



---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE**  
**MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES**  
**IZTACALA**

**FERTILIZACIÓN CON EFLUENTES LÍQUIDOS  
DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS, PARA USO  
FORESTAL.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL**

**TÍTULO DE BIÓLOGO**

**PRESENTA:**

**Angel López Bernabé**

Directora de tesis: Dra. Silvia Romero Rangel.

Los Reyes Iztacala, Abril 2015

---





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## COMO UN ÁRBOL

*... después de todo hay hombres que no fui  
y sin embargo quise ser  
si no por una vida al menos por un rato  
o por un parpadeo*

*en cambio hay hombres que fui  
y ya no soy ni puedo ser  
y esto no siempre es un avance  
a veces es una tristeza*

*hay deseos profundos y nonatos  
que prolongué como coordenadas  
hay fantasías que me prometí  
y desgraciadamente no he cumplido  
y otras que me cumplí sin prometermelas*

*hay rostros de verdad  
que alumbraron mis fábulas  
rostros que no vi más pero siguieron  
vigilándome desde  
la letra en que los puse*

*yo también escuché una paloma  
que era de otros diluvios  
yo también destruí un paraíso  
que era de otras infancias  
yo también gemí un sueño  
que era de otros amores*

*así pues  
desde este misterioso confín de la existencia  
los otros me ampararon como árboles  
con nidos o sin nidos  
poco importa  
no me dieron envidia sino frutos...*

Fragmentos del poema "Como un árbol"  
Mario Benedetti



# DEDICATORIA

A mis padres por todo el apoyo brindado durante toda mi vida, por los sacrificios realizados para que hoy pueda terminar mis estudios, para Pedro López por todas aquellas ocasiones donde me apoyó en la realización de trabajos, por el esfuerzo que realizó para que a lo largo de mis estudios nunca me faltara nada, a mi mamá Yolanda Bernabé por las múltiples ocasiones en las que se desvelaba cuando llegaba tarde o tenía que salir temprano hacia la escuela, muchas gracias por las muestras de cariño que me han brindado durante todo este tiempo. No encontraré las palabras para decirles lo mucho que los quiero y lo agradecido que estoy por todo lo que han hecho por mí. Espero poder demostrarles que cada consejo, cada llamada de atención pero sobre todo, el apoyo que cada uno me brindo, ha sido de gran ayuda para mi formación.

A mis hermanas Beatriz López por todo el apoyo que me brindaste a lo largo de la carrera, por aquellos consejos y regaños que me diste, muchas gracias por todo, y por último a mi hermana pequeña Yolanda López gracias por todos los momentos divertidos contigo y por ser una gran compañera en cada una de nuestras travesuras.

# AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a las personas que me apoyaron a terminar este trabajo, principalmente a mi asesora, la Dra. Silvia Romero Rangel, muchas gracias doctora por su confianza, su tolerancia y sus consejos para que pudiera realizar este proyecto, muchas gracias por las enseñanzas y por la convivencia que tuve en el laboratorio.

También quiero agradecer a mis sinodales, el Mtro. Ezequiel Carlos Rojas, gracias por todos los momentos alegres que me permitió en el laboratorio, por el apoyo y enseñanzas que me brindo durante la revisión del presente trabajo; a la Mtra. Liliana Rubio Licona muchas gracias por sus consejos para mejorar este proyecto; al Dr. Daniel Muñoz, gracias por su tiempo y apoyo que me brindo para la realización de la parte experimental del trabajo, y por sus consejos y revisiones de la tesis, por ultimo gracias al Dr. Ignacio Peñalosa por brindar su tiempo para la revisión del presente trabajo.

Gracias al gran equipo que tuve durante todo mi paso por la carrera un equipo maravilloso con el cual pasé momentos agradables, el cual siempre me apoyo tanto en clases como fuera de ellas y que a pesar de que llegamos a tener problemas, siempre nos mantuvimos juntos, gracias Jacqueline, Sebastián y Víctor.

Y a mis compañeros que estuvieron conmigo a lo largo de la carrera y sobre todo en la etapa final durante el desarrollo de esta tesis. Muchas gracias por su apoyo.

Este trabajo es parte del proyecto "Generación de un sistema piloto de tratamiento de residuos sólidos orgánicos municipales (RSOM)" que realiza la Facultad de Química de la UNAM. Dicha planta piloto que se ubica en la CUSI Almaraz de la FES Iztacala en Cuautitlán Izcalli, Estado de México, que estará en funcionamiento a mediados de este año.



# ÍNDICE

1.	RESUMEN.....	2
2.	INTRODUCCIÓN .....	4
3.	MARCO TEÓRICO.....	7
3.1	Efluentes de plantas de tratamiento .....	7
3.2	Normatividad .....	8
3.3	Fertilizantes.....	10
3.4	Riego .....	11
3.5	Sustrato.....	12
3.6	Crecimiento vegetal.....	15
3.7	Género <i>Quercus</i> .....	16
3.7.1	Características de <i>Quercus rugosa</i> Née.....	18
3.7.1.1	Morfología.....	18
3.7.1.2	Nombre comunes.....	19
3.7.1.3	Sinonimias .....	19
3.7.1.4	Fenología.....	19
3.7.1.5	Distribución .....	19
3.7.1.6	Hábitat.....	20
3.7.1.7	Usos.....	20
3.7.1.8	Semillas y Frutos .....	21
4.	ANTECEDENTES .....	22
5.	JUSTIFICACIÓN.....	25
6.	OBJETIVOS .....	26
6.1	Objetivo General.....	26
6.2	Objetivo particular .....	26
7.	MATERIALES Y MÉTODO.....	27
7.1	Análisis bacteriológico .....	27
7.2	Análisis de sólidos totales, volátiles y fijos .....	28
7.3	Metales pesados .....	29
7.4	Análisis de suelo.....	30
7.5	Diseño de sustratos .....	30

7.6	Monitoreo de <i>Quercus rugosa</i> Née .....	32
8.	RESULTADOS.....	33
8.1	Análisis bacteriológico.....	33
8.2	Análisis físico y químico de efluentes líquidos.....	34
8.2.1	Sólidos totales, fijos y volátiles.....	34
8.2.2	Determinación de metales pesados.....	34
8.2.3	Valor de pH.....	35
8.2.4	Nutrientes.....	35
8.3	Análisis de sustrato .....	36
8.4	Caracterización de los sustratos con efluente líquido.....	36
8.4.1	Análisis físico .....	36
8.4.2	Análisis químico.....	38
8.4.2.1	Sodio .....	39
8.4.2.2	Potasio.....	39
8.4.2.3	Fósforo .....	40
8.5	Monitoreo de <i>Quercus rugosa</i> .....	40
9.	DISCUSION .....	43
10.	LITERATURA CITADA.....	47
11.	ANEXOS.....	56
11.1	MARZO .....	56
11.2	ABRIL.....	61
11.3	MAYO .....	66
11.4	JUNIO .....	71
11.5	JULIO .....	76
11.6	AGOSTO .....	81
11.7	SEPTIEMBRE.....	86
11.8	OCTUBRE.....	91

## 1. RESUMEN

La mayoría de los sistemas de fertirriego utilizan fertilizantes que pueden resultar altamente contaminantes, por lo que es necesario buscar alternativas de fertilización. Una alternativa es la utilización de los efluentes de plantas de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, que por su contenido nutrimental, de materia orgánica y de microorganismos, se pueden considerar como fertilizantes biológicos.

Además de que se ha descubierto que los desechos de las plantas de tratamientos de residuos sólidos poseen ácidos húmicos, que pueden realizar la función del AIA en el crecimiento de las plantas. Por otro lado, el uso desmesurado de los bosques templados por el cambio de uso de suelos y la urbanización ha provocado que este tipo de ecosistemas, donde habitan los encinos, se hayan visto seriamente afectados por la alteración o reducción en su superficie, propiciando muchas veces la desaparición de sus componentes naturales.

Por lo anterior, este trabajo se enfoca en la propagación de una especie forestal (*Quercus rugosa*). Es por eso que el objetivo de este trabajo fue evaluar las características del efluente líquido de una planta de tratamientos de residuos sólidos orgánicos y saber si cumple con las características idóneas para su uso como fertilizante y su posterior uso para la producción de especies forestales, dentro del invernadero ubicado en la CUSI Almaraz. Para esto se realizó un análisis físico, químico y bacteriológico de los efluentes líquidos.

Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que los efluentes tienen las características adecuadas en cuanto a contaminantes para ser utilizados en la producción forestal, ya que no exceden los límites máximos permisibles por las normas oficiales mexicanas en coliformes fecales y metales pesados.

El valor nutrimental de estos efluentes para especies vegetales presenta valores elevados de Nitrógeno y Fósforo, que son elementos muy importantes para el crecimiento de las plantas. Se observó que el sustrato que fue regado

con el efluente a una concentración de 75% obtuvo resultados aceptables en las pruebas físicas y químicas realizadas y son similares a la muestra irrigada con un fertilizante comercial. Las propiedades físicas del sustrato (textura, densidad y porosidad) son buenas para establecer especies también. El análisis químico mostró que los sustratos adicionados con estos efluentes presentaron una buena cantidad de materia orgánica y nutrientes para el desarrollo de las plantas.

**Palabras claves:** Efluente, *Quercus*, Fertilizante, Digestato, Sustrato

## 2. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha observado una creciente preocupación por la cantidad de desechos sólidos orgánicos que se generan en las grandes ciudades. El aumento de la población y por ende los desechos que generan, han hecho que se busquen métodos para el aprovechamiento y reutilización de éstos. La creación de plantas de tratamiento para el manejo de estos residuos ha sido de gran ayuda pero no han logrado acabar con el problema por completo, puesto que van aparecido nuevos problemas; los elevados costos y el destino final de los efluentes sólidos y líquidos producidos han sido los más importantes. Se ha visto que estos efluentes pueden ser utilizados como fertilizantes en la producción de especies forestales como es el caso de los encinos, los cuales son importantes por los servicios que dan al ambiente y al humano, por lo que sería importante intensificar su propagación con fines de restauración.

Los bosques de pino-encino ocupan el 21% de superficie del territorio nacional, llegándose a estimar en una riqueza de 7000 especies de las cuales el 70% son endémicas (Rzedowski, 1991). Los bosques de encinos ocupan el 5.5% de superficie del país lo que les vale ocupar el segundo lugar en abundancia dentro del país, solo por detrás de los pinos. (Rzedowski, 1978).

El uso desmesurado de los encinares, cambio de uso de suelos los cuales se han transformado para uso agrícola o ganadero y la urbanización (Granados *et al.* 1999) ha provocado que actualmente los ecosistemas terrestres del país se hayan visto seriamente afectados por la alteración o reducción en su superficie (Toledo y Ordoñez, 1993; Challenger, 1998), propiciando muchas veces la desaparición de la vegetación natural.

Recientemente hubo un incremento en los programas dirigidos a la reforestación de áreas naturales perturbadas, desafortunadamente el porcentaje de sobrevivencia de las plantas una vez que se establecen en campo, es muy bajo aproximadamente de 43% (Bello y Cibrian, 2000). Esto se debe a que no se considera realizar un estudio de suelo al lugar dónde serán

introducidas las plantas o porque el método de trasplante suele no ser el indicado y en muchos otros casos se debe a que la calidad de las plantas no es suficiente, provocando que las plantas no resistan y logren adaptarse a su nuevo entorno.

Por ello es importante producir plantas de buena calidad, con un buen sustrato que brinde nutrientes de manera adecuada.

Para revertir los daños que se están provocando a los recursos forestales del país, se requiere, entre otras acciones establecer programas de reforestación o de plantaciones forestales y para esto se requiere que se utilicen plantas de calidad, principalmente producidas en vivero, las cuales utilizan como sustrato principal la tierra de monte (Reyes y Castro, 1995).

Sin embargo en grandes producciones, el uso de tierra de monte puede ser contraproducente, provocando un impacto en el ambiente del cual se extrae este sustrato (Sandoval y Stuardo, 1995), para elevar la producción de plantas y obtener plantas de mejor calidad, se requiere aportar los nutrientes que estas requieren para su óptimo desarrollo, sin embargo el sustrato suele perder estos elementos debido a que en un vivero no hay un reciclaje de estos, algunos nutrimentos, tales como el Nitrógeno y Potasio se pierden por absorción de la misma planta y otra parte por lixiviación, pudiendo llegar a ser rápidamente abatidos si no son abastecidos periódicamente (Bowman y Paul, 1983; Bunt, 1988; Nelson, 1991; citados por Cabrera, 1999).

Un buen sustrato es esencial para la producción de plantas de alta calidad; el sustrato y sus componentes deben de poseer características físicas y químicas que, combinadas con un programa integral de manejo, permitan un crecimiento óptimo (Cabrera, 1995). Aunque estas deficiencias pueden ser fácilmente abastecidas mediante el uso de fertilizantes, para aportar los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas, pero no siempre el uso de estos fertilizantes son del todo buenos, debido a que pueden llegar a generar efectos negativos al ambiente.

Desafortunadamente, el uso de algunos fertilizantes han presentado efectos adversos para otros organismos próximos al lugar donde se aplican, pudiendo intoxicarlos debido al uso indiscriminado de estos fertilizantes, provocando además contaminación de agua, suelo e incluso dañando al propio ser humano.

La creciente preocupación mundial por el cuidado del ambiente, ha forzado la creación de fertilizantes que contengan productos que sean fácilmente asimilables por el suelo y que no dañen a otros seres vivos.

Aquí es donde se podrían utilizar los efluentes obtenidos de las plantas de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, una vez que han sido estabilizados mediante algún proceso como puede ser la digestión anaerobia. Ya que sea visto que los biosólidos presentan un alto porcentaje de materia orgánica, además de presentar Nitrógeno, Fósforo y algunos micronutrientes que son necesarios para el crecimiento de plantas. (Elliot y Dempsey, 1991; citado por Castellano, 2011).

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Efluentes de plantas de tratamiento**

En los últimos años se ha observado una creciente preocupación por la cantidad de desechos que se generan en las grandes ciudades (ONU, 2011; citado por Redondo, 2014).

El aumento de la población y por ende los desechos que genera ha hecho que se busquen métodos para el aprovechamiento y reutilización de éstos.

A los desechos que son producto de la actividad humana, se les denomina "Residuos sólidos". La Ley General para la Prevención y Gestión de Residuos, clasifica dentro de los residuos sólidos, aquellos desechos utilizados en actividades domésticas, de los productos que se consumen y de los envases de los mismos de una casa habitación (LGPGIR, 2003).

Estos desechos pueden ser reutilizados si reciben un tratamiento y una posterior estabilización dentro de una planta de tratamiento de residuos sólidos.

Los desechos provenientes de una planta de tratamiento se denominan "Lodos residuales", los constituyentes de estos lodos dependen no solo del origen o constituyentes, sino también del método empleado en la planta entre otros factores, estos lodos están constituidos de materia orgánica, nutrientes, patógenos, agentes tóxicos, etc. (Azis y Lawrence, 1990; citado por Lara, 2010). Los lodos que son sometidos a procesos de estabilización (por ejemplo digestión anaerobia) son llamados "Biosólidos" y pueden ser reutilizados y aprovechados para alguna otra actividad, siempre y cuando cumpla con las normas establecidas.

Estos biosólidos pueden ser utilizados como fertilizantes y mejoran la nutrición de las plantas añadiendo Nitrógeno, Fósforo y Potasio, además de

algunos otros micronutrientes (Metcalf & Eddy, 2003); la utilización de estos biosólidos, permite reducir el uso de fertilizantes sintéticos.

La calidad de los biosólidos depende fundamentalmente de cuatro grupos de contaminantes principales (Lara, 2010).

- ❖ **Metales:** Principalmente zinc, cobre, níquel, cadmio, plomo, mercurio y cromo. Se clasifican en Excelentes o Buenos dependiendo de su contenido de metales pesados.
- ❖ **Nutrientes y Materia orgánica:** Su peligrosidad radica en su potencial de eutrofización para aguas subterráneas y superficiales.
- ❖ **Contaminantes orgánicos.**
- ❖ **Agentes patógenos:** se mencionan coliformes fecales, huevos de helminto y *Salmonella spp.* Se clasifican en Clase A, B o C y dependiendo la clasificación se les puede dar un uso.

### 3.2 Normatividad

La US-EPA desarrolló el reglamento “Estándares para el uso y disposición de lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales” y fue publicada el 19 de febrero de 1993, con la versión actualizada en 1996, misma que comúnmente se conoce como apartado 503.

Esta normatividad es de las más completas del mundo e incluye 5 apartados:

- ❖ **Apartado A:** Disposiciones generales.
- ❖ **Apartado B:** Requisitos para la disposición de biosólidos en suelos con la finalidad de beneficiarlos.
- ❖ Concentración de metales pesados
- ❖ Reducción de organismos patógenos (esto determina dos tipos de biosólidos: clase A o Clase B.
- ❖ **Apartado C:** Requisitos para la disposición superficial.

- ❖ **Apartado D:** Establece los lineamientos específicos y tecnologías para llevar a cabo la disminución de los vectores de atracción y patógenos.
- ❖ **Apartado E:** Incineración

La EPA clasificó los biosólidos en:

**a) Biosólidos calidad excepcional (EQ):** Son lodos que contienen una baja concentración de contaminantes, una reducción virtual de los patógenos y bajo potencial de atraer vectores. No tienen restricciones de uso.

**b) Biosólidos con concentraciones admisibles (PC):** Son los biosólidos que tienen concentraciones de contaminantes iguales a los primeros pero son catalogados como Clase B por su contenido patógeno. Estos si presentan restricción de aplicación.

**c) Biosólidos de tasa contaminante acumulativa (CPLR):** Estos biosólidos exceden en al menos uno de los contaminantes la concentración permisible para EQ pero no rebasan las concentraciones límite. Restricción de aplicación.

Las autoridades mexicanas publicaron la Norma Oficial que regula el manejo y disposición final de lodos y biosólidos (NOM-004-SEMARNAT-2002), esta norma promueve la reutilización de biosólidos con fines agrícolas y surge tomando en cuenta las regulaciones que se establecen en la US-EPA. (Martínez, 2009)

Otras leyes que mencionan regulaciones acerca del manejo y disposición de residuos peligrosos.

- ✓ Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, 2006).

- ✓ Norma Oficial Mexicana: NOM-001-ECOL-1996: Establece límites máximos permisibles de contaminantes de aguas residuales, los lodos se mencionan únicamente en el anexo 1.
- ✓ Norma Oficial Mexicana: NOM-052-ECOL-1993 Establece las características de los residuos peligrosos, presenta listado de los mismos y límites de toxicidad al ambiente.

### **3.3 Fertilizantes**

El uso de fertilizantes se ha vuelto indispensable debido a la baja fertilidad de la mayoría de suelos. Los suelos contienen todos los elementos esenciales para el desarrollo de las plantas, sin embargo en la mayoría de casos no en las cantidades suficientes para obtener los rendimientos y la calidad deseada, por lo que es necesario agregar nutrientes por medio de fertilizantes.

Para un correcto uso de un fertilizante se requiere conocer sus características, su efecto en plantas y en el suelo, las formas de aplicación y como se prepara una dosis de fertilización. (SAGARPA)

Los fertilizantes tienen como finalidad brindar los nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta, los fertilizantes utilizados para preparar las soluciones nutritivas deben ser altamente solubles, y se deben conocer sus características, ya que son de vital importancia para la preparación de soluciones.

Los fertilizantes cuentan con una solución rica en macro y micronutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas los macro nutrientes son los que las plantas requieren en mayor cantidad entre los cuales se encuentra el nitrógeno, fósforo y potasio también denominados nutrientes primarios; y por otro lado están los micro nutrientes que también se llaman nutrientes secundarios y se encuentra el zinc, aluminio, sodio, calcio magnesio, etc.

- **Nitrógeno:** Da el color verde oscuro a las plantas y favorece el desarrollo vegetativo y la succulencia, constituye las proteínas, la clorofila, los nucleótidos, las enzimas, las hormonas y las vitaminas.
- **Fósforo:** Fomenta la formación de raíces y estimula la floración y la formación de la semilla, forma parte de la célula, de los nucleótidos y de las enzimas.
- **Potasio:** Da resistencia a enfermedades, a heladas y a la falta de agua. Participa en la fotosíntesis y en la producción de azúcares, en el desarrollo de tubérculos, raíces y en la síntesis de proteínas, es responsable de la multiplicación celular y de la formación de tejidos.(Mengel y Kirkby, 1978)
- **Calcio:** Es componente de la pared celular y juega un rol importante en la estructura y permeabilidad de la membrana celular y en la selectividad. Promueve la descomposición de materia orgánica y neutraliza ácidos.
- **Magnesio:** Es parte importante de la clorofila, es activador de enzimas y favorece la formación de azúcares.
- **Azufre:** Forma parte de las proteínas y de las enzimas.
- **Boro:** Tiene una función importante en la translocación de azúcares y en el metabolismo de los mimos.
- **Cloro:** Es activador de la producción de oxígeno en la fotosíntesis.
- **Cobre:** Ayuda a regular la actividad respiratoria.
- **Fierro:** Participa en la fotosíntesis
- **Zinc:** Colabora en reacciones enzimáticas.

### 3.4 Riego

El riego podría entenderse como la aplicación de agua a nuestros cultivos o árboles, de una manera artificial, oportuna y lo más uniforme posible.

Basándonos en lo anterior, podríamos decir que al momento del riego se debe tomar en cuenta la cantidad, la frecuencia y los tiempos durante los

cuales se aplicará el riego. Se debe tomar en cuenta tanto el clima del lugar, el tipo de suelo y qué especie de planta es la que se va a regar, esto indicará la cantidad de agua y la periodicidad de aplicación.

Actualmente, existe información sobre métodos de riego, que aunados a un buen monitoreo, puede reducir los problemas por falta o exceso de humedad en las plantas. Además, debemos considerar que los sistemas para aplicar el riego se han modernizado y tenido avances tecnológicos importantes, permitiendo que este proceso se realice de manera más eficiente y con un menor desperdicio de agua.

En los últimos años, se ha estado desarrollando un nuevo método de riego, el cual permite el abastecimiento de agua y fertilizantes al mismo tiempo, haciendo aún más eficiente este proceso; este método se conoce como “fertirriego” (Ferreyra *et al*, 1995).

La fertirrigación es una técnica de aplicación de abonos disueltos en el agua utilizada para el riego de cultivos. Este método es un componente de los sistemas modernos de riego a presión como aspersión, microaspersión, pivote central, goteo, exudación, etc. Con esta técnica se puede controlar fácilmente la parcialización, la dosis, la concentración y la relación de fertilizantes.

La fertirrigación tiene como objetivo el aprovechamiento del flujo de agua del sistema de riego para transportar las sustancias nutritivas que necesita la planta en cada etapa de su crecimiento a un ritmo adecuado, y hacerlo llegar hasta el lugar donde se desarrollan las raíces, con lo cual se optimiza el uso del agua, los nutrientes y energía.

### 3.5 Sustrato

El sustrato ideal no existe, solo se puede definir el sustrato adecuado para cada tipo de planta. Para esto se deben tomar en cuenta distintos factores. La especie de la planta, la fase en la que se encuentra la planta, condiciones climáticas y los costos. (Leonardo, 2013)

Un buen sustrato es esencial para la producción de plantas de alta calidad. El sustrato y sus componentes deben poseer características físicas y químicas que, combinadas con un programa integral de manejo, permitan un crecimiento óptimo (Cabrera, 1995). Independientemente del sistema de riego que se utilice, el fertirriego permite que los nutrientes al diluirse en agua se filtren en el suelo, facilitando la absorción radical (Sánchez, 2000).

Existen dos tipos de sustratos:

**Orgánicos:** Son la base de las mezclas que se pueden hacer dada la importancia de la riqueza y la capacidad de retención de nutrientes; intervienen en procesos de absorción y fijación de nutrientes (Pastor, 1999).

- Turba
- Tierra de bosque

**Inorgánicos:** En el caso de los químicamente inertes, que actúan solo como soporte de la planta. Derivados de minerales naturales, suelen usarse como complemento de sustratos orgánicos para mejorar sus propiedades (Esteve, s/a; citado por Leonardo, 2013)

- Agrolita.
- Tezontle.

Los sustratos en la mayoría de casos son mezclas de dos o más componentes a fin de combinar sus propiedades físicas y químicas para obtener un medio de textura adecuado para el cultivo (Hudson y Kester, 1999; citado por Leonardo, 2013)

Las principales funciones que tiene el sustrato para la planta son: la retención de agua, ésta debe ser retenida por el sustrato hasta el momento de ser usada por la plántula; el aire, la energía que la raíz requiere para realizar sus actividades fisiológicas es generada por respiración aeróbica, lo que requiere un constante abasto de oxígeno; la nutrición mineral, con la excepción

de carbono, hidrógeno y oxígeno las plantas tienen que obtener otros 13 nutrientes minerales esenciales del sustrato; y el soporte físico, la función final del sustrato es soportar a la planta en posición vertical, este soporte está en función de la densidad y rigidez del mismo (Iglesias y Alarcón, 1994).

Los nutrientes en los cultivos son fundamentales para lograr los rendimientos máximos, esto se logra mediante un buen plan nutricional que consiste en conocer los conceptos teóricos de nutrición y regulación del crecimiento; y por otro lado, conocer los aspectos de producción, en particular los referentes al uso de fertilizantes, reguladores y el riego.

En el siglo XIX el químico alemán Justus Von Liebig descubrió que el desarrollo de las plantas depende en gran medida de la presencia de 3 elementos: nitrógeno, fósforo y potasio. Y a medida que han pasado los años la presencia de estos elementos en los suelos ha ido disminuyendo, por lo cual los seres humanos han tenido que optar por suministrar estos nutrientes a los suelos con el uso de fertilizantes, pero estos no siempre son amigables con el medio ambiente.

Para la producción de especies forestales, el principal sustrato utilizado es la tierra de monte o tierra negra, y suele mezclarse con agrolita. Por lo general estas mezclas se hacen siempre buscando una textura liviana que facilite el drenaje y la aireación (Arcos, 2009).

En niveles extremos, el pH puede hacer que los minerales no estén disponibles e incluso sean tóxicos. En la producción de especies forestales se recomiendan valores de pH entre 5.5 y 6.

El CIC se define como la suma de cationes intercambiables, mientras mayor sea este valor, el sustrato tendrá más capacidad de absorción y almacenamiento de nutrientes. Los principales cationes son Calcio, Magnesio, Potasio y Amonio.

La densidad real es el peso de las partículas sólidas del suelo, relacionado con el volumen que ocupa, sin tener en cuenta la organización en el suelo.

La densidad aparente es la relación entre la masa o peso de la materia seca y el volumen que esta ocupa. Describe la compactación del suelo. Es una forma de evaluar la resistencia del suelo a la elongación de las raíces-

La porosidad determina el volumen real de agua y aire que permanece en un sustrato, los poros pequeños retienen agua y los poros grandes contendrán aire que beneficia el desarrollo radicular de las plantas.

La fertilización es después del riego, la práctica que más influye en el crecimiento de las plantas al participar en los procesos fisiológicos de esta.

### **3.6 Crecimiento vegetal**

El crecimiento y diferenciación celular en las plantas está regulado por diferentes macromoléculas que se van alternando a lo largo de la vida de la planta para su desarrollo. El crecimiento es principalmente regido por hormonas entre las cuales se pueden mencionar las auxinas, las giberlinas, las citoquininas, el ácido abscísico, entre algunas otras. Otros compuestos como azúcares, lípidos y vitaminas tienen un efecto menos directo en el crecimiento.

La principal hormona es la Auxina, la cual posee el Ácido Indol Acético (AIA) que se encarga del crecimiento celular (expansión y división), desarrolla raíces, sistema vascular e induce la producción de etileno.

Existen diferentes factores que pueden afectar el crecimiento de la planta y se dividen en factores externos e internos.

**Externos:** Temperatura, luz, agua, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>.

**Internos:** Nutrientes, hormonas, genes.

Sin embargo, la mayoría de los sistemas de fertirriego utilizan fertilizantes que pueden resultar altamente contaminantes, por lo que es necesario buscar alternativas de fertilización (Wolf y Snyder, 2003).

Una alternativa es la utilización de los efluentes de plantas de tratamiento de residuos orgánicos, que por su contenido nutrimental, de materia orgánica y de microorganismos, se pueden considerar como fertilizantes biológicos (Compagnoni y Potzolu, 2001). Además de que se ha descubierto que los desechos de las plantas de tratamientos de residuos sólidos poseen ácidos húmicos, que pueden realizar la función del AIA en el crecimiento de las plantas.

### 3.7 Género *Quercus*

Los encinos pertenecen a la familia Fagaceae la cual se encuentra ampliamente distribuida en zonas tropicales y templadas del hemisferio norte (Romero *et al.*, 2002), además esta familia representa una gran importancia económica debido a sus recursos maderables. Esta familia cuenta con 8 géneros y aproximadamente 600 especies. (Zúñiga, 2013)

Para este género (*Quercus*) se reconocen dos centro de origen ya que de la cantidad de especies registradas a nivel mundial 450 especies (Nixon, 1993) y 500 especies (Romero *et al.*, 2002), el primero se encuentra en el sureste de Asia con 125 especies y el segundo en México que cuenta con 135 a 150 (Zavala, 1998) y llegando hasta las 161 especies esto reportado por (Valencia, 2004), principalmente en las regiones montañosas (Govaerts y Frodin, 1989).

Los bosques de encino en México conforman un tipo de vegetación de los más importantes, no sólo por el número de especies presentes, sino también por el gran número de endemismos (López-Cruz, 2000). México es el país con la mayor diversidad de encinos en el mundo (Nixon, 1998), calculándose 161 especies, de las cuales alrededor de 109 son endémicas del país, que representan el 67.7% de las especies del género en México. (Olvera, 2004)(Rosaliano, 2009); pero desafortunadamente sus bosques han sido

devastados, por lo que su repoblación ha presentado problemas (Olvera, 2004).

Los bosques de *Quercus* son muy características en las zonas montañosas de la República Mexicana (Rzedowski, 1978).

Los encinos son considerados de gran importancia tanto económica por su abundancia y como recurso maderero, de acuerdo a Pérez *et al.*, 2000 la madera de encino ocupaba el segundo lugar en aprovechamiento a nivel nacional, representando un 9% del total nacional. También es muy importante por los servicios ecológicos que se reconocen en esta familia por ejemplo en el almacenamiento de carbono, en los ciclos del agua (son participantes activos en la infiltración) y del oxígeno en la biosfera debido a su amplia distribución geográfica, tanto a escala mundial como nacional (Baes *et al.*, 1977; Woodwell *et al.*, 1978 citados por Mur, 2003).

Los encinares representan uno de los ecosistemas más importantes de México debido a su amplia distribución y diversidad de especies, y junto con los bosques de coníferas constituyen casi una cuarta parte de la vegetación del país (Rzedowski, 1991).

Esto les confiere también gran importancia en el reciclaje de nutrientes, ya que muchas especies son de hábito caducifolio (Rubio-Licona *et al.*, 2011). Garrido y cols. (1989) estimaron que la abscisión de hojas puede aportar hasta un 70% del total anual de hojarasca, de tal manera que durante los meses de mayor precipitación hay disponible una gran cantidad de biomasa para la descomposición. En los bosques dominados por especies el género *Quercus* la hojarasca provee otro importante servicio ambiental que consiste en proteger al suelo de la erosión hídrica (Rubio-Licona *et al.*, 2011).

No obstante, a pesar de los importantes servicios ambientales que nos proveen los bosques de encino, gran parte de sus hábitats han desaparecido y parte de los que aún existen presentan diferentes grados de deterioro debido a los distintos usos que se les ha dado. En este contexto cabe destacar el hecho

de que son varias especies que deben considerarse como amenazadas, debido a su distribución restringida y/o a que sus individuos son escasos (Romero, 2006). Los bosques de encinos se ubican entre los tipos de vegetación más alterados del país, ya que presentan una pérdida de cobertura de 8,795 hectáreas por año. (Challenger, 1998)(SEMARNAT, 2000)

### 3.7.1 Características de *Quercus rugosa* Née

#### 3.7.1.1 Morfología

Árboles de 3 a 25 m de altura, tronco con diámetro de 10 a 80 cm o incluso más; ramillas de 3 a 6 mm de grueso, tomentoso al principio, después de glabras de color café grisáceo; estípulas lineares u oblanceoladas de 6 a 7 mm de largo y pilosas; hojas muy gruesas, rígidas y coriáceas, frecuentemente cóncavas por el envés, muy rugosas, obovadas, de elíptico-obovadas a casi suborbiculares de 4 a 17 cm de largo ó 1.8 a 10 cm de ancho, ápice anchamente obtuso o redondeado, margen engrosado con dientes y ondulaciones, base redondeada o cordada en la que hay de 8 a 12 pares de nervios laterales, hay lustroso y glabro, envés tomentoso con pelos ramificados y pelos glandulares abundantes, vermiformes, de color ámbar o rojizo, epidermis glauco-cerosa, papilosa y algo amulosa; peciolo pubescentes de 3 a 13 mm de largo; de 2 a 12 flores femeninas en un pedúnculo largo y delgado de 6 a 705 cm de largo, fruto solitario o en grupos de 2 a 3, involucre de 12 a 17 mm de diámetro por 7-9 mm de alto, bellota ovoide de 16 a 25 mm de largo por 9 a 14 mm de diámetro. (Flores, 2007)



Ilustración 1. Hojas de *Quercus rugosa*.

### 3.7.1.2 Nombres comunes

Avellana, Encino blanco en Baja California, Encino blanco liso en Durango, Encino cuero en Chihuahua, Encino de asta en Colima, Encino de miel, Encino negro, Encino prieto, Encino quiebra hacha en Hidalgo, Encino roble en Guerrero, Tulán Roble en Chiapas. (CONABIO-PRONARE, 2001)

Encino hojarasco, Encino quebracho, Doga. (Romero *et al.*, 2002)

### 3.7.1.3 Sinonimias

*Quercus conglomerata* Trel., *Quercus decipiens* Martens & Galeoti, *Quercus diversicolor* Trel., *Quercus duranguensis* Trel., *Quercus purpusii* Trel., *Quercus reticulata* Gumbo & Bonpl., *Quercus rhodophelebia* Trel., *Quercus suchiensis* Warb. (Flores, 2007; Rosaliano, 2009)

### 3.7.1.4 Fenología

**Follaje.** Hojas deciduas muy tardíamente.

**Floración.** De marzo a junio.

**Fructificación.** De octubre a febrero.

**Polinización.** Anemócora (viento).

### 3.7.1.5 Distribución

Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, Hidalgo, Michoacán, Estado de México, Distrito Federal, Puebla, Veracruz; también se encuentra en Estados Unidos y Guatemala. (Romero, 1993), se encuentra en regiones montañosas de Tamaulipas, Tlaxcala, Oaxaca, Morelos, Colima, Guerrero; además en estados como Sonora, Chiapas, Querétaro, San Luis Potosí, Baja California (Flores, 2007). Siendo principalmente abundante en el centro del país (CONABIO-PRONARE, 2001).



Ilustración 2. Distribución en México de *Quercus rugosa*.

### 3.7.1.6 Hábitat

En bosques de encino entre 1800 y 2500 m.s.n.m.; suele asociarse con *Quercus crassipes*, *Quercus laurina*, *Quercus obtusata* y *Quercus castanea*. En bosques de pino o en asociaciones pino-encino, su rango altitudinal es entre 1000 y 3200 m.s.n.m., se localiza en una amplia variedad de sitios, aunque es más común en suelos profundos que someros y pedregosos. Se asocia con *Pinus leiophylla*, *Pinus michoacana* y *Pinus lawsoni*. (Flores, 2007). De acuerdo a Romero *et al.*, (2002) también se asocia con *Pinus pseudostrobus*, *Pinus teocote*, además de habitar bosques de *Abies* en altitudes de 1700 a 3500 m.s.n.m.

### 3.7.1.7 Usos

- **Artesanal:** Los tallos se utilizan para hacer cabos de herramienta.
- **Bebidas y licores:** El fruto es utilizado para hacer una bebida que suple al café.
- **Combustible:** El fuste y las ramas son ocupados como leña y para hacer carbón.
- **Construcción:** El tallo es utilizado como poste para fabricar cercas.

Es muy usado en el campo de la medicina, como tratamiento contra la disentería (corteza), también es utilizado como analgésico y hemostático, corrige problemas digestivos, genitourinarios, inflamaciones, infecciones y desordenes del sistema respiratorio. (Flores, 2007) también detiene pequeñas hemorragias. (Batis *et al.*, 1999)

También es utilizado para la elaboración de pulpa para papel. Las hojas y la corteza se utilizan para curtir pieles debido a su gran cantidad de taninos (Martínez y Chacalo, 1994). Las hojas y frutos secos son consumidos por el ganado. (Batis *et al.*, 1999)

### **3.7.1.8 Semillas y Frutos**

Los encinos presentan un fruto desarrollado característicamente en una nuez. El termino bellota se utiliza para referirse a esta nuez, esta tienen una semilla sin endospermo, con un embrión recto y con dos cotiledones. El ovario de las flores femeninas tiene de seis a siete óvulos, debido a que es tricarpelar y cada carpelo tiene dos o tres óvulos. Sin embargo solo uno se desarrolla hasta formar una semilla madura y todas las demás se abortan (Zabala, 1996).

## 4. ANTECEDENTES

Chen y Aviad (1990), mostraron que las sustancias húmicas, las cuales se encuentran en los efluentes líquidos de plantas de tratamiento de residuos sólidos, tienen un efecto promotor del crecimiento de las plantas, debido a su efecto sobre las membranas promoviendo una mejora en el transporte de minerales, incrementan la síntesis de proteínas, tienen una actividad parecida a la de las hormonas, incrementan la fotosíntesis y tienen efecto sobre la actividad enzimática.

Existen estudios que muestran que la aplicación foliar de ácidos húmicos en tomate, remolacha y begonia incrementan el crecimiento de tallos y hojas (Chen y Aviad, 1990). Y que aspersiones foliares de estas sustancias a dosis de 50 a 300 mg·litro<sup>-1</sup> favorecen el crecimiento del sistema radical y del brote en soya, cacahuate y trébol, pero dosis mayores a éstas inhiben el crecimiento (Chen y Aviad, 1990).

Mato *et al.* (1972), mostraron que las sustancias húmicas pueden actuar como hormonas del crecimiento, ya que inhiben la acción de la AIA-oxidasa, impidiendo la destrucción del Ácido Indol Acético (AIA); por lo que el mantenimiento de alta actividad del AIA afecta positivamente el crecimiento de la planta.

Bonfil (1998) realizó un estudio sobre la dinámica poblacional de *Quercus rugosa* y menciona que esta especie es potencialmente útil para la reforestación y restauración de zonas urbanas de la cuenca de México y su periferia.

Camargo (2000), determinó la composición del agua residual del Campus Cuautitlán Campo 1. Estableció un programa de muestreo de 5 semanas con base en Normas Mexicanas, posteriormente se les realizó un análisis elemental cualitativo y cuantitativo, también se determinó varios parámetros fisicoquímicos de acuerdo con Normas Técnicas Oficiales. Ningún

parámetro superó los criterios establecidos por la Norma Ecológica NOM-002-ECOL-1996. Además se encontraron algunos micronutrientes en buenas concentraciones.

Pineda *et al.* (2008), realizaron un estudio con Nochebuenas (*Euphorbia pulcherrima*), con la intención de mejorar la calidad y producción, siendo amigables con el ambiente. Evaluaron el efecto de aplicaciones foliares de dos efluentes de vermicomposta. Utilizaron diferentes sustratos: 1) tezontle, 2) mezcla 1 (turba + vermiculita), 3) mezcla 2 (tierra de hojas de encino + tezontle + turba + agrolita). Las aplicaciones foliares se hicieron cada 10 días a una concentración de 0.05%. El efecto de los dos efluentes en el crecimiento de la planta varió con el tipo de sustrato. El mejor tratamiento fue con tezontle + efluente 1 ya que obtuvieron un mayor crecimiento en cuanto a la altura.

Rodríguez-Ortiz *et al.* (2009), realizaron un estudio para evaluar la calidad agronómica de los efluentes extraídos de plantas de tratamiento en San Luis Potosí, ya que se utilizan para riego agrícola. En este estudio se evaluó su calidad agronómica a través de doce indicadores, los cuáles no se mencionan en la NOM-003-ECOL-1997. Los indicadores fueron pH, Relación de Absorción de Sodio (RAS), conductividad eléctrica, salinidad efectiva, salinidad potencial, carbonato de sodio residual, RAS ajustado, reducción de infiltración, cloro, boro, sodio y sólidos disueltos totales, todos ellos resultaron condicionados de manera general. Los resultados revelan que los efluentes son de buena calidad en cuanto a RAS y pH.

Echeverri *et al.* (2012), evaluaron la calidad del efluente de la PTAR-C (Cali, Colombia) y el agua subterránea proveniente de un pozo con fines de determinar su aptitud para el riego de caña de azúcar. Las variables analizadas fueron los indicadores de amenaza de salinidad y sodicidad (RAS Índice Alcalimétrico, Carbonato Sódico Residual y la Relación de Calcio). Los resultados obtenidos muestran que las fuentes evaluadas, en términos generales, se consideran aguas aptas para uso en riego, con restricción media

por peligro de sodicidad de suelos. Se concluyó que el efluente de la PTAR-C puede ser considerado una alternativa como fuente hídrica para riego de caña.

Charpenel en 2014 realizó un estudio sobre el manejo del digestato derivado de la digestión anaerobia de residuos sólidos urbanos para su uso como fertilizante, y determinó que el principal uso del digestato es como fertilizante o mejorador de suelos, pero que es necesario un proceso de estabilización, previo a su depósito. También menciona que el digestato solo podrá utilizarse si su calidad es la adecuada, mencionando que la calidad del digestato depende directamente de la calidad del sustrato que alimenta la digestión anaerobia

Se han realizado muy pocos estudios sobre la caracterización de los digestato obtenidos de plantas de tratamiento de residuos sólidos orgánicos y sobre los posibles usos que pudieran llegar a tener en alguna otra actividad humana, a pesar de que en estudios con efluentes obtenidos de otro tipos de plantas como las plantas de aguas residuales donde se ha demostrado que pueden contener una gran cantidad de nutrientes la cual después de un proceso de estabilización podrían ser reutilizados en la agricultura o la producción de plantas.

## **5. JUSTIFICACIÓN**

Como se mencionó anteriormente los efluentes de las plantas de tratamiento contienen ácidos húmicos que favorecen el crecimiento de las plantas, esto podría representar una excelente alternativa como fertilizante orgánico para la producción de plantas, además de que podría dar un uso a los desechos de estas plantas.

El presente estudio pretende evaluar las cualidades físicas y químicas de los residuos líquidos de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos a diferentes concentraciones para ser empleados como fertilizante en sustrato, además de sentar las bases para un posterior uso de estos efluentes para la producción de especies forestales.

## 6. OBJETIVOS

### 6.1 Objetivo General

- ❖ Irrigar sustratos con fertilizantes obtenidos de los efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, con la finalidad de mejorar la propagación de especies forestales.

### 6.2 Objetivo particular

- ❖ Realizar el estudio microbiológico del efluente líquido de la planta de tratamiento.
- ❖ Realizar un análisis de físico y químico del efluente obtenido conforme a normas oficiales.
- ❖ Describir las características físicas y químicas del sustrato que se usa comúnmente para la propagación de especies forestales.
- ❖ Describir las características físicas y químicas de los sustratos a los cuales se les adicionó el efluente obtenido de la planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos.
- ❖ Describir las características físicas y químicas del sustrato irrigado con un fertilizante comercial.
- ❖ Comparar las características de los distintos sustratos irrigados con los efluentes a diferentes concentraciones, con otro regado con un fertilizante comercial.
- ❖ Monitorear el crecimiento del encino *Quercus rugosa* utilizando el sustrato tradicional con la intención de generar información útil para estudios posteriores.

## 7. MATERIALES Y MÉTODO

### 7.1 Análisis bacteriológico

Para el análisis bacteriológico, se obtuvo una muestra del digestato, que se extrajo del reactor de la Facultad de Química, y se trasladó a la FES Iztacala en un matraz Erlenmeyer estéril, dentro de una hielera a 4°C, estas son las condiciones de conservación de este tipo de muestras que la norma establece para su conservación. Posteriormente se realizó la prueba de coliformes fecales, en base a lo establecido por la NOM-004

La muestra obtenida de lodos tuvo un volumen total de 20 litros, los cuales para el presente trabajo se tuvieron que centrifugar y así poder obtener la parte líquida que se utilizó para el diseño de los sustratos, para su centrifugación en el laboratorio de Biomoléculas.

Una vez que se obtuvieron los lodos, se separó la parte líquida de la sólida con ayuda de una centrifugadora, los lodos se centrifugaron a 4000 rpm durante 15 min; posteriormente, los efluentes líquidos se colocaron en recipientes cerrados y se almacenaron dentro de un refrigerador en el Laboratorio de Ecología y Taxonomía de Árboles y Arbustos, también dentro de la FES Iztacala, para su posterior uso y caracterización.



Ilustración 3. Centrifugas donde se separaron los efluentes líquidos y sólidos.

## 7.2 Análisis de sólidos totales, volátiles y fijos

Se calculó la cantidad de sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV) y sólidos fijos (SF).

Para obtener la cantidad de sólidos totales, fijos y volátiles se realizó la prueba con base a lo estipulado en la “NORMA NMX-AA-034-SCFI-2001: ANÁLISIS DE AGUA DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS Y SALES DISUELTAS EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS”

Se pesaron cápsulas de porcelana después de haberlas mantenido a peso constante. Se les agregaron 15 ml de muestra líquida y se introdujeron en una estufa a 110°C por aproximadamente 8 horas para eliminar toda la humedad. Una vez transcurrido el tiempo se sacaron las cápsulas y se dejaron secar a temperatura ambiente, para ser pesadas nuevamente.

Después, las cápsulas se colocaron en una mufla a 550°C por aproximadamente 30 minutos para determinar la cantidad de materia orgánica y de sales presentes.

Por último se realizan las siguientes fórmulas para obtener los valores de sólidos totales, volátiles y fijos:

$$\text{Sólidos Totales} = \frac{(A - B) * 1000}{V}$$

$$\text{Sólidos Volátiles} = \frac{(A - C) * 1000}{V}$$

$$\text{Sólidos Fijos} = \frac{(C - B) * 1000}{V}$$

- A: Muestra de la capsula más la muestra (g)
- B: Peso de la Capsula vacía (g)
- C: Peso de la Capsula después de meterlo en la mufla (g)
- V: volumen de muestra utilizado (ml)



**Ilustración 4. Capsulas de porcelana con muestra, salidas de la estufa.**

### **7.3 Metales pesados**

Se realizó un análisis de metales pesados del efluente para medir la presencia y concentración de metales pesados mediante un espectrofotómetro de absorción atómica con base a lo establecido en la NOM-004-SEMARNAT-2002.

La determinación de metales se hizo usando el Espectrofotómetro de Absorción Atómica y la técnica que se utilizó fue tomada de la Norma de “Análisis de agua determinación de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas (NMX-AA-051-SCFI-2001)”



**Ilustración 5. Preparación de curvas patrón para la calibración del Espectrofotómetro de absorción atómica.**



Ilustración 6. Espectrofotómetro de absorción atómica.

Se determinó el valor de pH con un potenciómetro; también se determinaron la cantidad de Nitrógeno por método Kjeldahl, la de Fósforo por el método de Bray, y la de potasio y otros micronutrientes por espectrofotómetro de flama.

## 8. Análisis de suelo

También se realizó un análisis del sustrato en el que se mantienen las plantas durante su crecimiento, el cual consta de tierra negra y agrolita en una relación 2:1 respectivamente, esta muestra se mantuvo sin ningún riego diferente al de agua común.

## 9. Diseño de sustratos

Se realizaron tres diluciones del efluente, 25, 50 y 75%, mismas que se aplicaron a un sustrato de tierra negra, con agrolita en relación (2:1). También se elaboraron dos testigos, uno que no contenía ningún efluente ni fertilizante y otro con un fertilizante líquido comercial. Los sustratos elaborados se muestran a continuación en la (tabla 1).

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, para uso forestal,

**Tabla 1. Tratamientos con los que fueron regados los sustratos.**

Testigo 1	Testigo 2	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Mezcla de Tierra negra y Agrolita (2:1)	Mezcla de Tierra negra y Agrolita (2:1)	Mezcla de Tierra negra y Agrolita (2:1)	Mezcla de Tierra negra y Agrolita (2:1)	Mezcla de Tierra negra y Agrolita (2:1)
	650 ml de Fertilizante comercial a concentraciones recomendadas.	650 ml de la dilución del efluente a 25%	650 ml de la dilución del efluente a 50%	650 ml de la dilución del efluente a 75%

Cada una de las muestras de sustrato fueron de 1.5 kg y se irrigaron a capacidad de campo con aproximadamente 650 ml de cada una de las diluciones del efluente.

Se les realizaron pruebas tanto físicas como químicas a los sustratos, en base al manual de edafología de Muñoz *et al.* (2012)

Las pruebas realizadas fueron las siguientes:

- ❖ **Pruebas físicas:** textura, densidad aparente, densidad real y porosidad.

El análisis físico que se les realizó a las muestras de sustrato, que fueron elaboradas con una mezcla de tierra negra con agrolita en una relación 2:1; estos sustratos fueron regados con los efluentes líquidos obtenidos después de haber realizado la centrifugación de los lodos.

Las muestras fueron homogéneas y se pesaron una vez que se tuvo la mezcla del sustrato, cada muestra peso 1.5 kg. Y posteriormente se regaron con el efluente líquido, el cual fue diluido con agua de la llave a diferentes concentraciones, 75%, 50% y 25%.

Las muestras fueron regadas hasta que el sustrato quedo completamente húmedo con aproximadamente 650 ml

Por otro lado se obtuvo una muestra de sustrato del mismo peso, pero este fue regado con un fertilizante comercial, el cual fue diluido a las concentraciones establecidas en el envase.

- ❖ **Pruebas químicas:** Materia Orgánica, pH, Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Sodio, Calcio, Magnesio, Capacidad de Intercambio Catiónico.

### 9.1 Monitoreo de *Quercus rugosa* Née

Se realizó un monitoreo del crecimiento de 160 individuos de *Quercus rugosa*, durante un periodo de 8 meses (Marzo a Octubre), midiendo la altura, la cobertura y el diámetro del tallo, los cuales se encuentran ubicados dentro del invernadero de la CUSI Almaraz, en el municipio de Cuautitlán Izcalli. La procedencia de estas plantas fue de Villa Nicolás Romero, Estado de México, municipio de donde se obtuvieron frutos para la propagación de la especie.

El monitoreo se realizó con el fin de obtener información sobre el crecimiento de esta especie de encino para que en una segunda etapa, en la que se obtenga la cantidad suficiente de efluente líquido, se aplique como fertilizante a una muestra de encinos similar para comparar los resultados.

En la parte de anexos se observan las tablas del monitoreo de crecimiento, cobertura y diámetro de tallo de *Quercus rugosa* durante los meses de Marzo a Octubre.

## 10. RESULTADOS

### 10.1 Análisis bacteriológico

De acuerdo a los datos que se observa en la NOM-004-SEMARNAT-2002, el número total de coliformes presente en el efluente líquido no excede el límite máximo permitido para su uso, valor que se ubica en la clase "A":

- ❖ Uso urbano con contacto público directo durante su aplicación.
- ❖ Uso urbano sin contacto público directo durante su aplicación.
- ❖ Uso forestal.
- ❖ Mejoramiento de suelos.
- ❖ Uso agrícola.

Tabla 2. Presencia de coliformes fecales en efluente.

Organismo determinado	NMP/100 ml	Límites máximos		
		A	B	C
Coliformes fecales	700	Menor a 1000	Menor a 1000	Menor a 2,000,000



Ilustración 7. Tubo de ensayo, en prueba de coliformes fecales

Los efluentes de la planta de tratamiento piloto tendrán uso forestal y/o agrícola, por lo que la cantidad de coliformes no representa algún problema.

## 10.2 Análisis físico y químico de efluentes líquidos.

### 10.2.1 Sólidos totales, fijos y volátiles

Una vez realizados los cálculos se obtuvieron los siguientes resultados que se muestran a continuación:

**Tabla 3. Cantidad de sólidos presentes en los efluentes líquidos.**

	Muestra 1	Muestra 2
<b>Sólidos totales</b>	29.8 g/L	29.82 g/L
<b>Sólidos fijos</b>	9.36 g/L	9.55 g/L
<b>Sólidos volátiles</b>	20.44 g/L	20.26 g/L

Una vez que se obtuvo el valor de sólidos totales, volátiles y fijos, se puede conocer la cantidad de materia orgánica (sólidos totales volátiles) ya que representa la porción de materia sólida que puede ser oxidada así como el contenido de materia inorgánica (sólidos fijos).

**Tabla 4. Cantidad de materia orgánica y sales presentes en efluentes (%).**

	Muestra 1	Muestra 2
<b>Materia Orgánica</b>	31.4%	32%
<b>Sales</b>	68.6%	68%

### 10.2.2 Determinación de metales pesados

Se obtuvieron los valores de los principales metales:

**Tabla 5. Contenido de metales pesados en efluente líquido.**

Metales pesados	efluente líquido	límites máximos permisibles	
		excelentes	buenos
arsénico	0.028 mg/l	41	75
cadmio	ausente	39	85
cobre	0.081 mg/l	1500	4300
cromo	34.8 mg/l	1200	3000
mercurio	1.025 mg/l	17	57
níquel	0.641 mg/l	420	420
plomo	0.259 mg/l	300	840
zinc	0.343 mg/l	2800	7500

En base a los resultados obtenidos y comparados con los límites permitidos tomados de la NOM-004-SEMARNAT-2002 se puede apreciar que los valores de metales pesados están muy por debajo de los establecidos para ser considerados de “Excelente calidad”

### 10.2.3 Valor de pH

El valor de pH obtenido fue de 7.89. El cual es un valor aceptable ya que entra en el rango de neutro. Y la mayoría de especies forestales toleran un pH que va del ácido a neutro

### 10.2.4 Nutrientes

Se determinaron la presencia y concentración de algunos nutrientes que son esenciales para el desarrollo de las plantas.

**Tabla 6. Contenido de nutrientes determinados en el efluente líquido**

Nutrientes (mg/L)	
Nitrógeno	350
Fósforo	141
Cobre	0.0813
Fierro	0.4223

### 10.3 Análisis de sustrato

Se realizó un análisis al sustrato utilizado en invernadero (tierra negra + agrolita) para evaluar algunas de sus propiedades y así posteriormente ver que implicaciones tiene la presencia tanto de los efluentes como del fertilizante. Los resultados se muestran a continuación en la Tabla 7.

Tabla 7. Análisis físico-químico de sustrato forestal (tierra negra-agrolita, 2:1).

Prueba	Valor obtenido	Categoría
PH	7.4	Neutro
Materia Orgánica	17.2 %	Extremadamente rico
Capacidad de Intercambio Catiónico	40.8 cmol	Alto
Densidad aparente	0.7638 g/cm <sup>3</sup>	Baja
Porosidad	70.55 %	Alto
Densidad real	2.59 g/cm <sup>3</sup>	Medio

### 10.4 Caracterización de los sustratos con efluente líquido

#### 10.4.1 Análisis físico

Tabla 8. Análisis físico de los sustratos.

PRUEBA	FERTILIZANTE	EFLUENTE LÍQUIDO		
		25%	50%	75%
Textura	Franco arenosa			
Densidad Aparente	0.875 g/cm <sup>3</sup> Baja	0.785 g/cm <sup>3</sup> Baja	0.805 g/cm <sup>3</sup> Baja	0.8 g/cm <sup>3</sup> Baja
Densidad Real	1.92 g/cm <sup>3</sup> Baja	1.75 g/cm <sup>3</sup> Baja	1.66 g/cm <sup>3</sup> Baja	1.88 g/cm <sup>3</sup> Baja
Porosidad	55.5% Alta	52% Alta	58% Alta	55% Alta

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de los análisis físicos de los sustratos se muestra que en cuanto a textura todos presentaron una textura franco arenosa, la cual se caracteriza por ser suelos con buena aireación y con buen drenaje de agua, aunque no suelen retener mucho la humedad; en densidad real todas entraron en un criterio “bajo” lo cual podría indicar una gran presencia de materia orgánica, además presenta una porosidad elevada lo que favorece la aireación y el drenaje del agua y por ultimo podemos observar que no presenta una densidad aparente elevada esto nos indican que el sustrato facilita el movimiento de las raíces cuando estas se van desarrollando.

### 10.4.2 Análisis químico

A continuación se muestra en la Tabla 9, la continuación de los análisis realizados a los sustratos, la cual corresponde a las pruebas químicas

**Tabla 9 Análisis químico de los sustratos.**

PRUEBA	FERTILIZANTE	EFLUENTE LÍQUIDO		
		25%	50%	75%
Materia Orgánica	11.52% <b>Rico</b>	11.88% <b>Rico</b>	11.73% <b>Rico</b>	8.93% <b>Rico</b>
PH Real	5.92 <b>Moderadamente ácido</b>	6.23 <b>Ligeramente ácido</b>	6.39 <b>Ligeramente ácido</b>	6.78 <b>Neutro</b>
PH Potencial	5.85 <b>Moderadamente ácido</b>	6.45 <b>Ligeramente ácido</b>	6.22 <b>Ligeramente ácido</b>	6.75 <b>Neutro</b>
CIC*	22.71 cmol <b>Medio</b>	24.62 cmol <b>Medio</b>	29.15 cmol <b>Medio</b>	24.69 cmol <b>Medio</b>
Calcio	4.93 cmol <b>Bajo</b>	4.29 cmol <b>Bajo</b>	6.43 cmol <b>Bajo</b>	6.1 cmol <b>Bajo</b>
Magnesio	0.45 cmol <b>Bajo</b>	12.65 cmol <b>Medio</b>	5.53 cmol <b>Bajo</b>	3.5 cmol <b>Bajo</b>
Carbono**	6.68%	6.89%	6.8%	5.17%
Nitrógeno	0.5%	0.55%	0.45%	0.41%
		<b>Extremadamente rico</b>		
C/N	13.36 <b>Alta</b>	15.53 <b>Muy alto</b>	15.11 <b>Muy alto</b>	12.61 <b>Alto</b>
Fósforo	7.31 ppm <b>Rico</b>	3.87 ppm <b>Pobre</b>	5.76 ppm <b>Medio</b>	6.79 ppm <b>Medio</b>
Potasio	6.40 cmol <b>Pobre</b>	2.34 cmol <b>Muy pobre</b>	5.11 cmol <b>Muy pobre</b>	4.70 cmol <b>Muy pobre</b>
Sodio	28.91% <b>Alto</b>	33.96% <b>Alto</b>	46.89% <b>Alto</b>	51.59% <b>Alto</b>

\*CIC= Capacidad de intercambio Catiónico

\*\*El carbono Orgánico es el principal elemento que forma la materia orgánica del suelo, por esta relación tan estrecha que hay entre estos dos conceptos se puede conocer tanto el porcentaje de materia orgánica cuando se tiene el dato de Carbono Orgánico

## Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, para uso forestal,

como a la inversa. Esto es posible por métodos analíticos, mediante el factor empírico propuesto pro Van Benmelen que es de 1.724. (Jackson, 1964).

En vista de los resultados obtenidos de los análisis químicos de los sustratos, se puede notar que presentan buenas valores en casi todas las pruebas, y se puede observar que no existe una diferencia significativa en comparación con el fertilizante utilizado como testigo y las muestras regadas con los efluentes.

Al contrario, se puede observar que la dilución que fue con un 75% del efluente presenta valores muy similares a los obtenidos por el fertilizante, lo cual se podría interpretar que tal vez a una concentración más elevada del efluente, se podrían obtener resultados aún mejores.

### 10.4.2.1 Sodio

Tabla 10. Lecturas de sodio en espectrofotómetro de flama.

SODIO		
Muestra	Lecturas (nm)	Concentración (ppm)
Fertilizante	36.8	30.2
75%	70.3	58.59
50%	75.35	62.87
25%	46.55	38.46

### 10.4.2.2 Potasio

Tabla 11. Lecturas de potasio en el espectrofotómetro de flama.

POTASIO		
Muestras	Lecturas (nm)	Concentración (ppm)
Fertilizante	60.5	50.12
75%	46.35	36.83
50%	49.7	39.98
25%	25.65	18.31

### 10.4.2.3 Fósforo

Tabla 12. Lecturas de fosforo en el espectrofotómetro de flama.

FÓSFORO		
Muestras	Transmitancia (nm)	Concentración (ppm)
Fertilizante	60.35	7.31
75%	62.25	6.79
50%	66	5.76
25%	72.9	3.87

### 10.5 Monitoreo de *Quercus rugosa*

En la tabla 13 se muestran los valores promedios de diferentes parámetros derivados del monitoreo de *Quercus rugosa*.

Tabla 13. Valores promedio de cada mes del monitoreo de *Quercus rugosa*.

Meses	Altura (cm)	Diámetro promedio (cm)	Cobertura promedio (cm)
Marzo	69,64	1,17	610,16
Abril	72,31	1,19	624,09
Mayo	75,5	1,26	750,46
Junio	76,85	1,30	803,84
Julio	78,13	1,31	805,29
Agosto	79,55	1,32	810,64
Septiembre	80,79	1,32	813,67
Octubre	81,17	1,33	815,26

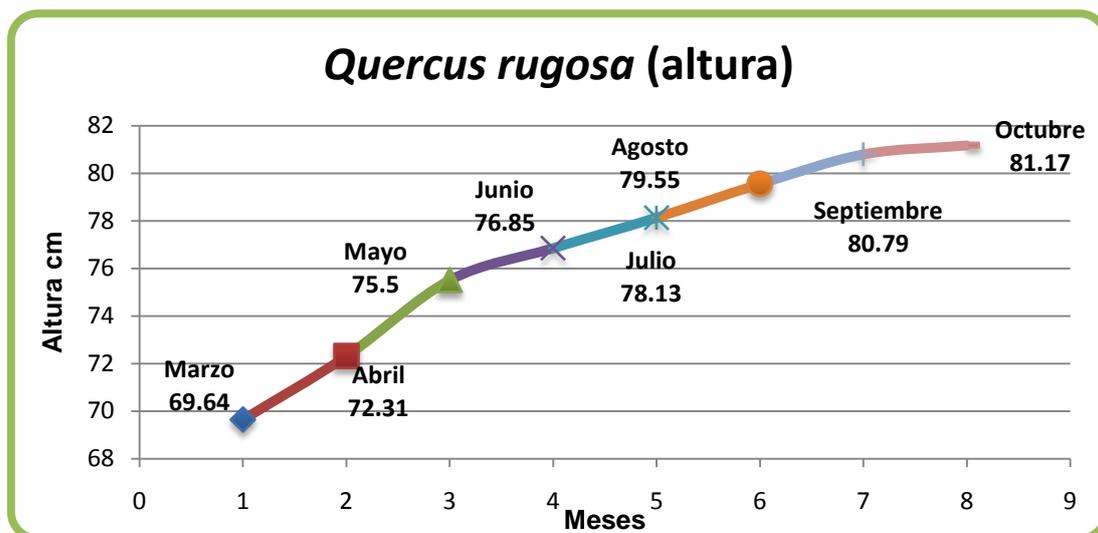


Grafico 1. Alturas promedio de *Quercus rugosa*.

Se puede observar que en cuanto a altura, los individuos presentan un crecimiento constante a lo largo de los meses por los cuales fueron monitoreados, aumentando en promedio entre 1 y 2 centímetros mensualmente.

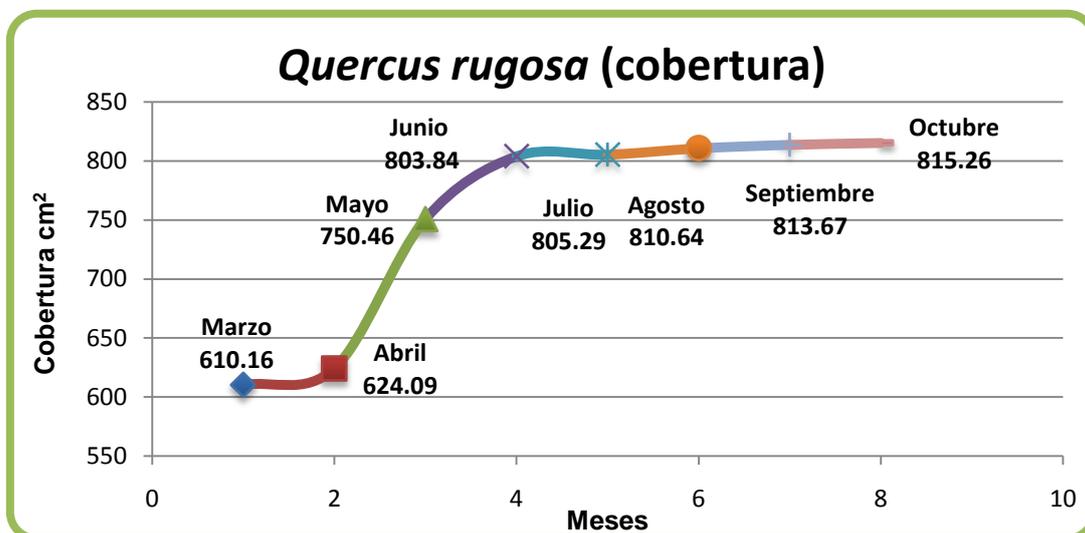


Grafico 2. Coberturas promedio de *Quercus rugosa*.

En cuanto a la cobertura, se aprecia un crecimiento mayor entre los meses de abril y junio; posteriormente, se observa un crecimiento menor, casi imperceptible.

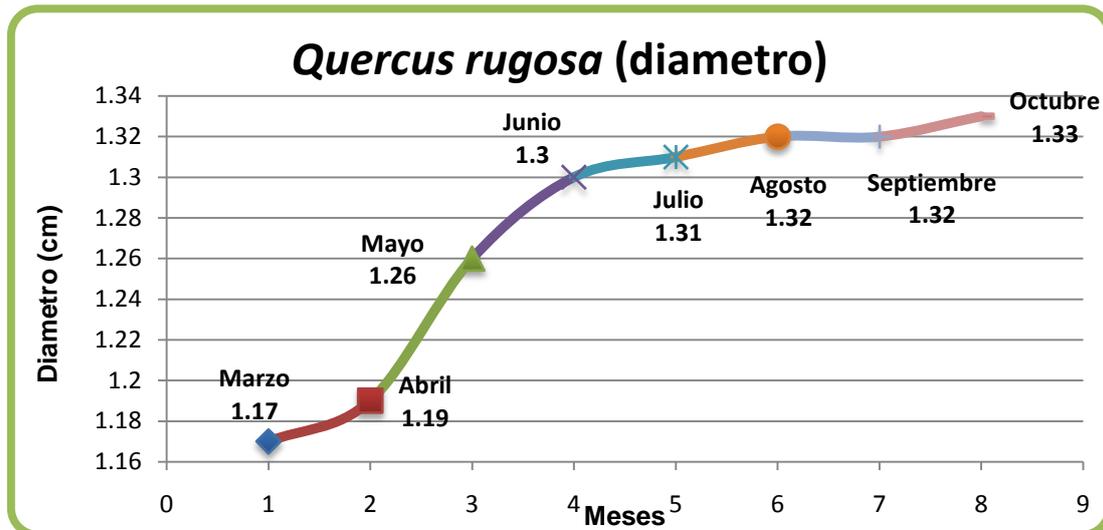


Grafico 3. Diámetro promedio del tallo de *Quercus rugosa*.

En la gráfica se puede ver un crecimiento similar al de cobertura, donde se nota un mayor crecimiento entre los meses de abril y junio y un crecimiento más lento de agosto a octubre, esto puede estar relacionado con la temporada del año, ya que se apreció que en época de verano.



Figura 8. *Quercus rugosa*, ubicados en el invernadero de Almaraz.

## 11. DISCUSIÓN

De acuerdo a Flores (2013), una textura en suelo con mayor presencia de arenas, facilita el flujo de oxígeno y agua, lo cual beneficia a las plantas, además de que presentar densidades bajas hace que se presente un buen drenaje; con base en esto se puede considerar que los sustratos que se estudiaron en este documento, son una buena opción para la propagación de plantas ya que presentaron una densidad baja y una porosidad elevada.

El valor obtenido en estas muestra indican una Capacidad de Intercambio Catiónico de un rango “medio”, que de acuerdo al “Manual de producción de plantas forestales (2007), mientras más alto sea los valores habrá menor pérdida de nutrientes, además de que actúa como buffer del pH. También menciona que mientras más alta sea el porcentaje de porosidad, mejor intercambio de gas ocurrirá, mejorando la absorción de nutrientes por parte de la raíz, en términos generales estima que la porosidad debe estar entre el 60%-80%; las muestras de este estudio se encontraron en un intervalo de 52%-58% a excepción del suelo sin efluente, el cual estuvo por encima del 70%

Oliveira *et al.* (2006), mencionan que el pH potencial nos indica la capacidad del suelo para acidificarse, y se puede saber al comparar el pH real contra el pH potencial, si la diferencia entre estos es mayor a 1 el suelo tiende a acidificarse al aplicar un abono o fertilizante, mientras que si el valor es menor a 0.6 el suelo no se acidificara. En este estudio la diferencia entre pH real y potencial es menor a 0.6 en todas las muestras.

En cuanto a la relación que se presenta entre Carbono y Nitrógeno (C/N), según lo mencionado por Soliva (2001), se estima que la relación entre estos dos elementos debe ser entre 25 y 35 para ser considerada óptima, ya que los microorganismos ocupan entre 15 a 30 partes de Carbono por una de Nitrógeno, en tanto al análisis de este parámetro en el presente estudio presentó una relación menor, en promedio de 15.

Según los valores reportados por Montes *et al.* (2008), para los nutrientes de una solución nutritiva común, los datos obtenidos en el presente análisis superan a los registrados por estos autores, lo que indica que el efluente líquido es una buena opción para su uso como fertilizante.

González *et al.* (2007), realizaron un estudio sobre el efecto del riego con efluentes de ordeño sobre el comportamiento del pastoreo. El análisis de este efluente mostró un pH de 7.8 y una presencia de coliformes fecales de  $2.4 \times 10^4/100$  ml. En el presente trabajo se obtuvo un pH de 7.89, similar al obtenido por estos autores; mientras que el valor de coliformes registrado por ellos es muy superior al del efluente de este trabajo.

Con base a los datos obtenidos sobre las características de suelo sin la aplicación de fertilizante ni de ningún tratamiento de efluente, se puede apreciar que hay una baja en los valores analizados, entre el suelo natural y el sustrato con tratamientos, caso contrario a lo que reporta Carrizo *et al.*, (2014) quienes reportan las características del suelo y posteriormente muestra un análisis del suelo regado con un efluente diluido al 50 y al 100%, presentando un aumento en cuanto a materia orgánica y en la CIC; sin embargo se puede apreciar que en cuanto a nutrientes (N, K, Mg, Ca, Na), los tratamientos realizados con los efluentes en este estudio está muy por encima de los reportados por estos autores, lo que puede favorecer el desarrollo de plantas.

Rascón *et al.* (2008), realizaron un estudio del impacto que tiene un suelo agrícola en sus propiedades físicas después de la adición de aguas residuales, se demostró que hubo un incremento en cuanto a sus valores, lo cual favoreció las propiedades del suelo, en contraste con los análisis realizados en el presente estudio también se puede observar un ligero incremento en la densidad real después de la adición de los efluentes, pero por el contrario presentó una disminución en la porosidad en todos los tratamientos, aunque siguen perteneciendo al mismo criterio "Alto".

Se propone realizar un análisis nutrimental más completo del efluente para así conocer y poder realizar una comparación más amplia en cuanto a la aportación de nutrientes a las plantas, con algún fertilizante comercial.

También se sugiere realizar un análisis toxicológico del uso de los efluentes para saber si no causa ningún problema al desarrollo de plantas.

En vista de los resultados obtenidos se puede notar que en varias de las pruebas realizadas a los sustratos, se obtienen resultados similares, en los tratamientos de fertilizante y el efluente diluido al 75%; sin embargo se nota que hay valores por encima de estos, en la muestra con el efluente diluido a 50%, lo cual nos puede hacer pensar que un tratamiento con una dilución del efluente al 50% es una mejor opción ya que se obtuvieron mejores resultados, y se gasta menos efluente lo cual reduciría costos y eficientaría el uso del mismo.

En cuanto al monitoreo que se tuvo del desarrollo de *Quercus rugosa*, se puede apreciar que tuvo un crecimiento en cuanto a la altura de 1 a 2 cm cada mes, lo cual es muy bueno ya que Vázquez y colaboradores en 1999, mencionan que para esta especie se presenta un crecimiento lento aproximadamente de 0.0034 cm por día y que solo presenta unos cuantos “pulsos” donde se presentan crecimientos rápidos; en cuanto a los datos obtenidos de su cobertura se aprecia que hubo un crecimiento bastante notorio entre los meses de Abril a Junio tal y como reporta Bello en 1984, ya que el realizo un estudio sobre la fenología de cinco especies de encinos y reporta que de Febrero a Marzo *Quercus rugosa* pierde su follaje y en marzo muestra el inicio de su estado vegetativo asociándolo al inicio de la primavera, por las altas temperaturas.

## 12. CONCLUSIONES

- Con base a los resultados obtenidos se considera que los efluentes pueden ser utilizados como fertilizante ya que presentan nutrientes que son esenciales para el desarrollo de las plantas y no exceden los límites máximos permisibles en ningún contaminante, establecidos por normas mexicanas para su uso en agricultura o producción forestal.
- Se debe realizar un análisis periódico de los efluentes que sean obtenidos de la planta de tratamiento para monitorear que sus efluentes sigan contando con características que sean adecuadas para su uso.
- Se determinó que el efluente a concentración de 75% presenta valores similares a los obtenidos por un fertilizante comercial.
- Se aprecia que los resultados obtenidos con los efluentes no presentan gran variación entre ellos en cuanto a los análisis realizados, por lo cual se considera que el efluente es viable para su uso como fertilizante.
- El sustrato presentó características idóneas para el desarrollo óptimo de plantas.
- Se obtuvieron datos sobre el crecimiento de *Quercus rugosa*, en cuanto a cobertura, diámetro y altura que servirán como bases para posteriores estudios, aplicando estos efluentes como fertilizante y evaluar el desarrollo de esta especie, comparándolos con los datos obtenidos en este trabajo.

### 13. LITERATURA CITADA

- APHA. 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, 20ava. Ed. Washington, Parts 2000-5000.
- Arcos, J., 2009. Crecimiento de *Quercus crassipes* en diferentes mezclas de sustratos forestales. Tesis de Licenciatura. UNAM. Tlalnepantla. Estado de México.
- Azis, M. Lawrence C., 1990. Potential utilization of sewage sludge. *Wat. Sci. Tech.*, vol. 22, No. 12, pp. 277-285.
- Baes, F.; Goeller, E.; Olson, S.; Rotty, H., 1977. Carbon dioxide and climate: the uncontrolled experiment. *American Scientist*. 65: 310–320.
- Batis, A.; Alcocer, M.; Gual, M.; Sánchez, C.; Vázquez, C., 1999. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Instituto de Ecología. UNAM-CONABIO.
- Bello, M.A., 1984. Fenología y biología del desarrollo de cinco especies de *Quercus*, en Paracho y Uruapan, Michoacán. *Rev. Ciencia Forestal en México*, Vol. 19. Núm. 75.
- Bonfil, C., 1998. Dinámica poblacional y regeneración de *Quercus rugosa*: implicaciones para la restauración de bosques de encinos. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bunt, A., 1988. *Media and mixes for container-grown plants*. Unwin Hyman Ltd., Great Britain. 309 p.

- Bowman, D. y Paul, J., 1983. Understanding of container media vital knowledge for growing successful plants. Pacific Coast Nurseryman and Garden Supply Dealer. March Issue.
- Cabrera, R., 1995. Fundamentals of container media management, Part. 1. Physical properties. Rutgers Cooperative Extension Factsheet No. 950. 4p.
- Cabrera, R., 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. Department of Plant Science, the State University of New Jersey, Rutgers. 59 Dudley Road, New Brunswick, New Jersey. USA. Revista Chapingo Serie Horticultura 5(1): 5-11.
- Camargo, B., 2000. Análisis elemental y fisicoquímico del agua residual de la UNAM campus Cuautitlán previo a su tratamiento en una planta piloto. Tesis de licenciatura. UNAM. Cuautitlán Izcalli, Estado de México.
- Castellano, B., 2011. Uso de lodos residuales de un humedal construido como sustrato para el desarrollo inicial de *Pinus cembroides* Zucc. Tesis de licenciatura. UNAM. México D.F.
- Carrizo, E.; Alesso, A.; Girello, G.; Capeletti, M.; Micheloud, H.; Imhoff, S., 2014. Rendimiento de maíz y cambios en propiedades edáficas luego de la aplicación de efluentes líquidos porcinos. *FAVE. Secc Cienc. Agrar.*, vol. 13, núm. 1, pp. 51-62.
- Challenger, A., 1998. Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Biología–Universidad Nacional Autónoma de México–Agrupación Sierra Madre S.C., México D.F. 847 pp.

- Charpenel, A., 2014. Manejo del digestato derivado de la digestión anaerobia de la fracción sólida de los residuos sólidos urbanos para su uso como fertilizante. Tesis de licenciatura. UNAM. México D.F.
- Chen, Y. y Aviad T., 1990. Effects of humic substances on plant growth. pp. 161-186. *In: Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings*. MACCARTHY, P.; CLAPP, C.E.; MALCOLM, R. L.; BLOOM, P. R. (eds.). American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Compagnoni, L., Potzolu, G., 2001. Cría Moderna de las Lombrices y Utilización Rentable del Humus. Editorial de Vecchi. Barcelona, España. 127 p.
- CONABIO-PRONARE, 2001. Fichas técnicas de las especies vegetales utilizadas en el programa nacional de reforestación.
- Echeverri, S., Madera P., Urrutia C., 2012. Comparación de la calidad agronómica del efluente de la PTAR-C y el agua subterránea con fines de uso en riego de caña de azúcar. *Ingeniería de recursos naturales y del ambiente*, 11, pp.: 21-27.
- Elliot, A. y Dempsey, A., 1991. Agronomic effects of land application of water treatment sludges. *Journal of the American Water Works Association* 83(4):123-131.
- Esteve, J., (s/a). Huerto Ecológico en Balcones y Terrazas. Un huerto en casa. Programación de Cursos huertos Ecológicos. Actividad subvencionada por Caja Mediterráneo.
- Ferreyra, E., Sellés V., Ahumada B., Maldonado B., Gil M., 2005. "Manejo del riego localizado y fertirrigación". La Cruz, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 126. 56 p.

- Flores, A., 2007. Variación Morfológica del encino *Quercus rugosa* Née (FAGACEAE). Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. Tlalnepantla, México.
- Flores, M., 2013. Efecto del estiércol bovino y fertilizante inorgánico en la producción de *Lactuca sativa* L. en tepetate. UNAM. México D.F.
- González, A.; Pol, M.; Catracchia, C.; Flores, M.; Herrero, M., 2007. Efecto del riego con efluentes sobre el comportamiento en pastoreo de vacas lecheras. *InVet*, vol. 9, núm. 1, pp. 137-144.
- Garrido, V.; del Arco, M.; Escudero, A., 1989. Ciclo de nutrientes: Fenología de la abscisión y dinámica de la descomposición en distintas especies caducifolias y perennifolias. *Options Méditerranéennes* 3: 163-166
- Govarts, R. y Frodin, G., 1998. World checklist and bibliography of fogaes (Betulaceae, Corylaceae, Fagaceae and Ticodendraceae). Royal Botanical Gardens, Knew.
- Hudson, T. y Kester, D., 1999. Propagación de plantas: principios y prácticas. Séptima reimpresión. Ed. Compañía Editorial Continental, México.
- Iglesias, L. y Alarcón, M., 1994. Preparación de sustratos artificiales para la producción de plántula en vivero. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias.
- Keller, T. y Håkansson, I., 2010. Estimation of reference bulk density frim soil particle size distribution and soil organic matter content. *Geoderma-*
- Lara, B., 2010. Vermiestabilización de biosólidos generados en una planta de tratamiento de aguas residuales de la industria de lácteos. Tesis de Licenciatura. UNAM. Facultad de Estudios Superiores Iztacala.
- Leonardo, R., 2013. Biofertilizantes como opción de naturación de azoteas en zonas urbanas. Tesis de Licenciatura. UNAM. FES Zaragoza.

- López, X., 2000 “Estudio ecológico de los bosques de encino con *Quercus urbanii* Trel. Y *Quercus crassipes* H & B (Fagaceae) en dos áreas naturales protegidas del Estado de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Martínez, A., 2009. Pre-tratamiento térmico y digestión anaerobia mesofílica de lodos residuales para la producción de biosólidos. Tesis de Maestría. UNAM. Instituto de ingeniería.
- Martínez, L. y Chacalo, A., 1994. Los árboles de la Ciudad de México. UAM-Azcapotzalco. México D.F.
- Mato, M.; Olmedo M.; Méndez J., 1972. Inhibition of indoleacetic acid oxidase by soil humic acids fractionated in Sephadex. *Soil Biology and biochemistry* 4: 469-473.
- Mengel, K., y Kirkby, E., 1978. Principles of plant nutrition. International Potash Institute. 4<sup>th</sup> edition.
- Metcalf y Eddy, I., 2003. Wastewater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse (Fourth ed.). Mc Graw-Hill.
- Montes, C.; Terán, V.; Ortiz, D., 2008. Aprovechamiento de residuos sólidos en un sistema hidro-orgánico de agricultura urbana. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca, Colombia. Muñoz, D.; Mendoza, A.; López, F.; Soler, A.; Hernández, M., 2012. Edafología: “Manual de Métodos de Análisis de Suelo”. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México D.F.
- Mur, P., 2003. Patrones de distribución geográfica de especies de género *Quercus* y de algunos de sus insectos formadores de agallas en el estado de Michoacán, México. Tesis de Maestría. Maestría en Ciencias

(Ecología y Ciencias Ambientales) –Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.

Nelson, P., 1991. Greenhouse Operation and Management. 4th Edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA. 611 p.

Nixon, C., 1993. Infrageneric classification of *Quercus* (Fagaceae) and typification of sectional names. Annual Sciencie. Forest. 50, Suppl. 1: 25-34.

Nixon, C., 1998. El género *Quercus* en México. En: Ramammoorthy, T. P.; Bye, R.; Lot, A. y Fa, J. (eds.). Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Instituto de Biología. UNAM. 435-447 pp.

Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, protección ambiental.- Lodos y biosólidos.-especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

Norma NMX-AA-034-SCFI-2001: Análisis de agua determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.

Norma NMX-AA-051-SCFI-2001 Análisis de agua determinación de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas.

Olvera, G., 2004. Factores que participan en la viabilidad de semillas de *Quercus rugosa* L. y *Quercus crassipes*. Tesis de licenciatura. FES Iztacala. UNAM.

Pérez, C.; Dávalos, R.; Guerrero, E., 2000. Aprovechamiento de la madera de encino en México. Madera y bosque 6(1): 3-13

Pastor, J., 1999. Utilización de sustratos en viveros. Terra, vol. 17, No. 3, 231-235.

- Pineda, P.; Castillo, A.; Morales, J.; Colinas, M.; Valdez, L.; Avitia, E., 2008. Efluentes y sustratos en el desarrollo de Nochebuena. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14(2): 131-137, 2008.
- Rascón, E.; Peña, E.; López, R.; Cantú, M.; Narro, E., 2008. Impacto en algunas propiedades edáficas del suelo por aplicación de aguas residuales. *TERRA Latinoamericana*, vol. 26, núm. 1, pp. 69-74.
- Redondo, C., 2014. Producción de biogás a partir de residuos sólidos orgánicos provenientes de diferentes fuentes generadoras. Tesis de Licenciatura. UNAM. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.
- Reyes, I. y Castro, G., 1995. Revaloración de la importancia de los encinos. Memorias del III Seminario sobre utilización de encinos. Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Reporte científico especial No. 15, Tomo I. 44-55 pp.
- Rodríguez, O.; García, H.; Valdez, C.; Lara, M.; Rodríguez, F.; Loredó, O., 2009, Calidad agronómica de efluentes de plantas de tratamiento residuales. *Tropical and subtropical agroecosystems*. 10(3), pp.: 355-367. Universidad de Yucatán.
- Romero, S.; Rojas, C.; Aguilar, M., 2002. El género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de México, *Annals. Missouri Botanical Garden*.
- Rosaliano, R., 2009. Producción de semillas de *Quercus rugosa* en un bosque de encino en Acambay, Estado de México. Tesis de licenciatura. UNAM. FES Iztacala. Tlalnepantla, Estado de México.
- Rubio, E.; Romero, S.; Rojas, C., 2011. Estructura y composición florística de dos comunidades con presencia de *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de México. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17 (1): 77-99

- Rzedowski, J., 1978. Bosque de *Quercus*. En vegetación de México. Limusa, México.
- Rzedowski, J., 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Acta Botánica Mexicana.
- Sánchez, V., 2000. "FERTIRRIGACION: Principios, Factores, Aplicaciones". Seminario de fertirrigación: Apukai-comex Perú, Lima.
- Sandoval, A. y Stuardo A., 2000. Compost: una buena alternativa de sustrato. Centro de Semillas de Árboles Forestales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. <http://77www.cesaf.uchile.cl/cesaf7n137indice.html>
- SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2000. Inventario Nacional Forestal 2000. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales–Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F.
- Toledo, M. y Ordoñez, M., 1993. The biodiversity scenario of México: a review of terrestrial habitats. In Ramamoorthy T. P., Bye R., Lot A. & Fa J., Eds. Biological Diversity of México: Origins and Distribution, Oxford University Press, Nueva York. 757-777 p.
- Valencia, S., 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagácea) en México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 75: 33-55.
- Vázquez, C.; Batis, A.; Alcocer, M.; Gual, M.; Sánchez, C., 1999. Árboles mexicanos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. J084. México D.F.
- Wolf, B.; Snyder G., 2003. Sustainable Soils. The Place of Organic Matter in Sustaining Soils and Their Productivity. Food Products Press. Binghamton, New York, USA. 352 p.
- Woodwell, M.; Whittaker, H.; Reiners, A.; Likens, E.; Delwich, C.; Botkin, D., 1978. The biota and the world carbon budget. *Science*. 199: 141 – 146.

Zavala, F., 1998. Observaciones sobre la distribución de encinos en México. Departamento de Ecología y Silvicultura. Universidad Autónoma de Chapingo. Polibotánica. Núm. 8: 47-64.

Zuñiga, C., 2013. Comportamiento germinativo y crecimiento en vivero de *Quercus insignis* Mart & Gal. (*Fagaceae*), Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Iztacala UNAM, Tlalnepantla, Estado de México.

## 14. ANEXOS

### 14.1 MARZO

Árbol	Altura (cm)	Diámetro tallo (cm)		Cobertura (cm)		Cobertura (cm <sup>2</sup> )
Árbol 1	65.5	1	1	25	24	471.43635
Árbol 2	59	1	1	0	0	0
Árbol 3	86	1,2	1,2	22.5	30	541.189688
Árbol 4	71.5	1,4	1,1	30.5	29	695.128088
Árbol 5	31.1	1,4	1,1	25	29	572.5566
Árbol 6	66.4	1,4	1	25	23	452.3904
Árbol 7	63	1,2	1,3	35	22	637.94115
Árbol 8	54	1,3	1,4	32.4	22.5	591.800864
Árbol 9	71.6	1,3	1,1	43	26	934.82235
Árbol 10	60	1,2	1,3	31.7	28	699.809072
Árbol 11	52	1,4	1,1	32.4	22.5	591.800864
Árbol 12	45	1	1	25.4	28.4	568.323294
Árbol 13	91.7	1,2	1,2	35	22	637.94115
Árbol 14	81.5	1	1	34.6	31	844.964736
Árbol 15	112	1,3	1,1	43	26	934.82235
Árbol 16	63	1,2	1,2	29.7	31	723.449612
Árbol 17	38	1,2	1,2	25	29	572.5566
Árbol 18	39	1	1	25	23	452.3904
Árbol 19	52.4	1,4	1,1	35	22	637.94115
Árbol 20	82	1,2	1,3	30.5	29	695.128088
Árbol 21	36.5	1,4	1,1	17	20.1	270.258104
Árbol 22	68.7	1,2	1,2	34.2	34.5	926.711132
Árbol 23	61.6	1,3	1,3	25	24	471.43635
Árbol 24	78.8	1	1	43	26	934.82235
Árbol 25	81.1	1,3	1,4	35	22	637.94115
Árbol 26	82.4	1,4	1,1	34.5	31	842.390588
Árbol 27	66	1,4	1,1	22.5	30	541.189688

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos  
sólidos orgánicos, para uso forestal,

Árbol 28	74	1,3	1,1	25.4	21	422.733696
Árbol 29	48.8	1,2	1,2	35	22	637.94115
Árbol 30	60.2	1,4	1	25	29	572.5566
Árbol 31	31.6	1	1	17	12.5	170.873588
Árbol 32	68.2	1,2	1,3	25	23	452.3904
Árbol 33	56.6	1	1	0	0	0
Árbol 34	50.4	1,4	1	33.2	22.5	609.173912
Árbol 35	49.2	1,1	1,2	21	22.8	376.685694
Árbol 36	81.7	1,3	1,3	30	29	683.49435
Árbol 37	68.5	1,3	1,4	26	24	490.875
Árbol 38	73.4	1,3	1,4	25	29	572.5566
Árbol 39	81	1,4	1	34	22	615.7536
Árbol 40	100	1,3	1,1	43	26	934.82235
Árbol 41	69	1,4	1,1	33	32	829.57875
Árbol 42	86	1,2	1,2	40	47.1	1489.5916
Árbol 43	30	1,4	1	21	21	346.3614
Árbol 44	34.1	1	1	19.1	20	300.181844
Árbol 45	76	1	1	34	31	829.57875
Árbol 46	61	1.3	1.4	31	29	706.86
Árbol 47	90.6	1.4	1	25	29	572.5566
Árbol 48	73.3	1.4	1.1	24	24	452.3904
Árbol 49	79	1.4	1.1	38	31	934.82235
Árbol 50	60.4	1.3	1.1	31.2	29	711.580254
Árbol 51	84.5	1.2	1.3	43	26	934.82235
Árbol 52	93.3	1.2	1.3	42	26	907.9224
Árbol 53	82	1.2	1.2	32	22.5	583.208588
Árbol 54	75	1	1	35	22	637.94115
Árbol 55	66.5	1.4	1	40	41.2	1294.62194
Árbol 56	54.6	1.4	1.1	23	18	330.06435
Árbol 57	82.6	1.4	1.1	40	47.8	1513.63073
Árbol 58	63.8	1.3	1.1	30	34.2	809.284014
Árbol 59	97.5	1.4	1	23	22.8	411.871614
Árbol 60	91.6	1.4	1.1	25	23	452.3904

## Angel López Bernabé

Árbol 61	40.6	1.2	1.3	25	24	471.43635
Árbol 62	44.3	1.3	1.4	23	18	330.06435
Árbol 63	67.6	1.4	1	34	32.1	857.894384
Árbol 64	77	1	1	41	26	881.41515
Árbol 65	39	1	1	32	29	730.61835
Árbol 66	59	1	1	30	35.3	837.254072
Árbol 67	40	1.3	1.4	27	25.1	532.974404
Árbol 68	66.5	1.4	1.1	40	35.8	1128.15641
Árbol 69	66.5	1.2	1.3	0	0	0
Árbol 70	39.3	1.4	1	23	18	330.06435
Árbol 71	81.3	1.3	1.1	26	24	490.875
Árbol 72	23.7	1.2	1.2	34	22	615.7536
Árbol 73	60	1.4	1.1	32	22	572.5566
Árbol 74	43.5	1.4	1.1	23	23	415.4766
Árbol 75	49.9	1.3	1.4	30	32.8	774.372984
Árbol 76	68.8	1.3	1.2	27	24	510.70635
Árbol 77	59.4	1	1	30	29	683.49435
Árbol 78	48.7	1.3	1.1	22.1	22.8	395.843564
Árbol 79	56.9	1	1	33	25	660.5214
Árbol 80	97	1.4	1.1	22.5	30	541.189688
Árbol 81	49.1	1.2	1.3	31	29	706.86
Árbol 82	52	1.2	1.2	32.4	22.5	591.800864
Árbol 83	91.3	1	1	25	29	572.5566
Árbol 84	32.8	1.2	1.2	43	26	934.82235
Árbol 85	96	1.4	1	30.5	29	695.128088
Árbol 86	58.7	1.2	1.2	25	23	452.3904
Árbol 87	80.5	1.4	1.1	21	25.4	422.733696
Árbol 88	30.6	1.3	1.4	25	22	433.73715
Árbol 89	43	1.2	1.2	25	23	452.3904
Árbol 90	73.4	1.3	1.1	0	0	0
Árbol 91	68.2	1.2	1.3	25	24	471.43635
Árbol 92	50.9	1	1	19	27	415.4766
Árbol 93	28.8	1.4	1.1	26	26.7	545.320892

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, para uso forestal,

Árbol 94	19	1.3	1	25	29	572.5566
Árbol 95	57.8	1.2	1.4	36	25	730.61835
Árbol 96	69	1.1	1.3	25	24	471.43635
Árbol 97	31.5	1	1	23	18	330.06435
Árbol 98	80.6	1.1	1.3	25	23	452.3904
Árbol 99	81.4	1.4	1.1	32.4	22.5	591.800864
Árbol 100	47.6	1.2	1.1	22.5	30	541.189688
Árbol 101	44	1.1	1.2	35	22	637.94115
Árbol 102	90	1.5	1.4	30.5	29	695.128088
Árbol 103	55.8	1.2	1.3	34	37	989.80035
Árbol 104	52.2	1.3	1.1	25	29	572.5566
Árbol 105	48.1	1	1	32.4	22.5	591.800864
Árbol 106	43.3	1.2	1.2	35	22	637.94115
Árbol 107	61.2	1	1	22.5	30	541.189688
Árbol 108	88	1.2	1.3	40	25	829.57875
Árbol 109	85	1	1	36	25	730.61835
Árbol 110	80	1.3	1.1	26	28	572.5566
Árbol 111	81	1.4	1.5	45	30	1104.46875
Árbol 112	66	1.4	1.1	32	19	510.70635
Árbol 113	61	1.2	1.3	23	18	330.06435
Árbol 114	84	1	1	31	29	706.86
Árbol 115	79.5	1.3	1.1	24	19	363.05115
Árbol 116	106.5	1.2	1.2	23	18	330.06435
Árbol 117	100	1.4	1.1	35	21	615.7536
Árbol 118	87	1.4	1.1	29	23	530.9304
Árbol 119	66	1.3	1.4	30.5	29	695.128088
Árbol 120	50	1.3	1.2	35	22	637.94115
Árbol 121	50	1	1	19	18	268.80315
Árbol 122	63	1.3	1.1	26	18	380.1336
Árbol 123	75	1	1	33	25	660.5214
Árbol 124	102	1.4	1.1	30	29	683.49435
Árbol 125	111	1.2	1.3	36	25	730.61835
Árbol 126	91	1.2	1.2	50	23	1046.34915

## Angel López Bernabé

Árbol 127	101	1	1	22	24	415.4766
Árbol 128	70	1.2	1.2	18	23	330.06435
Árbol 129	58	1.4	1	23	21	380.1336
Árbol 130	80	1.2	1.2	40	18	660.5214
Árbol 131	70	1.4	1.1	30	25	593.95875
Árbol 132	94	1.3	1.4	26	18	380.1336
Árbol 133	104	1.2	1.2	31	29	706.86
Árbol 134	74	1.3	1.1	30.5	29	695.128088
Árbol 135	95	1.2	1.3	16	14	176.715
Árbol 136	62	1	1	34	29	779.31315
Árbol 137	75	1.4	1.1	38	46	1385.4456
Árbol 138	82	1.3	1	39	28	881.41515
Árbol 139	103	1.2	1.4	26	26	530.9304
Árbol 140	91	1.1	1.3	25	29	572.5566
Árbol 141	85	1	1	23	18	330.06435
Árbol 142	72	1.1	1.3	26	27	551.54715
Árbol 143	54	1.4	1.1	32	29	730.61835
Árbol 144	85	1.2	1.1	29	27.8	633.472224
Árbol 145	93	1.1	1.2	15	23	283.5294
Árbol 146	60	1.5	1.4	23	24	433.73715
Árbol 147	95	1.2	1.3	36	25	730.61835
Árbol 148	96	1.3	1.1	23	18	330.06435
Árbol 149	74	1	1	24	25	471.43635
Árbol 150	92	1.2	1.2	31	23	572.5566
Árbol 151	48	1	1	23	20	363.05115
Árbol 152	40	1.2	1.3	25	29	572.5566
Árbol 153	87	1	1	51	26	1164.15915
Árbol 154	72	1.3	1.1	19	20	298.64835
Árbol 155	107	1.3	1.1	52	30	1320.2574
Árbol 156	106	1	1	24	25	471.43635
Árbol 157	109	1.2	1.2	31	23	572.5566
Árbol 158	100	1	1	36	25	730.61835
Árbol 159	111	1.2	1.3	52	30	1320.2574

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, para uso forestal,

Árbol 160	110	1	1	24	25	471.43635
-----------	-----	---	---	----	----	-----------

## 14.2 ABRIL

Árbol	Altura (cm)	Diámetro tallo (cm)		Cobertura (cm)		Cobertura (cm <sup>2</sup> )
Árbol 1	74	1	1	23	24	433.73715
Árbol 2	66	1	1	5	5	19.635
Árbol 3	94	1.2	1.2	25	30	593.95875
Árbol 4	76	1.4	1.1	31	29	706.86
Árbol 5	36	1.4	1.1	38	22.8	725.835264
Árbol 6	74.5	1.4	1	20	23	363.05115
Árbol 7	71.2	1.2	1.3	34	22	615.7536
Árbol 8	56.5	1.3	1.4	29	22.5	520.769288
Árbol 9	81.3	1.3	1.1	39	26	829.57875
Árbol 10	68	1.2	1.3	34	28	754.7694
Árbol 11	55	1.4	1.1	28	22.5	500.741588
Árbol 12	54	1	1	24	28.4	539.129976
Árbol 13	99.7	1.2	1.2	39	22	730.61835
Árbol 14	89	1	1	35	31	855.3006
Árbol 15	113	1.3	1.1	41	26	881.41515
Árbol 16	69.2	1.2	1.2	28	31	683.49435
Árbol 17	44	1.2	1.2	22.1	22.8	395.843564
Árbol 18	45.5	1	1	24.6	23	444.881976
Árbol 19	59.6	1.4	1.1	38	22	706.86
Árbol 20	86.1	1.2	1.3	30.1	29	685.813244
Árbol 21	43.2	1.4	1.1	18	20.1	285.023624
Árbol 22	72.4	1.2	1.2	37	35	1017.8784
Árbol 23	68.2	1.3	1.2	20	24	380.1336
Árbol 24	83	1	1	42	25	881.41515
Árbol 25	85.3	1.3	1.4	31	22	551.54715

## Angel López Bernabé

Árbol 26	88.1	1.4	1.1	32.8	29	749.907774
Árbol 27	70.5	1.4	1.1	23	30	551.54715
Árbol 28	79.1	1.3	1.1	24	21	397.60875
Árbol 29	53	1.2	1.2	31	22	551.54715
Árbol 30	64.7	1.4	1	27	21	452.3904
Árbol 31	34.1	1	1	17	12.1	166.271144
Árbol 32	72.4	1.2	1.3	25	23	452.3904
Árbol 33	60.8	1	1	8	4	28.2744
Árbol 34	55	1.4	1	30.6	24	585.350766
Árbol 35	53.1	1.1	1.2	23	21	380.1336
Árbol 36	85	1.3	1.3	30.5	30	718.690088
Árbol 37	73.5	1.3	1.4	25	23	452.3904
Árbol 38	76.3	1.3	1.4	23	31	572.5566
Árbol 39	84	1.4	1	38	22	706.86
Árbol 40	103.6	1.3	1.1	41	26	881.41515
Árbol 41	72.2	1.4	1.1	32.5	32	816.865088
Árbol 42	90.2	1.2	1.2	40	40	1256.64
Árbol 43	35.1	1.4	1	22	21	363.05115
Árbol 44	38.1	1	1	18.4	20	289.529856
Árbol 45	80.5	1	1	34	36	962.115
Árbol 46	64.8	1.3	1.4	30.5	29	695.128088
Árbol 47	92.9	1.4	1	26	23	471.43635
Árbol 48	76.3	1.4	1.1	32.5	24	626.798288
Árbol 49	82	1.4	1.1	29.9	32	752.336624
Árbol 50	63.2	1.3	1.1	34.1	21	596.120564
Árbol 51	96.4	1.2	1.3	45.2	27	1023.54113
Árbol 52	96.3	1.2	1.3	40	26	855.3006
Árbol 53	87.1	1.2	1.2	31.8	22.5	578.936012
Árbol 54	80.6	1	1	34.6	22	629.019006
Árbol 55	70.6	1.4	1	39.8	41.2	1288.25235
Árbol 56	58.2	1.4	1.1	31.6	22.5	574.679144
Árbol 57	87.5	1.4	1.1	40.5	47.8	1530.91935
Árbol 58	67	1.3	1.1	30	34.2	809.284014

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, para uso forestal,

Árbol 59	101.6	1.4	1	26	23	471.43635
Árbol 60	95	1.4	1.1	24	21	397.60875
Árbol 61	44.2	1.2	1.3	25	24	471.43635
Árbol 62	48	1.3	1.4	18	30	452.3904
Árbol 63	70.3	1.4	1	37	32.1	937.533944
Árbol 64	80.8	1	1	44	26	962.115
Árbol 65	43	1	1	31	29	706.86
Árbol 66	65	1	1	29	35.3	811.807112
Árbol 67	42.7	1.3	1.4	28	25.1	553.630424
Árbol 68	70.2	1.4	1.1	40	35.8	1128.15641
Árbol 69	70.6	1.2	1.3	9	11	78.54
Árbol 70	47	1.4	1	33	24	637.94115
Árbol 71	85.4	1.3	1.1	20	23	363.05115
Árbol 72	30.5	1.2	1.2	34	28	754.7694
Árbol 73	65	1.4	1.1	33	20	551.54715
Árbol 74	46.3	1.4	1.1	24	23	433.73715
Árbol 75	51.3	1.3	1.4	29	32.8	749.907774
Árbol 76	72	1.3	1.2	26	24	490.875
Árbol 77	64.1	1	1	31	29	706.86
Árbol 78	60.9	1.3	1.1	23	22.7	410.075012
Árbol 79	102.4	1	1	25	23.6	463.770846
Árbol 80	53.1	1.4	1.1	22.5	30	541.189688
Árbol 81	56	1.2	1.3	30.5	29	695.128088
Árbol 82	64.1	1.2	1.2	35	22	637.94115
Árbol 83	100.5	1	1	43	26	934.82235
Árbol 84	36.2	1.2	1.2	37	24.6	745.061856
Árbol 85	95.5	1.4	1	31	22.5	562.002788
Árbol 86	76.5	1.2	1.2	25	23	452.3904
Árbol 87	85	1.4	1.1	23	27	490.875
Árbol 88	34.2	1.3	1.4	21	25	415.4766
Árbol 89	46.5	1.2	1.2	22	38	706.86
Árbol 90	73.2	1.3	1.1	6	5	23.75835
Árbol 91	54	1.2	1.3	25	24	471.43635

## Angel López Bernabé

Árbol 92	34.8	1	1	18	27	397.60875
Árbol 93	25	1.4	1.1	25	26.7	524.821952
Árbol 94	66.4	1.3	1	30.6	29	697.466616
Árbol 95	76.1	1.2	1.4	30.5	29	695.128088
Árbol 96	37.4	1.1	1.3	25	24	471.43635
Árbol 97	52.7	1	1	23	22.8	411.871614
Árbol 98	86.9	1.1	1.3	22.5	30	541.189688
Árbol 99	88.4	1.4	1.1	25	23	452.3904
Árbol 100	51.7	1.2	1.1	32.4	22.5	591.800864
Árbol 101	64.5	1.1	1.2	35	22	637.94115
Árbol 102	97	1.5	1.4	30.5	29	695.128088
Árbol 103	59.7	1.2	1.3	34	37	989.80035
Árbol 104	75.4	1.3	1.1	39	32	989.80035
Árbol 105	48.3	1	1	32.4	22.5	591.800864
Árbol 106	54	1.2	1.2	35	30	829.57875
Árbol 107	67	1	1	23	22.8	411.871614
Árbol 108	96	1.2	1.3	39	25	804.2496
Árbol 109	83	1	1	35	19	572.5566
Árbol 110	77	1.3	1.1	26	28	572.5566
Árbol 111	81	1.4	1.5	45	30	1104.46875
Árbol 112	70	1.4	1.1	32	19	510.70635
Árbol 113	61	1.2	1.3	19	22	330.06435
Árbol 114	84	1	1	31	29	706.86
Árbol 115	69	1.3	1.1	24	34	660.5214
Árbol 116	100	1.2	1.2	24	19	363.05115
Árbol 117	96.5	1.4	1.1	30	20.5	500.741588
Árbol 118	82	1.4	1.1	35	21	615.7536
Árbol 119	66	1.3	1.4	30	23	551.54715
Árbol 120	53	1.3	1.2	35	15	490.875
Árbol 121	47.5	1	1	35	20	593.95875
Árbol 122	64	1.3	1.1	19	18	268.80315
Árbol 123	74	1	1	32	18	490.875
Árbol 124	103	1.4	1.1	33	25	660.5214

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, para uso forestal,

Árbol 125	85	1.2	1.3	35	29	804.2496
Árbol 126	78	1.2	1.2	40	19	683.49435
Árbol 127	70	1	1	50	23	1046.34915
Árbol 128	74	1.2	1.2	22	24	415.4766
Árbol 129	54	1.4	1	18	23	330.06435
Árbol 130	77	1.2	1.2	33	21	572.5566
Árbol 131	60	1.4	1.1	40	18	660.5214
Árbol 132	100	1.3	1.4	30	28	660.5214
Árbol 133	105	1.2	1.2	26	18	380.1336
Árbol 134	70.5	1.3	1.1	31	29	706.86
Árbol 135	70	1.2	1.3	23	18	330.06435
Árbol 136	66	1	1	26	25	510.70635
Árbol 137	77	1.4	1.1	34	29	779.31315
Árbol 138	80	1.3	1	41	40	1288.25235
Árbol 139	106	1.2	1.4	39	28	881.41515
Árbol 140	91	1.1	1.3	26	26	530.9304
Árbol 141	84	1	1	27	19	415.4766
Árbol 142	74	1.1	1.3	21	16	268.80315
Árbol 143	51	1.4	1.1	26	27	551.54715
Árbol 144	90	1.2	1.1	32	29	730.61835
Árbol 145	93	1.1	1.2	29	27.8	633.472224
Árbol 146	62	1.5	1.4	15	23	283.5294
Árbol 147	98	1.2	1.3	34	24	660.5214
Árbol 148	95	1.3	1.1	25	23	452.3904
Árbol 149	80	1	1	52	30	1320.2574
Árbol 150	67	1.2	1.2	24	25	471.43635
Árbol 151	51	1	1	31	23	572.5566
Árbol 152	43	1.2	1.3	23	20	363.05115
Árbol 153	87	1	1	52	27	1225.42035
Árbol 154	72	1.3	1.1	50	26	1134.1176
Árbol 155	107	1.3	1.1	32	29	730.61835
Árbol 156	106	1	1	23	18	330.06435
Árbol 157	109	1.2	1.2	16	14	176.715

## Angel López Bernabé

Árbol 158	100	1	1	25	41	855.3006
Árbol 159	111	1.2	1.3	42	37	1225.42035
Árbol 160	110	1	1	42	43	1418.62875

### 14.3 MAYO

Árbol	Altura (cm)	Diámetro tallo (cm)		Cobertura (cm)		Cobertura (cm <sup>2</sup> )
Árbol 1	68	1.1	1.1	31	22	551.54715
Árbol 2	71	1.1	1.1	9	12	86.59035
Árbol 3	88	1.2	1.2	28	40	907.9224
Árbol 4	77	1.4	1.4	31.7	28	699.809072
Árbol 5	39	1.4	1.4	38.6	22.5	733.015784
Árbol 6	70	1.4	1.4	25.4	28.4	568.323294
Árbol 7	75	1.4	1.4	35	22	637.94115
Árbol 8	60.8	1.4	1.4	34.5	31	842.390588
Árbol 9	80	1.2	1.2	43	26	934.82235
Árbol 10	73.2	1.4	1.4	31	29	706.86
Árbol 11	50	1.3	1.3	29	25	572.5566
Árbol 12	50	1.1	1.1	23	25	452.3904
Árbol 13	90	1.3	1.3	38	22	706.86
Árbol 14	92	1	1	34.5	29	791.732288
Árbol 15	114	1.5	1.5	39	20.1	685.813244
Árbol 16	68	1.2	1.2	34.2	34.1	915.951152
Árbol 17	51	1.2	1.2	26.2	24	494.809854
Árbol 18	51	1.3	1.3	29	26	593.95875
Árbol 19	58	1.4	1.4	38	22	706.86
Árbol 20	87	1.2	1.2	34.3	31	837.254072
Árbol 21	48	1.4	1.4	22.5	30	541.189688
Árbol 22	73.2	1.2	1.2	25.4	21	422.733696
Árbol 23	70.3	1.3	1.3	30	22	530.9304
Árbol 24	84	1	1	47	34	1288.25235

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, para uso forestal,

Árbol 25	82	1.3	1.3	32.5	23	604.807088
Árbol 26	91	1.4	1.4	35	39	1075.2126
Árbol 27	69	1.4	1.4	25	29	572.5566
Árbol 28	77	1.4	1.4	35	23	660.5214
Árbol 29	55	1.4	1.4	43	27	962.115
Árbol 30	65	1.2	1.2	32.4	31	789.240606
Árbol 31	35	1.4	1.4	25	26	510.70635
Árbol 32	75	1.3	1.3	26	24	490.875
Árbol 33	61	1	1	15	16	188.69235
Árbol 34	58	1.4	1.4	32	29	730.61835
Árbol 35	55	1.1	1.1	25	21.5	424.557788
Árbol 36	88	1.3	1.3	29	29	660.5214
Árbol 37	73.8	1.3	1.3	28.5	30	671.958788
Árbol 38	79	1.3	1.3	25	22	433.73715
Árbol 39	82	1.4	1.4	32.4	22.5	591.800864
Árbol 40	104	1.3	1.3	35	23.4	669.663456
Árbol 41	71	1.4	1.4	30.5	28	671.958788
Árbol 42	96	1.2	1.2	39	37	1134.1176
Árbol 43	38	1.4	1.4	35	34	934.82235
Árbol 44	40.2	1.2	1.2	18	22	314.16
Árbol 45	80	1.2	1.2	38	35	1046.34915
Árbol 46	67	1.3	1.3	29	21	490.875
Árbol 47	95	1.4	1.4	29	36	829.57875
Árbol 48	75	1.4	1.4	32.5	22.5	593.95875
Árbol 49	85	1.4	1.4	44	41	1418.62875
Árbol 50	63	1.3	1.3	28	20	452.3904
Árbol 51	95	1.2	1.2	26	32	660.5214
Árbol 52	97	1.2	1.2	36	23	683.49435
Árbol 53	86	1.2	1.2	32	20	530.9304
Árbol 54	81	1	1	37	25	754.7694
Árbol 55	74	1.4	1.1	28	27	593.95875
Árbol 56	62	1.4	1.1	30	31	730.61835
Árbol 57	89	1.4	1.1	45	32	1164.15915

## Angel López Bernabé

Árbol 58	65	1.4	1.1	25	29	572.5566
Árbol 59	106	1.4	1.1	35	22	637.94115
Árbol 60	97	1.4	1.1	43	26	934.82235
Árbol 61	44	1.2	1.2	32.4	32	814.334136
Árbol 62	50	1.3	1.4	40	47.1	1489.5916
Árbol 63	71	1.4	1.1	21	21	346.3614
Árbol 64	82	1.4	1.1	18.4	20	289.529856
Árbol 65	45	1.4	1.1	34	31	829.57875
Árbol 66	70	1	1	30.5	29	695.128088
Árbol 67	44	1.3	1.3	25.4	28	559.903806
Árbol 68	75	1.4	1.4	25	25.6	502.726686
Árbol 69	75	1.2	1.2	38	31.4	945.692286
Árbol 70	45	1.4	1.4	30.5	29	695.128088
Árbol 71	85	1.3	1.3	43	26	934.82235
Árbol 72	29	1.2	1.2	43	27	962.115
Árbol 73	48	1.4	1.4	32.4	23.4	611.363214
Árbol 74	50	1.4	1.4	35	22.1	640.181504
Árbol 75	55	1.3	1.3	40	41.2	1294.62194
Árbol 76	71	1.3	1.3	23	18	330.06435
Árbol 77	69	1	1	40	47.8	1513.63073
Árbol 78	61	1.3	1.1	30.1	34.2	811.807112
Árbol 79	102.8	1	1	23	22.8	411.871614
Árbol 80	55	1.4	1.1	26	24	490.875
Árbol 81	59	1.2	1.3	22.5	30	541.189688
Árbol 82	64	1.2	1.2	34	32.1	857.894384
Árbol 83	100.5	1	1	43	27	962.115
Árbol 84	38	1.2	1.2	30.5	28	671.958788
Árbol 85	97	1.4	1	30	35.3	837.254072
Árbol 86	73	1.2	1.2	27	25.1	532.974404
Árbol 87	85	1.4	1.1	40	35.8	1128.15641
Árbol 88	36	1.3	1.4	16	17	213.82515
Árbol 89	50	1.2	1.2	40	34	1075.2126
Árbol 90	75	1.3	1.1	22	18	314.16

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, para uso forestal,

Árbol 91	61	1.2	1.3	38	35	1046.34915
Árbol 92	40	1	1	23	22	397.60875
Árbol 93	31	1.4	1.1	29	36	829.57875
Árbol 94	73	1.3	1	40	25	829.57875
Árbol 95	74	1.3	1.4	36	26	754.7694
Árbol 96	34	1.2	1.3	26	28	572.5566
Árbol 97	61	1	1	45	30	1104.46875
Árbol 98	88	1.4	1.3	32	19	510.70635
Árbol 99	89	1.4	1.1	23	18	330.06435
Árbol 100	50	1.4	1.4	31	29	706.86
Árbol 101	63	1.2	1.2	24	19	363.05115
Árbol 102	95	1.5	1.5	23	18	330.06435
Árbol 103	59	1.2	1.3	35	21	615.7536
Árbol 104	75	1.3	1.2	29	23	530.9304
Árbol 105	48	1.2	1.1	30.5	29.6	709.218164
Árbol 106	56	1.4	1.4	35	22	637.94115
Árbol 107	67	1.2	1.2	19	18	268.80315
Árbol 108	100	1.4	1.4	26	18	380.1336
Árbol 109	88	1.2	1.1	33	25	660.5214
Árbol 110	87	1.3	1.2	30	29	683.49435
Árbol 111	99	1.4	1.5	33	30	779.31315
Árbol 112	70	1.4	1.2	29	40	934.82235
Árbol 113	67	1.4	1.4	26	24	490.875
Árbol 114	93	1.2	1.1	36	31	881.41515
Árbol 115	76	1.3	1.2	23	23	415.4766
Árbol 116	110	1.2	1.2	39	33	1017.8784
Árbol 117	105	1.4	1.4	27	28	593.95875
Árbol 118	94	1.4	1.4	30	39	934.82235
Árbol 119	64.5	1.3	1.3	18	15	213.82515
Árbol 120	63	1.3	1.3	25	22.5	443.014688
Árbol 121	49	1	1	36	25	730.61835
Árbol 122	80	1.3	1.1	28	23	510.70635
Árbol 123	88	1	1	35	21	615.7536

## Angel López Bernabé

Árbol 124	117	1.4	1.1	40.5	41	1304.20579
Árbol 125	101	1.2	1.3	30	31	730.61835
Árbol 126	79	1.2	1.2	37	28	829.57875
Árbol 127	73	1	1	29	49	1194.5934
Árbol 128	83	1.2	1.2	35	31	855.3006
Árbol 129	66	1.4	1	33	30	779.31315
Árbol 130	87	1.2	1.2	35	40.5	1119.24409
Árbol 131	71	1.4	1.1	34	19	551.54715
Árbol 132	105	1.3	1.4	45	39	1385.4456
Árbol 133	108	1.2	1.2	36	29	829.57875
Árbol 134	83	1.3	1.1	37	25	754.7694
Árbol 135	71	1.2	1.3	31	37	907.9224
Árbol 136	75	1	1	17	15	201.0624
Árbol 137	73	1.4	1.1	31	39	962.115
Árbol 138	78	1.3	1	43	42	1418.62875
Árbol 139	108	1.3	1.4	41	30	989.80035
Árbol 140	108	1.2	1.3	47	43	1590.435
Árbol 141	106	1	1	29	27	615.7536
Árbol 142	81	1.4	1.3	25	41	855.3006
Árbol 143	55	1.4	1.1	22	27	471.43635
Árbol 144	97	1.4	1.4	42	43	1418.62875
Árbol 145	113	1.2	1.2	35	37	1017.8784
Árbol 146	61.5	1.5	1.5	36	29	829.57875
Árbol 147	104	1.2	1.3	29	33	754.7694
Árbol 148	107	1.3	1.2	33	37	962.115
Árbol 149	110	1.2	1.1	61	45	2206.1886
Árbol 150	80	1.4	1.4	25	27	530.9304
Árbol 151	53	1.2	1.2	37	42	1225.42035
Árbol 152	46	1.4	1.4	20	20	314.16
Árbol 153	91	1.2	1.1	36	28	804.2496
Árbol 154	72	1.3	1.2	40	26	855.3006
Árbol 155	112	1.4	1.3	30	38	907.9224
Árbol 156	109.5	1.4	1.1	26	25	510.70635

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, para uso forestal,

Árbol 157	112	1.4	1.4	34	37	989.80035
Árbol 158	105.5	1.2	1.2	24	29	551.54715
Árbol 159	118	1.5	1.5	50	40	1590.435
Árbol 160	115	1.2	1.3	55	35	1590.435

#### 14.4 JUNIO

Árbol	Altura (cm)	Diámetro tallo (cm)		Cobertura (cm)		Cobertura (cm <sup>2</sup> )
Árbol 1	60	1.1	1.1	40	25	829.57875
Árbol 2	80	1.1	1.1	10	15	122.71875
Árbol 3	84	1.2	1.2	30	41	989.80035
Árbol 4	78	1.4	1.4	33.4	30	789.240606
Árbol 5	41	1.4	1.4	37	19	615.7536
Árbol 6	50	1.4	1.4	31	34	829.57875
Árbol 7	77	1.4	1.4	37	29	855.3006
Árbol 8	69	1.4	1.4	34	19	551.54715
Árbol 9	80	1.2	1.2	41	18	683.49435
Árbol 10	75	1.4	1.4	35	21	615.7536
Árbol 11	47	1.3	1.3	29	23	530.9304
Árbol 12	48	1.1	1.1	30.5	29	695.128088
Árbol 13	80	1.3	1.3	35	22	637.94115
Árbol 14	95	1	1	35	29	804.2496
Árbol 15	115	1.5	1.5	42	25	881.41515
Árbol 16	68	1.2	1.2	33	25	660.5214
Árbol 17	58	1.2	1.2	30	29	683.49435
Árbol 18	57	1.4	1.3	33	30	779.31315
Árbol 19	58	1.4	1.6	40	23.5	791.732288
Árbol 20	88	1.2	1.2	36	24	706.86
Árbol 21	53	1.4	1.4	22	29	510.70635
Árbol 22	74	1.2	1.2	25	24	471.43635

## Angel López Bernabé

Árbol 23	71.5	1.3	1.3	29	29	660.5214
Árbol 24	85	1	1	48	22	962.115
Árbol 25	83	1.3	1.3	43	26	934.82235
Árbol 26	95	1.4	1.4	43	26	934.82235
Árbol 27	69	1.4	1.4	31.7	28	699.809072
Árbol 28	77	1.7	1.4	44	27.5	1003.79029
Árbol 29	57	1.4	1.4	31	28.4	692.793486
Árbol 30	67	1.2	1.2	24	22	415.4766
Árbol 31	36.2	1.4	1.6	28	26	572.5566
Árbol 32	78	1.6	1.3	32.4	32	814.334136
Árbol 33	61	1	1	19	20	298.64835
Árbol 34	61	1.4	1.4	30	30	706.86
Árbol 35	57	1.1	1.1	20	22	346.3614
Árbol 36	91	1.3	1.3	34	31	829.57875
Árbol 37	74	1.3	1.3	29	30.5	695.128088
Árbol 38	82	1.3	1.3	29	25	572.5566
Árbol 39	83	1.4	1.4	30	24	572.5566
Árbol 40	107	1.3	1.3	38	25	779.31315
Árbol 41	74	1.4	1.4	30	29	683.49435
Árbol 42	99	1.2	1.2	43	36	1225.42035
Árbol 43	40.2	1.4	1.7	34	33	881.41515
Árbol 44	41.5	1.2	1.2	20	22.5	354.657188
Árbol 45	81	1.2	1.2	35	35	962.115
Árbol 46	70.2	1.3	1.3	31	22	551.54715
Árbol 47	100	1.4	1.4	30	34	804.2496
Árbol 48	73	1.4	1.4	40	30.1	964.865864
Árbol 49	90	1.4	1.4	44	40	1385.4456
Árbol 50	62	1.3	1.3	25	22.8	448.628334
Árbol 51	93	1.2	1.2	26	28	572.5566
Árbol 52	98	1.2	1.2	37	24	730.61835
Árbol 53	85	1.2	1.2	33	22.5	604.807088
Árbol 54	83	1.4	1	38	25.5	791.732288
Árbol 55	78	1.4	1.4	27	26	551.54715

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, para uso forestal,

Árbol 56	70	1.4	1.4	30.5	29	695.128088
Árbol 57	90	1.4	1.4	45.5	35.3	1281.89846
Árbol 58	64	1.4	1.4	27	27	572.5566
Árbol 59	111	1.4	1.4	36	35.8	1012.23137
Árbol 60	99	1.4	1.4	40	24	804.2496
Árbol 61	43	1.2	1.2	31	31.5	766.992188
Árbol 62	52.5	1.3	1.3	41	45	1452.2046
Árbol 63	70	1.4	1.4	34	35	934.82235
Árbol 64	85	1.4	1.4	25	21	415.4766
Árbol 65	50	1.4	1.4	33	29	754.7694
Árbol 66	75	1.3	1	30	28	660.5214
Árbol 67	45.2	1.3	1.3	27	27	572.5566
Árbol 68	76	1.4	1.4	25	24	471.43635
Árbol 69	78	1.2	1.2	35	29	804.2496
Árbol 70	44	1.4	1.4	34	32	855.3006
Árbol 71	84	1.3	1.3	43.8	27.8	1006.60006
Árbol 72	26	1.2	1.2	45	26.5	1003.79029
Árbol 73	50	1.4	1.4	35	21	615.7536
Árbol 74	56	1.5	1.4	36	23	683.49435
Árbol 75	60.5	1.3	1.3	43	40	1352.65515
Árbol 76	70	1.3	1.3	28	20	452.3904
Árbol 77	70	1	1	41	45	1452.2046
Árbol 78	60	1.3	1.3	32	33	829.57875
Árbol 79	103	1	1	27	23	490.875
Árbol 80	59	1.4	1.4	29	29	660.5214
Árbol 81	62	1.2	1.2	29	30.5	695.128088
Árbol 82	63	1.2	1.2	37	31	907.9224
Árbol 83	100	1.2	1	45	22.8	902.589534
Árbol 84	39	1.2	1.2	32	30	754.7694
Árbol 85	109	1.4	1.4	31	34.2	834.691704
Árbol 86	69	1.2	1.2	32.4	25	646.926126
Árbol 87	86	1.4	1.4	41	35	1134.1176
Árbol 88	38	1.3	1.3	22	23	397.60875

## Angel López Bernabé

Árbol 89	61	1.2	1.2	37	34	989.80035
Árbol 90	78	1.3	1.3	24	21	397.60875
Árbol 91	70	1.2	1.2	38	33	989.80035
Árbol 92	46	1	1	25	25	490.875
Árbol 93	36	1.4	1.4	32	39	989.80035
Árbol 94	61	1.3	1.3	47	30	1164.15915
Árbol 95	73	1.3	1.3	35	28	779.31315
Árbol 96	29	1.2	1.2	26	28	572.5566
Árbol 97	65	1.1	1	37	30	881.41515
Árbol 98	89	1.4	1.4	33	20	551.54715
Árbol 99	90	1.4	1.4	24	18	346.3614
Árbol 100	49	1.4	1.4	23	19	346.3614
Árbol 101	60	1.2	1.2	32	29	730.61835
Árbol 102	93	1.5	1.5	25	22	433.73715
Árbol 103	57	1.2	1.2	26.7	26	545.320892
Árbol 104	74	1.3	1.3	30.5	29	695.128088
Árbol 105	48	1.4	1.4	30	29	683.49435
Árbol 106	57	1.4	1.4	32	24	615.7536
Árbol 107	69	1.2	1.2	25	24	471.43635
Árbol 108	105	1.4	1.4	24	19	363.05115
Árbol 109	90	1.4	1.3	31	29	706.86
Árbol 110	90	1.4	1.3	34	29	779.31315
Árbol 111	100	1.4	1.4	33	31	804.2496
Árbol 112	72	1.4	1.4	42	30	1017.8784
Árbol 113	70	1.4	1.4	35	21	615.7536
Árbol 114	96	1.4	1.4	33	28	730.61835
Árbol 115	80	1.3	1.3	23	21	380.1336
Árbol 116	115	1.2	1.2	40	38	1194.5934
Árbol 117	106	1.4	1.4	30	29	683.49435
Árbol 118	95	1.5	1.4	30	41	989.80035
Árbol 119	64	1.3	1.3	26	25	510.70635
Árbol 120	68	1.3	1.3	28	23	510.70635
Árbol 121	51	1	1	37	27	804.2496

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos  
sólidos orgánicos, para uso forestal,

Árbol 122	84	1.3	1.3	34	29	779.31315
Árbol 123	91	1	1	38	26	804.2496
Árbol 124	115	1.4	1.4	39	38	1164.15915
Árbol 125	101	1.2	1.2	26	26	530.9304
Árbol 126	80	1.2	1.2	41	30	989.80035
Árbol 127	75	1.2	1	33	49	1320.2574
Árbol 128	86	1.2	1.2	37	33	962.115
Árbol 129	69	1.4	1.4	33.8	31	824.481504
Árbol 130	90	1.2	1.2	37	42.8	1250.36465
Árbol 131	75	1.4	1.4	42	25	881.41515
Árbol 132	106	1.3	1.3	47	40	1486.17315
Árbol 133	110	1.2	1.2	36	29	829.57875
Árbol 134	85	1.3	1.3	39	27	855.3006
Árbol 135	72	1.2	1.2	37	33	962.115
Árbol 136	78	1	1	24	25	471.43635
Árbol 137	74	1.4	1.4	30	51	1288.25235
Árbol 138	77	1.3	1.3	47	45	1661.9064
Árbol 139	108	1.3	1.3	40	29	934.82235
Árbol 140	110	1.2	1.2	52	49	2002.96635
Árbol 141	106	1.1	1	33	35	907.9224
Árbol 142	85	1.4	1.4	25	39.5	816.865088
Árbol 143	56	1.4	1.4	32	32.4	814.334136
Árbol 144	100	1.4	1.4	41	45	1452.2046
Árbol 145	113	1.2	1.2	34	37	989.80035
Árbol 146	61	1.5	1.5	37	31	907.9224
Árbol 147	105	1.2	1.2	30	33	779.31315
Árbol 148	105	1.3	1.3	35	40	1104.46875
Árbol 149	111	1.4	1.4	30	45	1104.46875
Árbol 150	85	1.4	1.4	24	31	593.95875
Árbol 151	55	1.2	1.2	33	40	1046.34915
Árbol 152	48	1.4	1.4	25	24	471.43635
Árbol 153	93	1.4	1.3	38	29	881.41515
Árbol 154	72	1.4	1.3	36	31	881.41515

## Angel López Bernabé

Árbol 155	113	1.4	1.4	31	38	934.82235
Árbol 156	110	1.4	1.4	28	27	593.95875
Árbol 157	112	1.4	1.4	38	30	907.9224
Árbol 158	107	1.2	1.2	26	30	615.7536
Árbol 159	115	1.5	1.5	56	41	1847.45715
Árbol 160	115	1.2	1.2	60	40	1963.5

## 14.5 JULIO

Árbol	Altura (cm)	Diámetro tallo (cm)		Cobertura (cm)		Cobertura (cm <sup>2</sup> )
Árbol 1	54.5	1.3	1.1	10	12	95.0334
Árbol 2	93.5	1.2	1.2	16	15	188.69235
Árbol 3	80	1.2	1.2	30	41	989.80035
Árbol 4	79	1.5	1.4	35	30	829.57875
Árbol 5	44	1.4	1.6	37	19	615.7536
Árbol 6	35	1.5	1.4	39	34	1046.34915
Árbol 7	79	1.4	1.4	36	29	829.57875
Árbol 8	74	1.4	1.4	34	19	551.54715
Árbol 9	78	1.2	1.2	35	18	551.54715
Árbol 10	76	1.4	1.4	41	21	754.7694
Árbol 11	45.5	1.3	1.3	30	23	551.54715
Árbol 12	44	1.1	1.1	31	29	706.86
Árbol 13	78	1.3	1.3	38	22	706.86
Árbol 14	96	1	1.1	36	29	829.57875
Árbol 15	115	1.5	1.5	39	25	804.2496
Árbol 16	67	1.2	1.2	42	25	881.41515
Árbol 17	62	1.2	1.2	30	29	683.49435
Árbol 18	59	1.4	1.3	28	30	660.5214
Árbol 19	57	1.4	1.6	39	23.5	766.992188
Árbol 20	88	1.2	1.2	37	24	730.61835
Árbol 21	56	1.4	1.5	22	29	510.70635

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos  
sólidos orgánicos, para uso forestal,

Árbol 22	75	1.2	1.2	25	23	452.3904
Árbol 23	72	1.4	1.3	29	31	706.86
Árbol 24	85	1	1	48	23	989.80035
Árbol 25	84	1.3	1.3	43	25	907.9224
Árbol 26	97	1.4	1.4	43	24	881.41515
Árbol 27	68	1.4	1.4	31.7	30	747.482852
Árbol 28	76	1.7	1.4	44	28	1017.8784
Árbol 29	58	1.4	1.4	31	25	615.7536
Árbol 30	68	1.2	1.2	24	28	530.9304
Árbol 31	37	1.4	1.6	28	28	615.7536
Árbol 32	81	1.7	1.3	32.4	35	891.970926
Árbol 33	62	1	1	19	22	330.06435
Árbol 34	63	1.4	1.4	32	28	706.86
Árbol 35	59	1.1	1.1	28	24	530.9304
Árbol 36	95	1.3	1.3	34	38	1017.8784
Árbol 37	74	1.3	1.3	31.5	29	718.690088
Árbol 38	89	1.3	1.3	35	27	754.7694
Árbol 39	84	1.4	1.4	35	24	683.49435
Árbol 40	108	1.3	1.3	38	25	779.31315
Árbol 41	79	1.4	1.4	30	29	683.49435
Árbol 42	105	1.2	1.2	43	36	1225.42035
Árbol 43	46	1.4	1.7	34	33	881.41515
Árbol 44	44	1.2	1.2	20	22.5	354.657188
Árbol 45	81	1.2	1.2	35	35	962.115
Árbol 46	71	1.3	1.3	31	22	551.54715
Árbol 47	104	1.5	1.4	30	34	804.2496
Árbol 48	72	1.4	1.4	40	30.1	964.865864
Árbol 49	96	1.4	1.4	44	40	1385.4456
Árbol 50	61	1.3	1.4	25	22.8	448.628334
Árbol 51	92	1.2	1.2	26	28	572.5566
Árbol 52	99	1.2	1.2	37	24	730.61835
Árbol 53	84	1.2	1.2	33	22.5	604.807088
Árbol 54	84	1.4	1	38	25.5	791.732288

## Angel López Bernabé

Árbol 55	80	1.4	1.4	31.5	26	649.182188
Árbol 56	77	1.7	1.5	31.5	30.5	754.7694
Árbol 57	91	1.4	1.4	45	45.5	1608.15559
Árbol 58	62	1.4	1.4	35	27	754.7694
Árbol 59	114	1.7	1.4	36	36	1017.8784
Árbol 60	100	1.4	1.4	40	40	1256.64
Árbol 61	42	1.2	1.2	31	31.5	766.992188
Árbol 62	54	1.6	1.3	41	45	1452.2046
Árbol 63	68	1.4	1.4	34	35	934.82235
Árbol 64	87	1.4	1.4	25	21	415.4766
Árbol 65	52	1.4	1.4	33	29	754.7694
Árbol 66	74	1.3	1	30	28	660.5214
Árbol 67	48	1.3	1.3	27	27	572.5566
Árbol 68	79	1.4	1.4	25	24	471.43635
Árbol 69	80	1.4	1.2	35	29	804.2496
Árbol 70	43	1.4	1.4	34	32	855.3006
Árbol 71	83	1.3	1.3	43.8	27.8	1006.60006
Árbol 72	25	1.2	1.2	45	26.5	1003.79029
Árbol 73	61	1.4	1.4	35	21	615.7536
Árbol 74	58	1.5	1.4	32.4	23	602.629566
Árbol 75	66.2	1.3	1.3	41	40	1288.25235
Árbol 76	70	1.3	1.3	22	20	346.3614
Árbol 77	71	1	1	37	45	1320.2574
Árbol 78	62	1.3	1.3	24	33	637.94115
Árbol 79	103.5	1.2	1.1	38	23	730.61835
Árbol 80	60	1.4	1.4	25	29	572.5566
Árbol 81	65	1.2	1.3	32	30.5	766.992188
Árbol 82	63	1.2	1.2	47	31	1194.5934
Árbol 83	100	1.2	1	35	22.8	655.973934
Árbol 84	40	1.2	1.4	26	30	615.7536
Árbol 85	111	1.4	1.4	37	34.2	995.384544
Árbol 86	66	1.2	1.2	33	25	660.5214
Árbol 87	86	1.4	1.4	24	35	683.49435

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos  
sólidos orgánicos, para uso forestal,

Árbol 88	39	1.3	1.3	23	23	415.4766
Árbol 89	77	1.2	1.4	32	34	855.3006
Árbol 90	80	1.3	1.3	25	21	415.4766
Árbol 91	85	1.2	1.2	26.7	33	699.809072
Árbol 92	51	1	1	30.5	25	604.807088
Árbol 93	40	1.4	1.4	32	39	989.80035
Árbol 94	60	1.3	1.3	47	30	1164.15915
Árbol 95	72	1.3	1.3	35	28	779.31315
Árbol 96	26	1.2	1.2	26	28	572.5566
Árbol 97	70	1.1	1	37	30	881.41515
Árbol 98	90	1.4	1.5	33	20	551.54715
Árbol 99	90	1.6	1.4	24	18	346.3614
Árbol 100	49	1.4	1.4	45	30	1104.46875
Árbol 101	56	1.4	1.2	32	19	510.70635
Árbol 102	92	1.5	1.5	23	18	330.06435
Árbol 103	55	1.2	1.2	31	29	706.86
Árbol 104	73	1.3	1.3	24	19	363.05115
Árbol 105	48	1.4	1.4	23	18	330.06435
Árbol 106	58	1.4	1.4	35	21	615.7536
Árbol 107	70	1.2	1.2	29	23	530.9304
Árbol 108	106	1.4	1.4	24	29	551.54715
Árbol 109	90	1.4	1.3	31	25	615.7536
Árbol 110	89	1.4	1.3	34	37	989.80035
Árbol 111	105	1.4	1.4	33	15	452.3904
Árbol 112	76	1.4	1.4	42	39	1288.25235
Árbol 113	74	1.4	1.4	35	42	1164.15915
Árbol 114	99	1.4	1.4	33	30	779.31315
Árbol 115	84	1.3	1.3	23	43	855.3006
Árbol 116	118	1.2	1.2	40	27	881.41515
Árbol 117	108	1.4	1.4	30	41	989.80035
Árbol 118	97	1.5	1.4	30	27	637.94115
Árbol 119	65	1.3	1.3	26	43	934.82235
Árbol 120	70	1.3	1.3	28	37	829.57875

## Angel López Bernabé

Árbol 121	52	1	1	37	29	855.3006
Árbol 122	87	1.3	1.3	34	33	881.41515
Árbol 123	95	1.2	1.1	30	31	730.61835
Árbol 124	112	1.4	1.4	37	28	829.57875
Árbol 125	105	1.2	1.3	26	26	530.9304
Árbol 126	82	1.2	1.2	41	30	989.80035
Árbol 127	78	1.2	1	33	48	1288.25235
Árbol 128	87	1.2	1.4	37	33	962.115
Árbol 129	71	1.4	1.4	33.8	31	824.481504
Árbol 130	91	1.2	1.2	37	40	1164.15915
Árbol 131	73	1.4	1.4	39	25	804.2496
Árbol 132	108	1.3	1.3	45	38	1352.65515
Árbol 133	108	1.2	1.4	22	29	510.70635
Árbol 134	88	1.3	1.3	42	27	934.82235
Árbol 135	73	1.2	1.2	35	33	907.9224
Árbol 136	79	1	1	24	25	471.43635
Árbol 137	71	1.4	1.4	29	51	1256.64
Árbol 138	76	1.3	1.3	45	45	1590.435
Árbol 139	110	1.3	1.3	41	28	934.82235
Árbol 140	111	1.2	1.2	51	48	1924.42635
Árbol 141	105	1.1	1	37	35	1017.8784
Árbol 142	87	1.4	1.5	20	39.5	695.128088
Árbol 143	57	1.6	1.4	36	30	855.3006
Árbol 144	101	1.4	1.4	40	45	1418.62875
Árbol 145	113	1.4	1.2	30	37	881.41515
Árbol 146	60	1.5	1.5	26	31	637.94115
Árbol 147	107	1.2	1.2	34	33	881.41515
Árbol 148	106	1.3	1.3	24	40	804.2496
Árbol 149	112	1.4	1.4	30	45	1104.46875
Árbol 150	87	1.4	1.4	24	31	593.95875
Árbol 151	56	1.2	1.2	33	40	1046.34915
Árbol 152	49.2	1.4	1.4	25	24	471.43635
Árbol 153	95	1.4	1.3	37	29	855.3006

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, para uso forestal,

Árbol 154	73	1.4	1.3	36	30	855.3006
Árbol 155	115	1.4	1.3	31	38	934.82235
Árbol 156	111	1.6	1.4	28	27	593.95875
Árbol 157	113	1.4	1.4	38	30	907.9224
Árbol 158	107	1.4	1.2	26	30	615.7536
Árbol 159	118	1.5	1.5	60	39	1924.42635
Árbol 160	114	1.2	1.2	50	38	1520.5344

### 14.6 AGOSTO

Árbol	Altura (cm)	Diámetro tallo (cm)		Cobertura (cm)		Cobertura (cm <sup>2</sup> )
Árbol 1	66	1.3	1.1	31.7	28	699.809072
Árbol 2	94.2	1.2	1.2	32.4	22.5	591.800864
Árbol 3	82	1.2	1.2	25.4	28.4	568.323294
Árbol 4	78	1.5	1.4	35	22	637.94115
Árbol 5	46	1.5	1.6	34.6	31	844.964736
Árbol 6	38	1.5	1.4	43	26	934.82235
Árbol 7	79	1.4	1.4	36	28	804.2496
Árbol 8	74	1.4	1.4	35	22	637.94115
Árbol 9	77	1.2	1.2	32.4	22.5	591.800864
Árbol 10	79	1.4	1.4	43	26	934.82235
Árbol 11	51	1.3	1.3	31.7	28	699.809072
Árbol 12	49	1.1	1.1	32.4	22.5	591.800864
Árbol 13	86	1.3	1.3	25.4	28.4	568.323294
Árbol 14	98	1	1.1	35	23	660.5214
Árbol 15	115	1.5	1.5	34.6	31	844.964736
Árbol 16	70	1.2	1.2	43	27	962.115
Árbol 17	63	1.2	1.2	29.7	31	723.449612

## Angel López Bernabé

Árbol 18	61	1.4	1.3	25	30	593.95875
Árbol 19	57	1.4	1.6	25	24	471.43635
Árbol 20	95	1.2	1.2	35	22.5	649.182188
Árbol 21	59	1.4	1.5	30	29	683.49435
Árbol 22	75	1.5	1.2	18	22	314.16
Árbol 23	73	1.4	1.3	34.2	33	886.685184
Árbol 24	90	1	1	25	25	490.875
Árbol 25	84	1.3	1.3	43	26	934.82235
Árbol 26	101	1.4	1.4	35	23	660.5214
Árbol 27	71	1.4	1.4	34.3	31	837.254072
Árbol 28	73	1.7	1.4	22.5	30	541.189688
Árbol 29	55	1.4	1.4	25.4	21	422.733696
Árbol 30	68	1.2	1.2	22.5	30	541.189688
Árbol 31	37	1.4	1.6	35	27	754.7694
Árbol 32	88	1.7	1.3	34	39.5	1060.73179
Árbol 33	64	1	1	15	27.5	354.657188
Árbol 34	65	1.4	1.4	34	31	829.57875
Árbol 35	61	1.1	1.1	39	32	989.80035
Árbol 36	100	1.3	1.3	34	47	1288.25235
Árbol 37	74.2	1.3	1.3	26	23	471.43635
Árbol 38	95	1.3	1.3	39	35	1075.2126
Árbol 39	84	1.4	1.4	23	24.5	443.014688
Árbol 40	109	1.3	1.3	47	33	1256.64
Árbol 41	80	1.5	1.4	29	27	615.7536
Árbol 42	108	1.2	1.2	41	25	855.3006
Árbol 43	47.2	1.4	1.7	27	22	471.43635
Árbol 44	46	1.2	1.2	42	43	1418.62875
Árbol 45	82	1.2	1.2	35	27	754.7694
Árbol 46	73	1.3	1.3	36	29	829.57875
Árbol 47	110	1.5	1.4	29	33	754.7694
Árbol 48	73	1.4	1.4	37	33	962.115
Árbol 49	94	1.4	1.4	45	41	1452.2046
Árbol 50	60	1.3	1.4	28	23	510.70635

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, para uso forestal,

Árbol 51	90	1.2	1.2	30.5	29	695.128088
Árbol 52	99	1.2	1.2	25	24	471.43635
Árbol 53	83	1.2	1.2	33	22.5	604.807088
Árbol 54	85	1.4	1	27	25	530.9304
Árbol 55	81	1.4	1.4	31	25	615.7536
Árbol 56	78	1.7	1.5	32.4	30	764.539776
Árbol 57	90	1.4	1.4	35	22	637.94115
Árbol 58	62	1.4	1.4	30.5	30	718.690088
Árbol 59	115	1.7	1.4	37	38	1104.46875
Árbol 60	101	1.4	1.4	43	41	1385.4456
Árbol 61	42	1.2	1.2	32.4	32	814.334136
Árbol 62	59	1.7	1.3	40	47.1	1489.5916
Árbol 63	69	1.4	1.4	35	36	989.80035
Árbol 64	88	1.4	1.4	18.4	20	289.529856
Árbol 65	58	1.4	1.4	34	31	829.57875
Árbol 66	76	1.3	1	30.5	29	695.128088
Árbol 67	50	1.3	1.3	25	29	572.5566
Árbol 68	80	1.4	1.4	26	25	510.70635
Árbol 69	85	1.4	1.2	38	31	934.82235
Árbol 70	41	1.4	1.4	30.5	29	695.128088
Árbol 71	82	1.3	1.3	40	28	907.9224
Árbol 72	25	1.2	1.2	43	26	934.82235
Árbol 73	75	1.4	1.4	32.4	25	646.926126
Árbol 74	62	1.5	1.5	35	22	637.94115
Árbol 75	70	1.3	1.3	41.2	40	1294.62194
Árbol 76	69	1.3	1.3	23	18	330.06435
Árbol 77	73	1	1	40	47.5	1503.30469
Árbol 78	63	1.3	1.3	30.1	34.2	811.807112
Árbol 79	105	1.2	1.1	39	24	779.31315
Árbol 80	62	1.4	1.4	29	31	706.86
Árbol 81	66	1.2	1.4	33	30	779.31315
Árbol 82	62	1.2	1.2	40	30	962.115
Árbol 83	101	1.2	1	35	21	615.7536

## Angel López Bernabé

Árbol 84	45	1.2	1.4	23	29	530.9304
Árbol 85	111	1.4	1.4	30.5	29	695.128088
Árbol 86	66	1.2	1.2	35	27	754.7694
Árbol 87	87	1.4	1.4	30	32	754.7694
Árbol 88	40	1.3	1.5	26	28	572.5566
Árbol 89	80	1.2	1.4	33	35	907.9224
Árbol 90	82	1.3	1.3	30	29	683.49435
Árbol 91	90	1.2	1.2	25	31	615.7536
Árbol 92	57	1	1	31	27	660.5214
Árbol 93	42	1.4	1.4	42	43	1418.62875
Árbol 94	61	1.3	1.3	43	26	934.82235
Árbol 95	74	1.3	1.3	36	28	804.2496
Árbol 96	29	1.2	1.2	29	30.5	695.128088
Árbol 97	73	1.1	1	36	27	779.31315
Árbol 98	94	1.4	1.5	40	36	1134.1176
Árbol 99	90	1.6	1.4	25	22	433.73715
Árbol 100	53	1.4	1.4	45	39	1385.4456
Árbol 101	59	1.4	1.2	27	20	433.73715
Árbol 102	90	1.5	1.5	24	22	415.4766
Árbol 103	55	1.2	1.2	41	30	989.80035
Árbol 104	76	1.3	1.3	47	43	1590.435
Árbol 105	48	1.4	1.4	29	27	615.7536
Árbol 106	54	1.4	1.4	41	25	855.3006
Árbol 107	70	1.2	1.2	27	22	471.43635
Árbol 108	105	1.4	1.4	33	32	829.57875
Árbol 109	94	1.4	1.3	35	37	1017.8784
Árbol 110	93	1.4	1.3	29	36	829.57875
Árbol 111	103	1.4	1.4	33	29	754.7694
Árbol 112	75	1.4	1.4	37	33	962.115
Árbol 113	75	1.4	1.4	33	37	962.115
Árbol 114	100	1.4	1.4	37	29	855.3006
Árbol 115	86	1.3	1.3	30	52	1320.2574
Árbol 116	114	1.4	1.4	25	24	471.43635

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, para uso forestal,

Árbol 117	108	1.3	1.5	22	40	754.7694
Árbol 118	98	1.2	1.4	30	30	706.86
Árbol 119	65	1.3	1.3	24	31	593.95875
Árbol 120	71	1.2	1.2	30	33	779.31315
Árbol 121	54	1	1	40	29	934.82235
Árbol 122	88	1.4	1.4	36	34	962.115
Árbol 123	97	1.3	1.3	36	31	881.41515
Árbol 124	113	1.3	1.3	37	31	907.9224
Árbol 125	106	1.2	1.2	27	27	572.5566
Árbol 126	83	1.1	1	27	28	593.95875
Árbol 127	79	1.4	1.5	35	47	1320.2574
Árbol 128	89	1.6	1.4	36	25	730.61835
Árbol 129	72	1.4	1.4	35	35	962.115
Árbol 130	92	1.4	1.2	30	37	881.41515
Árbol 131	72	1.5	1.5	39	31	962.115
Árbol 132	105	1.2	1.2	40	37	1164.15915
Árbol 133	105	1.3	1.3	29	31	706.86
Árbol 134	89	1.4	1.4	40	30	962.115
Árbol 135	73	1.4	1.4	35	33	907.9224
Árbol 136	81	1.2	1.2	35	21	615.7536
Árbol 137	72	1.4	1.4	29	33	754.7694
Árbol 138	75	1.4	1.3	40	43	1352.65515
Árbol 139	109	1.4	1.3	39	35	1075.2126
Árbol 140	111	1.4	1.4	48	45	1698.23115
Árbol 141	107	1.4	1.4	37	36	1046.34915
Árbol 142	86	1.4	1.4	25	33	660.5214
Árbol 143	58	1.4	1.4	39	30	934.82235
Árbol 144	104	1.3	1.3	39	44	1352.65515
Árbol 145	115	1.4	1.4	31	39	962.115
Árbol 146	61	1.3	1.5	28	33	730.61835
Árbol 147	107	1.2	1.4	16	14	176.715
Árbol 148	105	1.3	1.3	29	34	779.31315
Árbol 149	115	1.2	1.2	36	38	1075.2126

## Angel López Bernabé

Árbol 150	88	1	1	28	39	881.41515
Árbol 151	56	1.4	1.4	26	26	530.9304
Árbol 152	51	1.3	1.3	29	24	551.54715
Árbol 153	96	1.3	1.3	40	30	962.115
Árbol 154	73	1.2	1.2	39	35	1075.2126
Árbol 155	115	1.1	1	32	37	934.82235
Árbol 156	112	1.4	1.5	31	30	730.61835
Árbol 157	115	1.6	1.4	38	33	989.80035
Árbol 158	108	1.4	1.4	29	31	706.86
Árbol 159	119	1.4	1.2	40	35	1104.46875
Árbol 160	115	1.5	1.5	35	33	907.9224

### 14.7 SEPTIEMBRE

Árbol	Altura (cm)	Diámetro tallo (cm)		Cobertura (cm)		Cobertura (cm <sup>2</sup> )
Árbol 1	74	1.3	1.2	34	28	754.7694
Árbol 2	95	1.2	1.2	37	36	1046.34915
Árbol 3	84	1.2	1.3	40	39	1225.42035
Árbol 4	78	1.5	1.4	42	32	1075.2126
Árbol 5	49	1.5	1.6	18	16	226.9806
Árbol 6	40	1.5	1.4	43	38	1288.25235
Árbol 7	80	1.4	1.4	40	33	1046.34915
Árbol 8	73	1.4	1.4	34	33	881.41515
Árbol 9	77	1.2	1.2	25	29	572.5566
Árbol 10	81	1.4	1.4	30	28	660.5214
Árbol 11	58	1.3	1.3	33	25	660.5214
Árbol 12	52	1.1	1.1	34	27	730.61835
Árbol 13	90	1.3	1.3	34	31	829.57875
Árbol 14	99	1.1	1.1	52	44	1809.5616
Árbol 15	114	1.5	1.5	46	33	1225.42035
Árbol 16	70	1.2	1.2	30	32	754.7694

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, para uso forestal,

Árbol 17	64	1.2	1.2	36	25	730.61835
Árbol 18	62	1.4	1.3	46	49	1772.05875
Árbol 19	57	1.4	1.6	27	20	433.73715
Árbol 20	100	1.2	1.2	47	34	1288.25235
Árbol 21	60	1.4	1.5	46	30	1134.1176
Árbol 22	75	1.5	1.2	30	36	855.3006
Árbol 23	74	1.4	1.3	38	21	683.49435
Árbol 24	91	1	1	60	58	2733.9774
Árbol 25	84	1.4	1.3	31	25.5	626.798288
Árbol 26	103	1.4	1.4	37	36	1046.34915
Árbol 27	72	1.4	1.4	23	24	433.73715
Árbol 28	71	1.7	1.4	22	30	530.9304
Árbol 29	52	1.4	1.4	16	22.5	291.039788
Árbol 30	68	1.2	1.2	35	27	754.7694
Árbol 31	37	1.4	1.6	34	39.5	1060.73179
Árbol 32	90	1.7	1.3	46	30	1134.1176
Árbol 33	65	1	1	31	28	683.49435
Árbol 34	66	1.6	1.4	36	22.5	671.958788
Árbol 35	63	1.1	1.1	33	32	829.57875
Árbol 36	104	1.3	1.3	18	25	363.05115
Árbol 37	74.5	1.3	1.3	21.5	18	306.355088
Árbol 38	104.5	1.3	1.3	37	30	881.41515
Árbol 39	84	1.4	1.4	24	7	188.69235
Árbol 40	109	1.3	1.3	22	23	397.60875
Árbol 41	81	1.5	1.4	28	41	934.82235
Árbol 42	112.5	1.2	1.2	51	46	1847.45715
Árbol 43	50	1.4	1.7	32.4	22.5	591.800864
Árbol 44	47	1.2	1.2	30.5	29	695.128088
Árbol 45	82.5	1.2	1.2	25	23	452.3904
Árbol 46	76	1.3	1.3	25	24	471.43635
Árbol 47	115	1.5	1.4	22.5	30	541.189688
Árbol 48	72.5	1.4	1.4	34	32.1	857.894384
Árbol 49	95	1.4	1.4	43	26	934.82235

## Angel López Bernabé

Árbol 50	60	1.3	1.4	30.5	29	695.128088
Árbol 51	89.5	1.2	1.2	30	35.3	837.254072
Árbol 52	99	1.2	1.2	27	25.1	532.974404
Árbol 53	82	1.2	1.2	40	35.8	1128.15641
Árbol 54	85	1.4	1	35	21	615.7536
Árbol 55	81	1.4	1.4	29	23	530.9304
Árbol 56	80	1.7	1.5	19	15	226.9806
Árbol 57	92	1.4	1.4	35	20	593.95875
Árbol 58	63	1.4	1.4	30.1	34.2	811.807112
Árbol 59	114	1.7	1.4	25	24	471.43635
Árbol 60	105	1.4	1.4	23	22.8	411.871614
Árbol 61	41	1.2	1.2	22.5	30	541.189688
Árbol 62	60	1.7	1.3	25	23	452.3904
Árbol 63	69	1.4	1.4	30.5	29	695.128088
Árbol 64	91	1.4	1.4	25	27	530.9304
Árbol 65	57	1.4	1.4	25	24	471.43635
Árbol 66	77	1.3	1	23	22.8	411.871614
Árbol 67	52	1.3	1.3	22.5	30	541.189688
Árbol 68	81	1.4	1.4	25	23	452.3904
Árbol 69	86	1.4	1.2	32.4	22.5	591.800864
Árbol 70	40	1.4	1.4	35	22	637.94115
Árbol 71	81	1.3	1.3	30.5	29	695.128088
Árbol 72	24.5	1.2	1.2	34	37	989.80035
Árbol 73	98	1.4	1.4	34	31	829.57875
Árbol 74	66	1.5	1.5	32	39	989.80035
Árbol 75	74	1.3	1.3	34	47	1288.25235
Árbol 76	68	1.3	1.3	26	23	471.43635
Árbol 77	73	1	1	35	39	1075.2126
Árbol 78	63	1.3	1.3	23	24.5	443.014688
Árbol 79	108	1.2	1.1	25	41	855.3006
Árbol 80	63	1.4	1.4	22	27	471.43635
Árbol 81	70	1.2	1.4	38	33	989.80035
Árbol 82	61	1.2	1.2	32.4	22.5	591.800864

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, para uso forestal,

Árbol 83	105	1.2	1	25.4	28.4	568.323294
Árbol 84	44	1.2	1.4	31	22	551.54715
Árbol 85	113	1.4	1.4	32.6	31	794.227896
Árbol 86	65	1.2	1.2	38	26	804.2496
Árbol 87	88	1.4	1.4	26	26.7	545.320892
Árbol 88	42	1.3	1.5	28	29	637.94115
Árbol 89	86	1.2	1.4	30.5	29	695.128088
Árbol 90	83	1.3	1.3	27	26	551.54715
Árbol 91	96	1.2	1.2	34	27	730.61835
Árbol 92	62	1	1	27	27.5	583.208588
Árbol 93	45	1.4	1.4	41	42	1352.65515
Árbol 94	62	1.3	1.3	48	28	1134.1176
Árbol 95	75	1.3	1.3	35	29	804.2496
Árbol 96	31	1.2	1.2	28	31.7	699.809072
Árbol 97	76	1.1	1	37.4	27.5	827.028164
Árbol 98	97.5	1.4	1.5	41	38	1225.42035
Árbol 99	91	1.6	1.4	35	22	637.94115
Árbol 100	56	1.4	1.4	34.6	31	844.964736
Árbol 101	63	1.4	1.2	43	26	934.82235
Árbol 102	88	1.5	1.5	26	20	415.4766
Árbol 103	56	1.2	1.2	37	35	1017.8784
Árbol 104	80	1.3	1.3	38.5	36	1089.79159
Árbol 105	47	1.4	1.4	34	29	779.31315
Árbol 106	50	1.4	1.4	34	34	907.9224
Árbol 107	71	1.2	1.2	30	25	593.95875
Árbol 108	108	1.4	1.4	36	35	989.80035
Árbol 109	95	1.4	1.3	36	38	1075.2126
Árbol 110	95	1.4	1.3	30	45	1104.46875
Árbol 111	104	1.4	1.4	32	29	730.61835
Árbol 112	75	1.4	1.4	23	18	330.06435
Árbol 113	76	1.4	1.4	31	29	706.86
Árbol 114	100	1.4	1.4	39	34	1046.34915
Árbol 115	85	1.3	1.3	34	53	1486.17315

## Angel López Bernabé

Árbol 116	115	1.4	1.4	35	21	615.7536
Árbol 117	109	1.3	1.5	23	39	754.7694
Árbol 118	98	1.2	1.4	30.5	30	718.690088
Árbol 119	66	1.3	1.3	32	35	881.41515
Árbol 120	72	1.2	1.2	28	29	637.94115
Árbol 121	55	1	1	38	36	1075.2126
Árbol 122	89	1.4	1.4	37	35	1017.8784
Árbol 123	99	1.3	1.3	37	32	934.82235
Árbol 124	115	1.3	1.3	37	28	829.57875
Árbol 125	105	1.2	1.2	26	26	530.9304
Árbol 126	83	1.1	1	35	30	829.57875
Árbol 127	81	1.4	1.5	32	29	730.61835
Árbol 128	90	1.6	1.4	29	22	510.70635
Árbol 129	72	1.4	1.4	41	39	1256.64
Árbol 130	92	1.4	1.2	29	34	779.31315
Árbol 131	72	1.5	1.5	34	29	779.31315
Árbol 132	106	1.2	1.2	41	35	1134.1176
Árbol 133	104	1.3	1.3	27	32	683.49435
Árbol 134	89	1.4	1.4	42	33	1104.46875
Árbol 135	74	1.4	1.4	39	30	934.82235
Árbol 136	82	1.2	1.2	32	19	510.70635
Árbol 137	69	1.4	1.4	29	32	730.61835
Árbol 138	76	1.4	1.3	40	40	1256.64
Árbol 139	108	1.4	1.3	41	34	1104.46875
Árbol 140	112	1.4	1.4	50	43	1698.23115
Árbol 141	108	1.4	1.4	40	39	1225.42035
Árbol 142	87	1.4	1.4	26	24	490.875
Árbol 143	60	1.4	1.4	36	31	881.41515
Árbol 144	105	1.3	1.3	33	33	855.3006
Árbol 145	114	1.4	1.4	33	39	1017.8784
Árbol 146	60	1.3	1.5	37	38	1104.46875
Árbol 147	108	1.2	1.4	30	38	907.9224
Árbol 148	106	1.3	1.3	26	35	730.61835

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, para uso forestal,

Árbol 149	114	1.2	1.2	34	37	989.80035
Árbol 150	89	1	1	24	29	551.54715
Árbol 151	57	1.4	1.4	36	35	989.80035
Árbol 152	53	1.3	1.3	31	35	855.3006
Árbol 153	96	1.3	1.3	42	30	1017.8784
Árbol 154	74	1.2	1.2	35	34	934.82235
Árbol 155	113	1.1	1	35	40	1104.46875
Árbol 156	113	1.4	1.5	32	29	730.61835
Árbol 157	114	1.6	1.4	39	32	989.80035
Árbol 158	110	1.4	1.4	29	31	706.86
Árbol 159	120	1.4	1.2	34	29	779.31315
Árbol 160	113	1.5	1.5	34	29	779.31315

### 14.8 OCTUBRE

Árbol	Altura (cm)	Diámetro tallo (cm)		Cobertura (cm)		Cobertura (cm <sup>2</sup> )
Árbol 1	75	1.3	1.2	35	28	779.31315
Árbol 2	97	1.2	1.2	40	36	1134.1176
Árbol 3	85	1.2	1.3	39	39	1194.5934
Árbol 4	77	1.5	1.4	45	32	1164.15915
Árbol 5	52	1.5	1.6	18	17	240.52875
Árbol 6	43	1.5	1.4	43	37	1256.64
Árbol 7	81	1.4	1.4	40	34	1075.2126
Árbol 8	75	1.4	1.4	34	34	907.9224
Árbol 9	77	1.2	1.2	25	28	551.54715
Árbol 10	82	1.4	1.4	30	25	593.95875
Árbol 11	57	1.3	1.3	33	35	907.9224
Árbol 12	53	1.2	1.1	34	27	730.61835
Árbol 13	91	1.3	1.3	34	31	829.57875
Árbol 14	102	1.1	1.1	52	44	1809.5616

## Angel López Bernabé

Árbol 15	115	1.5	1.5	46	33	1225.42035
Árbol 16	71	1.2	1.2	30	32	754.7694
Árbol 17	66	1.2	1.4	36	25	730.61835
Árbol 18	63.2	1.4	1.3	39	45	1385.4456
Árbol 19	59	1.4	1.6	27	20	433.73715
Árbol 20	101	1.2	1.2	45	35	1256.64
Árbol 21	59.2	1.6	1.5	45	34	1225.42035
Árbol 22	77	1.5	1.2	31	37	907.9224
Árbol 23	75.5	1.4	1.3	37	25	754.7694
Árbol 24	90	1	1	61	59	2827.44
Árbol 25	87	1.4	1.3	31	25.5	626.798288
Árbol 26	105	1.7	1.4	37	36	1046.34915
Árbol 27	75	1.4	1.4	23	24	433.73715
Árbol 28	68	1.7	1.4	22	30	530.9304
Árbol 29	50	1.4	1.4	16	22.5	291.039788
Árbol 30	70	1.2	1.2	35	27	754.7694
Árbol 31	40	1.4	1.6	34	39.5	1060.73179
Árbol 32	91	1.7	1.3	46	30	1134.1176
Árbol 33	64	1	1	31	28	683.49435
Árbol 34	67	1.6	1.4	36	22.5	671.958788
Árbol 35	65	1.1	1.1	33	32	829.57875
Árbol 36	105	1.3	1.3	18	25	363.05115
Árbol 37	75	1.3	1.3	21.5	18	306.355088
Árbol 38	105	1.5	1.4	37	30	881.41515
Árbol 39	85.5	1.4	1.4	24	7	188.69235
Árbol 40	110	1.3	1.3	22	23	397.60875
Árbol 41	81	1.5	1.4	28	41	934.82235
Árbol 42	112.5	1.2	1.2	51	46	1847.45715
Árbol 43	51	1.4	1.7	32.4	22.5	591.800864
Árbol 44	46	1.2	1.2	30.5	29	695.128088
Árbol 45	83	1.2	1.2	25	23	452.3904
Árbol 46	76.4	1.3	1.4	25	24	471.43635
Árbol 47	114	1.5	1.4	22.5	30	541.189688

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, para uso forestal,

Árbol 48	72.5	1.4	1.4	34	32.1	857.894384
Árbol 49	95	1.4	1.4	43	26	934.82235
Árbol 50	61	1.3	1.4	30.5	29	695.128088
Árbol 51	89.5	1.2	1.2	30	35.3	837.254072
Árbol 52	99	1.2	1.2	27	25.1	532.974404
Árbol 53	80	1.2	1.2	40	35.8	1128.15641
Árbol 54	85	1.4	1	35	21	615.7536
Árbol 55	81	1.4	1.4	29	23	530.9304
Árbol 56	80	1.7	1.6	19	15	226.9806
Árbol 57	92	1.4	1.4	35	20	593.95875
Árbol 58	65	1.4	1.4	30.1	34.2	811.807112
Árbol 59	114	1.7	1.4	25	24	471.43635
Árbol 60	105	1.4	1.4	23	22.8	411.871614
Árbol 61	45.2	1.2	1.2	22.5	30	541.189688
Árbol 62	60	1.7	1.3	25	23	452.3904
Árbol 63	69	1.4	1.4	30.5	29	695.128088
Árbol 64	91	1.4	1.5	25	27	530.9304
Árbol 65	57	1.4	1.4	25	24	471.43635
Árbol 66	74	1.3	1	23	22.8	411.871614
Árbol 67	52	1.3	1.3	22.5	30	541.189688
Árbol 68	81	1.4	1.4	25	23	452.3904
Árbol 69	88	1.4	1.2	32.4	22.5	591.800864
Árbol 70	40	1.4	1.4	35	22	637.94115
Árbol 71	81	1.3	1.3	30.5	29	695.128088
Árbol 72	24.5	1.2	1.2	34	37	989.80035
Árbol 73	85	1.5	1.4	34	31	829.57875
Árbol 74	66	1.5	1.5	32	39	989.80035
Árbol 75	74	1.3	1.3	34	47	1288.25235
Árbol 76	74	1.3	1.3	26	23	471.43635
Árbol 77	73	1	1	35	39	1075.2126
Árbol 78	63	1.3	1.3	23	24.5	443.014688
Árbol 79	108	1.2	1.1	25	41	855.3006
Árbol 80	65.2	1.4	1.4	22	27	471.43635

## Angel López Bernabé

Árbol 81	70	1.2	1.4	38	33	989.80035
Árbol 82	61	1.2	1.2	32.4	22.5	591.800864
Árbol 83	106	1.2	1	25.4	28.4	568.323294
Árbol 84	44	1.2	1.4	31	22	551.54715
Árbol 85	113	1.4	1.4	32.6	31	794.227896
Árbol 86	64	1.2	1.2	38	26	804.2496
Árbol 87	88	1.4	1.4	26	26.7	545.320892
Árbol 88	42	1.3	1.5	28	29	637.94115
Árbol 89	86	1.2	1.4	30.5	29	695.128088
Árbol 90	84	1.3	1.3	27	26	551.54715
Árbol 91	96	1.2	1.2	34	27	730.61835
Árbol 92	62	1.3	1.2	27	27.5	583.208588
Árbol 93	45	1.4	1.4	41	42	1352.65515
Árbol 94	62	1.3	1.3	48	28	1134.1176
Árbol 95	74	1.3	1.3	35	29	804.2496
Árbol 96	32	1.2	1.2	28	31.7	699.809072
Árbol 97	76	1.1	1.2	37.4	27.5	827.028164
Árbol 98	97.5	1.4	1.5	41	38	1225.42035
Árbol 99	91	1.6	1.4	35	22	637.94115
Árbol 100	56	1.4	1.4	34.6	31	844.964736
Árbol 101	63	1.4	1.2	43	26	934.82235
Árbol 102	86	1.5	1.5	26	20	415.4766
Árbol 103	56	1.2	1.2	37	35	1017.8784
Árbol 104	80	1.3	1.3	38.5	36	1089.79159
Árbol 105	47	1.4	1.4	34	29	779.31315
Árbol 106	49.2	1.4	1.4	34	34	907.9224
Árbol 107	71	1.2	1.2	30	25	593.95875
Árbol 108	108	1.4	1.4	36	35	989.80035
Árbol 109	94	1.4	1.3	36	38	1075.2126
Árbol 110	95	1.4	1.3	30	45	1104.46875
Árbol 111	104	1.4	1.4	32	29	730.61835
Árbol 112	73	1.4	1.4	23	18	330.06435
Árbol 113	76	1.4	1.4	31	29	706.86

Fertilización con efluentes líquidos de una planta de tratamiento de residuos  
sólidos orgánicos, para uso forestal,

Árbol 114	100	1.4	1.4	39	34	1046.34915
Árbol 115	86	1.3	1.3	34	53	1486.17315
Árbol 116	115	1.4	1.4	35	21	615.7536
Árbol 117	109	1.3	1.5	23	39	754.7694
Árbol 118	98	1.2	1.4	30.5	30	718.690088
Árbol 119	65.4	1.3	1.3	32	35	881.41515
Árbol 120	72	1.2	1.2	28	29	637.94115
Árbol 121	55	1.3	1.2	38	36	1075.2126
Árbol 122	89	1.4	1.4	37	35	1017.8784
Árbol 123	99	1.3	1.3	37	32	934.82235
Árbol 124	113	1.3	1.3	37	28	829.57875
Árbol 125	105	1.2	1.2	26	26	530.9304
Árbol 126	83	1.1	1.2	35	30	829.57875
Árbol 127	81	1.4	1.5	32	29	730.61835
Árbol 128	90	1.6	1.4	29	22	510.70635
Árbol 129	72	1.4	1.4	41	39	1256.64
Árbol 130	90	1.4	1.2	29	34	779.31315
Árbol 131	72	1.5	1.5	34	29	779.31315
Árbol 132	106	1.2	1.2	41	35	1134.1176
Árbol 133	105	1.3	1.3	27	32	683.49435
Árbol 134	89	1.4	1.4	42	33	1104.46875
Árbol 135	74	1.4	1.4	39	30	934.82235
Árbol 136	82	1.2	1.2	32	19	510.70635
Árbol 137	70	1.4	1.4	29	32	730.61835
Árbol 138	76	1.4	1.3	40	40	1256.64
Árbol 139	108	1.4	1.3	41	34	1104.46875
Árbol 140	112	1.4	1.4	50	43	1698.23115
Árbol 141	105	1.4	1.4	40	39	1225.42035
Árbol 142	87	1.4	1.4	26	24	490.875
Árbol 143	60	1.4	1.4	36	31	881.41515
Árbol 144	105	1.3	1.3	33	33	855.3006
Árbol 145	114	1.4	1.4	33	39	1017.8784
Árbol 146	61.5	1.3	1.5	37	38	1104.46875

## Angel López Bernabé

Árbol 147	108	1.2	1.4	30	38	907.9224
Árbol 148	106	1.3	1.3	26	35	730.61835
Árbol 149	113	1.2	1.2	34	37	989.80035
Árbol 150	89	1.3	1.2	24	29	551.54715
Árbol 151	57	1.4	1.4	36	35	989.80035
Árbol 152	54	1.3	1.3	31	35	855.3006
Árbol 153	96	1.3	1.3	42	30	1017.8784
Árbol 154	76	1.2	1.2	35	34	934.82235
Árbol 155	113	1.1	1.2	35	40	1104.46875
Árbol 156	113	1.4	1.5	32	29	730.61835
Árbol 157	115	1.6	1.4	39	32	989.80035
Árbol 158	110	1.4	1.4	29	31	706.86
Árbol 159	115	1.4	1.2	34	29	779.31315
Árbol 160	113	1.5	1.5	34	29	779.31315