrógeno

Below [37], propone que para que se incremente el crecimiento y vigor de este órgano de la planta, es asegurando una buena provisión de nitrógeno para evitar que este limite la capacidad fotosintética de la planta, por lo que se ha establecido que dentro de ciertos límites una mayor dotación de nitrógeno, aumentara la posibilidad de obtener mazorcas de mayor tamaño.

ANCHO DE MAZORCA

Los resultados obtenidos (Fig. 11), no mostraron una tendencia definida por efecto de los tratamientos, solo cabe resaltar que numéricamente el testigo absoluto, obtuvo el mayor ancho de mazorca.



Fig. 11 Ancho de mazorca

Estos resultados ameritan un mayor estudio teniendo en consideración lo planteado por Tapia [38], quien plantea que el diámetro de mazorca es uno de los componentes de importancia en el rendimiento del cultivo de maíz, pues el ancho de la mazorca, indica que existen un mayor número de hileras y por consiguiente un mayor número de granos.

EFFECTOS SIMPLES

Los efectos simples tal como se puede ver en las figuras 12 (Lodos orgánicos) y 13 (Nitrogeno), presentaron resultados desconcertantes con respecto al conocimiento existente, en ambos casos los niveles mas bajos de ambos componentes presentaron numéricamente un mayor ancho de mazorca, lo que hace de necesidad un mayor análisis.

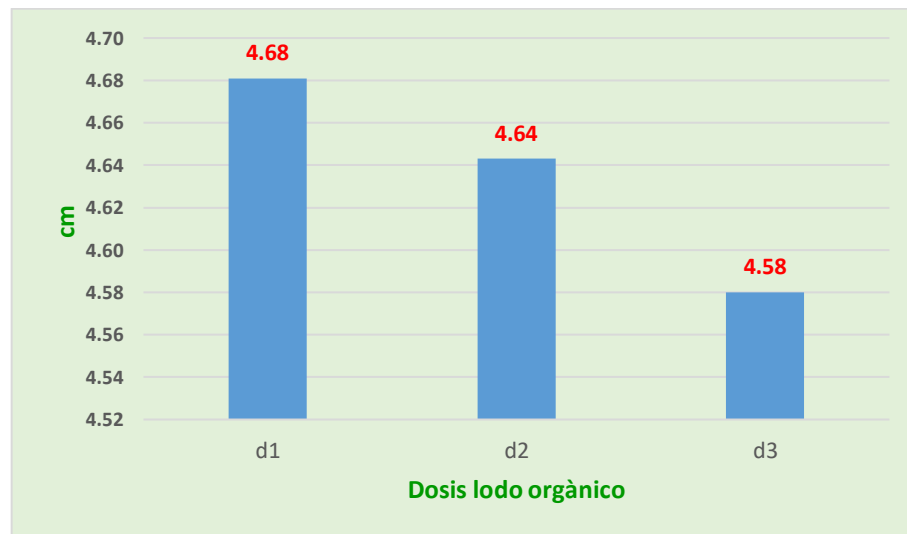


Fig. 12 Ancho de mazorca según dosis de lodo orgánico

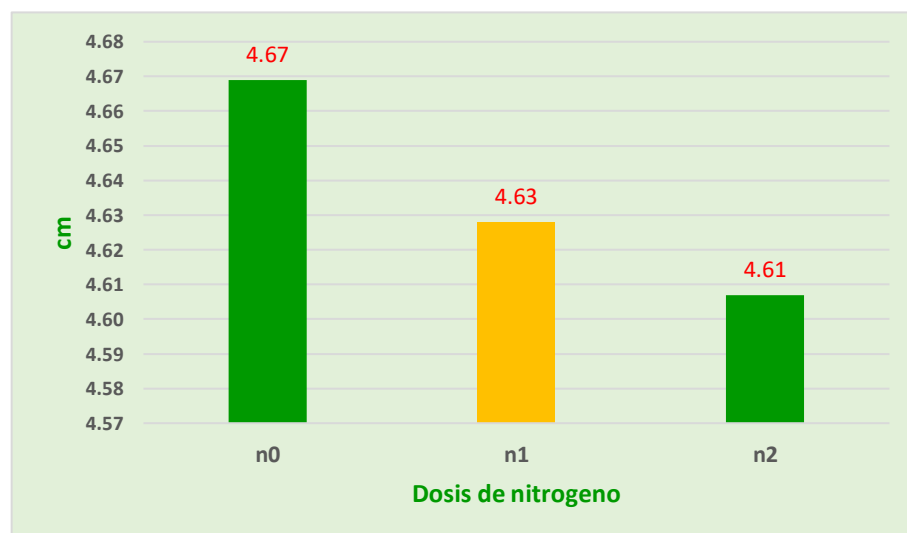


Fig. 13 Ancho de mazorca según dosis de nitrógeno

AREA FOLIAR

En el caso de esta característica (Fig. 14), nos permite visualizar un efecto positivo en el crecimiento foliar por efecto de los tratamientos aplicados, reforzando la hipótesis que los lodos orgánicos son una fuente importante del elemento nitrógeno, teniendo en consideración que los tratamientos con clave 4 y 7, tienen 0 de nitrógeno, salvo el tratamiento 1 que corresponde a la dosis más baja de lodo y sin el elemento nitrógeno, que en conjunto con el testigo absoluto, se ubican en el segundo lugar con el área foliar más baja; hay que tener en cuenta que contar con esta información, debido a que es el aparato fotosintético por excelencia, de suma importancia en la actividad fotosintética de la planta pudiéndose utilizar esta información en la aplicación de modelos agroambientales.

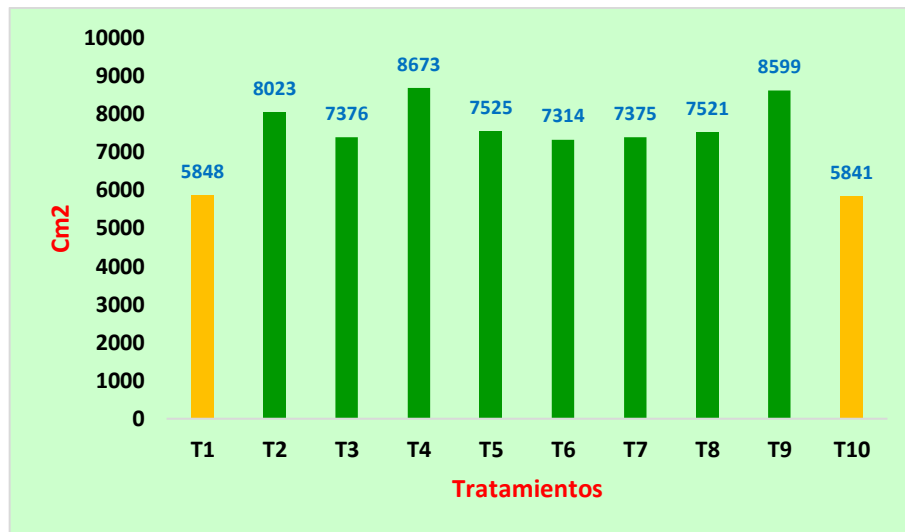


Fig. 14 Área foliar

EFFECTOS SIMPLES

Estos resultados siguen la tendencia general de las primeras características, en donde el nivel más alto de nitrógeno, obtiene un mejor resultado, esto probablemente a su capacidad de brindar dicho elemento a la planta que lo necesita para sus actividades metabólicas de mayor importancia.

Siendo esta característica importante para la productividad del cultivo, teniendo en cuenta que el aparato foliar resulta trascendental para la actividad fotosintética de la planta, se denota la importancia del elemento nitrógeno, que es necesario para el crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz, tal como lo exponen Cornejo [20] y Gross [17], que coinciden sobre la importancia del elemento nitrógeno, el más exigido por el maíz. El nitrógeno representa el constituyente característico del plasma, al cual están ligados todos los procesos biológicos de la planta, es parte de la clorofila, los nucleótidos, así como de múltiples enzimas, hormonas y vitaminas.

En el caso de los lodos orgánicos (Fig. 15), a pesar de que las pruebas estadísticas no mostraron diferencias entre los tratamientos, es notorio que los niveles más altos del lodo 10 y 20 t/ha, alcanzan el más alto valor de área foliar, Esteller [3], menciona que, en una serie de investigaciones sobre la aplicación de lodos residuales en suelos agrícolas, detecto que existía una mayor concentración de nitrógeno en las plantas, lo que indica una mayor disponibilidad de este elemento en el suelo.

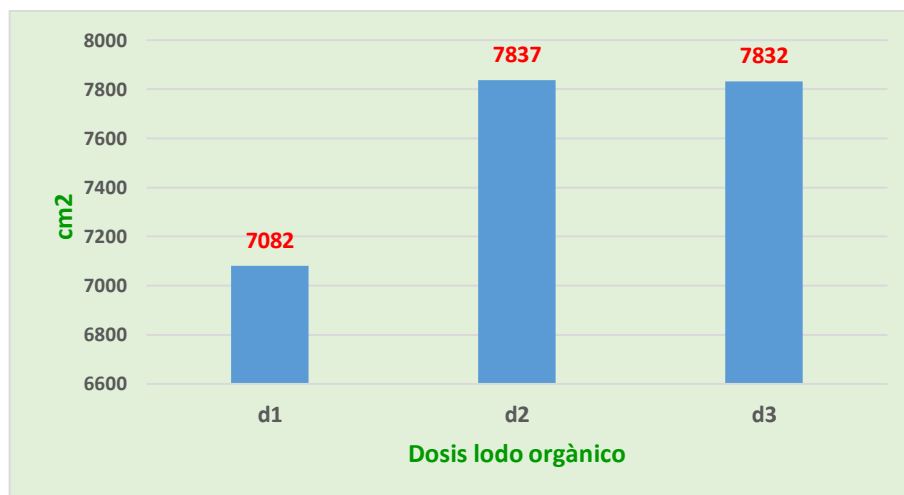


Fig. 15 Área foliar según dosis de lodo orgánico

Con respecto a los niveles de nitrógeno a pesar de no haberse encontrado diferencias estadísticas, numéricamente los niveles de nitrógeno de 50 y 100 kg/ha de N, (Fig. 16), obtuvieron la mayor área foliar, confirmando el efecto del elemento nitrógeno en el crecimiento vegetativo de las plantas, Melgar [21], revela que el elemento nitrógeno es el nutriente que en mayor cantidad toma el cultivo del maíz y que en esa misma proporción afecta al cultivo.

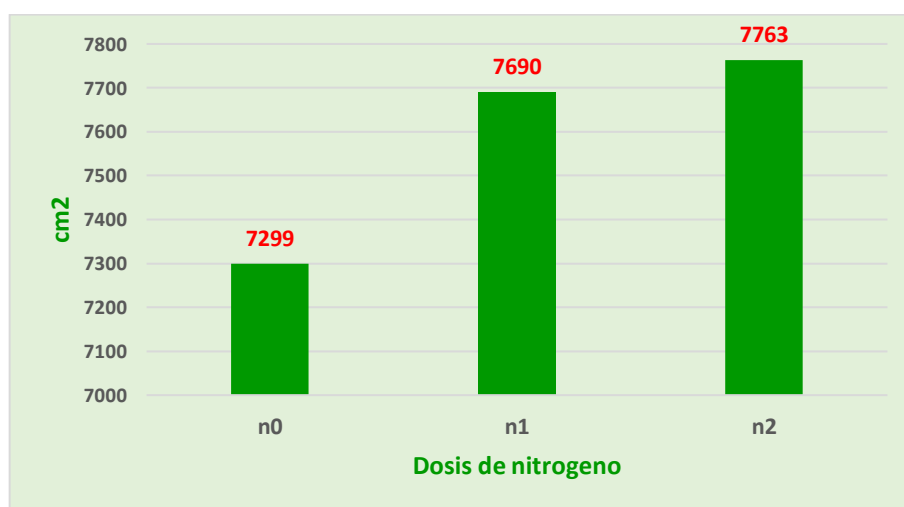


Fig. 16 Área foliar según dosis de nitrógeno

PESO DE MAZORCA

La fig. 17, nos presenta que todos los tratamientos con lodo y/o con nitrógeno, indistintamente de los niveles, superaron estadísticamente al testigo sin aplicación; esto era previsible, ya que la ausencia de nitrógeno proveniente del lodo o del fertilizante afectó notoriamente a esta característica, esto denota la importancia de la fertilización, sea esta orgánica o sintética, principalmente del nitrógeno que por las funciones que cumple juega un rol preponderante en el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo de maíz.



Fig. 17 Peso de mazorca

EFECTOS SIMPLES

Los resultados en el caso de los lodos orgánicos (Fig. 18), se mostraron irrelevantes, no determinándose diferencias estadísticas entre los niveles estudiados, asumiendo que las diferencias numéricas se debieron específicamente a la interacción genotipo-medio ambiente.

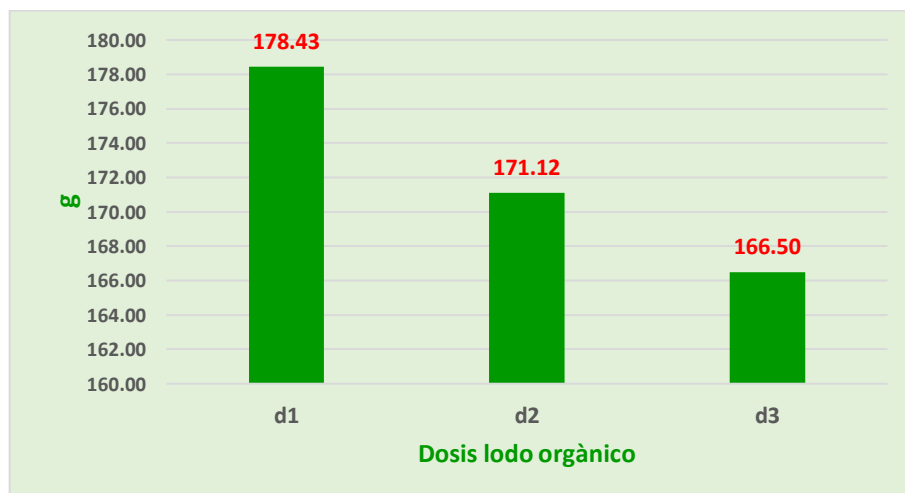


Fig. 18 Peso de mazorca según dosis de lodo orgánico

Efectuada la prueba de Duncan, cuyos resultados se pueden visualizar en la figura 19, se concluye que las dosis de nitrógeno no presentaron un efecto estadístico sobre esta característica, sin embargo, es posible visualizar que numéricamente que el mayor nivel de nitrógeno (100 kg/ha), presentan un mayor peso por mazorca.

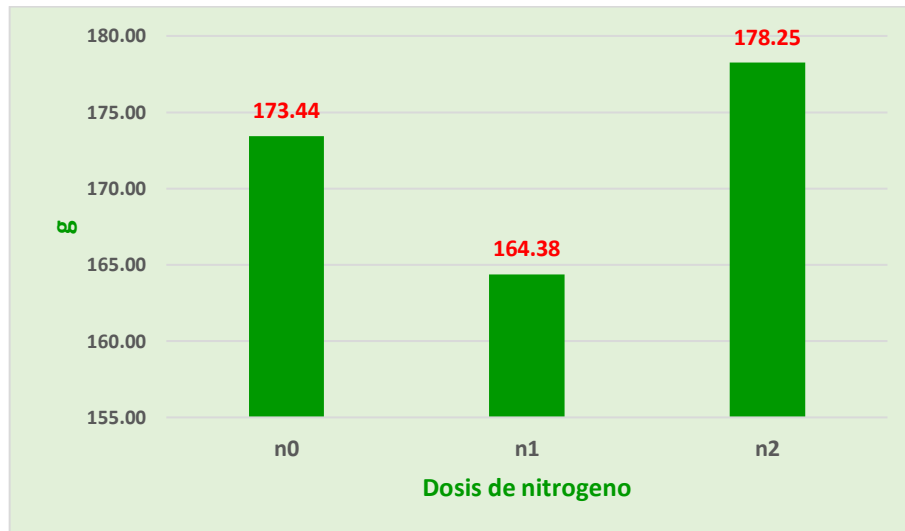


Fig. 19 Peso de mazorca según dosis de nitrógeno

PESO DE GRANO POR MAZORCA

De similar manera que, en la característica anterior, todos los tratamientos, indistintamente de los niveles estudiados, superaron al testigo absoluto, en promedio en un 21% (Fig. 20).



Fig. 20 Peso de grano por mazorca

A pesar que las variaciones en el peso de los granos revelan una proporción menor de las variaciones del rendimiento de maíz, comparativamente con el número de granos. Granos, Satorre [39], indica que bajo condiciones de mayor disponibilidad de nitrógeno, el peso medio de grano

tiende a aumentar, lográndose aumentos de entre 5 –10%, bajo una mayor disponibilidad de fertilizantes nitrogenados.

EFFECTOS SIMPLES

Los resultados en el caso de los lodos orgánicos (Fig. 21), no presentaron diferencias estadísticas entre los niveles estudiados, asumiéndose similitud en los distintos niveles.

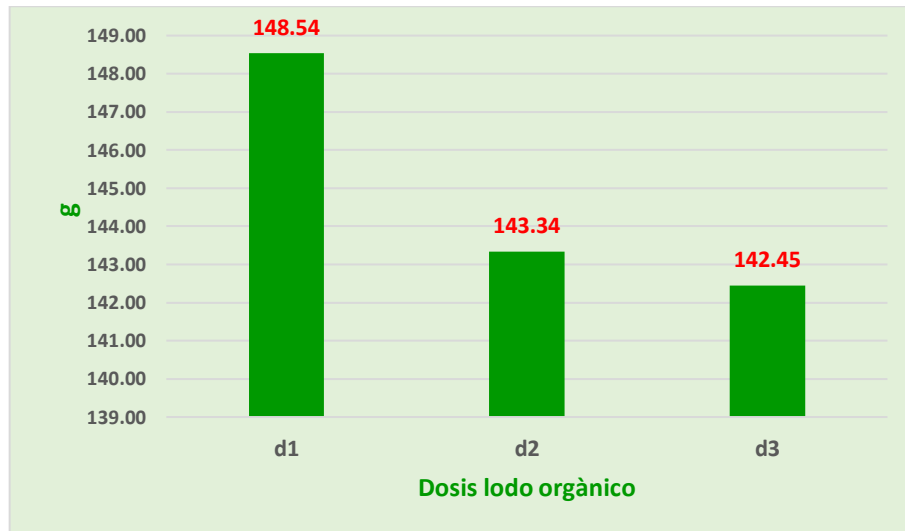


Fig. 21 Peso de granos por mazorca según dosis de lodo orgánico

Sin embargo Islam et al [29], dicen que si bien las concentraciones de elementos mayores como N, P, K y S en lodos orgánicos originarios de la industria textil son bajas comparativamente con los fertilizantes químicos, suelen ser altas en paralelo con las composiciones de nutrientes de otros abonos orgánicos, asumiéndose que los lodos orgánicos de textiles son capaces de abastecer concentraciones significativas de nutrimentos importantes para la acumulación de materia seca a los granos, actividad producto de la fotosíntesis que es la que determina su crecimiento final.

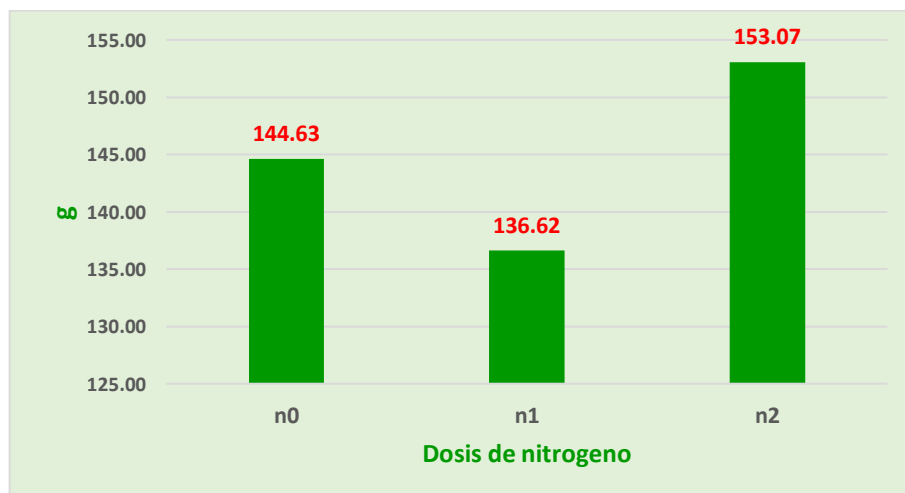


Fig. 22 Peso de granos por mazorca según dosis de nitrogeno

En el caso de las dosis de nitrógeno (Fig. 22), también es notorio el efecto de la mayor dosis del elemento nitrógeno, por tanto, lo planteado por Satorre [39], tiene completa validez, abundando en que, a mayor disponibilidad de nitrógeno, se obtiene un mayor peso de grano.

V CONCLUSIONES

Los resultados han permitido extraer las siguientes conclusiones que son válidas para las condiciones en las que se condujo el presente estudio y que deben servir como antecedente para otros trabajos de campo.

- 7.1 El suelo en donde se condujo el experimento presentó condiciones limitantes debido a su condición arenosa.
- 7.2 El análisis físico-químico del lodo orgánico, determina una buena contenido de materia orgánica y macro y micronutrientes; sin embargo, como condición limitante presenta un alto contenido de sales.
- 7.3 Los coeficientes de variabilidad encontrados son válidos, nos indica que el procedimiento experimental fue el adecuado, por tanto, los resultados obtenidos son confiables.
- 7.4 Los rendimientos obtenidos, se encontraron dentro de los promedios normales para el valle, asumiéndose que los tratamientos con lodo orgánico, en ausencia del fertilizante nitrogenado, el rendimiento del maíz grano seco por unidad de área, no fue afectado, por tanto, se valida la hipótesis.
- 7.5 Se concluye que los lodos orgánicos, por su contenido rico en M.O. y otros nutrientes, tienen un efecto directo en el crecimiento y rendimiento del maíz, por tanto, se valida la hipótesis.
- 7.6 En los niveles de lodo, numéricamente el que tuvo una mejor performance fue el de 5 t/ha, mientras que las dosis de 10 y 20 t/ha, presentaron un menor rendimiento probablemente por el alto contenido de sales, lo que limitó fisiológicamente a la planta de maíz y que es necesario seguir estudiando.
- 7.7 Los resultados nos permiten determinar que los tratamientos con lodo orgánico, promovieron un mayor crecimiento de las estructuras de las plantas de maíz (Altura de planta, área foliar) y en el caso de los componentes de rendimiento, se determinó su influencia en un mayor peso de granos por mazorca, por tanto, se valida la hipótesis postulada.

VI RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos en la presente investigación, me permito dar las siguientes sugerencias, que puedan ser complementados con otros estudios de campo, que a su vez permitan dar recomendaciones a los agricultores para una mejor conducción de sus cultivos.

- 6.1 Repetir la presente investigación dos o tres campañas sucesivas con la finalidad de ratificar o rectificar los resultados obtenidos.
- 6.2 Mejorar la presentación del producto (lodo orgánico) para aplicaciones futuras, recomendándose que estos sean desmenuzados y de esta forma potenciar una acción más directa.
- 6.3 En futuros trabajos en maíz utilizar las menores dosis de lodo orgánico (5 y 10 t/ha), considerando los resultados del presente trabajo.
- 6.4 De la misma forma utilizar un nivel cero de lodo orgánico, para de esta forma establecer fehacientemente el efecto directo de esta materia orgánica, en el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- 6.5 Efectuar mediciones de parámetros fisiológicos, como materia seca, índice de asimilación neta e índice de crecimiento relativo, para medir secuencialmente el efecto del lodo y establecer en qué momento determina su acción.

VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Environmental Laboratories Peru S.A.C. Resultados de análisis de toxicidad y análisis físico-químico de lodo orgánico. 2011.
- [2] J. Marín. Efecto de la nutrición complementaria con lodos orgánicos de la planta de tratamiento biológica de empresa textil, en el rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.), bajo condiciones de invernadero en Ica. Tesis ing. agrónomo- UNICA. 2010
- [3] M. Esteller. Vulnerabilidad de acuíferos frente al uso de aguas residuales y lodos en la agricultura. I Seminario-taller. Protección de acuíferos frente a la contaminación: metodológica. Toluca-México. 2001
- [4] E. Salcedo, A. Vásquez, L. Krishnamurthy, F. Zamora, E. Hernandez, y R. Rodrigurz. "Evaluación de lodos residuales como abono orgánico en suelos volcánicos de uso agrícola y forestal en Jalisco, México." *Interciencia* 32.2 (2007): 115-120. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000200009
- [5] J. Esparza, M. Diez y F. Gallardo. Aplicación de lodos de la industria de celulosa a suelos andisoles Chilenos. Simposio residuos orgánicos y su uso en sistemas agroforestales, Temuco, 5-6 ago 2004 Boletín - Sociedad Chilena de la ciencia del suelo. (Nº. 20) p. 27-38. 2004.
- [6] M. Ribo. Balance de macronutrientes y materia orgánica en el suelo de agrosistemas hortícolas con manejo integrado ecológico. Universidad de Valencia. Departamento de recursos naturales. Servicio de publicaciones. 2004. Disponible en: <https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/15012/ribo.pdf?sequence=1>
- [7] J. Woo, R. Vásquez y E. Olivares. Análisis de crecimiento en maíz (*Zea mays* L.) aplicando lodos activados y urea. Universidad Autónoma de Chapingo. *Agrofaz* vol. 4. Nº 1. 2004.
- [8] N. Teuber, F. Salazar, M. Alfaro y A. Valdebenito. Efecto de diferente dosis de lodo de la crianza de salmones en el cultivo de papa y su efecto residual en *Ballica anual*. Instituto de investigaciones agropecuarias, centro regional de investigación Remehue, Osorno, Chile. 2006
- [9] C. Felipe-Morales. ¿Existe suficiente oferta de abonos orgánicos para la agricultura en el Perú?. *Sepiax*. tomo III. CODESU-Sepia. Universidad Nacional de Ucayali- Pucallpa-Perú. pp 1-12. 2003.
- [10] W. Reyes. Mejoramiento de suelos arenosos del sector Santo Domingo del valle Santa Catalina mediante el uso de lodo residual municipal estabilizado. Tesis para optar el grado de

doctor en medio ambiente. Universidad Nacional de Trujillo Escuela de postgrado programa de doctorado en medio ambiente. Trujillo- Perú. 2008

[11] S. Gálvez. Efectos de la aplicación de los lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales sobre el suelo”. Trabajo de titulación para optar el título de: Ingeniero Ambiental, Universidad Agraria La Molina. Lima – Perú. 2014

[12] J. Pomalaza y J. Ramos. “Vermiestabilización de lodos activados para la obtención de compost y su efecto en el índice de calidad de plántulas de *Pinus radiata* – San Pedro de Saño”. Tesis título profesional de ingeniero forestal y ambiental. Universidad Nacional del Centro del Perú Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. 2016

[13] M. Aquije. Efecto económico y ambiental de la aplicación de los lodos de una planta de tratamiento de aguas residuales de una industria textil, en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en el valle de Ica. Tesis para optar el grado académico de magister. Escuela posgrado de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica. 2012.

[14] P. Montaldo. Agroecología del trópico americano. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José-Costa Rica. 1995.

[15] M. Yuste. Biblioteca de la agricultura - El maíz. Idea Books S.A. Barcelona-España. 2007.

[16] H. Deras, Guía técnica del cultivo de maíz. Proyecto red de innovación agrícola IICA, El Salvador. 2011

[17] A. Gross. Abonos, guía práctica de la fertilización. Edición Mundi prensa. Madrid-España. 1992.

[18] M. Torres. fertilización nitrogenada del cultivo de maíz. revisado el 10.07.19. 2005. disponible en: <http://www.fertilizando.com/articulos/fertilizacion%20nitrogenada%20del%20cultivo%20de%20maiz.asp>

[19] J. Sánchez. Fertilidad del suelo y nutrición mineral de las plantas, conceptos básicos. Boletín técnico Fertitec S.A. Lima Perú. 2007

[20] C. Cornejo. Apuntes de clase de fisiología vegetal. Universidad Nacional Sn Luis Gonzaga-Facultad de agronomía. Ica-Perú. 2020.

[21] R. Melgar. Manejo de la fertilización en maíz. Coordinador, proyecto fertilizar EEA INTA Pergamino. Argentina. 2010

[22] D. Balan y R. Monteiro: Docolorization of textile indigo dye by ligninolytic fungi. *biotechnol.* 141–145. 2001.

[23] J. P. Vásquez y G. Vargas. Aprovechamiento de los lodos de la planta de tratamiento de

aguas residuales del municipio de Funza, como insumo de cultivo y mejoramiento del suelo. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniería Civil. Universidad Católica de Colombia Facultad de Ingeniería Civil. Trabajo de investigación tecnológica. Bogotá, D.C. 2018

[24] W. Yongjie y L. Yangsheng . Effects of sewage sludge compost application on crops and cropland in a 3-year field study. Article in Chemosphere 59 (9): 1257-65, 2005

[25] X. Flotats y F. Solé. “Situación actual en el tratamiento de los residuos orgánicos: aspectos científicos, económicos y legislativos” en Moreno, J. y Moral, R. (eds.) compostaje, bloque 1, capítulo 2, pp: 43-74. Ediciones Mundiprensa, Madrid. 2008

[26] X. Elías, *Reciclaje de residuos industriales*. Editorial Diaz de Santos S.A. Madrid, España. 2020.

[27] ECOTICIAS.COM. La aplicación de lodos de depuradora en los suelos puede ayudar a la recuperación de ecosistemas degradados. Artículo de ECOTICIAS.COM. 2010.

[28] S. Rodríguez. Utilización de los lodos anaerobios como bioabonos. Centro de estudios de biotecnología industrial. Universidad de oriente. Santiago de Cuba. 2003

[29] M.M. Islam, M. A. Halim, M. S. Islam & C. K. Biswas. Analysis the plant nutrients and organic matter in textile sludge in Gazipur, Bangladesh. Journal of environmental science and technology, 2009. 2: 63-67. disponible en: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093127363>

[30] SOCIEDAD INGENIERIA BIO AGUAS. Lodos industriales. bio agua en Chile. Boletín técnico. 2009.

[31] M. Lobo. “Degradación de suelos” en Millán, R. y Lobo (eds.) Evaluación y recuperación de emplazamientos degradados y/o contaminados, Capítulo 5, pp: 81-93. 2012. CIEMAT.

[32] R. Muñoz y L. Sánchez. El agua en la industria alimentaria. Boletín de la Sociedad Española de la Hidrología Médica. 33(2). 157-171. 2018. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6745154>

[33] C. Huamanchumo. La cadena de valor de maíz en el Perú. IICA-Perú. 2013

[34] V. Noriega Nalvarte. El maíz, Ediciones Mundi – Prensa.318 p. 1990

[35] L. Villar, Manejo y conducción del cultivo de Maíz, Santa Fe Bogotá – Colombia. ET. Vol 2. 1995

[36] N. Bonilla. Manual de recomendaciones técnicas del cultivo de maíz. INTA, Costa Rica, 2009.

[37] F. E. Below, "Fisiología, nutrición y fertilización nitrogenada de maíz." *Informaciones*

agronómicas 54 (2002): 3-9.

[38] D. Tapia. Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento del maíz amarillo duro híbrido triple dow 2B688 en condiciones edafoclimáticas de Pacapuro Churubamba – Huánuco. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco. Facultad de Ciencias Agrarias. 2013

[39] E. H. Satorre, "Generación del rendimiento en el cultivo de maíz: efectos de la nutrición nitrogenada." *Cátedra de Cereales, Facultad de Agronomía, UBA, Argentina. Paper* (2002).

[https://www.researchgate.net/profile/Emilio-](https://www.researchgate.net/profile/Emilio-Satorre/publication/238694172_Generacion_del_Rendimiento_en_el_Cultivo_de_Maiz_Efectos_de_la_Nutricion_Nitrogenada/links/5605b36608aea25fce33feeb/Generacion-del-Rendimiento-en-el-Cultivo-de-Maiz-Efectos-de-la-Nutricion-Nitrogenada.pdf)

[Satorre/publication/238694172_Generacion_del_Rendimiento_en_el_Cultivo_de_Maiz_Efectos_de_la_Nutricion_Nitrogenada/links/5605b36608aea25fce33feeb/Generacion-del-Rendimiento-en-el-Cultivo-de-Maiz-Efectos-de-la-Nutricion-Nitrogenada.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Emilio-Satorre/publication/238694172_Generacion_del_Rendimiento_en_el_Cultivo_de_Maiz_Efectos_de_la_Nutricion_Nitrogenada/links/5605b36608aea25fce33feeb/Generacion-del-Rendimiento-en-el-Cultivo-de-Maiz-Efectos-de-la-Nutricion-Nitrogenada.pdf)

VIII ANEXOS

ANEXO 1

CARACTERISTICAS DEL HIBRIDO ESTUDIADO

XB- 8030

Altura de planta (cm)	220
Altura de mazorca (cm)	100
Días a floración	70 - 89
Días a cosecha	120 - 150
Prolificidad	1,02
No. de hileras para mazorca	16 - 20
Relación grano / tusa	85 / 18
Textura y tipo de grano	Semi dentado
Adaptabilidad	Buena

ANEXO 2

ANÁLISIS DE TOXICIDAD DEL LODO ORGÁNICO

Métodos de Ensayo – Envirolab Perú S.A.C.

Parámetro		Método de Ensayo		Límite de Detección
Toxicidad por lixiviación (Test TCLP) Inorgánico	Arsénico	TCLP EPA 1311	Trace Metals by ICP EPA 200.7	0.002 mg/L
	Bario			0.006 mg/L
	Cadmio			0.006 mg/L
	Cromo			0.004 mg/L
	Plomo			0.010 mg/L
	Selenio			0.002 mg/L
	Plata			0.010 mg/L
	Mercurio	Mercury by Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry EPA 1631E	0.0002 mg/L	

- EPA 1311 "Toxicity Characteristics Leaching Procedure (TCLP)" Revision 0 July 1992 TCLP (As, Ba, Cd, Cr, Pb, Hg, Se, Ag).
- EPA 200.7 "Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry" Rev 4.4 May 1994.
- EPA 1631E "Mercury in Water by Oxidation, Purge and Trap, and Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry" Revision E August 2002

Para la evaluación de Toxicidad se usará como referencia los límites permisibles determinados por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US-EPA) indicados en la Norma 40 CFR 261.24, que indica que si un lixiviado contiene **CUALQUIERA** de los elementos de la Tabla N°2 en un valor mayor al indicado, será entonces considerado **TOXICO**.

Test TCLP Inorgánico

ELEMENTO	Concentración máxima (mg/L)
Arsénico	5
Bario	100
Cadmio	1
Cromo	5
Plomo	5
Selenio	1
Plata	5
Mercurio	0.2

Basándose en lo indicado anteriormente y comparando directamente las concentraciones halladas para los diferentes elementos de los resultados obtenidos de la muestra de Lodo,

se encontró que **TODOS** estaban por debajo del límite máximo permisible, como se puede observar en la Tabla N°3 adjunta.

**Resultados del Análisis de Toxicidad –
Procedimiento de Lixiviación (TCLP)**

Parámetro		Unidad	Resultados de Análisis Lodos de Planta de Tratamiento (1)	Límite Permisible Referencial (2)
Procedimiento Característico de Lixiviación	Arsénico	mg/L	0.019	5
	Bario	mg/L	0.292	100
	Cadmio	mg/L	N.D.	1
	Cromo	mg/L	0.005	5
	Plomo	mg/L	N.D.	5
	Selenio	mg/L	0.032	1
	Plata	mg/L	N.D.	5
	Mercurio	mg/L	N.D.	0.2

(1) Límite Permisible según la norma US-EPA 40 CFR 261.24

(2) Resultados de Análisis según Informe de Ensayo N° 911069 de ENVIROLAB PERU S.A.C.

(3) N.D = No Detectado, es decir por debajo del Limite de Detección del Método de Análisis

CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos del Análisis de Toxicidad - Procedimiento de Lixiviación (TCLP) realizada a la muestra de los residuos de tipo Lodo Organico de la Planta de Tratamiento Biológica de Aguas Residuales de Textil del Valle S.A., y luego de ser comparados con los Límites Permisibles de la norma US-EPA 40 CFR 261.24, al haberse hallado que TODOS se encuentran por debajo de los límites referenciales indicados por dicha norma, se concluye que:

LOS LODOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICA DE AGUAS RESIDUALES NO PRESENTA LA CARACTERÍSTICA DE TOXICIDAD

Además los “Lodos” no presentan las características de Toxicidad, Corrosividad, Reactividad, Explosividad, o Inflamabilidad.

ANEXO N° 3

ANALISIS FISICO QUIMICO DE LODO ORGANICO

Referencia:

Cotizacion 6325

♣* ANALISIS DE SUELOS : SALINIDAD

Código de Laboratorio	Descripción de muestras	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	C.E. dS/m 1:1	Análisis Mecánico				pH (1:1)	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	CAMBIABLES						Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat.de Bases
					Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura						CIC	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
912007-01	Lodo Filtro Prensa	01/12/2009	9:18	8.50	Suelo Orgánico				7.11	9.70	19.86	63.2	926	24.64	13.79	4.20	1.22	5.43	0.00	24.64	24.64	100
912007-02	Lodo Secado	01/12/2009	9:31	10.67	Suelo Orgánico				7.03	0.00	20.30	24.0	295	33.28	20.37	5.23	1.47	6.21	0.00	33.28	33.28	100

Código de Laboratorio	Descripción de muestras	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Saturación %	pH Pasta Sat.	C.E. Ext.St. dS/m	Cationes Solubles (meq/L)					Aniones Solubles (meq/L)					Boro Soluble ppm	Yeso Soluble %	PSI	N %	
							Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Suma	NO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻					Suma
912007-01	Lodo Filtro Prensa	01/12/2009	9:18	45	6.60	13.60	29.00	9.16	9.20	200.00	247.36	0.98	0.00	46.40	46.88	152.00	246.26	1.86	0.00	22.04	1.68
912007-02	Lodo Secado	01/12/2009	9:31	46	6.86	17.10	28.00	8.33	10.33	234.78	281.44	1.11	0.00	51.20	54.43	174.00	280.74	6.59	0.00	18.67	4.48

Observaciones : La muestra llegó preservada en frío al Laboratorio.

Fuente : Environmental Laboratories Peru S.A.C.

ANEXO 4
PANEL FOTOGRAFICO





