

**EFFECTIVIDAD DEL LODO INDUSTRIAL TEXTIL EN LA
PRODUCCIÓN DE HORTENSIAS (*Hydrangea macrophylla*
L.) EN MACETA**

EMILIO BAUTISTA VARGAS

TESIS

**Presentada como requisito parcial para
obtener el grado de:**

**Maestro en Ciencias
en Horticultura**



**Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro
Programa de Graduados**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Octubre de 2009**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIRECCIÓN DE POSTGRADO

**EFFECTIVIDAD DEL LODO INDUSTRIAL TEXTIL EN LA PRODUCCIÓN DE
HORTENSIAS (*Hydrangea macrophylla* L.) EN MACETA**

TESIS POR

EMILIO BAUTISTA VARGAS

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada
como requisito parcial, para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

EN HORTICULTURA

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal _____

Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Asesor _____

Dr. Homero Ramírez Rodríguez

Asesor _____

Dr. Valentín Robledo Torres

Asesor _____

Dr. Mario Cantú Sifuentes

Dr. Jerónimo Landeros Flores

Director de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Octubre de 2009

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, mi “ALMA TERRA MATER” por brindarme la oportunidad de superarme y forjarme como profesionista.

Al Dr. Adalberto Benavides Mendoza por sus conocimientos y sugerencias y por el apoyo brindado para la culminación de este trabajo de investigación y a su esposa Lic. Laura Olivia Fuentes Lara.

Al Dr. Valentín Robledo Torres por sus sugerencias, orientación y opiniones aportadas para el término del trabajo.

Al Dr. Homero Ramírez Rodríguez por sus conocimientos y sugerencias durante esta investigación.

Al Dr. Mario Cantú Sifuentes por su colaboración en al área estadística del trabajo de investigación.

Al M.C J. Antonio González Fuentes por el apoyo y conocimientos brindado para le realización del trabajo experimental.

A mis compañeros de la Maestría de Horticultura: Ing. Adalberto Hernández Florentino, Ing. Jorge Alejandro Torres González, Ing. Ernesto Jiménez Santana, Ing. Carlos Amado Ramírez y esposa, Ing. Roberto Arteaga Alonso, Ing. Rosa del Carmen Leija Casas, Ing. Karla Mellado e Ing. José Luis Hernández Martínez, por su apoyo y amistad y con quienes he tenido una convivencia y que de una forma u otra han contribuido en mi formación como profesionista.

A los laboratoristas T.L.Q. Carlos Arévalo Sanmiguel, y T.A. Guillermina Reyna Sustaita por su valiosa colaboración y guía para la realización de los trabajos de laboratorio del experimento.

DEDICATORIAS

A DIOS:

Por estar presente en todo momento y darme la oportunidad de vivir, por darme la fortaleza de afrontar los obstáculos de la vida y salir adelante para alcanzar mis metas.

Con todo mi amor y respeto a mis padres:

Sr. Juan Bautista Juliana

Sra. María Cirila Vargas Hernández

A quienes dedico este humilde trabajo con profundo amor, a quienes me dieron lo más preciado en este mundo, "LA VIDA", quienes gracias a la educación que me supieron dar y por todo el esfuerzo, por sus consejos y plegarias que durante mi formación me brindaron.

A mis hermanos: **Bonifacio, Fidencio, Napoleón, Erasmo, Juan y Claudio**, por los momentos difíciles que hemos compartido juntos.

A mis Tíos y Tías que siempre me brindaron sus consejos para poder realizarme como profesionista.

A mis cuñadas y sobrinos que depositaron su confianza en mí y por compartir momentos inolvidables con ellos.

A mi novia **Ing. Elsa Sarai Gaspar Santos** por sus consejos e ideas aportadas para la culminación de este trabajo y por estar siempre en todo momento.

A quienes me han brindado su apoyo incondicional en todo momento:

Mis amigos y compañeros

COMPENDIO

**EFFECTIVIDAD DEL LODO INDUSTRIAL TEXTIL EN LA PRODUCCIÓN DE
HORTENSIAS (*Hydrangea macrophylla* L.) EN MACETA**

POR:

EMILIO BAUTISTA VARGAS

MAESTRIA EN CIENCIAS EN

HORTICULTURA

UNIVERSIDAD AUTONÓMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. Octubre 2009

Dr. Adalberto Benavides Mendoza – Asesor

Palabras clave: minerales, abono orgánico, fertilización.

Los lodos industriales constituyen un serio problema ambiental. Su uso como abono orgánico es la práctica más aceptada desde el punto de vista ecológico y económico. El uso agrícola de lodos mejora ciertas propiedades físicas del

suelo, a la vez de servir como complemento de la fertilización. El uso agrícola de lodos industriales puede presentar algunos riesgos por acumulación de elementos potencialmente tóxicos en los suelos, los cuales pueden ser absorbidos por los cultivos y pasar así a la cadena trófica. El presente estudio tuvo como objetivo principal, buscar alternativas para el uso de los lodos industriales textiles y dar un valor agregado como sustrato en la producción de hortensia (*Hydrangea macrophylla* L.). Las concentraciones de mezcla en base a volumen de lodo con sustrato peat moss, fueron 0, 10, 20 y 30%, siendo el testigo 0% de lodo. El material vegetativo que se utilizó fueron esquejes de hortensias. El diseño experimental completamente al azar con 15 repeticiones siendo la unidad experimental una maceta. Fue el tratamiento 2 con 10% de lodo industrial el que manifestó efectos deseables para altura de la planta y diámetro de inflorescencia, mientras que para contenido de minerales se mantuvieron en concentraciones similares, llegando a la conclusión que los lodos aportan elementos esenciales principalmente N y P para la planta.

ABSTRACT

**THE EFFECTIVENESS OF TEXTILE INDUSTRIAL MUD IN THE
PRODUCTION OF POTTED HORTENSIAS (*Hydrangea macrophylla* L.)**

BY:

EMILIO BAUTISTA VARGAS

MASTER IN SCIENCE

HORTICULTURE

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, October 2009

Ph. D Adalberto Benavides Mendoza – Adviser-

Index words: minerals, organic fertilizer, fertilization.

The industrial muds constitute a serious environmental problem. It use organic fertilizer is the practice more accepted from the ecological and economic point of view. The agricultural use of muds improves certain physical properties of the soil, simultaneously of serving as fertilization of the complement. The agricultural

use of industrial muds can present some risks, for an accumulation of elements potentially toxic in the soils, which can be absorbed by the plants and to go on this way to the trofic chain. The present study had as principal objective, search for alternatives for the use of the industrial textile muds and give a value added as substratum in hortensias production (*Hydrangea macrophylla* L.). The doses of mixture on the basis of volume of mud with substratum peat moss were 0, 10, 20 and 30 %, being the witness 0 % of mud. The vegetative material used was cuttings of hortensias. The experimental design was complete blocks at random with 15 repetitions being the experimental unit a potted. Being the T2 with 10 % of industrial mud that demonstrated desirable effects for height of the plant and diameter of inflorescence, whereas for content of minerals were kept in similar concentrations, coming to the conclusion that the muds provide essential elements for the plant.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- OBJETIVOS	4
III.- HIPÓTESIS.....	4
IV.- REVISIÓN DE LITERATURA	5
El Problema de los Lodos Industriales o Residuales.....	5
Producción de Lodos Industriales.....	7
Importancia de la Reutilización de los Lodos Industriales	8
Uso de los Lodos Industriales o Biosólidos en la Agricultura	9
Trabajos Realizados con el Uso de Lodos Industriales en la-----	
Agricultura	11
La hortensia como Planta Modelo para la Producción en Maceta	
Utilizando Lodo Textil	14
Generalidades de la hortensia (<i>Hydrangea macrophylla</i> L.).....	14
Origen e Historia.....	15
Clasificación Taxonómica.....	15
Características Botánicas.....	15

Floración.....	16
Requerimiento Edafoclimático.....	17
Riegos	17
Plagas y Enfermedades	18
V.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
VII.- CONCLUSIONES	39
VIII.- RESUMEN	40
IX.- LITERATURA CITADA	46
X.- APÉNDICE.....	53

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1.- Solución nutritiva	17
2.- Análisis microbiológico de la mezcla de lodo industrial textil con sustrato después del experimento.....	22
3.- Contenido de metales pesados de la mezcla de lodo con sustrato después del experimento.....	23
4.- Análisis fisicoquímico de la solución nutritiva lixiviada	24
5.- Prueba de comparación de medias en altura de la planta y diámetro de inflorescencia en hortensia	25
6.- Contenido de minerales en inflorescencia (<i>Hydrangea macrophylla</i> L.)	26
7.- Contenido de minerales en hoja (<i>Hydrangea macrophylla</i> L.).....	27
8.- Contenido de minerales en tallo (<i>Hydrangea macrophylla</i> L.).....	28
9.- Contenido de minerales en raíz (<i>Hydrangea macrophylla</i> L.).....	29
10.- Contenido de fósforo en por ciento en (<i>Hydrangea macrophylla</i> L.)	36

11.- Contenido de clorofila en hoja 38

INTRODUCCIÓN

La actividad industrial ha tenido un importante papel en el desarrollo económico y social de nuestro país. Sin embargo, como consecuencia de las actividades industriales se generan algunos subproductos indeseables, tales como; lodos o residuos industriales de los cuales algunos de ellos son recuperables. En el norte de México, donde los suelos son predominantemente calcáreos, existen 62 plantas de tratamiento de agua residual, que producen alrededor de 475,000 t de lodo residual (95,000 t en base seca), las cuales pueden utilizarse como fertilizante en cultivos industriales y forrajeros en alrededor de 10,000 ha. Cuando ocurre un inadecuado manejo de los residuos se obtiene una fuente de problemas ambientales, entre los que se encuentran: la contaminación de las aguas subterráneas, la emisión de los gases perjudiciales, humos y malos olores; por otra parte, la aplicación de residuos orgánicos, lodos de aguas negras, residuos agrícolas e industriales a la tierra, pueden beneficiar la calidad del suelo debido a la incorporación de elementos nutrimentales y materia orgánica.

Un lodo residual es una materia orgánica húmeda con una cierta cantidad de aditivos, entre los cuales hay algunos componentes de interés y otros cuya presencia es indeseable por su posibilidad de contaminación.

Las características físicas y químicas de los lodos varían en función de su origen: urbano o industrial y del tipo de procesos al que son sometidos. Existen aspectos positivos, como son el aumento de la estabilidad de los agregados, la mejora del balance hídrico, el incremento la capacidad del intercambio catiónico y del contenido de materia orgánica del suelo. La aplicación de lodos residuales es una práctica habitual en países desarrollados, por razones prácticas y económicas. Las dosis de aplicación se suele fijar en función de los requerimientos del cultivo en N y P.

El problema esta en que algunas de las técnicas que se utilizan para aprovechar el uso es de que los costos son muy elevados y no resultan ser rentables desde el punto de vista económico, es decir que algunas técnicas requieren de procesos de tratamientos especiales para obtener un lodo tratado y con menor posibilidad de ser contaminante.

En el estado de Coahuila se localizan empresas dedicadas a la manufactura de papel y ropa entre otras como la industria automotriz. Pero en el caso de las dos primeras empresas generan una gran cantidad de lodo residual que van en orden de 1000 a 60 000 t de lodo por semana, con base de celulosa y algunos compuestos como carbonato y bicarbonato de calcio y pinturas, los cuales pueden ser una fuente de contaminación al ambiente, principalmente al aire y al suelo. Teniendo en cuenta que los lodos industriales se compone de varios compuestos, dentro de los cuales algunos de ellos tienen la capacidad de tener cualidades de ser una fuente de aporte de elementos y sustancias que incorporándolos a suelos agrícolas o en bosques perturbados

resulta ser una opción para su utilización y aprovechamiento. En este experimento se busca darle uso a los lodos, como sustrato para la producción de hortensias en maceta, para su posible solución a este problema.

Objetivos:

1.- Documentar la concentración de lodos en el sustrato que permita obtener un crecimiento adecuado de hortensias (*Hydrangea macrophylla* L.).

2. Verificar si el uso de lodos industriales de la Compañía Industrial de Parras S.A de C.V., (CIPSA) modifica el crecimiento, la morfología y el contenido de minerales en los tejidos de la planta.

Hipótesis:

1.- El crecimiento, desarrollo y composición química de los tejidos de hortensias es afectado por las diferentes concentraciones de lodo industrial.

REVISIÓN DE LITERATURA

El Problema de los Lodos Industriales o Residuales

El incremento de la población mundial, asociado con la necesidad de mejorar su calidad de vida, cubrir la creciente demanda de servicios y aumentar la producción de alimentos, ha ocasionado considerables alteraciones al medio ambiente. Desde este punto de vista, la conservación de los ecosistemas depende de un esfuerzo de todos los sectores de la sociedad, que de una u otra forma, generan desechos que contaminan el ambiente.

La actividad industrial ha tenido un papel protagónico en el desarrollo económico y social de los países. Como consecuencia de las actividades industriales se generan algunos subproductos indeseables, entre los que se encuentran los **residuos industriales peligrosos (RIP's)** que tienen características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas o inflamables (CRETI), y que deben ser manejados y dispuestos adecuadamente para que no afecten al ser humano o a su entorno. Además puede ocasionar perturbación de manera que impermeabiliza los suelos, el lixiviado de algunos agentes potencialmente contaminantes para el suelo, y por otro lado los efectos que pueden presentar como es el caso de un impacto visual, contaminación del suelo, acuíferos, desprendimiento de olores (Seoáñez *et al.*,1998).

En México, en los últimos años se han construido una cantidad importante de plantas de tratamiento de aguas residuales, que ofrecieron una solución a los problemas de contaminación, sin embargo, no se contemplaron alternativas de manejo de los lodos que se generan en el proceso de tratamiento. Pero con la entrada en vigor de una Norma que regula las características de los biosólidos para diferentes usos, se está obligando a encontrar alternativas para la estabilización y tratamiento de los lodos generados. Actualmente el desecho de lodos y biosólidos está regulado por la norma oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, que especifica y dicta los límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. En esta norma, se establecen en particular los límites permisibles de parámetros microbiológicos y de metales pesados. En la depuración de aguas residuales de diferentes industrias se producen importantes cantidades de subproductos sólidos, comúnmente llamados lodos industriales, cuyo destino definitivo es importante puesto que puede convertirse en una posible fuente de contaminantes con impacto negativo sobre el entorno. Una alternativa atractiva es su aprovechamiento desde el punto de vista agrícola proporcionando un doble beneficio: el ambiental al eliminarse los subproductos sin alteración relevante del equilibrio ecológico y el agrícola, al modificar, manipular o incorporar los lodos en los sustratos o suelos para el aprovechamiento de las características físicas y el contenido de nutrientes de los materiales mencionados. El tratamiento de las aguas residuales, tanto municipales como industriales, tiene como objetivo remover los contaminantes con el fin de hacerlas aptas para otros usos o bien para evitar daños al ambiente.

Los biosólidos son los provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, que por su contenido de nutrientes y sus propias características o por las adquiridas después de un proceso de estabilización, pueden ser susceptibles de aprovecharse (García *et al.*, 2004).

Producción de Lodos Industriales

Se estima que la generación de RIP's en México alcanza la cifra de 8 millones de toneladas al año, de las cuales se considera que solo el 26 % recibe un manejo adecuado. La diferencia, equivalente a casi 6 millones de toneladas anuales, se acumula en las instalaciones de las industrias o se dispone de manera ilegal.

Por distribución geográfica, la región Centro (Guanajuato, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, Estado de México, Tlaxcala, Hidalgo y el Distrito Federal) alcanza casi el 65% de la generación total, y el 24% corresponde a la región Norte (Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Sonora, Nuevo León, Durango, Nayarit, San Luis Potosí, Sinaloa, Zacatecas, Aguascalientes, Colima y Jalisco). Mientras que el 1% para la zona Fronteriza, el 3% para el Sureste y el 7% para el Golfo. México para el control de los RIP's es muy limitada y sólo representa una capacidad de manejo de una cuarta parte del total de la generación anual, lo que propicia la proliferación de prácticas ineficientes de gran impacto ambiental (Fuente, INE 2004).

Importancia de la Reutilización de los Lodos Industriales

Cabe resaltar que los lodos industriales tienen fuentes de nutrimentos que pueden ser aprovechados por las plantas cuando se les dan un manejo especial para ser reutilizados, ya que además de ser poseedor de algunos elementos ricos para las plantas, también son una fuente de microorganismos y elementos tóxicos que pueden ocasionar problemas al medio ambiente. Los lodos industriales o de tratamiento de aguas negras, estos se les conoce como biosólidos que son materiales orgánicos ricos en nutrimentos, después que son estabilizados mediante un proceso biológico, físico o químico para cumplir con un criterio de calidad y poder ser aplicados en suelos agrícolas. Por lo tanto una forma de reciclar benéficamente los biosólidos es su utilización en la agricultura, lo que permite reducir el uso de fertilizantes químicos comerciales, ofrecer la oportunidad de proveer N a bajo costo para los cultivos y también suministrar otros nutrimentos a los suelos calcáreos del desierto como: fósforo, fierro, zinc y cobre disponibles para la planta (Fresquez *et al.*, 1990).

Los subproductos residuales de la industria textil, al igual que los originados por otras industrias, generan altos costos de tratamiento, transporte y disposición. El incremento de los costos de disposición y el alto precio de los fertilizantes han motivado su uso en la agricultura. Esta alternativa resulta técnica y económicamente recomendable, ya que los lodos contienen compuestos orgánicos biodegradables que pueden aportar nutrientes a las plantas, siempre y cuando cumplan con las normativas internacionales, en cuanto a sus componentes y el de sus lixiviados. El efecto más peligroso de la

utilización de lodos en la agricultura son algunos metales como el plomo, cromo y cadmio que se acumulan en los suelos y vegetales; estos últimos pueden alcanzar niveles tóxicos que afectan la salud si se utilizan en la alimentación de animales y seres humanos.

Uso de los Lodos Industriales o Biosólidos en la Agricultura

Los biosólidos residuales son sólidos ricos en materia orgánica con contenidos suficientes de nitrógeno y fósforo que los hace potencialmente útiles como fertilizantes y como fuente de materia orgánica. Además pueden mejorar las propiedades físicas del suelo y retención de agua, lo cual puede reflejarse en un incremento en el rendimiento de los cultivos (Celis, 2007).

Las opciones que se tiene para la disposición final de los lodos residuales, son el confinamiento en rellenos sanitarios cuando no cumplen con la norma en materia de contaminación; cuando los estudios de diagnóstico y/o caracterización de los lodos; no rebasan los niveles máximos permisibles de metales pesados y cumplen con los requerimientos microbiológicos que marca la norma, pueden aprovecharse como una opción viable en suelos agrícolas y forestales. Una vez que cumplen los lodos con normas de calidad para utilizarse como abono o fertilizante orgánico, se les llama biosólidos (Palomo *et al.*, 2007).

Algunos de los usos potenciales de los biosólidos son los siguientes:

Agrícola/ganadero: Como abonos en cultivos extensivos e intensivos y en pasturas naturales y cultivadas.

Forestal: Como abonos en plantaciones forestales, viveros o en áreas con bosques naturales degradados y sujetos a recuperación.

Recuperación de suelos degradados: En regiones sujetas a procesos de desertificación o pérdida de cobertura vegetal o suelos, derivados de causas naturales o antropicas.

Elaboración de abonos: Como insumo en procesos de elaboración de productos fertilizantes o de abonos a través de tratamientos físicos, químicos y biológicos que modifiquen su calidad original.

Relleno sanitario en celdas separadas: Comprende la disposición de biosólidos en celdas especialmente asignadas dentro de un relleno sanitario o en instalaciones diseñadas a este solo efecto y construidas en según la técnica del relleno sanitario.

Incorporación a relleno sanitario: Comprende la disposición de lodos como parte de un relleno sanitario para residuos sólidos urbanos con restricciones de cantidad máxima de biosólidos a disponer en relación con el total de residuos depositados.

Cobertura final de rellenos sanitario: Comprende la disposición de biosólidos en las acciones de clausura de rellenos sanitarios de residuos sólidos urbanos y otros como instancia previa a su vegetalización.

Tratamiento biológico en el suelo (“LANDFARMING”): Comprende la aplicación controlada de lodos en el horizonte superficial del suelo o sobre este último, acompañado por un monitoreo continuo y un manejo adecuado para dar lugar a procesos biológicos que permitan degradar y transformar los constituyentes orgánicos e inmovilizar los compuestos o elementos inorgánicos presentes en dichos biosólidos.

Se sabe que la materia orgánica y otros componentes aportados al suelo por los lodos pueden modificar la distribución y movilidad de los metales pesados, lo que podría afectar principalmente de Cu y Zn (Ahumada *et al.*, 2004).

Trabajos Realizados con el Uso de Lodos Industriales en la Agricultura

Tales el caso de los biosólidos de la salmonicultura llevados a cabo por Salazar *et al.* (2005), demostraron que estos residuos pueden reciclarse sin perjudicar los cultivos como el maíz forrajero y praderas, siempre y cuando los biosólidos sean incorporados a 12 cm en el suelo, ya que cuando no se incorpora se observó una especie de quemado del follaje, aunque dicho efecto no se vio reflejado negativamente en el rendimiento.

El uso de lodo industrial en maíz incrementó hasta un 18 y 22 %, respectivamente, con respecto a la fertilización química, el trabajo experimental se realizó en el campo experimental de la Universidad de Guadalajara, se evaluó el efecto sobre el maíz se realizó en el ciclo primavera verano y el

híbrido de maíz fué 3288 de la empresa Pioneer, los tratamientos fueron fertilización mineral 150 Kg-ha¹ de la fórmula 18-46-00 y 200 kg-ha¹ de urea, en T2 10 ton.ha¹ de lodo deshidratado, T3 20 t-ha¹ y T4-30 t.ha¹ (Salcedo *et al* , 2007). La posibilidad de contaminar suelos y aguas subterráneas constituye su principal limitante, de ahí que su uso no puede ser indiscriminado sin una adecuada planeación y supervisión (Otero *et al.*, 1996).

En la plantación de *Pinus douglasiana* se evaluaron 0, 30, 60 y 100 mg de lodos por árbol. A los 14 meses después de la plantación se registro una supervivencia de hasta 83% en las parcelas con mayor dosis de lodos, mientras que en el control la supervivencia fue de 67% (Salcedo *et al.*, 2007). Los lodos se han utilizado en la silvicultura para incrementar la productividad forestal, para reforestar y estabilizar áreas deforestadas y perturbadas por la minería, la construcción, los incendios, el sobrepastoreo, erosión u otros factores (Brown *et al.*, 2003).

Wang., *et al.* (2004) encontraron un efecto positivo de los lodos sobre el crecimiento e incremento de volumen de árboles de *Pinus radiata*, por lo que la aplicación de los lodos puede sustituir la fertilización forestal comercial de mayor costo.

Un estudio realizado en la Comarca del Valle de Ayora (Valencia), una única aplicación de depuradora urbana no compostados en forma líquida y seca (98 y 15 % de humedad, respectivamente) tuvo mayor desarrollo de las plantaciones de *Pinus halepensis* y de *Quercus ilex*. Las plantaciones

enmedados mostraron una tendencia a mayor supervivencia con la aplicación de lodos. El crecimiento en altura y diámetro basal fue mayor en los individuos fertilizados, principalmente con lodo en forma líquida, a pesar de la baja dosis de aplicación (Cortina *et al.*, 2001).

La aplicación de biosólidos acondicionados en el crecimiento y generación de biomasa en lechuga se obtuvieron buenos resultados; el experimento fue realizado en invernadero del Departamento de Energía de la Universidad Autónoma Metropolitana de Azcapotzalco, la especie vegetal utilizado fue lechuga de hoja rizada (*Lactuca Sativa* var. Intybacea Hort), el cual se sembraron las semillas en cajas que contenían 20 Kg de suelo y la tasa de aplicación de los biosólidos que se agregó fue de acuerdo a los requerimientos de nitrógeno, fósforo y potasio por parte del cultivo (N:P:K de 2:1:5) y tomando en cuenta el contenido de nutrientes que ya se encontraban en el suelo y el contenían los biosólidos, para lo cual se utilizaron tres sustratos para realizar el experimento, el primero consistió de un suelo deficiente en nutrientes (Sustrato A), el segundo fue una mezcla de este mismo suelo deficiente con biosólidos acondicionados (Sustrato B), y para el tercero se utilizó un suelo altamente fértil de invernadero (Sustrato C), todos con cuatro repeticiones y se evaluaron a los 90 días, se encontró que la mezcla de lodo con biosólido (sustrato B) presentó un crecimiento y generación de biomasa aproximada a las que crecieron en el suelo fértil (sustrato C) (Vaca *et al.*, 2004).

El uso de biosólidos en la producción de haba (*Vicia faba* L.) dieron como resultado una productividad de 7 ton ha⁻¹ y un rendimiento de 2.6 ton ha⁻¹

siendo casi tres veces mayor comparado con el testigo, estos beneficios se le atribuye a los nutrimentales que aporta el lodo residual (Martin de Campo, *et al.*, 2002).

La hortensia como planta modelo para la producción en maceta utilizando lodo textil

Para el experimento se utilizó como planta modelo la ornamental hortensia (*Hydrangea macrophylla* L.), se decidió experimentar en esta ornamental ya que por sus características de propagación es muy fácil siempre y cuando se tenga conocimiento del manejo. Además se pensó que es una planta ornamental rentable para su producción y de fácil propagación, así como también de sus características llamativas de la flor o inflorescencia para el caso de las hortensias.

Generalidades de la hortensia (*Hydrangea macrophylla* L.)

Las Hortensias (*Hydrangea macrophylla* L.) son plantas de flor para maceta y arbustos deciduos para paisaje, resistentes al invierno. Son plantas para maceta, sus inflorescencias son esferas espectaculares de colores rosa, azul o blancas. Es conocida internacionalmente como hortensia.

Las hortensias son plantas lignosas arbustivas vivaces. Hay formas enanas, otras de arbusto y algunas que alcanzan 1.20 m de altura. En

condiciones adecuadas una hortensia puede vivir de 8 a 10 años cuando se cultivan en macetas. En cambio si se planta en plena tierra su vida es indefinida ya que las raíces tienen espacio ilimitado para extenderse y la planta no envejece como en las macetas. La floración de la *hydrangea* está compuesta de pequeñas flores agrupadas, lo que hace que sea muy versátil, de ahí que se utilice mucho para la decoración de las bases de los pasteles de boda.

Origen e Historia

Origen: Extremo Oriente.

Etimología: *Hydrangea* significa "bebedora de agua". El nombre de hortensia se debe a la dama francesa del Siglo XVIII Hortense Lepante.

Clasificación Taxonómica

Nombre científico o latino: *Hydrangea macrophylla* L.

Nombre común o vulgar: hortensia.

Familia: *Hydrangeaceae*

Características Botánicas

Planta: Arbusto caducifolio de 1-1.5 metro de altura.

Las hojas son grandes, verdes, ovaladas con borde dentado, terminando en punta y se caen al llegar el otoño.

Floración

Flores verdes al principio y rosáceas o azules más tarde, reunidas en grandes corimbos terminales. Lo que realmente da el color son unas hojas modificadas llamadas brácteas. Los sépalos, las partes llamativas de las florecillas son blancos en unos cuantos cultivares, pero para la mayor parte de los cultivares son rosas o azules, dependiendo del pH del medio del crecimiento. El color de los sépalos es determinado por la disponibilidad de los metales pesados del medio más que por los cambios del pH de la savia de la planta (Kikkawa *et al.*, 1955).

Las inflorescencias se inician rápidamente a 13 – 18 ° C tanto en fotoperiodos largos y cortos (LeMattre, 1975; Litley y Stromme, 1975). Por lo tanto, en las latitudes norte las plantas necesitan cultivarse en invernaderos mantenidos por encima de 18°C durante el verano para evitar que las inflorescencias se formen “prematuramente” (Post, 1949). A los 19 - 22°C el fotoperiodo crítico es de 14 a 16 horas, los fotoperiodos cortos estimulan especialmente el inicio de las inflorescencias. Pocas inflorescencias se inician por arriba de los 22 °C, de modo que en las latitudes sur las plantas se colocan al aire libre en el verano, no solo por las temperaturas moderadas de crecimiento, sino también para maximizar la exposición a las temperaturas de finales de verano y principios del otoño por debajo de los 22 °C, las cuales estimulan la iniciación de las inflorescencias. Sin embargo el efecto de estos factores ambientales en la iniciación de la inflorescencia varía según el cultivo (Peters, 1975; Piringer y Stuart, 1958).

Requerimientos Edafoclimáticos

Luz: En verano necesita sombra y el resto del año sol. El sol del verano fuerte la quema. Esta planta necesita pasar frío en invierno.

Necesita de suelos ácidos (pH 5), porosos y húmedos aunque en los alcalinos y neutros también vegeta con normalidad. Suelo fresco, permeable, bien abonado y de naturaleza ácida. Esto es importante ya que la naturaleza de suelo influye en la coloración que presentarán las flores.

Riegos

Es una planta que necesita siempre de tierra húmeda, sobre todo en verano. La deficiencia de agua disminuye severamente el crecimiento del cultivo y daña los tejidos. Por lo tanto, cuando se produce en maceta se utiliza un medio bien aireado con alta capacidad de retención de agua, como las mezclas con turba de pantano (Ray, 1946; Shanks, 1975). La solución nutritiva se utilizó como lo muestra el (Cuadro 1) y los riegos se hacían cada 3 días de manera manual agregándole medio litro por maceta.

Cuadro 1. Solución Nutritiva

Fuente	Fórmula	grs/200 Lts. de agua
Nitrato de Calcio	11-17-1	15
Multi NPK	13-2-44	6
Fosfato monoamónico	12-61-00	8
Fosfonitrato	31.5-00-00	22
Quelato de Fe 6%		5.5

Plagas y Enfermedades

Hay muchos componentes dañinos del ambiente biótico de la hortensia. La severidad y control depende del lugar o sitios de producción. Entre las más serias de controlar es la Botrytis de las inflorescencias. De los cultivares más resistentes a los más susceptibles están "Kuhnert", "Strafford", "Soeur Therese" y "Merveille" (Powell, 1973). Una humedad relativa reducida controlará tanto Botrytis como a la cenicilla polvorienta, pero generalmente también se requieren aplicaciones complementarias de fungicidas. Para reducir la pudrición por Botrytis de los botones de inflorescencia en almacenamiento, se retiran las hojas, ya que estas caerían y albergarían al hongo en el caso de almacenamiento en oscuridad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo fue realizado usando residuos industriales de la empresa Fábrica la Estrella S.A de C.V del grupo CIPSA de Parras. Estos materiales se obtienen después de tratar el agua utilizada en el proceso industrial, parte del tratamiento consiste en filtrar y prensar los sólidos acarreados por el agua. Estos sólidos que constituyen el subproducto cuentan con certificado de no peligrosidad, para el ambiente, en base al análisis de CRETIB (corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y biológico-infeccioso) de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) de la SEMARNAT. El trabajo experimental se llevó a cabo durante el verano y otoño de 2008, en el invernadero de ornamentales del Departamento de Horticultura, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista Saltillo Coahuila, México; ubicado a una latitud Norte de 25° y 23' y longitud Oeste 101° 02', con una altitud de 1743 msnm. Antes de establecer el experimento se hizo un análisis de lodo deshidratado y en fresco de acuerdo a la NOM-004-SEMARNAT-2002 con el fin de verificar y documentar la presencia y concentración de coliformes fecales, Salmonella spp, huevos de helmintos y metales pesados como arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, mercurio, níquel y zinc . Las muestras fueron analizadas en un laboratorio certificado para la norma oficial mencionada de Intertek Testing Services de México S.A de C.V Laboratorio Cd. de México. Una vez que se obtuvieron los resultados de dicho análisis se procedió a establecer el

experimento. Para el experimento se utilizaron lodos industriales deshidratados que fueron extraídos del centro de confinamiento de la empresa, dichos lodos se colocaron en macetas de 2 L con las concentraciones de 0, 10, 20, 30 % de lodo y el resto del volumen fue ocupado por turba canadiense de la marca TURBER (turba de *sphagnum*), es decir, el tratamiento control fue peat moss sin lodo. Una vez que se obtuvieron las mezclas se procedió a la colocación en macetas y del material vegetativo que se utilizó para dicho experimento, que fueron esquejes de hortensias (*Hydrangea macrophylla* L.) que se trasplantaron haciéndoles un previo tratamiento con fungicida metalaxil y posteriormente se llevaron a invernadero, en donde se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 15 repeticiones siendo la unidad experimental una maceta con una planta.

Las variables morfológicas evaluadas fueron la altura de la planta y el diámetro de inflorescencia. La altura fue medida con un flexómetro tomando desde la base de la planta hasta el ápice floral, mientras que el diámetro se midió como proyección longitudinal transversal de la inflorescencia. Las variables químicas fueron el contenido de minerales (K, Mg, Ca, Fe, Mn, Cu, Zn y Na) en la inflorescencia, hoja, tallo y raíz, por espectrofotometría de absorción atómica de llama, con un equipo VARIAN AA1275. El contenido de clorofila total se determinó usando un espectrofotómetro de absorción marca Helios y una centrifuga modelo compact II. La muestra utilizada fue 10 g y la lectura se realizó a dos niveles de absorbancia 660 nm para clorofila A y 642 nm para clase B y por último se estimó la clorofila total con la fórmula de Bruinsma,

1963. Tanto el contenido de minerales como el de clorofila se determinaron en la etapa de floración. Por otra parte, con el propósito de verificar el efecto de la inclusión de los lodos industriales sobre el agua lixiviada por el sustrato, se determinó en dicha muestra el pH y la conductividad eléctrica (C.E.). Para ello, en tres fechas diferentes (15, 31 de agosto y 7 de septiembre días después del trasplante) se colectaron tres muestras de cada tratamiento de la solución lixiviada derivada del sustrato, determinando las variables citadas con un potenciómetro de la marca HANNA modelo -COMBO.

El nitrógeno total fue determinado en la inflorescencia, hoja, tallo y raíz, con el método de técnica Kjeldhal. La determinación de fósforo se llevó a cabo por el método de colorimetría. En el caso de fósforo una causa de fuerza mayor no permitió contar con repeticiones y por ello no se hizo análisis estadístico. El contenido de minerales con el fin de verificar si existe una correlación entre los mismos en raíz, tallo, hoja y flor, se hizo una correlación simple para obtener una matriz de correlaciones; para lo cual se utilizó el lenguaje S, en la plataforma R.

Se anexa un apéndice donde se realizó la prueba de homogeneidad de varianza y normalidad para los macroelementos K, Mg, Ca, y los microelementos Fe, Mn, Cu, Zn y Na. Donde se demuestra que los datos que se obtuvieron en el experimento presentaron homogeneidad entre los datos. Mientras que para N y P no se le realizó las pruebas de homogeneidad de varianza y normalidad, por lo tanto no se presenta en el apéndice ya que los datos se reportaron en por ciento en las tablas de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis químico general de la mezcla de lodo con sustrato después del experimento

Como se puede observar los análisis de los lodos industriales en el Cuadro 2, respecto a química general están dentro de la categoría de excelentes del límite máximo permisible de la Norma Oficial Mexicana (NOM-004-SEMARNAT-2002).

Aunque se detectó coliformes fecales en muy bajas concentraciones, no se detectaron salmonella y huevos de helminto en el lodo analizado después del experimento que se reportan en el Cuadro 2. Para ello no representa ningún peligro por contacto directo con el público hacia las plantas.

Cuadro 2. Análisis microbiológico de la mezcla de lodo industrial textil con sustrato después del experimento.

Parámetro	Resultado	Limite máximo permisible NOM-004-SEMARNAT-2002			Unidades en base seca
		A	B	C	
Coliformes fecales	93,0 NMP/gST	<1 000	<1 000	<2 000 000	NMP/g
Salmonella	Ausente	<3	<3	<300	NMP/g
Huevos de helminto	ND	<1	<10	<35	HH/g

NMP= Número más probable ND= No detectado HH= Huevos de helminto

Análisis de metales pesados de la mezcla de lodo con sustrato después del experimento

Se detectaron concentraciones muy bajas de metales pesados y por lo cual están en la categoría de excelente de acuerdo al límite máximo permisible NOM-004-SEMARNAT-2002. Es decir están dentro de la categoría de aprovechamiento de uso urbano con contacto público directo durante su aplicación. Para el caso del elemento cadmio no se detectó en el lodo industrial utilizado en el experimento.

Cuadro 3. Contenido de metales pesados de la mezcla de lodo con sustrato después del experimento.

Limite máximo permisible NOM-004-SEMARNAT-2002					
Parámetro	Resultados	Excelentes mg/Kg	Parámetro	Resultados	Excelentes mg/Kg
Arsénico	0,696	41	Plomo	22,8	300
Cadmio	ND	39	Mercurio	2,243	17
Cromo	23,0	1 200	Níquel	4,3	420
Cobre	14,3	1 500	Zinc	172,0	2,800

Análisis fisicoquímico de la solución nutritiva lixiviada

En el Cuadro 4 se observa que el pH y conductividad eléctrica (C.E) aumentaron debido a la concentración de lodo que se utilizaron en los tratamientos, es decir que con el aumento de la concentración de lodo altera de

manera radical la solución nutritiva, debido a que los lodos tienen un pH y C.E alto.

Cuadro 4. Análisis fisicoquímico de la solución nutritiva lixiviada.

Tratamientos (%)	Solución nutritiva	
	pH [H ⁺]	C.E (dS.cm ⁻¹)
0	6.5	2.16
10	7.8	2.76
20	7.96	4.52
30	7.98	4.36

Variables morfológicas

El Cuadro 5 muestra la altura de la planta y diámetro de inflorescencia con respecto a las diferentes concentraciones de lodo. El tratamiento con 10% de lodo industrial presentó mayor altura de planta respecto a los demás tratamientos. Esto coincide con lo reportado por Torres *et al.* (2009), que concluyó que el uso del lodo tuvo efectos positivos en el crecimiento de *Lilium sp*, además coincide con lo reportado en maíz forrajero, en donde se obtuvieron buenos rendimientos de grano incrementando hasta un 22% con respecto a la fertilización química (Salcedo *et al*, 2007).

Para el caso de diámetro de inflorescencia se observó también que el mejor tratamiento fue el de 10%. López *et al.* (2007) reportaron que el diámetro

del capitulo del girasol “Elite” tuvo efectos positivos con el uso de lodo industrial textil mezclado con estiércol de bovino. Empleando como fertilizante la mezcla de biosólidos con el mineral fosfórico clinoptilolita el crecimiento de la lechuga (*Lactuca sativa*) presentó una respuesta equivalente al crecimiento en un suelo fértil, en cuanto a la forma, talla y color de las plantas, además con similar producción de biomasa y por lo tanto esta mezcla podría utilizarse como un sustituto de fertilizantes comerciales (Vaca *et al*, 2004). El uso de biosólidos en la producción de alfalfa incrementó hasta un 31% de rendimiento en comparación a la fertilización química lo que sugiere que el uso racional de biosólidos, es seguro y ecológicamente factible (Uribe *et al.*, 2001).

Cuadro 5. Prueba de comparación de medias en altura de planta y diámetro de inflorescencia en hortensia.

Tratamiento (%)	Altura de la planta (cm)	Diámetro de inflorescencia (cm)
0	25.00 ab	15.33 ab
10	28.00 a	16.66 a
20	19.33 c	12.33 c
30	20.33 bc	13.33 b
C.V %	11.76	11.15

Medias dentro de columnas con diferentes literales, son estadísticamente significativas (Tukey $\alpha \leq 0.05$).

Contenido de Minerales en Inflorescencia

En el Cuadro 6 se puede observar que para contenido de macronutrientes N, Mg, Ca, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

Mientras que para potasio si se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el tratamiento con 30 % de lodo industrial el que tuvo mayor concentración.

Los micronutrientes Fe y Zn, no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. El cobre si presentó diferencias significativas siendo el T4 con 30% de lodo industrial donde se encontró mayor concentración de este elemento. A diferencia del Mn y Na en los cuales el T2 (10%) presentó la mayor concentración. Mientras que para Mn, si manifestó diferencias significativas entre los tratamientos, donde el T2 con 10% es el que presentó mayor concentración, superando al testigo. Y para contenido de Na, no presentó diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 6. Contenido de minerales en inflorescencia.

Trat	N	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Cu	Zn	Na
	%				mg/kg				
0	2.43 a	1.12 c	0.14 a	0.44 a	68.33 a	14.66 b	4.00 c	31.00 a	5166.66 a
10	2.96 a	1.86 ab	0.16 a	0.36 a	70.33 a	26.66 a	6.33 ab	38.66 a	11000.00 a
20	2.83 a	1.57 b	0.12 a	0.25 a	48.33 a	8.66 bc	7.00 b	33.00 a	8800.00 a
30	2.70 a	2.00 a	0.13 a	0.45 a	82.66 a	3.66 c	7.63 a	35.66 a	4666.66 a
C.V %	16.46	11.81	28.10	26.42	14.39	34.02	18.98	10.39	5.97

Medias dentro de columnas con la misma letra, son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha \leq 0.05$). Medias dentro de columnas con diferentes letras, son estadísticamente significativas entre los tratamientos (Tukey $\alpha \leq 0.05$).

Contenido de Minerales en Hoja

Los macronutrientes N y P, están dentro del rango de suficiencia, y para magnesio y calcio presentaron deficiencias entre los tratamientos. El magnesio

presentó una deficiencia en el tratamiento 10, 20 y 30% de lodo industrial, mientras que para el calcio en el tratamiento 10 y 20% y para el caso de K, este elemento se encontraron deficiencias en todos los tratamientos de acuerdo a lo reportado por Benton Jones (1998). Mientras que para los micronutrientes Fe, Mn, Cu y Zn de acuerdo a los resultados obtenidos, estos están dentro del rango de suficiencia para este ornamental. Siendo el Na no se tiene dato para este ornamental. Para N, K, Mg y Ca, no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Los micronutrientes Fe, Mn y Cu, si presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el fierro y cobre se encontró mayor concentración en el T2 con 10% de lodo industrial. Para el manganeso presentó diferencias significativas entre los tratamientos, y el testigo con 0 % de lodo es la que mayor concentró este elemento.

Cuadro 7. Contenido de minerales en hoja.

Trat	N	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Cu	Zn	Na
	%				mg/kg				
0	3.63 a	0.98 a	0.39 a	0.84 a	113.33 b	75.33 a	2.66 c	33.66 a	39333.33 a
10	3.86 a	1.47 a	0.18 a	0.57 a	127.66 a	72.00 b	6.66 a	31.00 a	17366.66 a
20	3.40 a	1.41 a	0.18 a	0.57 a	80.00 d	51.33 c	5.66 ab	30.00 a	18000.00 a
30	3.53 a	1.84 a	0.21 a	1.03 a	104.66 c	46.33 d	3.33 b	27.66 a	45733.33 a
C.V%	15.18	24.56	27.70	25.77	2.20	2.58	16.66	2.67	10.90

Medias dentro de columnas con la misma letra, son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha \leq 0.05$). Medias dentro de columnas con diferentes letras, son estadísticamente significativas entre los tratamientos (Tukey $\alpha \leq 0.05$).

Contenido de Minerales en Tallo

En el Cuadro 8 se puede observar que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos para contenido de N, Mg y Ca. En el caso de potasio presentó diferencias significativas entre los tratamientos, el T4 con 30% de lodo, es el que supera a los demás tratamientos.

Para Fe, Mn, Cu y Na, no presentan diferencias significativas entre los tratamientos, pero en contenido de Zn presenta diferencias significativas entre los tratamientos siendo el T2 con 10% de lodo el que mayor concentración obtuvo.

Cuadro 8. Contenido de minerales en tallo.

Trat	N	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Cu	Zn	Na
	%				mg/kg				
0	1.23 a	0.47 c	0.13 a	0.33 a	76.33 a	54.66 a	3.00 a	82.66 b	2866.66 a
10	1.40 a	0.48 b	0.11 a	0.31 a	42.66 a	74.00 a	8.33 a	84.33 a	3800.00 a
20	1.10 a	0.67 ab	0.14 a	0.35 a	63.66 a	51.66 a	5.00 a	61.33 c	1900.00 a
30	1.33 a	0.80 a	0.12 a	0.33 a	69.33 a	31.33 a	7.66 a	71.66 ab	2416.66 a
C.V%	34.79	18.32	14.67	9.60	19.97	15.00	18.00	9.78	6.30

Medias dentro de columnas con la misma letra, son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha \leq 0.05$). Medias dentro de columnas con diferentes letras, son estadísticamente significativas entre los tratamientos (Tukey $\alpha \leq 0.05$).

Contenido de Minerales en Raíz

Para contenido de macroelementos N, K, Mg y Ca en raíz no presentan diferencias significativas entre los tratamientos con el uso de lodo industrial.

Mientras que para los microelementos Fe, Cu y Zn se encontraron diferencias

significativas entre tratamientos siendo en T3 con 20% de lodo donde se concentra más el Fe, para cobre y zinc con 10% de lodo. El manganeso y el sodio no presentan diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 9. Contenido de minerales en raíz.

Trat	N	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Cu	Zn	Na
%					mg/kg				
0	2.73 a	1.52 a	0.19 a	0.26 a	394.66 b	76.00 a	5.33 ab	86.00 ab	2123.33a
10	2.86 a	1.31 a	0.11 a	0.40 a	218.33 c	104.66 a	6.33 a	126.00 a	2766.66a
20	2.33 a	1.31 a	0.11 a	0.52 a	575.66 a	86.33 a	4.00 b	74.66 b	2333.33a
30	2.43 a	1.49 a	0.16 a	0.54 a	519.00 ab	75.33 a	3.66 c	64.00 c	2340.00a
C.V%	24.96	23.88	18.13	29.65	24.79	8.43	14.63	4.82	6.40

Medias dentro de columnas con la misma letra, son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha \leq 0.05$). Medias dentro de columnas con diferentes letras, son estadísticamente significativas entre los tratamientos (Tukey $\alpha \leq 0.05$).

El contenido de nitrógeno en inflorescencia no presenta diferencia significativa, pero existe una alta concentración en el T2 (10%) y pudo haber influido para que el diámetro de inflorescencia sea mayor a los demás tratamientos. Se sabe que el N es precursor de la síntesis de proteínas, y esencial para los aminoácidos, además en la síntesis enzimática (Mengel y Kirkby, 1987). Mientras que para K si hubo diferencias significativas entre los tratamientos, sobresaliendo el T4 con 30% superando al testigo. En el caso de Cu y Zn considerados como metales pesados, se encontró que el cobre se concentra al doble en la mezcla de lodo con sustrato, mientras que para zinc es cuatro veces mayor la concentración en el lodo analizado según lo que se reporta en el (Cuadro 3), pero están dentro del límite permisible de lodo según

la NOM-004-SEMARNAT-2002, pudiendo ser que hay una baja conductancia de cobre hacia la inflorescencia según los datos que se reportan en el (Cuadro 6), en comparación con los resultados obtenidos en la raíz. Según (Subbarao *et al.* 2000) en tejido vegetal aéreo puede haber una concentración de Na hasta de 20,000 mg Kg¹, y por lo tanto esto se refleja en la inflorescencia y hoja en el tratamiento con 10% de lodo el que presentó el valor mas alto. Por lo tanto las diferentes concentraciones de los minerales en inflorescencia dependen del tipo del elemento y su movilidad y también depende en la madurez y el tipo de planta, así como en las condiciones del viento, temperatura y humedad, que afectan a las plantas en la absorción de la solución nutritiva (Allen *et al.*, 1998). También el transporte de algunos nutrimentos puede ser a larga distancia, donde el agua pasa del suelo a través de las raíces, tallo y hojas a lo largo de un gradiente decreciente de potencial hídrico, es decir, se desplaza de regiones de alto potencial a regiones de bajo potencial y finalmente llegan a la hoja, flor o fruto, que participan el floema y xilema (Bruce *et al.*, 1994).

Para el N en hoja esta dentro del rango de suficiencia según Benton Jones (1998), mientras que para potasio hay deficiencia, mas sin embargo el calcio solo se presenta una deficiencia en T2 con 10% y T3 con 20% de lodo. Kabata-Pendias (1992) reportan una baja concentración de Ca, utilizando biosólidos en *Nicotiana tabacum* debido a que el cadmio y el plomo interfiere con el calcio y por lo tanto se presenta un antagonismo por la presencia de metales pesados en concentraciones altas. Con respecto a Mg se presenta una deficiencia en el 10%, 20% y 30% de lodo industrial y puede ser por una alta concentración de

potasio, ya que existe estudios que sustentan que un nivel alto de potasio puede inhibir o causar un déficit de magnesio (J. Benton Jones, 1998), y se puede observar que en el T1 0% de lodo hay una baja concentración de potasio y por lo cual se atribuye que el magnesio tiene una mayor concentración. Para los micronutrientes están dentro del rango de suficiencia. Siendo el zinc el que se encuentra en concentraciones mínimas en todos los tratamientos, esto puede ser debido a la presencia de cadmio en el lodo ya que causa un sinergismo hacia el zinc Alloway (1992). Como se ve reflejado en el (Cuadro 6) existe una mayor acumulación de Zn en T2, y un abastecimiento adecuado de Zn favorece la síntesis de triptófano y dado que el triptófano es considerado como un compuesto precursor del ácido indolacético favorece un buen crecimiento y desarrollo de la planta (Cakmak *et al.*, 1989). Lo que se reporta en el lodo antes de establecer el experimento es de 56.3 mg/kg y esto se ve reflejado que en la hoja hay una menor acumulación, y puede ser debido a que es muy inmóvil, y además es absorbido por las plantas en cantidades muy pequeñas.

El nitrógeno en tallo presentó mayor concentración en el T2 con 10% de lodo y por ende puede ser factor que la planta haya tenido mayor crecimiento ya que el nitrógeno forma compuestos orgánicos en la planta, el N se encuentra en moléculas tan importantes como las purinas y las pirimidinas de los ácidos nucleicos, esenciales para la síntesis de proteínas y en los citocromos que son importantes para la fotosíntesis y la respiración (Alcántar y Trejo, 2007). El potasio se encontró en mayor concentración en el tratamiento con 30% de lodo

pero en contraparte presenta un menor crecimiento de la planta y puede ser debido a la alta concentración de lodo y que afecta su elevado pH y C.E, así como se reporta en el (Cuadro 4). Para zinc se observa que hay más concentración en tallo y raíz en comparación en inflorescencia y hoja. El cual coincide con (Azevedo *et al.*, 2003) donde establece que los biosólidos son ricos en micronutrientes como el zinc y esto se ve reflejado en la absorción por las plantas. El caso de sodio hay una acumulación baja en tallo y raíz, según (Subbarao *et al.* 2000). Esto puede ser debido a que el sodio es transportado por la parte aérea dentro del flujo transpiratorio en el xilema, pero no regresa a las raíces vía floema, existe evidencias que el sodio es unidireccional y da como resultado una acumulación progresiva en las hojas o parte aérea (Tester y Davenport, 2003). Aunque cabe mencionar que este elemento en altas concentraciones tiene consecuencias negativas para la planta: afectando a la osmorregulación, efectos sobre iones específicos K y Ca, que pueden ocasionar problemas y disminución en las funciones metabólicas (Grasso y Bickel, 1999).

En raíz, hoja e inflorescencia cabe resaltar que el nitrógeno y potasio se comportan de manera similar en concentración, pero no en tallo. Taiz y Zeiger (1998), mencionan que la traslocación de los elementos es hacia los sitios de mayor demanda, pudiendo ser la razón de esto, efecto del nitrógeno y potasio.

El nitrógeno en términos generales esta en mayor concentración en hoja, seguido por raíz e inflorescencia, mientras que en tallo se encontraron concentraciones bajas. En el caso de potasio hay una mayor concentración en

inflorescencia, hoja y raíz. Mientras que para Mg y Ca se encontraron concentraciones de manera similar en todos los tejidos de la planta.

En el caso de los micronutrientes como el Fe hubo una mayor concentración en hoja y raíz, siendo el doble de lo que se acumularon en inflorescencia y tallo. Mientras que para manganeso se encontraron mayor concentración en hoja, tallo y raíz, caso contrario para inflorescencia. Para el caso de Cu hubo una mayor acumulación en flor, tallo y raíz, seguido por hoja. Siendo el doble de lo que se acumuló en hoja. Mientras que para el Na se encontraron concentraciones altas en hoja, seguido por inflorescencia, tallo y raíz. Las variabilidades de las concentraciones de minerales que se presenta en tejido vegetal es debido a que al aumentar la concentración de lodo en los tratamientos, se incrementan de manera significativa el pH y C.E, y para que los minerales estén disponibles y los pueda absorber la planta se recomienda un pH de 5.5-6.5 y C.E 1.8 mS/cm, (González y Téllez, 2007).

La disponibilidad de los elementos depende de pH, y C.E (Paré *et al.* 1999). La cantidad de nutrientes disponibles para la planta depende, en gran medida, del tipo de suelo, de la fijación a las partículas coloidales, la concentración de estos en la solución y la capacidad de absorción de la raíz (Navarro y Navarro, 2000). También cabe resaltar que el agua y nutrientes pueden ser absorbidas por tres formas que son: intercepción, flujo de masas y difusión, de ahí la forma de acumulación de algunos de los nutrientes en cualquier parte de la planta (González y Téllez, 2007). Las diferencias de nutrientes en tejido vegetal también puede ser influenciado por el movimiento

de agua y nutrimentos, ya que se lleva a cabo por dos rutas que son; vía simplasto y apoplasto, para llegar al tejido conductor que es el xilema, el cual tiene la función de transportar el agua y nutrimentos hacia los sitios de requerimiento es decir de la raíz a la parte aérea.

Resultados de correlación de minerales en el tejido vegetal de la hortensia

De acuerdo con los resultados obtenidos de la matriz de correlaciones de Pearson del contenido de minerales (N, K, Mg, Ca, Fe, Mn, Cu, Zn y Na), en raíz, tallo, hoja y flor; se observa que existe, en general, baja correlación entre tales variables. De estas las que presentan mayores valores son: Nitrógeno, entre raíz y tallo, 68%. El nitrógeno se transporta vía xilema, y por lo general es mayor en las especies leñosas Engels y Marschner (1993). Esto puede ser la razón por lo que este elemento está correlacionado entre raíz y tallo, ya que en estas partes anatómicas en donde existe más xilema. El Potasio, presenta una correlación entre tallo y hoja de 67%, tallo y flor de 54%, y hoja y flor del 73%. Esto puede presentarse debido a que el potasio se acumula en la superficie de los cloroplastos y que durante el proceso de fotosíntesis penetra en ellas (Pier y Berkowitz, 1987). Por lo tanto el potasio principalmente participa en la parte vegetativa de la planta. El Mg presenta una correlación del 56% entre raíz y hoja. Esto puede deberse a que el magnesio es el elemento constitutivo de la clorofila, y se absorbe desde la raíz hasta la hoja. El Fe, presenta una correlación del 51% entre raíz y tallo; esto indica que el Fe, es absorbido por la

raíz y la forma en que se absorbe es mediante flujo de masas, y posteriormente es transportado vía xilema, y transita este elemento entre la raíz y tallo a mayor concentración y posteriormente a los sitios de mayor demanda. Cabe destacar que el Fe, tiene la participación en la síntesis de clorofila y en el funcionamiento y estructura del cloroplasto, pero con el resultado de correlación se presenta entre raíz y tallo. El manganeso presenta correlaciones del 75% entre raíz y flor, el 57% entre tallo y hoja, el 69% entre tallo y flor y con 52% entre hoja y flor. Se puede observar que este elemento se correlaciona entre las diferentes partes del tejido de la planta, en particular un alto contenido de manganeso en raíz se relaciona fuertemente con el contenido de este mineral en flor. Cabe resaltar que el manganeso funciona como activador de enzimas en los procesos de crecimiento y además conjuntamente con el fierro forman la clorofila (Ludwick, *et al*, 2004). Y para el caso de zinc presenta una correlación entre raíz y flor del 51%, entre la raíz y tallo del 61%. Existe, referencia, donde mencionan que el zinc es absorbido en cantidades muy pequeñas, además es indispensable para la síntesis de proteínas, debido a su función como componente estructural de los ribosomas (Marschner, 2002). En contraparte el Ca, Cu y Na, no presentan correlación entre las diferentes partes constitutivas de la planta.

Contenido de Fósforo en hortensia (*Hydrangea macrophylla* L.)

Para contenido de P en inflorescencia, se observa que el T2 con 10% es el que mayor concentración presenta en comparación a los demás tratamientos,

superando al testigo. El fósforo se encuentra, como constituyente de nucleoproteínas y participa también en la división celular (González y Téllez, 2007). La concentración de fósforo en hoja, esta dentro de los rangos de suficiencia según Benton Jones (1998). Cabe resaltar que hay una mayor concentración en el T2 con 10% de lodo, debido a que el lodo industrial aporta una buena cantidad de este elemento esencial para la planta y puede ser también un indicador que en concentración del 10% de lodo industrial es la adecuada para una buena acumulación. Mientras que en tallo y raíz como se puede observar en el (Cuadro 10) hay una mayor concentración en T1 con 0% de lodo, siendo el testigo que supera a los demás tratamientos. Pero en términos generales fue en la hoja donde hay una mayor concentración de este elemento y por lo tanto se puede concluir que este elemento se trasloca hacia las hojas.

Cuadro 10. Contenido de fósforo en por ciento en hortensia.

Tratamientos (%)	Inflorescencia	Hoja	Tallo	Raíz	
0	0.49	0.52	0.55	0.53	
10	0.54	0.56	Rango de suficiencia	0.54	0.52
20	0.50	0.54		0.50	0.48
30	0.49	0.53	0.25-0.70	0.51	0.49

El uso del lodo industrial textil no modifica de manera significativa en cuanto al contenido de macronutrientes y micronutrientes, pero se aprecia de

manera morfológica que con el uso de los lodos, las plantas de hortensias presentan mayor altura de la planta y diámetro de inflorescencia con la concentración del 10% de lodo industrial mezclado con peat moss y por tanto las hortensias presentan mayor estética visual para las personas.

Importancia de los pigmentos textiles en los lodos industriales textiles

El índigo es el colorante mas utilizado y hasta en la actualidad se sigue utilizando, debido a su solidez, resiste bien a la luz, al lavado, a los álcalis y ácidos. Se utiliza en tintura textil como colorante. El índigo es el colorante de los jeans y prendas vaqueras azules. Esta sustancia se extrae de plantas del género indigofera (que se dan en el Asia Sur oriental, cultivadas y empleado como tal sobre todo en la India, para el algodón), que lo contienen en forma de glucósido; éste se hidroliza por ácidos o por fermentos en glucosa e indoxilo, se oxida de forma natural por el oxígeno del aire y se transforma en el colorante índigo o añil. El añil es un colorante textil natural que se ha estado utilizando en algunas industrias textiles para teñir las telas. Tal es el caso de la Compañía Industrial de Parras S.A de C.V., que utiliza este pigmento natural para el teñido de la mezclilla, por tanto todos los remanentes de colorantes se impregnan con todos los subproductos que se genera en esta industria y por lo cual los lodos mantienen adquieren un color especial a azul intenso debido a los pigmentos. La composición química del añil es $C_{16}H_{10}O_2N_2$, y por tanto debido a su composición química pudo haber influido de manera fisiológica e induciendo el

crecimiento positivo de las hortensias a una concentración del 10% de lodo industrial mezclado con peat moss, además de la materia orgánica y de los elementos que aporta el lodo industrial textil de la Compañía Industrial de Parras S.A de C.V.

Contenido de Clorofila

Para contenido de clorofila no hubo diferencia entre los tratamientos lo cual pudiera indicar que las concentraciones utilizadas del lodo no parecen inducir cambios metabólicos profundos en las plantas.

Cuadro 11. Contenido de clorofila en hortensia (*Hydrangea macrophylla* L.)

Tratamientos (%)	Contenido de clorofila (mg/g)
0	8.23 a
10	8.30 a
20	8.12 a
30	9.26 a
C.V %	18.97

Medias dentro de columnas con la misma letra, son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

El uso de lodo industrial en concentración del 10% es factible para la producción de hortensias en maceta, ya que no presentó toxicidad para las plantas y se desarrollaron de manera positiva comparados con el testigo con 0 % de lodo industrial textil.

Los datos sobre macronutrientes y micronutrientes analizados con la dosis del 10% de lodo industrial mezclado con peat moss, no indican la posibilidad de restricción en el crecimiento y desarrollo de las hortensias. Y el comportamiento en la concentración de minerales se comportó casi similar entre los tratamientos a excepción de algunos elementos.

Se observaron impactos negativos sobre el crecimiento y desarrollo de las hortensias cuando la concentración de lodo fue aumentado en gran volumen (20 – 30%), se derivaron al parecer de la alta concentración de sales, la cantidad de bicarbonatos de sodio, el incremento del pH y C.E.

El sistema utilizado de mezcla de los lodos industriales con peat moss al 10% (lodo textil) asegura que las plantas no serán expuestas a niveles tóxicos o inadecuados para su crecimiento y desarrollo de la planta.

**EFFECTIVIDAD DEL LODO INDUSTRIAL TEXTIL EN LA PRODUCCIÓN DE
HORTENSIAS (*Hydrangea macrophylla* L.) EN MACETA**

**The effectiveness of textile industrial mud in the production of potted
Hortensias (*Hydrangea macrophylla* L.)**

**Emilio Bautista-Vargas, Adalberto Benavides-Mendoza, Homero Ramírez,
Valentin Robledo-Torres, Mario Cantú-Sifuentes, Rosalinda Mendoza-
Villarreal, Jose A. Gonzáles-Fuentes**

Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro,
Buenavista, Saltillo 25315 Coahuila, México. Tel. (844)893 6608. Email:
embavs@hotmail.com

RESUMEN

Los lodos industriales constituyen un serio problema ambiental. Su uso como abono orgánico es la práctica más aceptada desde el punto de vista ecológico y económico. El uso agrícola de lodos mejora ciertas propiedades físicas del suelo, a la vez de servir como complemento de la fertilización. El uso agrícola de lodos industriales puede presentar algunos riesgos por acumulación de elementos potencialmente tóxicos en los suelos, los cuales pueden ser absorbidos por los cultivos y pasar así a la cadena trófica. El presente estudio tuvo como objetivo principal, buscar alternativas para el uso de los lodos industriales textiles y darle un valor agregado como sustrato en la producción de hortensia (*Hydrangea macrophylla* L.). Las concentraciones de mezcla en base a volumen de lodo con sustrato peat moss, fueron 0, 10, 20 y 30%, siendo el

testigo 0% de lodo. El material vegetativo que se utilizó fueron esquejes de hortensias. El diseño experimental completamente al azar con 15 repeticiones siendo la unidad experimental una maceta. Fue el tratamiento 2 con 10% de lodo industrial el que manifestó efectos deseables para altura de la planta y diámetro de inflorescencia, mientras que para contenido de minerales se mantuvieron en concentraciones similares, llegando a la conclusión que los lodos aportan elementos esenciales principalmente N y P, para la planta.

Palabras clave: minerales, abono orgánico, fertilización.

ABSTRACT

The industrial muds constitute a serious environmental problem. Its use as organic fertilizer is the practice more accepted from the ecological and economic point of view. The agricultural use of muds improves certain physical properties of the soil, simultaneously of serving as fertilization of the complement. The agricultural use of industrial muds can present some risks, for an accumulation of elements potentially toxic in the soils, which can be absorbed by the plants and to go on this way to the trofic chain. The present study had as principal objective, search for alternatives for the use of the industrial textile muds and give a value added as substratum in hortensias production (*Hydrangea macrophylla* L.). The doses of mixture on the basis of volume of mud with substratum peat moss, were 0, 10, 20 and 30 %, being the witness 0 % of mud.

The vegetative material used was cuttings of hortensias. The experimental design was complete blocks at random with 15 repetitions being the experimental unit a potted. Being the T2 with 10 % of industrial mud that demonstrated desirable effects for height of the plant and diameter of inflorescence, whereas for content of minerals were kept in similar concentrations, coming to the conclusion that the muds provide essential elements for the plant.

Index words: minerals, organic fertilizer, fertilization.

INTRODUCCIÓN

La actividad industrial ha tenido un importante papel en el desarrollo económico y social de nuestro país. Sin embargo, como consecuencia de las actividades industriales se generan algunos subproductos indeseables, tales como lodos o residuos industriales de los cuales algunos de ellos son recuperables. El problema reside en que las técnicas que se utilizan para el aprovechamiento resultan ser poco rentables desde el punto de vista económico. En el estado de Coahuila se localizan empresas dedicadas a la manufactura de papel, ropa y la industria automotriz. Pero en el caso de las dos primeras empresas generan una gran cantidad de lodo residual que van en orden de 1000 a 60 000 t de lodo por semana, con base de celulosa y algunos compuestos como carbonato, bicarbonato de calcio y pinturas, los cuales

pueden ser una fuente de contaminación al aire y al suelo. Un lodo residual es una materia orgánica húmeda con cierta cantidad de aditivos, entre los cuales hay algunos componentes de interés y otros cuya presencia es indeseable por su posibilidad de contaminación.

En los Estados Unidos de América (EUA) del total de los residuos industriales generados, se usaban menos del 50% y en la agricultura se empleaba menos del 1% (EPA, 1997). En el norte de México donde los suelos predominantemente son calcáreos, existen 62 plantas de tratamiento de agua residual, que producen alrededor de 475,000 t de lodo residual (95,000 t en base seca), las cuales pueden utilizarse como fertilizante en cultivos industriales y forrajeros en alrededor de 10,000 ha, (Uribe, 2001). Actualmente, el inadecuado manejo de los residuos, constituye una fuente de problemas ambientales, entre los que se encuentran: la contaminación de aguas subterráneas, la emisión de gases perjudiciales, humos y malos olores. La aplicación de residuos orgánicos, lodos de aguas negras, residuos agrícolas e industriales a la tierra, pueden beneficiar la calidad del suelo debido a la incorporación de elementos nutrimentales y materia orgánica.

Las características físicas y químicas de los lodos varían en función de su origen: urbano o industrial y del tipo de procesos al que son sometidos (Cooper, 2005). Existen aspectos positivos que nos proporciona el uso de lodos industriales, como son el aumento de la estabilidad de los agregados, la mejora del balance hídrico, el incremento de la capacidad del intercambio catiónico y

del contenido de materia orgánica del suelo (Alloway *et al.*, 1990). La aplicación de lodos residuales es una práctica habitual en países desarrollados por razones prácticas y económicas (Ottaviani *et al.*, 1991). Las dosis de aplicación frecuentemente se establecen en función de los requerimientos del cultivo en N y P. Los lodos industriales también pueden contener diversos metales pesados y microcontaminantes orgánicos, esto afecta a la cadena alimenticia a través de los cultivos y contamina las aguas freáticas (Data, 2005).

En la plantación de *Pinus douglasiana* se evaluaron 0, 30, 60 y 100 mg de lodos por árbol. A los 14 meses después de la plantación se registró una supervivencia de hasta 83 % en las parcelas que se aplicó mayor dosis de lodos, mientras que en el control la supervivencia fue de 67% (Salcedo *et al.*, 2007). Los lodos se han utilizado en la silvicultura para incrementar la productividad forestal, para reforestar y estabilizar áreas deforestadas y perturbadas por la minería, la construcción, los incendios, el sobrepastoreo, erosión u otros factores (Brown *et al.*, 2003).

El uso de lodo industrial en maíz incrementó hasta un 22 %, con respecto a la fertilización química, el trabajo experimental se realizó en el campo experimental de la Universidad de Guadalajara, se evaluó el efecto sobre el híbrido de maíz 3288 de la empresa Pioneer en el ciclo primavera verano, los tratamientos fueron fertilización mineral 150 Kg-ha¹ de la fórmula 18-46-00 y 200 kg-ha¹ de urea, en T2 10 ton.ha¹ de lodo deshidratado, T3 20 t-ha¹ y T4-30 t.ha¹ (Salcedo *et al.*, 2007). La posibilidad de contaminar suelos y aguas

subterráneas constituye su principal limitante, de ahí que su uso no puede ser indiscriminado sin una adecuada planeación y supervisión (Otero *et al.*, 1996). Los objetivos planteados en el presente trabajo es documentar la concentración adecuada de los lodos en el sustrato que permita obtener un crecimiento adecuado de hortensias (*Hydrangea macrophylla* L.), verificar si el uso de lodos industriales de CIPSA modifica el crecimiento, la morfología y el contenido de minerales en los tejidos de la planta.

LITERATURA CITADA

Alloway, 1992. Heavy metals in soils. John Wiley and Sons, Inc. New York.
Pp:114, 167.

Alloway BJ and Jackson AP. 1990. The behavior of heavy metals in sludge amended soils. Sci of the Total Environ 100, 151-176.

Azevedo M.L., Ferracciú L.R. y Guimaraes L.R. 2003. Biosolids and heavy metals in soils. Sci. Agric. 60, 793-806.

Alcántar G. G., Trejo T. L. I. 2007. Nutrición de Cultivos. Mundi Prensa México.
Colegio de Postgrados.

Allen, R. G., A. L. Pereira, D. Rases and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop requeriments. Irrigation and Drainage Paper 56, FAO. Roma.

Ahumada, I., Escudero, P., Carrasco, A., Castillo, G., Ascar, L., Fuentes, E. 2004. Use of sequential extraction to assess the influence of sewage sludge amendment on metal mobility in Chilean soils. J. Environ. Monit. 6: 327-334.

Benton Jones, 1998. Plant Analysis handbook.

- Bruce, A., D. Bray, J. Lewie, M. Raff, K. Roberts and D. Watson. 1994. *Biología molecular de la Célula*. 2 a edición. Ed. Omega. Barcelona España.
- Bruinsma, J. 1963. The quantitative analysis of chlorophylls a and b in plant extracts. *Phytochem and photobiol. (Chlor. Methanol sym.)* Pergamon Press.
- Brown S, Henry Chaney R, Compton H, De Volder P. 2003. Using municipal biosolids in combination with other residuals to restore metal-contaminated mining areas. *Plant Soil*. 249: 203-215.
- Celis, H. J. *Biosólidos Residuales de la Salmonicultura y su Potencial Uso como Remediadores de Suelos*. 2007. Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Concepción, Campus Chillan.
- Cooper, J. 2005. The effect of biosolids on cereals in central New South Wales, Australia 1. Crop growth and yield. *Aust. J. Exp. Agric.* 45, 435-443.
- Cortina et al. 2001. *Uso de Biosólidos en el Sector Forestal Valenciano*. Especial Comunidad Valenciana.
- Cakmak, I., H. Marschner and F. Bangerth. 1989. Effect of zinc nutritional status on growth, protein metabolism and levels of indole 3- acetic acid and other phytohormones in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Exp. Bot.* 40: 405-412.
- Data, S. Young. 2005. Predicting metal uptake and risk to the human food chain from leaf vegetables grown on soils amended by long-term application of sewage sludge. *Water, Air, and Soil Pollution* 163, 119-136.

- Engels C. and Marschner. 1993. Influence of the form of nitrogen supply on root uptake and translocation of cations in the xylem exudates of maize (*Zea mays* L.). J. Exp. Bot. 44: 1695-1701.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1997. Waste derived fertilizers. Environmental Fact sheet. EPA530-F-97-053.
- Fresquez, P.R., R.E. Francis, and G.L. Dennis 1990. Sewage sludge effects on soil and plant quality in a degraded semiarid grassland. J. Environ. Qual. 19:324-329.
- García Erika, 2004. Implementación del Proceso de Compostaje para el Tratamiento de Biosólidos Generados en Plantas de Tratamiento de Aguas Municipales. Centro de Investigación y Desarrollo en Electroquímica SC. Querétaro.
- Grasso, R., and K. Bickel. 1999. Salinity tolerance: From cellular Mechanisms to Community Structure. Plant Physiological Ecology. Duke University. Bot 265.
- Kabata Pendias, A. y Henryk Pendias. 1992. Trace elements in soils and plants, 2nd edition. CRC Press.
- Kikkawa, H., Ogita, Z., y Fujito, S (1955). Relation of plant pigments and metals. Kagaku. 25, 139.
- LeMattre, P. (1975). Influence du factor temperature sur la mise a fleur de Hortensia (*Hydrangea macrophylla*). In "Phitotronics in Agricultural and

- Horticultural Research III" (P. Chouard and N. de Bilderling, eds.) pp. 338-344. Gauthier – Villars, Paris.
- Litlere, B., y Stromme, E. (1975). The influence of temperature, day length. And light intensity on Sowering in *Hydrangea macrophylla* (Thunb.). Ser. Acta Hortic. 51, 285-298.
- López C. R., Zúñiga E. M., Benavides M. A. 2007. Uso de compost en la producción de ornamentales a "Cielo Abierto"
- Ludwick et al 2004. Manual de Fertilizantes para Horticultura. Editorial Limusa.
- Marschner, H. 2002. Mineral nutrition of higher plants. Second Edition. Academic Press. London, U.K. 889 P.
- Martin del Campo S.M.G et al.; 2002. Aplicación de Lodos Residuales en el Cultivo de Haba (*Vicia faba* L.) en Suelos Agrícolas del Valle de Toluca. XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Cancún, México, 27 al 31 de Octubre.
- Mengel, K. and E. A. Kirkby. 1987. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. Bern, Switzerland.
- Navarro, B. S. y G. G. Navarro. 2000. Química Agrícola. Ed. Mundi Prensa. México D.F.
- Otero JL, Andrade ML, Marcet P. 1996. Caracterización Química y Evaluación Agronómica de dos Tipos de Lodos Residuales. Inv. Agric. Prod. Veg 11: 117-131

- Ottaviani M.; Santarsiero A.; De Fulvio S. 1991. Hygienic, technical and legislative aspects of agricultural sewage sludge usage. *Acta Chim. Hung.* 128 (4 - 5), 535-543.
- Palomo et al. 2007. Desarrollo Sustentable de los Recursos Naturales al Disminuir Riesgos de Contaminación en Actividades Agropecuarias. INIFAP, Campo Experimental la Laguna, Coahuila. México.
- Peters, J. (1975). Über die Blütenbildung einiger Sorten von *Hydrangea macrophylla*. *Gartenbauwissenschaft*. 40(2), 63-66.
- Pier, P. A. and G. A. Berkowitz. 1987. Modulation of water stress affects on photosynthesis by altered leaf K^+ . *Plant Physiology*. 85: 655-661.
- Piringer, A. A., Stuart, N. W. (1958). Effects of supplemental light source and length of photoperiod. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.* 65, 446-454.
- Pare T. Dinel H., Schnitzer M. 1999. Extractability of trace metals during co-composting of biosolids and municipal wastes. *Biol. Fertil. Soils*. 29:31-37.
- Post, K. (1949). "Florists" Crop Production and Marketing". Orange Judd Publ., New York.
- Powell, C. C. (1973). Botrytis blight of hydrangea. *Ohio Florists Assoc. Bull.* 528, 3.
- Ray, S. (1946). Reduction of blindness in hydrangeas. *Proc. Am. Soc. hortic. Sci.* 47, 501-502.

- Salcedo P. E., Vázquez A. A., Laksmy., Zamora N. F., Hernández A. E., Rodríguez M. R. 2007. Evaluación de Lodos Residuales como Abono Orgánico en Suelos Volcánicos de Uso Agrícola y Forestal en Jalisco, México. UAEM.
- Shanks, J. B.(1975). Hydrangeas. In "The Ball Red Book" (V. Ball, ed.), pp. 352-368. Geo. J. Ball, Inc., West Chicago, Illinois.
- Subbarao et al. (2000) Contenido de Elementos en Tejidos Aéreos de Plantas. J. Plant Nutr. 23:1449-1470.
- Salazar, F.; Alfaro, M.; Teuber, N.; Saldaña, R. 2005. Uso de lodos de la industria salmonera en suelos agrícolas. Revista Tierra Adentro N° 60, INIA, Enero-febrero 2005. 53 p.
- Taiz L. and E. Zeiger. 1998. Plant Physiology. 2nd Ed. Sinauer Associates Publishers, Sunderland; Massachusetts.
- Tester, M. and Davenport. 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. Ann Bot. 91: 503-527.
- Torres G. J. A., Benavides M. A., Ramírez H., Robledo T. V., González F. J. A., Díaz N. V. 2009. Aplicación de Lodo Industrial Textil Crudo en la Producción de Lilis Bajo Invernadero. Congreso Iberoamericano de Plásticos en la Agricultura.

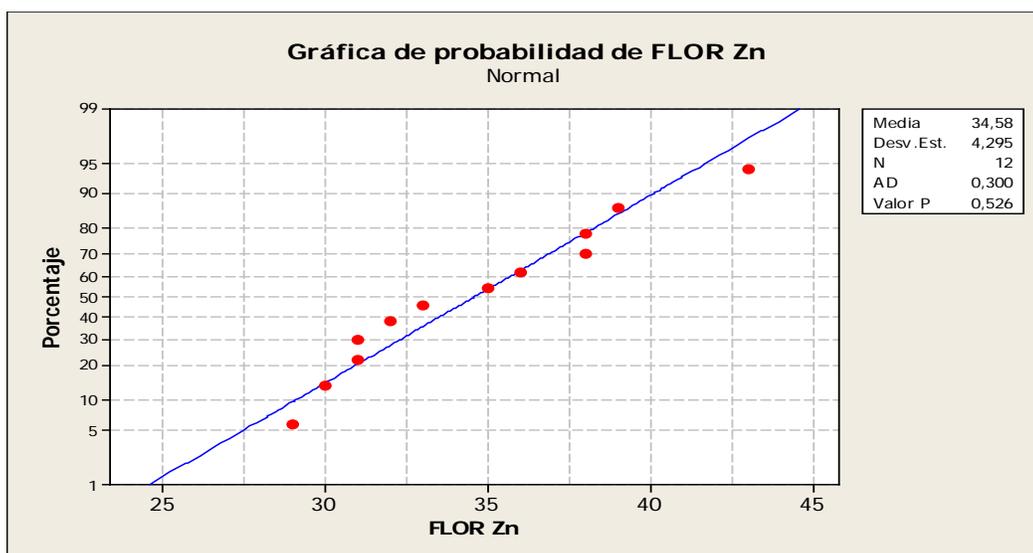
Wang H, Magesan GN, Kimberley MO, Payn TW, Wilks PJ, Fisher CR (2004)
Environmental and nutritional responses of a *Pinus radiata* plantation to
biosolids application. *Plant Soil* 267: 255-262.

Uribe M. H. 2001. Uso de Biosólidos para Incrementar la Productividad en
Alfalfa. Campo Experimental Delicias-INIFAP, México.

Vaca M. M., Beltrán V. M., Vázquez M. A., López C. R., Hachec R. 2004.
Fertilización Dosificada con Biosólidos Acondicionados. Universidad
Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco México, D.F.

APÉNDICE

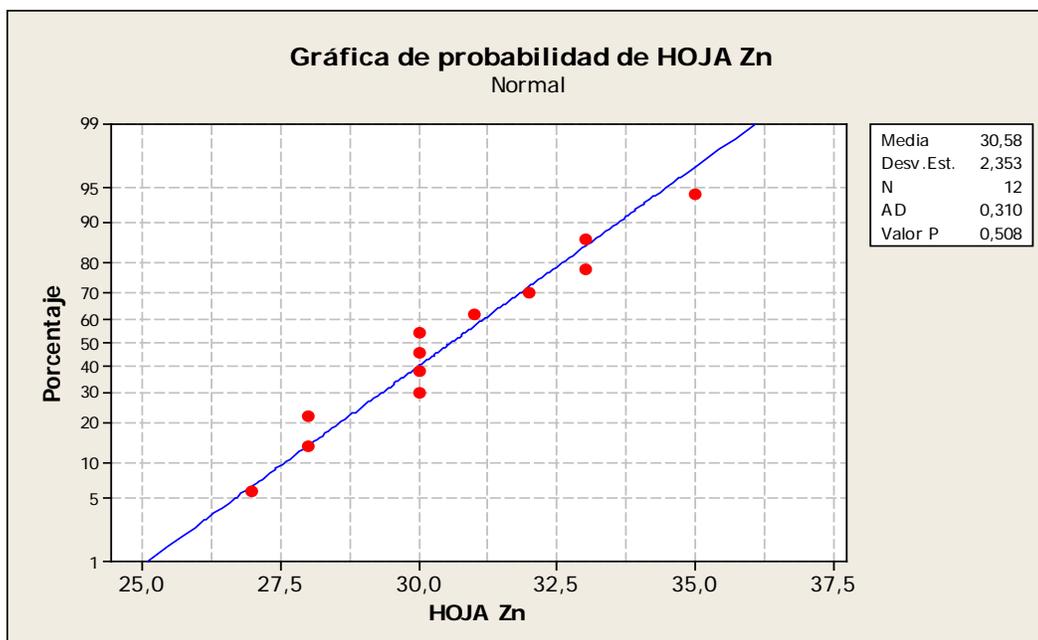
CONTENIDO DE (ZINC) EN INFLORESCENCIA



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 1,52 Valor P 0,678

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,24 Valor P 0,864

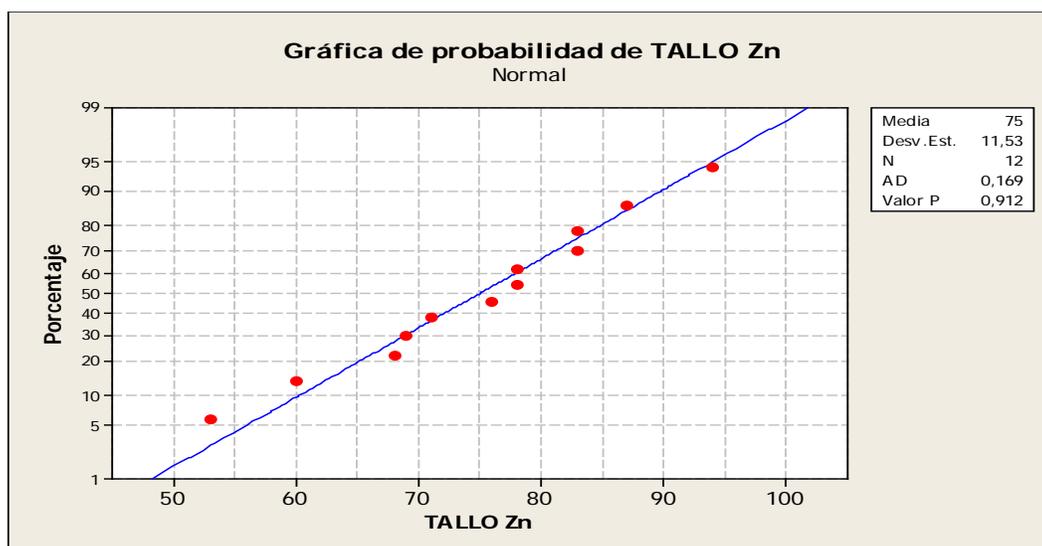
CONTENIDO DE (ZINC) EN HOJA



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 0,75 Valor P 0,688

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,61 Valor P 0,627

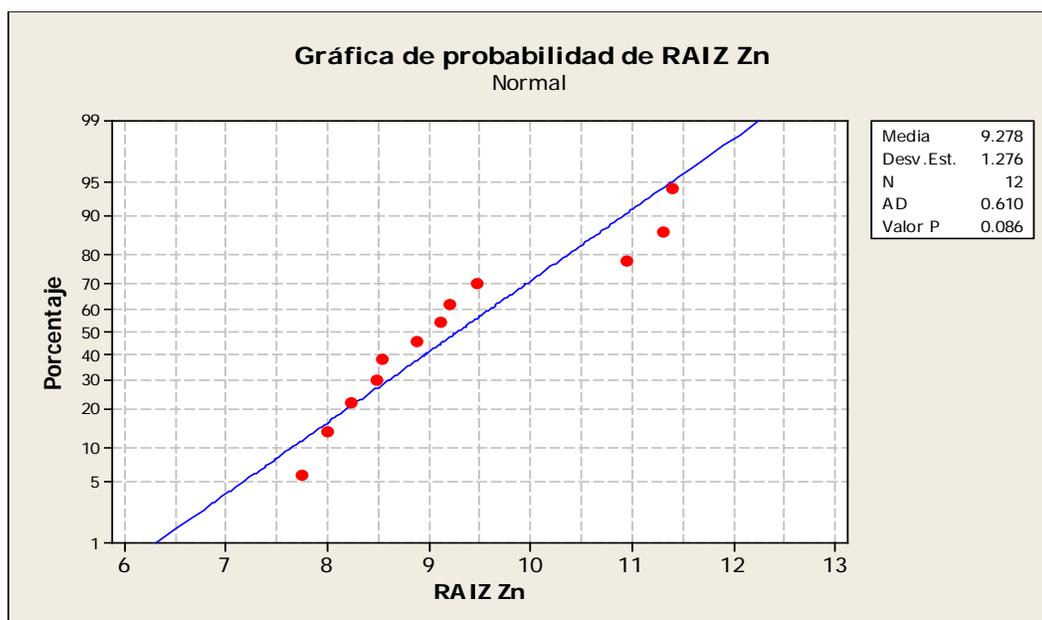
CONTENIDO DE (ZINC) EN TALLO



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 1,15 Valor P 0,764

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,35 Valor P 0,793

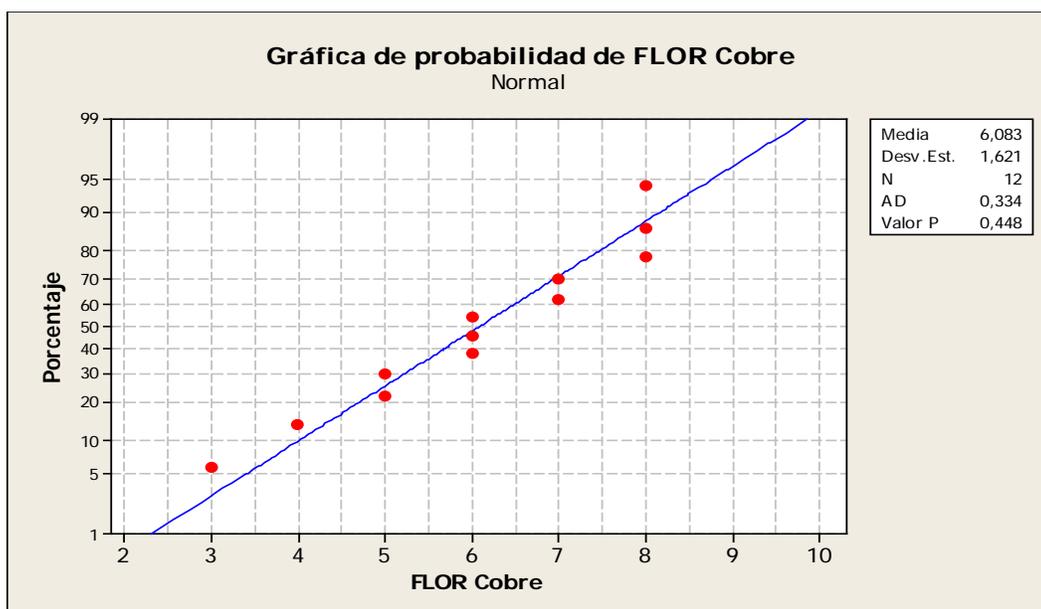
CONTENIDO DE (ZINC) EN RAIZ



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 0.13 Valor P 0.987

Prueba de Levene Estadística de prueba 0.04 Valor P 0.988

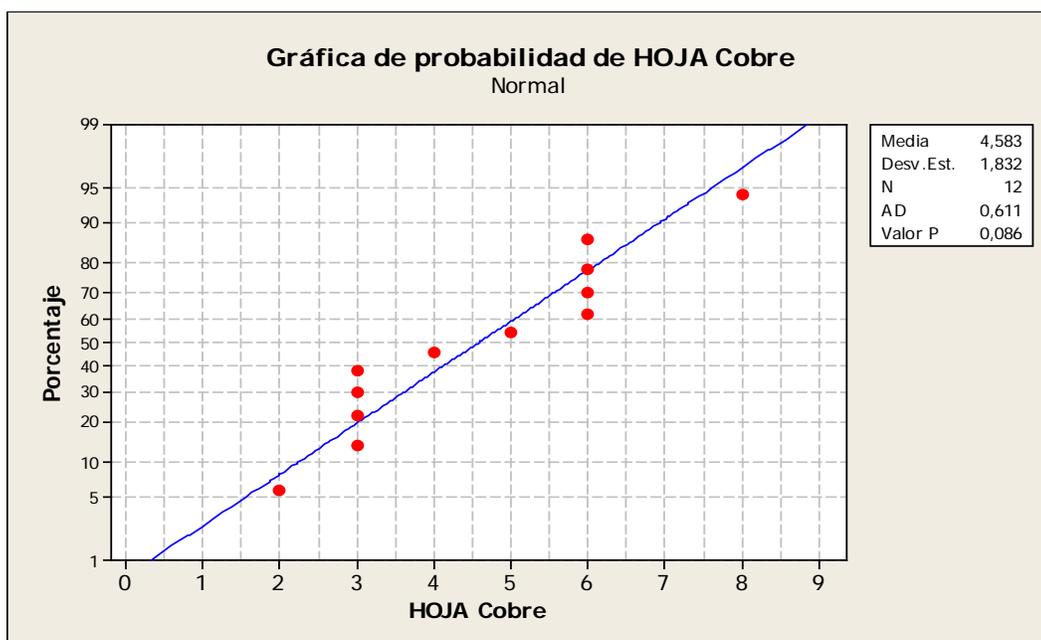
CONTENIDO DE (COBRE) EN FLOR



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 0,50 Valor P 0,918

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,17 Valor P 0,916

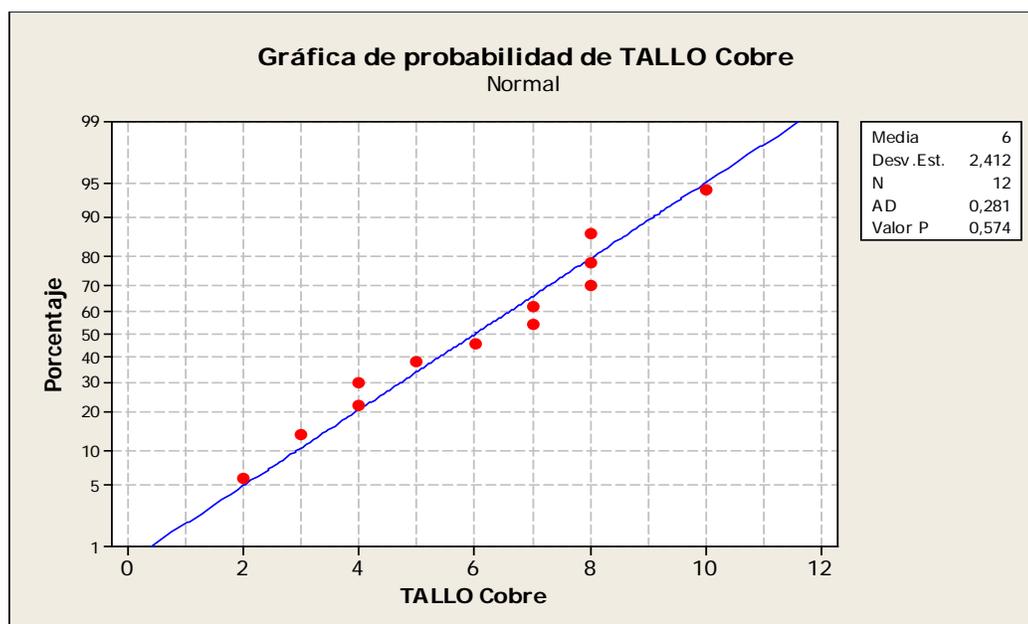
CONTENIDO DE (COBRE) EN HOJA



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 1,41 Valor P 0,703

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,14 Valor P 0,931

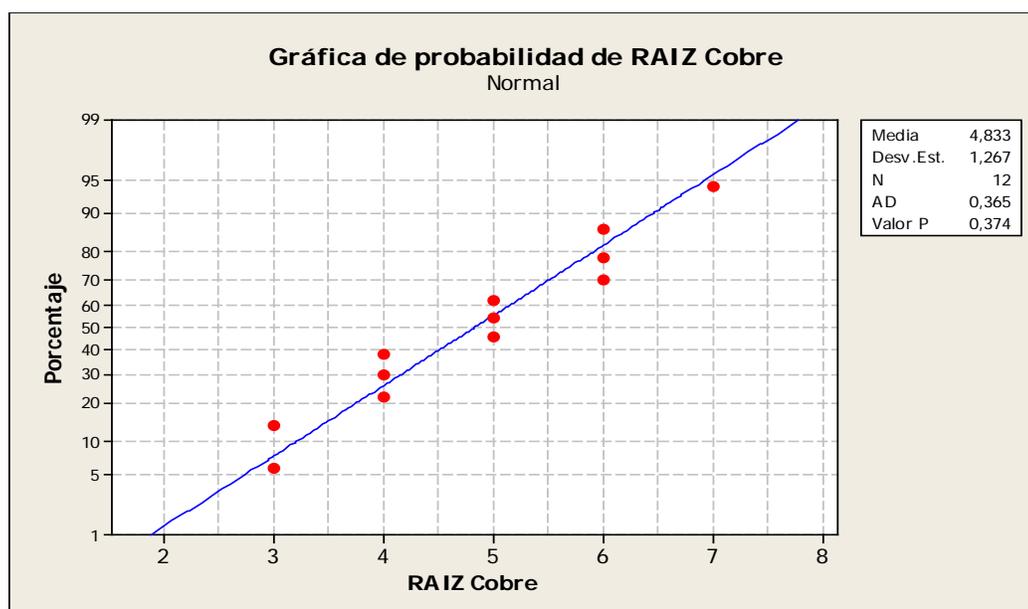
CONTENIDO DE (COBRE) EN TALLO



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 1,44 Valor P 0,697

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,44 Valor P 0,728

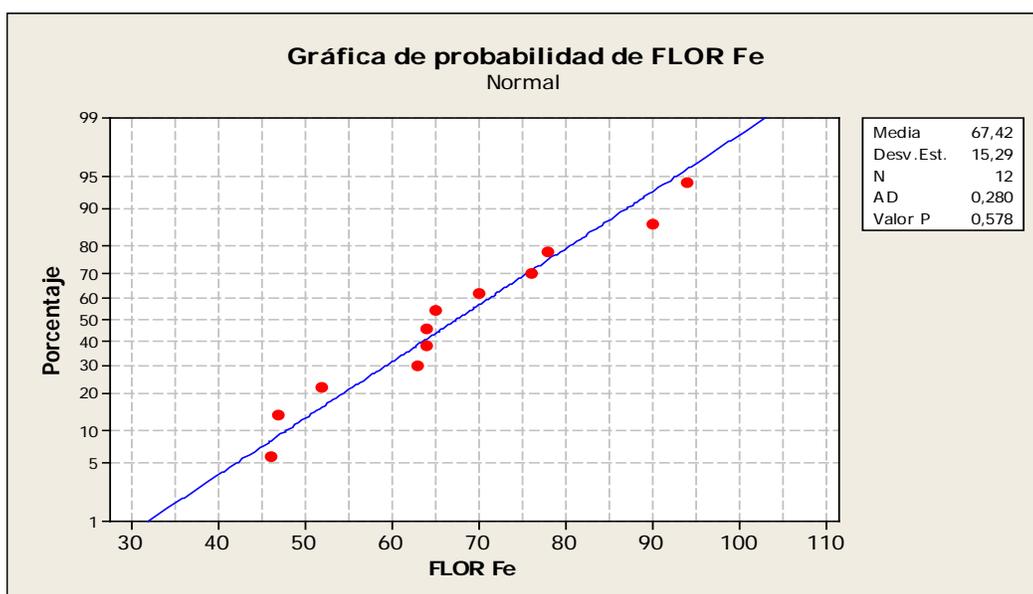
CONTENIDO DE (COBRE) RAIZ



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 0,87 Valor P 0,834

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,25 Valor P 0,859

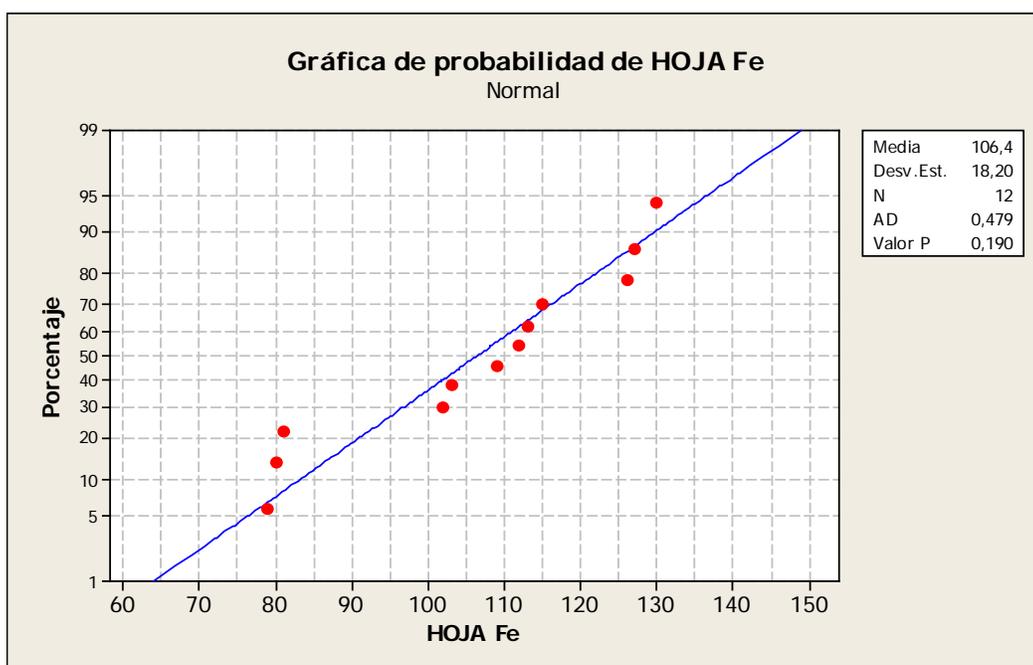
CONTENIDO DE (FIERRO) EN FLOR



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 4,29 Valor P 0,231

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,52 Valor P 0,680

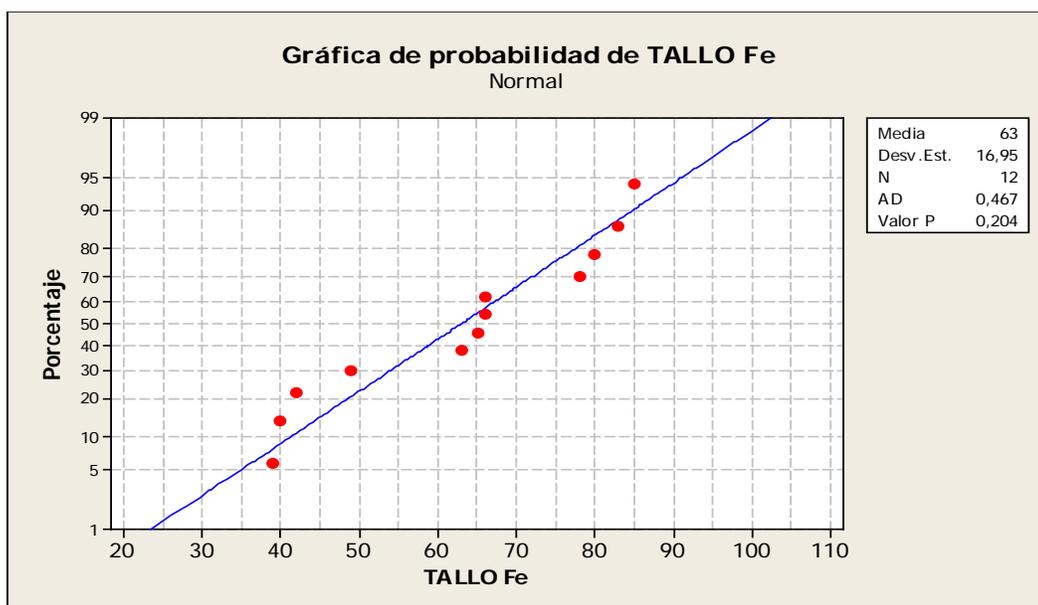
CONTENIDO DE (FIERRO) EN HOJA



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 3,05 Valor P 0,384

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,44 Valor P 0,728

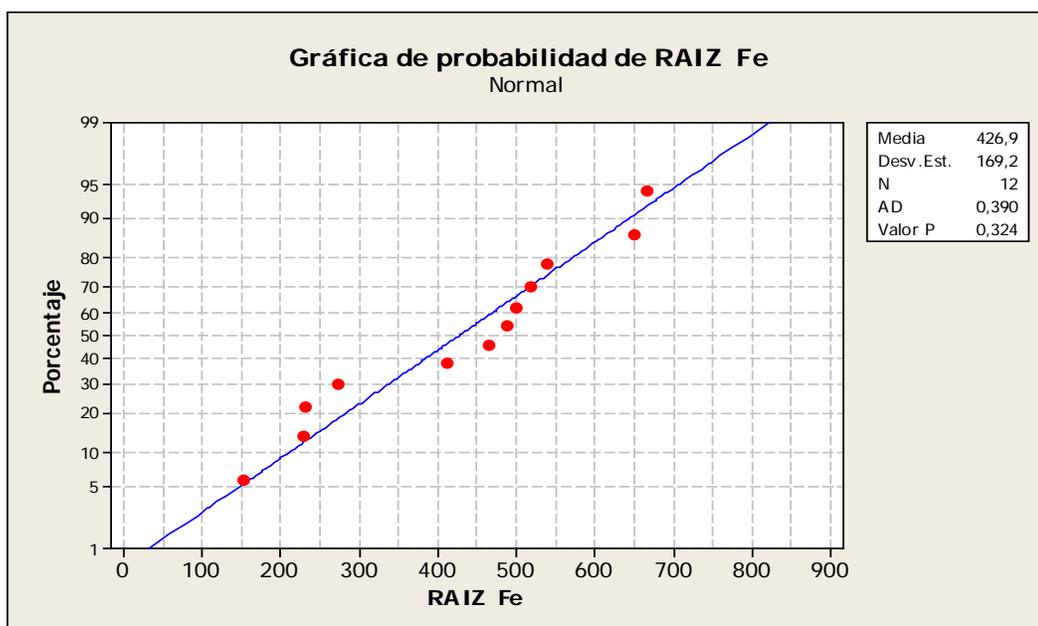
CONTENIDO DE (FIERRO) EN TALLO



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 0,12 Valor P 0,943

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,56 Valor P 0,588

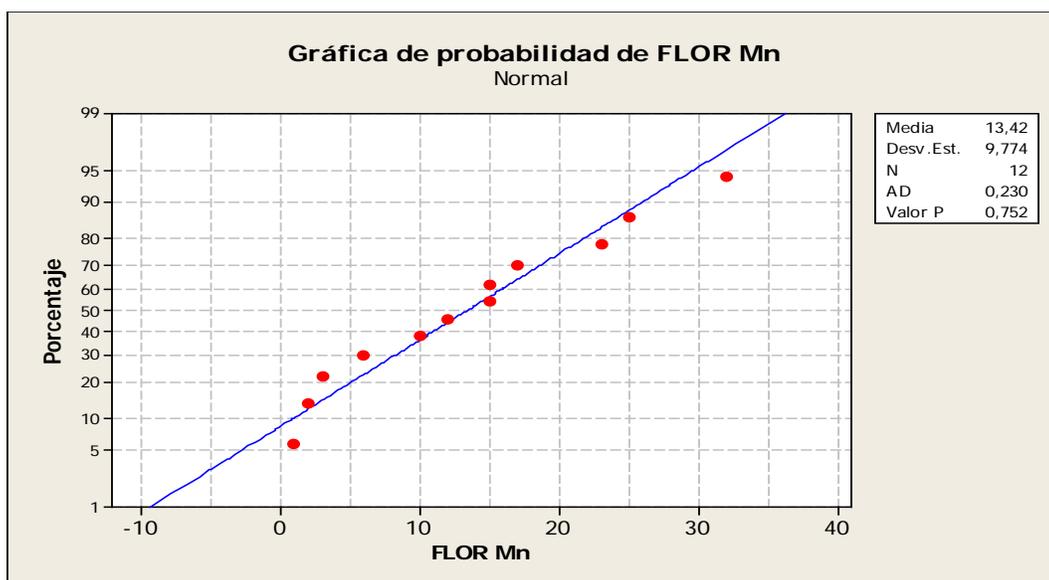
CONTENIDO DE (FIERRO) RAIZ



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 1,49 Valor P 0,475

Prueba de Levene Estadística de prueba 1,06 Valor P 0,385

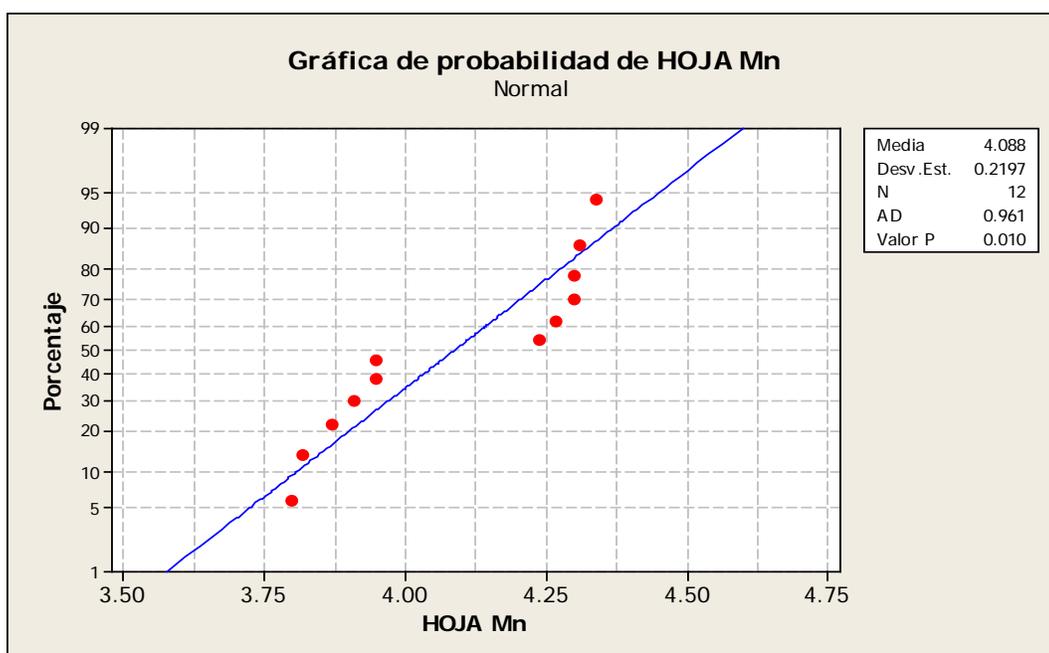
CONTENIDO DE (MANGANESO) EN FLOR



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 2,99 Valor P 0,392

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,73 Valor P 0,565

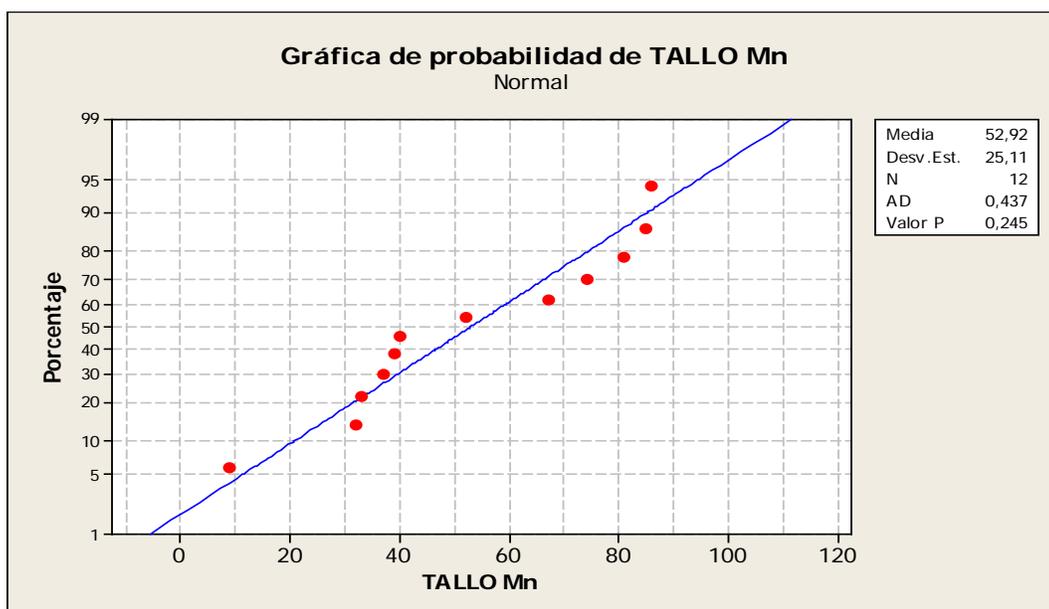
CONTENIDO DE (MANGANESO) EN HOJA



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 0.62 Valor P 0.892

Prueba de Levene Estadística de prueba 0.18 Valor P 0.909

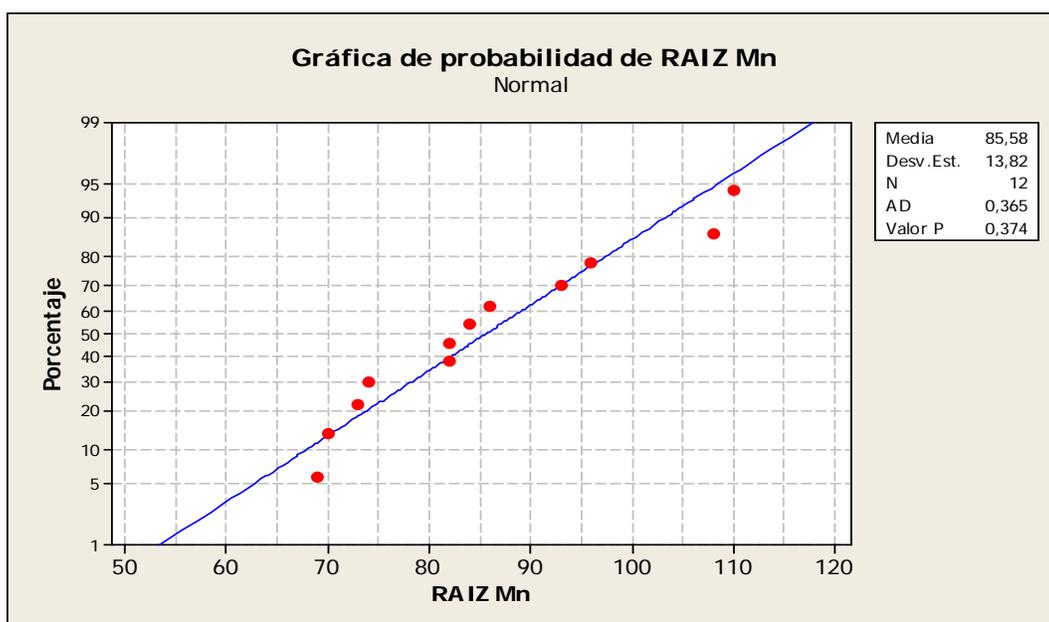
CONTENIDO DE (MANGANESO) EN TALLO



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 2,78 Valor P 0,426

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,26 Valor P 0,852

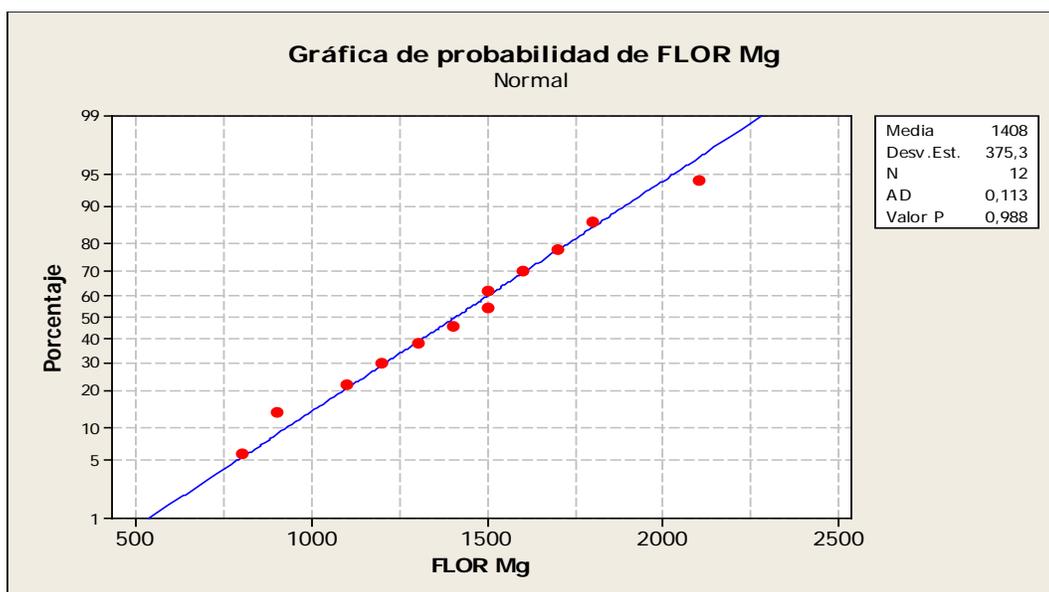
CONTENIDO DE (MANGANESO) EN RAIZ



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 0,38 Valor P 0,944

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,08 Valor P 0,972

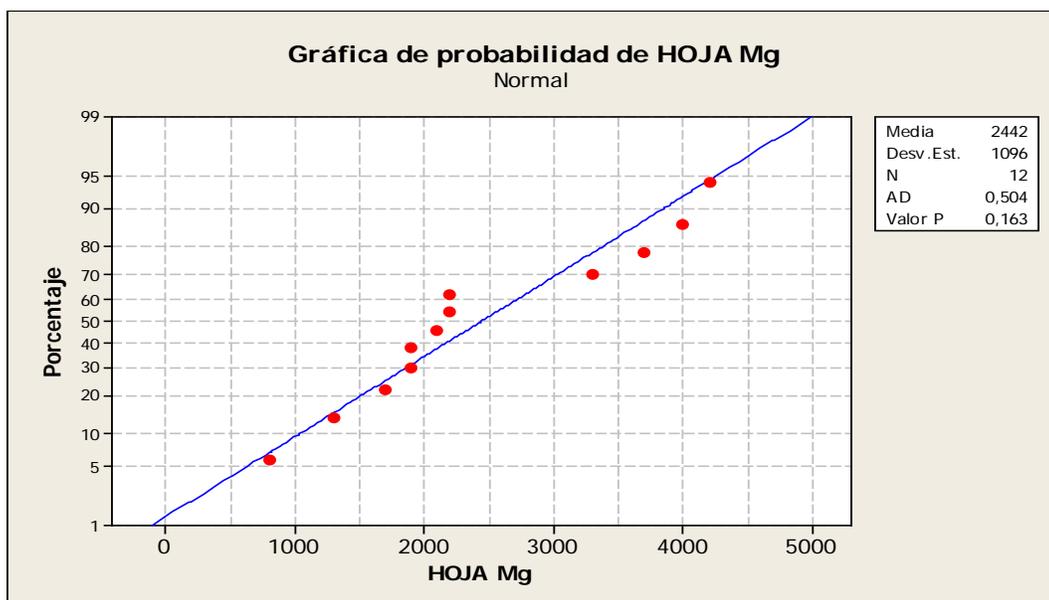
CONTENIDO DE (MAGNESIO) EN FLOR



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 3,22 Valor P 0,359

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,44 Valor P 0,733

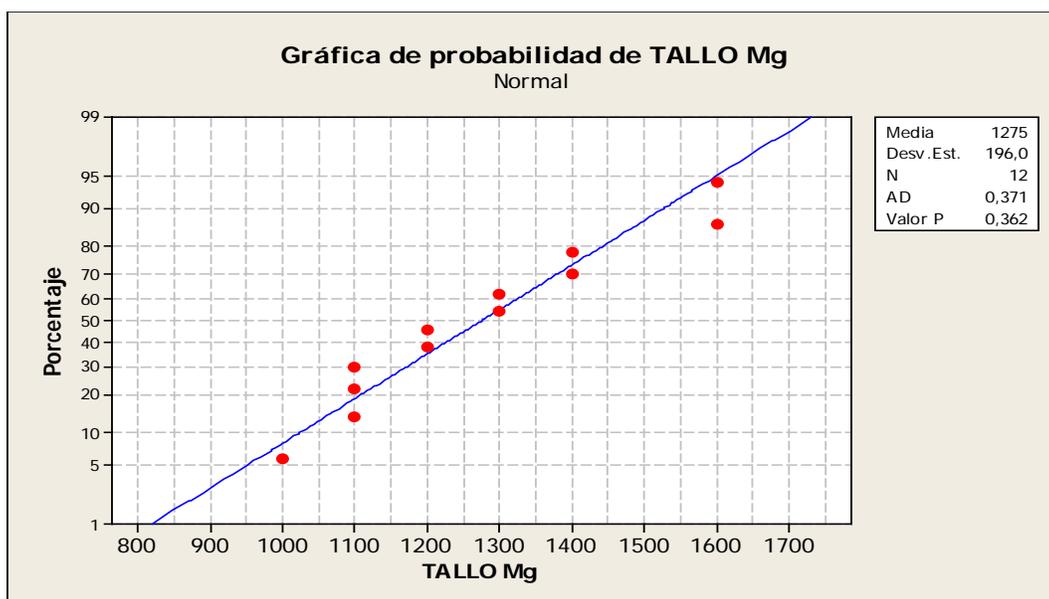
CONTENIDO DE (MAGNESIO) EN HOJA



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 15,05 Valor P 0,002

Prueba de Levene Estadística de prueba 1,51 Valor P 0,284

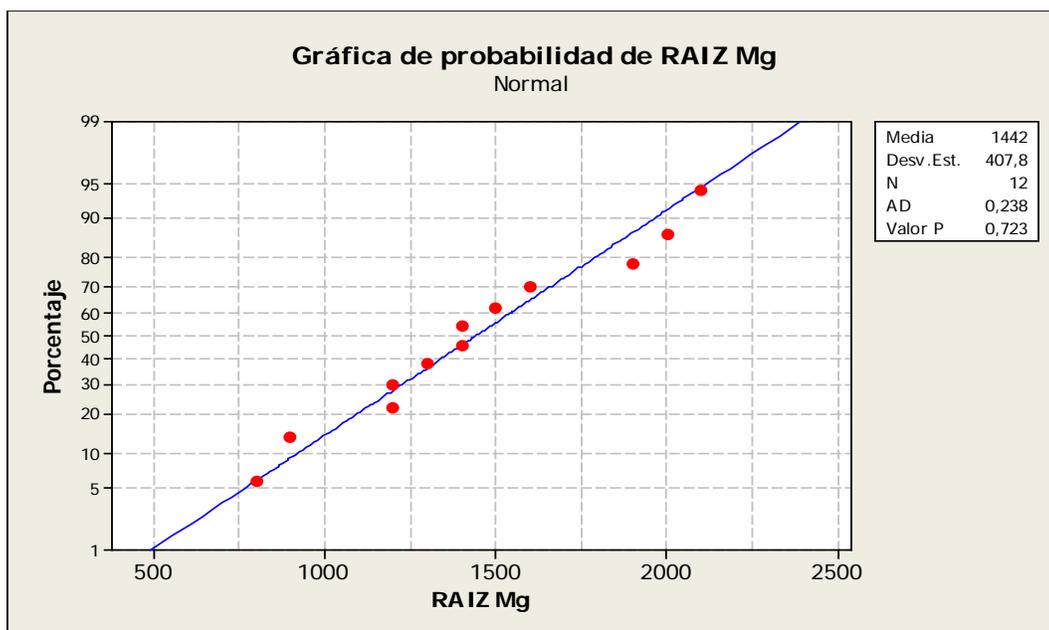
CONTENIDO DE (MAGNESIO) EN TALLO



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 0,87 Valor P 0,834

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,18 Valor P 0,906

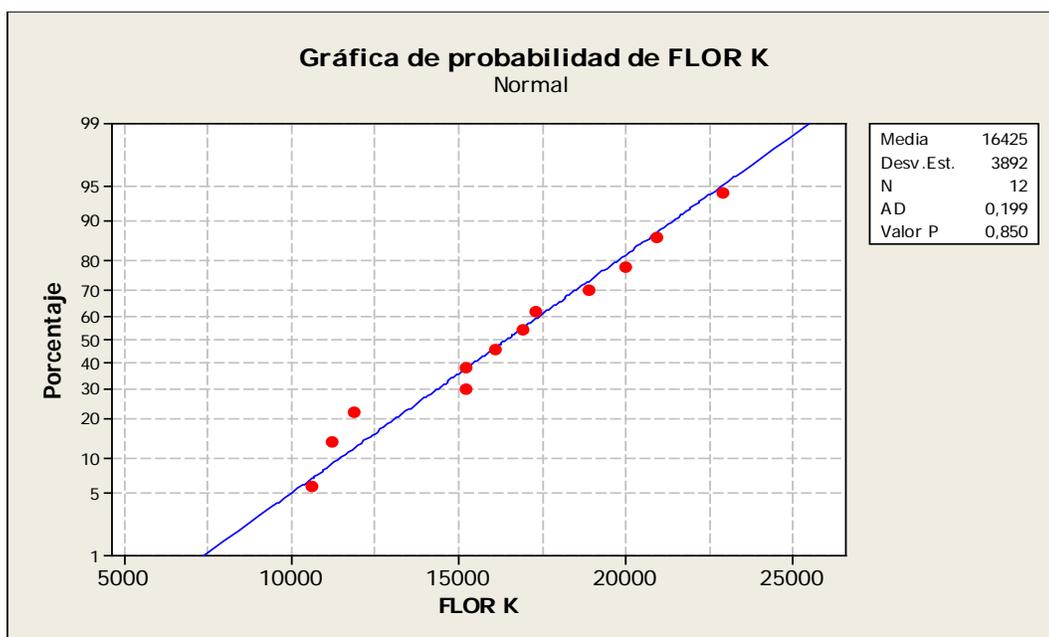
CONTENIDO DE (MAGNESIO) EN RAIZ



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 0,01 Valor P 1,000

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,00 Valor P 1,000

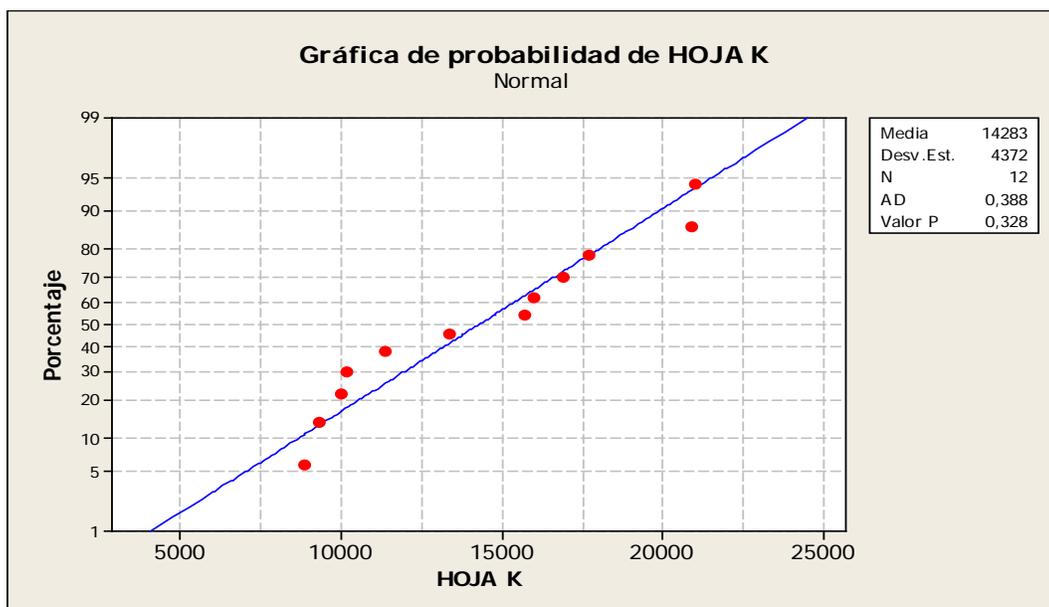
CONTENIDO DE (POTASIO) EN FLOR



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 3,93 Valor P 0,269

Prueba de Levene Estadística de prueba 1,08 Valor P 0,412

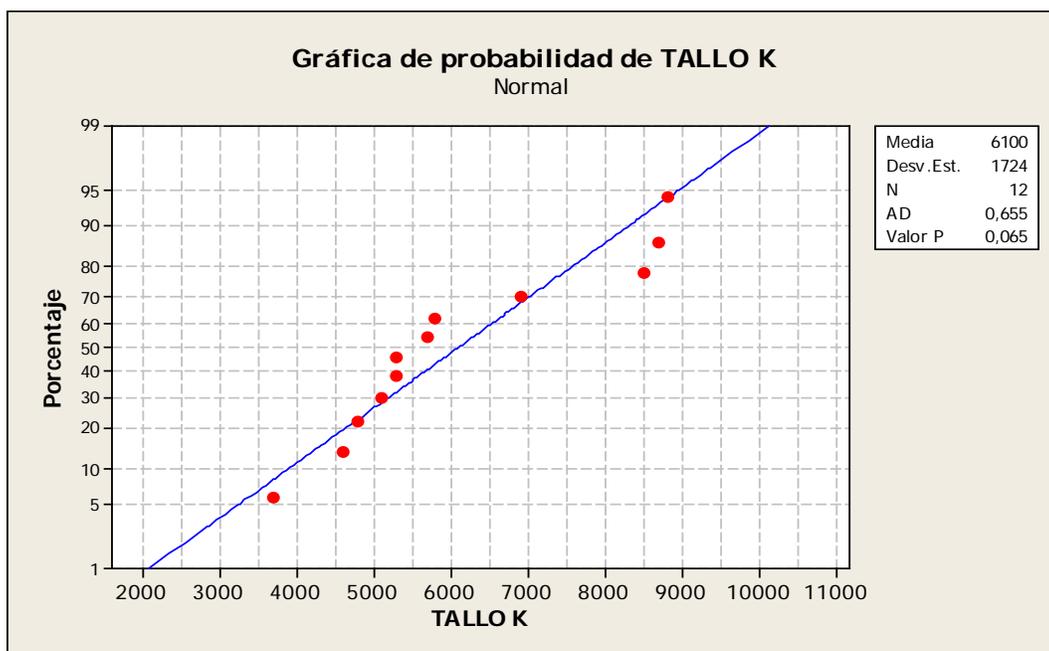
CONTENIDO DE (POTASIO) EN HOJA



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 5,58 Valor P 0,134

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,44 Valor P 0,732

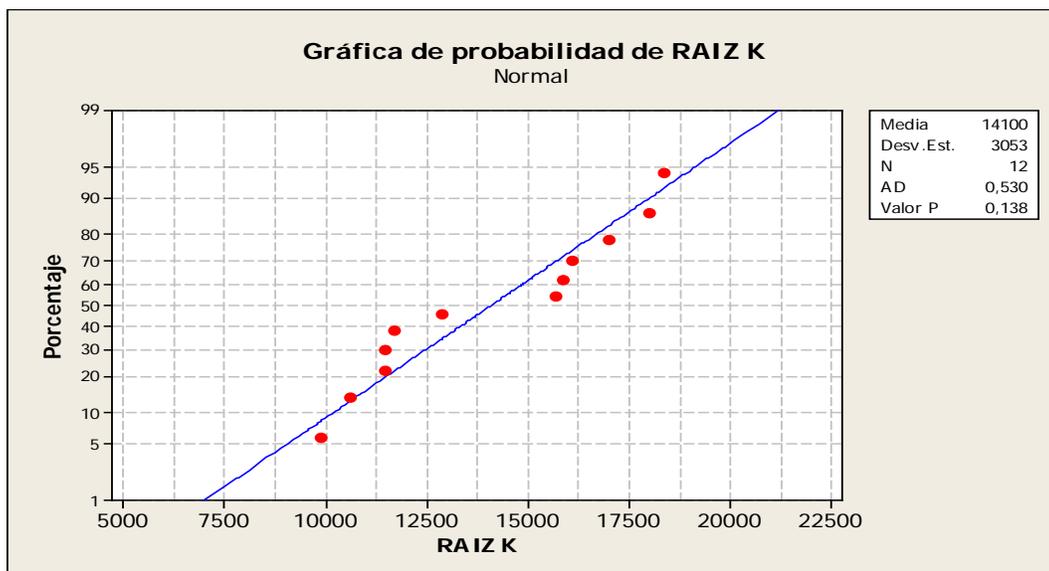
CONTENIDO DE (POTASIO) EN TALLO



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 4,47 Valor P 0,215

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,33 Valor P 0,801

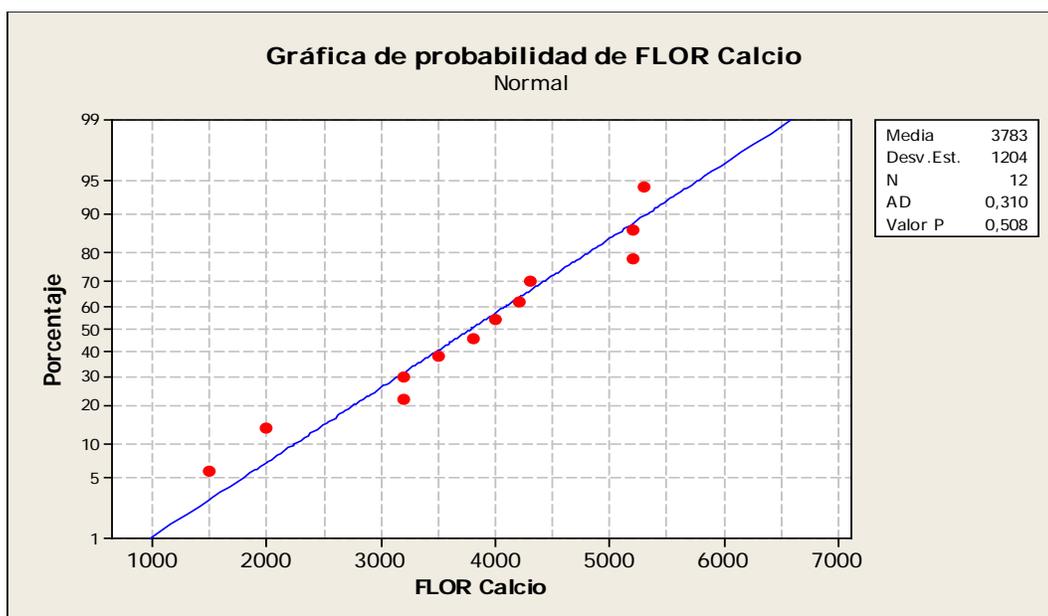
CONTENIDO DE (POTASIO) EN RAIZ



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 1,20 Valor P 0,752

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,22 Valor P 0,879

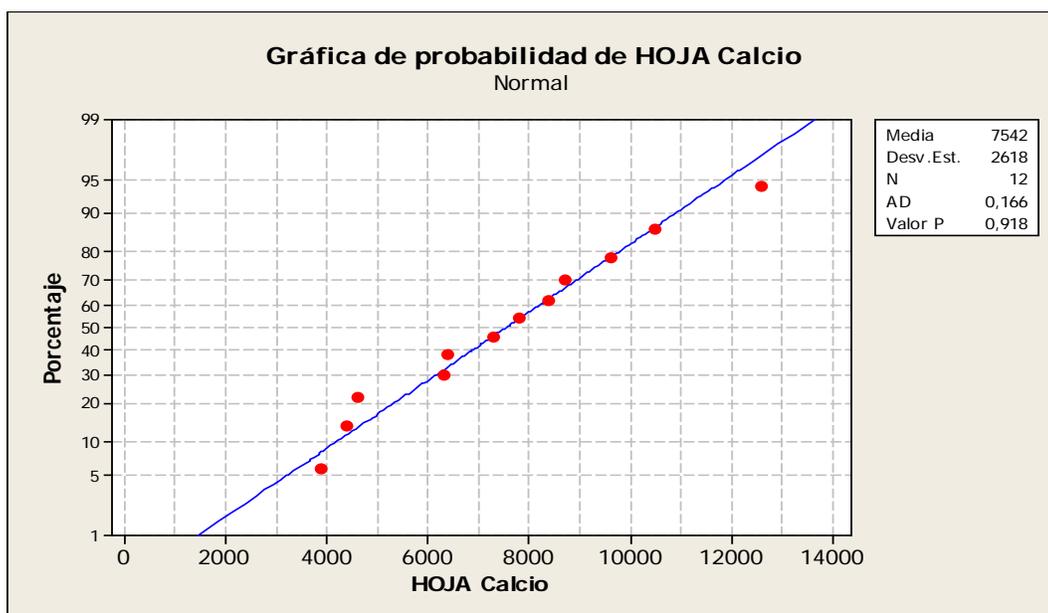
CONTENIDO DE (CALCIO) EN FLOR



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 1,46 Valor P 0,692

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,20 Valor P 0,896

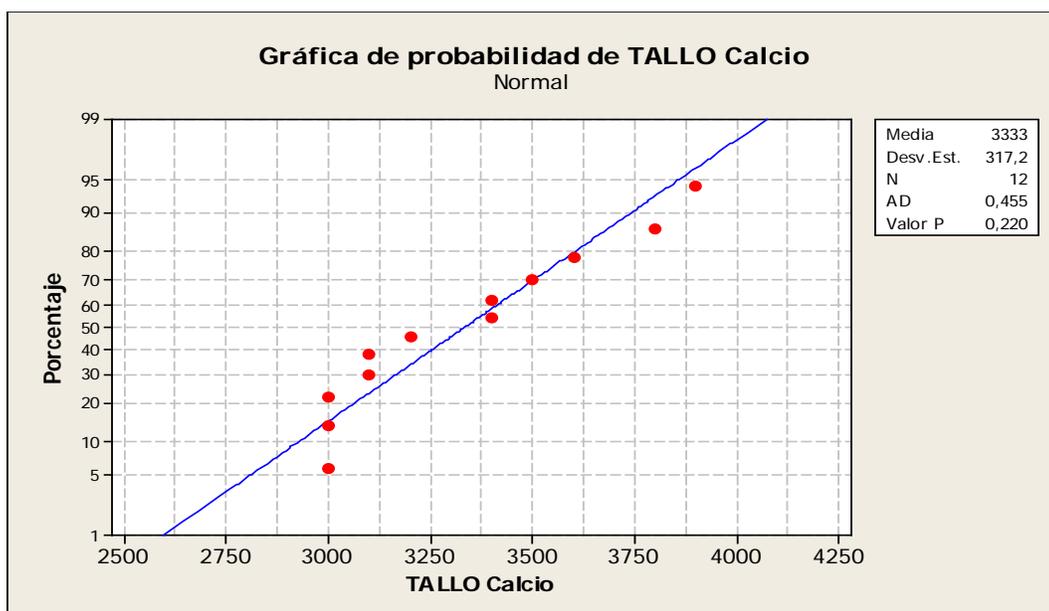
CONTENIDO DE (CALCIO) EN HOJA



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 1,88 Valor P 0,598

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,37 Valor P 0,774

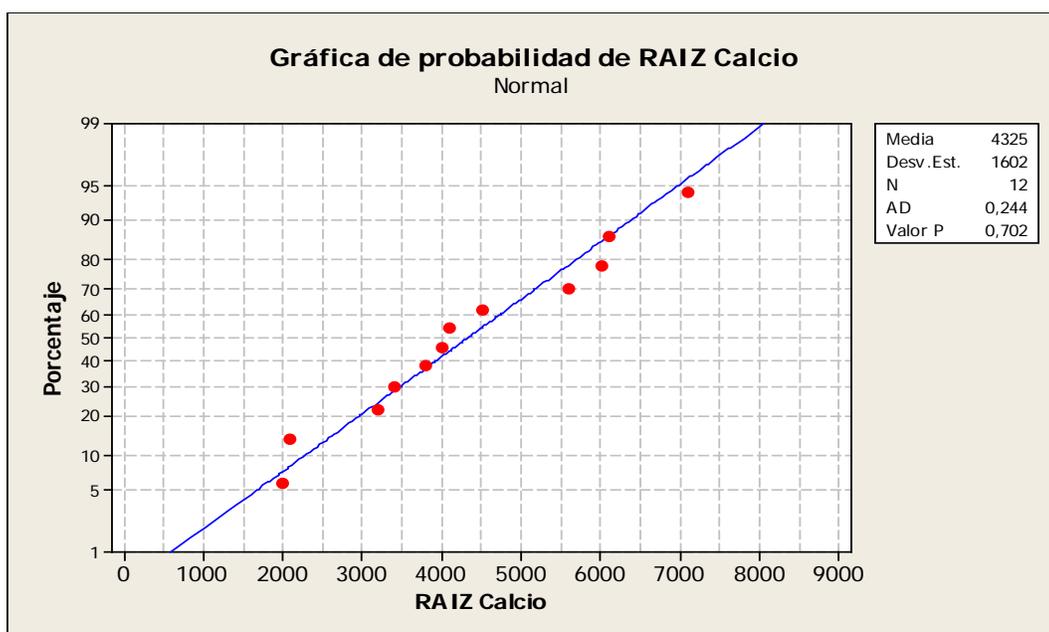
CONTENIDO DE (CALCIO) EN TALLO



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 1,88 Valor P 0,598

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,37 Valor P 0,774

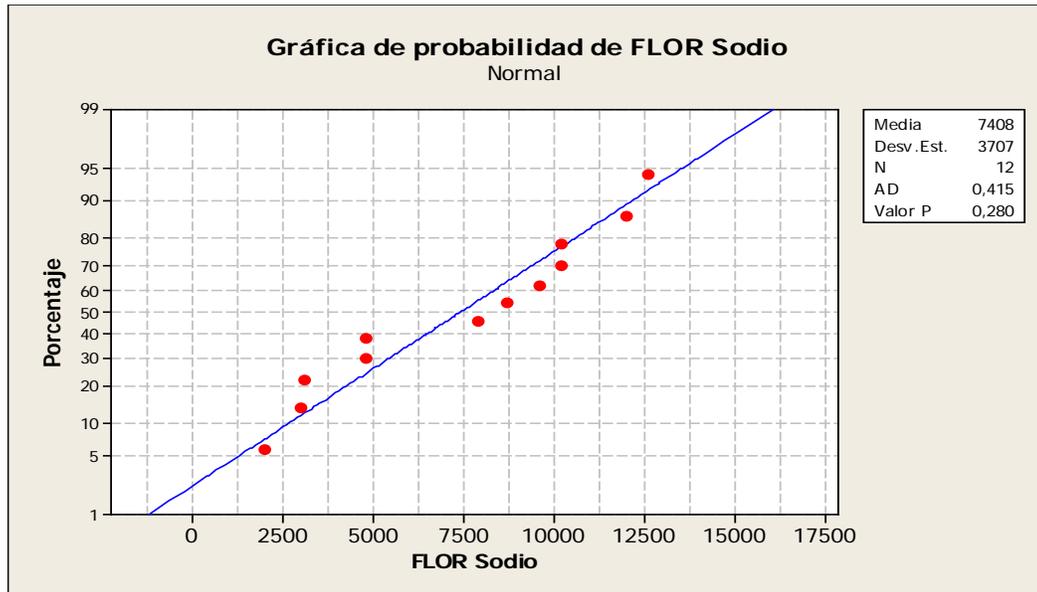
CONTENIDO DE (CALCIO) RAIZ



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 2,58 Valor P 0,462

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,51 Valor P 0,684

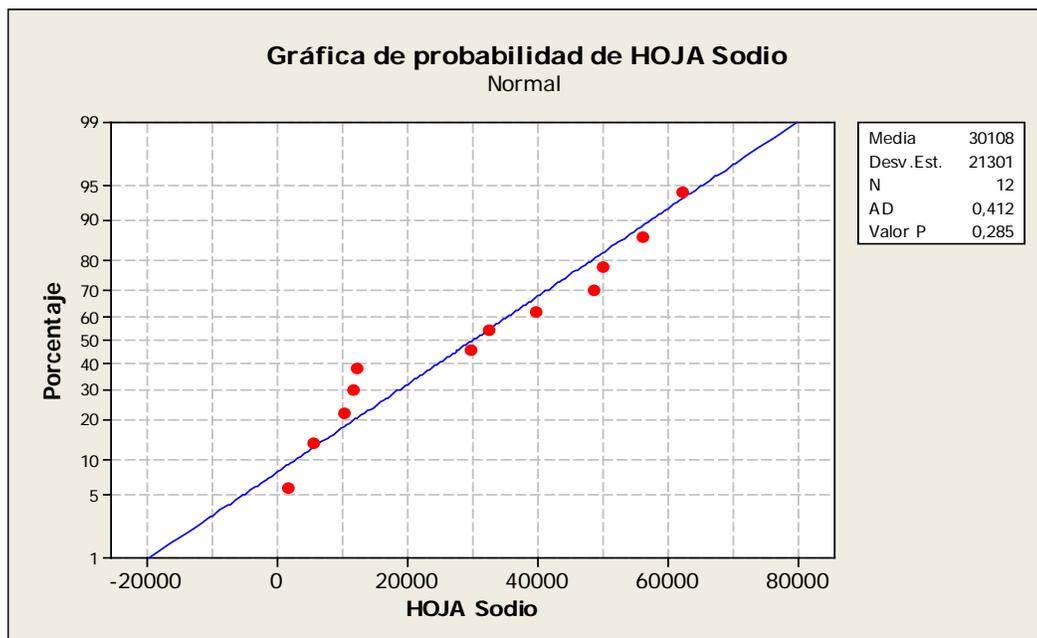
CONTENIDO DE (SODIO) EN FLOR



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 1,46 Valor P 0,691

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,33 Valor P 0,806

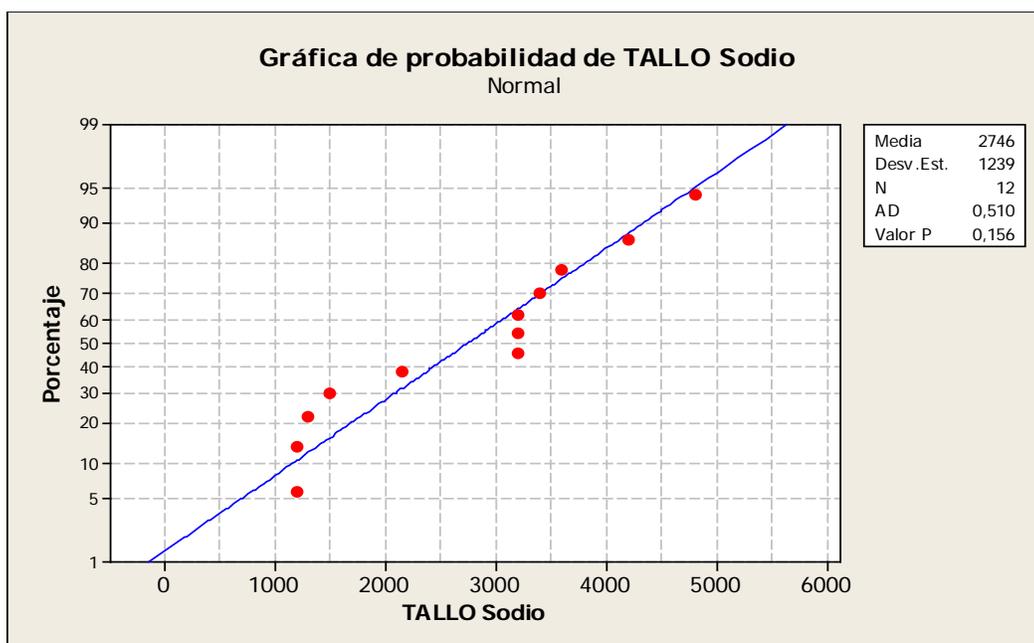
CONTENIDO DE (SODIO) EN HOJA



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 2,20 Valor P 0,533

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,43 Valor P 0,735

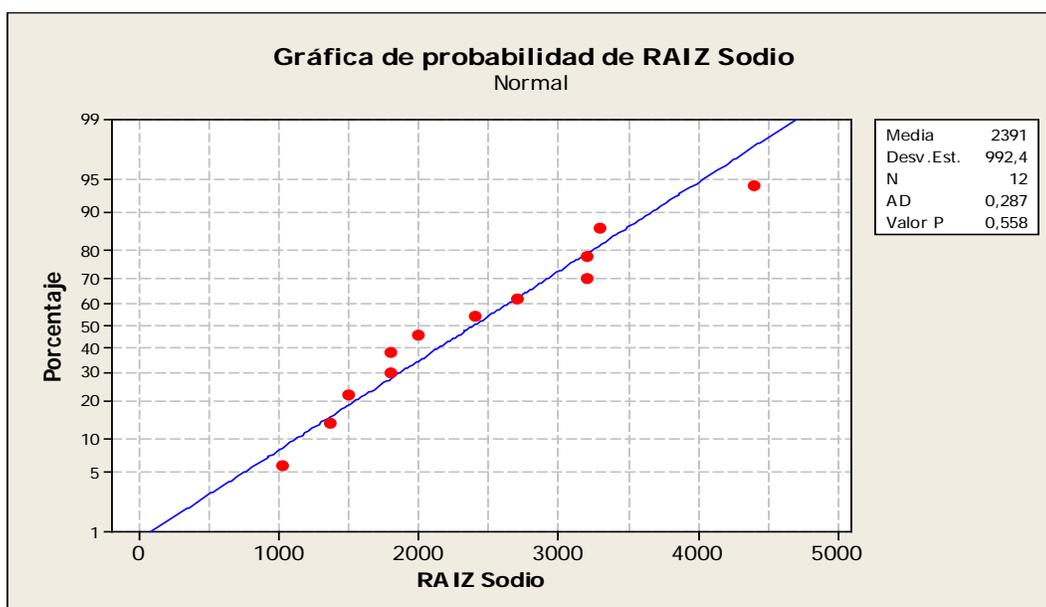
CONTENIDO DE (SODIO) EN TALLO



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 0,55 Valor P 0,908

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,14 Valor P 0,931

CONTENIDO DE (SODIO) EN RAIZ



Prueba de Bartlett Estadística de prueba 0,80 Valor P 0,849

Prueba de Levene Estadística de prueba 0,21 Valor P 0,889