

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



“EFECTO DEL LODO RESIDUAL INCORPORADO COMO SUSTRATO EN
REPIQUE DE *Pinus radiata* D. A NIVEL DE VIVERO FORESTAL POTOJANI
PUNO”

TESIS

PRESENTADA POR:

EDWIN PERALTA HANCCO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

MENCIÓN:

AGROAMBIENTAL

PROMOCIÓN: 2012 - I

PUNO – PERÚ

2017

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

"EFECTO DEL LODO RESIDUAL INCORPORADO COMO SUSTRATO EN REPIQUE
DE *Pinus radiata* D. A NIVEL DE VIVERO FORESTAL POTOJANI PUNO"

TESIS

PRESENTADA POR:

EDWIN PERALTA HANCCO

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

MENCIÓN:

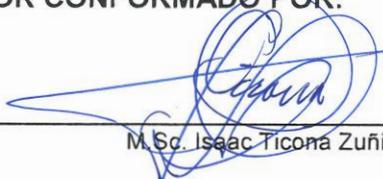
AGROAMBIENTAL

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 28 DE DICIEMBRE 2017

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

:



M.Sc. Isaac Ticona Zuñiga

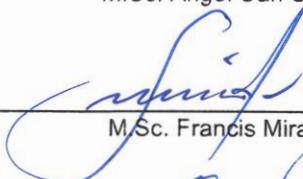
PRIMER MIEMBRO

:

M.Sc. Ángel Cari Choquehuanca

SEGUNDO MIEMBRO

:



M.Sc. Francis Miranda Choque

DIRECTOR

:



M.Sc. Flavio Ortiz Calcina

PUNO - PERÚ

2017

Área: Ciencias agrícolas

Tema: Gestión ambiental

DEDICATORIA

A mí querido Padre: Donato Peralta Toque, por haber guiado mis pasos en el camino de la sabiduría y por apoyarme incondicionalmente con sus sabias enseñanzas y así poder lograr una de mis metas más anheladas.

A mi linda Madre: Aurelia Hanco Canaza, que gracias al apoyo, amor y comprensión que me brindo en los momentos más difíciles de mi recorrido profesional, que hizo posible lograr un triunfo más en mi vida.

Con eterna e infinita gratitud a mis queridos hermanos: Marcos Inclán e Isidro Ivan.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano, Escuela Profesional Ingeniería Agronómica, a todos los docentes por su valiosa instrucción durante mi formación profesional.
- Al Ing. Ing. Mg. Sc. Flavio Ortiz Calcina, por su constante apoyo en la ejecución de la presente investigación. Y a todos mis jurados por sus oportunas correcciones que contribuyeron a mejorar el contenido de la tesis que hoy presento.
- A la Dirección Regional Agraria por el apoyo para ejecución del presente proyecto y brindar las facilidades del vivero forestal de Potojani en donde se ejecutó la investigación.
- A mis amigos de siempre: Miguel, Néstor Samuel, Edgar y Remigio, quienes a cada instante me apoyaron con su tiempo, optimismo y paciencia. Y a todos mis amigos y compañeros que en algún momento colaboraron en la ejecución de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
RESUMEN	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. REVISIÓN DE LITERATURA	12
2.1. Generalidades del Pino	12
2.2. Vivero Forestal	15
2.3. Manejo del vivero	15
2.4. Lodos residuales	21
2.5. Estándares de Calidad Ambiental para Suelo (ECA)	29
2.6. Estimado Económico	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1. Ubicación	31
3.2. Extensión	31
3.3. Material experimental	31
3.3.1. Del Material Vegetal	31
3.1.2. Del lodo	31
3.4. Metodología del uso de lodos	31
3.5. Factores de estudio	32
3.6. Distribución de tratamientos	32
3.7. Diseño experimental	33
3.5. Variables de respuesta	34
3.6. Observaciones a realizar	34
3.7. Duración	34
3.8. Conducción del experimento	34
3.9. Observaciones realizadas	37
3.9.1 Análisis de los tratamientos en estudio	37
3.9.2. Datos meteorológicos	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1. Producción de Pinus radiata D. con la incorporación de lodo residual a diferentes proporciones a partir del testigo aumento de biomasa	44

4.1.1. Mortandad de plántulas por tratamiento	44
4.1.2. Plántulas vivas por tratamiento	45
4.2. Dosis optima de lodo residual aplicado para la producción de <i>Pinus radiata</i> D.	48
4.2.1. Altura de la plántula por tratamiento.....	48
4.2.2. Desarrollo foliar del ápice de <i>Pinus radiata</i> D.....	49
4.2.3. Tamaño de raíz por planta.....	51
4.3. Costo de producción y rentabilidad	53
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	57
BIBLIOGRAFIA	58
ANEXOS	63

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Temperaturas (Noviembre 2015 - Agosto 2016) y la normal de 10 años. SENAMHI, Puno.....	42
Figura 2. Precipitación pluvial (2014 - 2015) y la normal de 10 años. SENAMHI, Puno.....	43
Figura 3. Mortandad de plántulas por tratamiento evaluado.	45
Figura 4. Plántulas vivas por tratamiento evaluado.....	47
Figura 5. Altura de plántula por tratamiento evaluado.....	49
Figura 6. Desarrollo foliar del ápice por tratamiento evaluado.	51
Figura 7. Desarrollo foliar del ápice por tratamiento evaluado.	53

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Componentes de lodos urbanos por tipo tratamiento dentro de la planta de tratamiento.....	28
Tabla 2. Caracterización y composición de lodos.....	28
Tabla 3. Combinación de tratamientos	33
Tabla 4. Esquema del análisis de varianza:	33
Tabla 5. Análisis de fertilidad de los tratamientos en estudio	38
Tabla 6. Datos meteorológicos registrados. Temperaturas (mínimas, máximas y media), precipitación pluvial, año 2014-2015 y promedio de 10 años. Acora.	41
Tabla 7. Análisis de varianza para mortandad de plántulas de <i>Pinus radiata</i> D.	44
Tabla 8. Prueba de Duncan para mortandad de plántulas de <i>Pinus radiata</i> D.	45
Tabla 9. Análisis de varianza para plántulas vivas de <i>Pinus radiata</i> D.	46
Tabla 10. Prueba de Duncan para plántulas vivas de <i>Pinus radiata</i> D.	47
Tabla 11. Análisis de varianza para altura de plántula de <i>Pinus radiata</i> D.	48
Tabla 12. Análisis de varianza para desarrollo foliar del ápice de <i>Pinus radiata</i> D.	50
Tabla 13. Prueba de Duncan para desarrollo foliar del ápice de <i>Pinus radiata</i> D.	51
Tabla 14. Análisis de varianza para tamaño de raíz de <i>Pinus radiata</i> D.	52
Tabla 15. Prueba de Duncan para tamaño de raíz de <i>Pinus radiata</i> D.	52
Tabla 16. Estimado económico de la producción de plantas de <i>Pinus radiata</i> D. bajo tratamientos en estudio.	54

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en vivero San Juan de Potojani distrito de Chucuito, provincia Puno departamento de Puno; a una altitud de 3 820 msnm., a Latitud Sur 15° 56'24" y longitud Oeste 69°53'09" del Meridiano de Greenwich. Los objetivos fueron: a) Comparar la producción de *Pinus radiata* D. con la incorporación de lodo residual a diferentes proporciones a partir del testigo, b) Determinar la dosis optima de lodo residual aplicado para la producción de *Pinus radiata* D. y c) Determinar el costo de producción. Como material experimental se ha usado plántulas de Pino, y combinaciones de lodo y tierra arable (sustrato). El lodo fue extraído de la Planta de tratamiento "Espinar"- Puno. Los tratamientos realizados son: T1 (Lodo 20% + tierra arable (sustrato) 80%), T2 (Lodo 40% + tierra arable (sustrato) 60%), T3 (Lodo 60% + tierra arable (sustrato) 40%), T4 (Lodo 80% + tierra arable (sustrato) 20%), T5 (Lodo 100% + tierra arable (sustrato) 0%) y T6 (Lodo 0% + tierra arable 100%). Siendo conducido bajo el diseño completamente al azar (DCA), con seis tratamientos (cada tratamiento en total tuvo 135 plantines), tres repeticiones (cada repetición tuvo 45 plantines), con un total 18 unidades experimentales; haciendo un total de 810 platines. Llegando a las siguientes conclusiones: a) En la producción de *Pinus radiata* D., el tratamiento T6 (Lodo 0% + tierra arable 100%) tuvo 71.85% de plantas vivas, seguido de los tratamientos T2 (Lodo 40% + tierra arable 60%) y T5 (Lodo 100% + tierra arable 0%) con 71.11% y 68.89% respectivamente. b) En altura de planta el T6 (Lodo 0% + tierra arable 100%) tuvo 19.51 cm, seguido del tratamiento T5 (Lodo 100% + tierra arable 0%) con 19.35 cm. En desarrollo foliar del ápice de la planta el tratamiento T6 (Lodo 0% + tierra arable 100%) tuvo 5.09 cm, seguido del tratamiento T4 (Lodo 80% + tierra arable 20%) con 4.78 cm. En tamaño de raíz el tratamiento T6 (Lodo 0% + tierra arable 100%) tuvo 16.23 cm, seguido del tratamiento T2 (Lodo 40% + tierra arable 60%) con 13.09 cm. c) En rentabilidad económica, el tratamiento T5 (Lodo 100% + tierra arable 0%) tuvo mayor rentabilidad con 104.33% y una relación beneficio/costo de 2.04, seguido del tratamiento conformado por T4 (Lodo 80% + tierra arable 20%), el cual obtuvo una rentabilidad de 96.62% y una relación beneficio/costo de 1.97.

Palabras clave: Repique, vivero, sustrato, lodo residual, pino, rentabilidad.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas ambientales que se presenta en la región de Puno con más incidencia en la ciudad de Puno y con mayor frecuencia es el inadecuado manejo de los lodos residuales producto del inadecuado tratamiento de las aguas residuales de la población de Puno, los lodos por su alto contenido en materia orgánica tienen un efecto contaminante muy importante por la presencia de innumerable cantidad y variedad de microorganismos patógenos y su contenido en metales pesados y otros. La elevada cantidad de lodos residuales en la planta de tratamiento de Puno que se producen en cantidades de 1 kg por habitante por día considerando que la ciudad de Puno tiene 141064 (INEI, 2015) habitantes 141,064 TM (tonelada métrica) donde se considera el contenido de materia orgánica del 50% sería 70,532 TM/día de materia orgánica, por el manejo inadecuado de las aguas servidas de la ciudad de Puno los cuales tienen un alto contenido de materia orgánica y nutrientes por lo que su aplicación al suelo proporcionará nutrientes disminuyendo el impacto que ocasionan.

Los lodos son subproductos resultantes de los procesos de tratamiento de las estaciones depuradoras de aguas residuales los cuales son de gran importancia ya sea por el volumen obtenido y que se incrementa con el incremento de la población, así como por ser una fuente potencial de la materia orgánica, con el manejo adecuado no será un grave problema. Con la utilización de lodos residuales de la planta de tratamiento de la ciudad de Puno en la producción de plantones de pino en condiciones de vivero, se pretende abordar la problemática de la reutilización de estas fuentes que contienen materia orgánica y nutrientes, en que aparece una aparente ventaja múltiple, como es la reducción y eliminación de residuos, por una parte, y el beneficio agronómico, por otra, contribuyendo así al logro de una agricultura sostenible. La investigación con referente a la utilización de lodos residuales se realizaron en países como Chile temas como: Valorización de lodos provenientes de tratamiento de aguas servidas como mejorador de suelos degradados (ACEVEDO H, 2004) y Aplicación de lodo industrial crudo en la producción de

Lilium sp. en invernadero en México (TORRES-GONZÁLEZ Y ROBLEDO-TORRES, 2011); en el Perú por ende en Puno se realizaron algunas investigación con referente a la aplicación de lodos, es por cual el interés de la realización de la presente investigación. Esta investigación sera utilizada y/o aplicada en los viveros forestales familiares de la población tanto rural y urbana.

En este contexto se plantea como una alternativa viable y de solución el presente proyecto que es el Efecto de lodo residual de la planta de tratamiento de Puno en la producción de *Pinus radiata* D. en condiciones de vivero San Juan de Potojani; para lo cual nos planteamos las siguientes interrogantes para este proyecto:

¿Cuál será el efecto en la producción de ***Pinus radiata* D.** aplicando el lodo residual de la planta de tratamiento de espinar en fase de repique en condiciones de vivero San Juan de Potojani?

¿Cuánto incrementa la producción con la incorporación de lodo en la producción de ***Pinus radiata* D.**?

¿Cuál será la mejor dosis de lodo que se usaría para la producción de ***Pinus radiata* D.**?

¿Cuál será el costo de producción de ***Pinus radiata* D.**?

Los objetivos planteados fueron:

- Comparar la producción de ***Pinus radiata* D.** con la incorporación de lodo residual a diferentes proporciones a partir del testigo aumento de biomasa.
- Determinar la dosis optima de lodo residual aplicado para la producción de ***Pinus radiata* D.**
- Determinar el costo de producción.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del Pino

2.1.1. Origen del pino

FERNÁNDEZ y SARMIENTO (2004), considera que su nombre vulgar clásico es pino de Monterrey, nombre que hace referencia a la comarca californiana de Monterrey (Estados Unidos) de donde es originario. Aunque el nombre científico que se admite actualmente para esta especie es *Pinus radiata* D. Don, conoció otras denominaciones como *Pinus californiana* (incide de nuevo en su origen) o *Pinus insignis*.

2.1.2. Posición taxonómica

Según Engler citado por SOLANO, M. (2006), menciona que el pino taxonómicamente está ubicado de la siguiente manera:

Reino : Plantae

División : Pinophyta

Clase : Pinopsida

Orden : Pinales

Familia : Pinaceae

Género : Pinus

Especie : *Pinus radiata* D.

2.1.3. Características botánicas

Esta especie alcanza los 30-40 m de altura, con la corteza de color marrón rojizo u oscuro, poco grueso y algo agrietado. Se reconoce por sus acículas agrupadas de tres en tres, de 7 a 15 cm de largo. El crecimiento es estrictamente monopólico, con un eje principal ortótropo y ramificaciones secundarias regularmente espaciadas en falsos verticilos. Sus piñas son ovoideas, cortamente pedunculadas y muy asimétricas, de 7 a 15 cm de largo, con apófisis de las escamas externas muy prominentes y que permanecen largo tiempo cerradas en el árbol (LÓPEZ y SÁNCHEZ DE LORENZO, 2004).

El carácter serótino de las piñas constituye una adaptación al fuego, pues se abren rápidamente tras los incendios (FARJON, 2010).

El fenotipo es muy variable, en el mundo se han observado desde individuos vigorosos con fuste recto, copa densa, redondeada e irregular, hasta poblaciones de árboles bifurcados, encorvados, con madera nudosa y otros defectos (SIERRA *et al.*, 1994).

a) Raíz

El pino posee un sistema radical potente con raíces laterales bien desarrolladas y muy extendidas. ZAS (2008), citó el hallazgo de un árbol cuyas raíces laterales se extendían 20 m. desde su base. FAO (1985), indica que las raíces superficiales se extienden por la capa de acículas más que lo hacen la mayoría de los pinos.

b) Tallo

Erectos, con fisuras corteza marrón grisácea en la parte inferior y rojo anaranjada o pardo rojizo en la parte superior y en las ramas. La ramificación es completa en los ejemplares más jóvenes, presentando una forma piramidal bien definida. A medida que se va haciendo mayor, va perdiendo las ramas de debajo quedando un tronco muy alto desnudo con unas pocas ramas en la parte superior que le da un aspecto más desgastado y con la copa más plana (BOTANICAL- ONLINE 1999)

c) Hojas

Hojas solitarias o agrupadas en fascículos en el extremo de ramas cortas o braquiblastos (ramas cortas con entrenudos próximos); simples, aciculares, lineares u oblongas, generalmente con canales resiníferos. (Killeen *et al.* ,1993) Sus hojas son verde – azuladas, de entre 3 y 8 cm de longitud, punzantes; hojas jóvenes doblemente alargadas y dispuestas en grupos de 3 o 4 (BOTANICAL-ONLINE 1999).

d) Estróbilos

Unisexuales; los estróbilos masculinos amentiformes, solitarios o agrupados, con numerosas escamas espiraladas, llevando cada una dos sacos polínicos en la cara inferior, los femeninos, solitarios sésiles o con pedúnculos corto, frecuentemente grandes, redondos o alargados, con muchas escamas biovuladas en la cara superior, protegidas por brácteas a veces muy desarrolladas (KILLEEN *et al.*, 1993).

Las flores masculinas y femeninas nacen por separado en el mismo árbol y aparecen durante la primavera y principios del verano. Las flores masculinas de color amarillas o rojizas ocurren en grupos de amentos cilíndricos, son pequeñas, verde a púrpura donde generalmente están cerca de las puntas de los brotes nuevos (FARJON, 2010).

e) Fruto

Los conos son color marrón, miden de 5 a 21 cm de largo y de 2,5 a 10 cm de ancho, sus pedúnculos son cortos y algunas veces permanecen en el árbol por varios años. Cada cono contiene aproximadamente 200 semillas de color gris-pálido a negro con alas grandes (LAMPRECHT, 1990).

SIERRA *et al.*, (1994), indican que la apertura de conos se da entre agosto y octubre, y la dispersión de semillas de octubre a noviembre, Los conos son serótinos y persistentes, la mayor producción de semillas se da en árboles de 15 a 20 años de edad.

f) Semilla

Las semillas de *P. radiata* son aladas de hasta 4 mm de longitud de color negro grisáceo, miden de 0,5 – 0,7 cm de largo, con alas de 2 cm de largo. Semillas con un ala unilateral, articulada o soldada a la testa. (KILLEEN *et al.*, 1993).

2.2. Vivero Forestal

ALEMÁN *et al.* (2005), indican que un vivero forestal es un área destinada a la producción de plantones de las más variadas especies, en condiciones favorables a través de diferentes métodos, independientemente del destino final de los plantines, con el fin de obtener plantines de calidad.

2.3. Manejo del vivero

2.3.1. Elección del Sitio para Establecer un vivero

Para la selección deben considerarse: factores tales como la fertilidad y la textura del suelo, disponibilidad de agua, aireación y drenaje afectarán las tasas de crecimiento y la calidad de los plantines (PÉREZ y BARROSA, 1993).

2.3.2. Preparación del terreno

La preparación del suelo depende de las condiciones de sitio, pueden ser: eliminación del arbolado, desmalezamiento, barbecho y rastra con estas actividades se tendrá una mayor supervivencia de las plántulas, menor problema de plagas, crecimiento inicial más rápido y un aumento general en la calidad de los árboles (PÉREZ y BARROSA, 1993).

2.3.3. Desinfección del sustrato

GALLOWAY y BORGIO (1985), menciona que para prevenir el ataque de la chupadera hay que desinfectar el sustrato antes de cada siembra. Para ello se aplica una mezcla de 250cm³ de formalina (formol) al 40%, en 15 litros de agua para 3 m² de almacigo, cubriendo bien el suelo con plástico durante unas 48 horas. Luego de quitar la cubierta se puede sembrar la semilla cuando el olor de la formalina haya desaparecido, lo que pueda ocurrir a las 48 de su aplicación. El mismo autor indica que luego de la germinación, si aparece algún foco de infección de “dumping-off”, se le puede controlar con aplicaciones alternadas cada 15 días (según la intensidad de infestación) de tecto 60 con cupravit al 3% y rhizoctol-P al 0.3%.

2.3.4. Métodos de siembra

ARRIAGA *et al.* (1994), menciona que la siembra puede realizarse directamente en envases individuales, o por almácigo. Cuando la siembra es directa se sugiere sembrar 2 semillas por envase.

SIERRA *et al.* (1994), indica que la siembra puede realizarse al aire libre o en invernadero, el uso de este último reporta un adelanto de varias semanas en el desarrollo de la planta, pero a cambio de una deuda temporal en vigor, por lo que la planta debe ser aclimatada antes de su plantación en campo.

2.3.5. Época de siembra

En las comarcas en las que se registran fuertes heladas en invierno, tal y como ocurre en el interior de Lugo, es preferible plantar a principios de primavera. En las comarcas con sequía en verano es conveniente plantar con las primeras lluvias de otoño SIERRA *et al.* (1994).

2.3.6. Espaciamiento

ARRIAGA *et al.* (1994), el cultivo en viveros se realiza en semilleros con surcos distanciados entre 50 y 60 mm, a una profundidad de 3 a 6 cm. Después de seis meses las plántulas se pueden repicar a la almaciga o bien a contenedores. El mismo autor indica que a la edad de 1 o 2 años el material es plantado con un distanciamiento de 1.5 *1.5 hasta 3*3, según el sitio y los objetivos que se persiguen.

2.3.7. Características del sustrato

ARRIAGA *et al.* (1994), menciona que el sustrato de los envases debe presentar consistencia adecuada para mantener la semilla en su sitio, el volumen no debe variar drásticamente con los cambios de humedad, textura media para asegurar un drenaje adecuado y buena capacidad de retención de humedad. Fertilidad adecuada, libre de sales y materia orgánica no mineralizada. Cuando el sustrato es inerte una mezcla 55:35:10 de turba, vermiculita y perlita o agrolita, es adecuada para lograr buenas condiciones de drenaje.

SIERRA *et al.* (1994), menciona que se ha utilizado con éxito una mezcla de tierra de monte, rica en micorrizas, con arena de río en una proporción 7:3, respectivamente.

2.3.8. Preparación del sustrato

OLIVA *et al.*, (2014), manifiestan lo siguiente:

- Los componentes que forman el sustrato son zarandeados por componente en forma separada, para extraer o eliminar las piedras y/o elementos ajenos al componente.
- Se procede a la mezcla de los componentes zarandeados cuyas proporciones se encuentran en función a la necesidad del sustrato. Las proporciones más usadas son 2:1:1/3 (Tierra Negra: Arena: Materia Orgánica), es decir dos carretilladas de tierra negra, una de arena y un tercio de carretillada de abono orgánico, otra es la proporción de 3:2:1(TN: A: MO), las proporciones varían en función al componente, así podemos mencionar si la tierra negra es arenosa, el componente arena disminuye en proporción y viceversa o se elimina, de igual manera si la tierra negra contiene buen porcentaje de materia orgánica se disminuye la proporción del componente orgánico o se elimina este componente.
- La desinfección del sustrato formado, esto se realiza para eliminar huevos y larvas de insectos, matar gusanos, prevenir ataque de hongos, eliminar semillas de malezas, etc., utilizando diferentes medios, una de las más utilizadas es echar agua hirviendo al sustrato, regando con lejía diluida en agua, o agregando otros productos químicos.

Un sustrato de buena calidad tiene las siguientes características: es liviano, permite que el agua drene fácilmente; el agua no se estanca en su superficie; es rico en nutrientes, que le dan a las hojas de los plantones un color verde oscuro, y debe estar libre de patógeno

2.3.9. Embolsado

OLIVA *et al*, (2014), manifiestan lo siguiente:

Esta actividad consiste en llenar las bolsas de polietileno con el sustrato formado, labor realizada manualmente, este proceso consiste en llenar la bolsa con el sustrato poco a poco, aplicando golpecitos a la bolsa contra el suelo, para que el sustrato se distribuya sin dejar espacios vacíos, asegurando una buena distribución y lograr la rigidez deseada, compactando la bolsa con la ayuda de una pequeña presión con los dedos, pero sin que esta presión sea demasiado fuerte que la haga demasiado compacta, lo que originaría el rompimiento de la bolsa durante el repique. Por último, se coloca el sustrato embolsado ordenadamente en las camas.

La calidad del sustrato es más importante que el tamaño de las bolsas, las bolsas pequeñas requieren menos sustrato y se trasladan al campo con mayor facilidad; hay que colocarlas, sin embargo, bien espaciadas en el vivero. Se deben llenar completamente con sustrato para evitar que sus bordes colapsen dentro de ellas; cuando esto ocurre, el agua de riego no llegará al plantón.

Las bolsas se acomodan así en el vivero: se prepara camas con varas y ladrillos y se coloca en ellas las bolsas en hileras rectas, cuidando de que no caigan al suelo más adelante. Las camas tendrán 1.5 metros de ancho como máximo y la longitud que se requiera, el ancho nos permitirá llegar fácilmente a todas las bolsas para depositar las semillas o realizar el repique, como también retirar las malezas. Entre cama y cama debe haber, al menos 50 centímetros para poder caminar entre ellas con facilidad.

2.3.10. Siembra o almacigado

OLIVA *et al*, (2014), manifiestan lo siguiente:

El tipo de siembra consiste de dos formas, cuando las semillas son pequeñas se emplea el método al Voleo, tomando una porción de semillas en la mano y procediendo a su distribución en forma lineal a lo largo de la cama de almacigo, realizando el tapado de las semillas con el mismo sustrato, para semillas de

tamaño medianas a grandes, la siembra es directa, se realiza una por una en forma directa y lineal, a un distanciamiento pre establecido, de 2 a 2.5 centímetros entre semillas. En esta etapa, la semilla que germina necesita sombra y humedad, no debemos permitir que se seque el sustrato, tampoco regar en exceso, ya que podríamos ocasionar que las semillas se pudran fácilmente.

2.3.11. Repique

OLIVA *et al*, (2014), manifiestan lo siguiente:

Consiste en trasplantar las plantitas de los almácigos a las bolsas de polietileno llenas de sustrato. El momento oportuno del repique, para algunas especies es al mes de realizado la siembra de semillas.

Otro indicativo para proceder al repique es cuando la plantita cuente con dos hojas verdaderas. Para semillas grandes el repique se realiza cuando la plantita cuenta con 4 hojas verdaderas o 10 centímetros de altura.

El repicado se recomienda realizarlo en días nublados, por las mañanas o tardes, para proceder a ello, previamente se realiza un riego a las camas de almacigo, para que suelte el sustrato las raíces sin producir daños a la raíz, a continuación, con un elemento adecuado tal como un clavo grande u otro instrumento se afloja el sustrato con mucho cuidado para no causar daño a la raíz de la plantita, después, se procede a extraer las plantitas y el acopio se realiza en un recipiente con agua o lodo (mezcla de agua con tierra), operación que debe ser realizada bajo sombra, a fin de evitar la pérdida de humedad de la plantita.

Acá se hace una primera selección, desechando las plantitas muy pequeñas, bifurcadas o defectuosas y enfermas.

Para proceder al repicado de las bolsas, se utiliza un repicador (palo pequeño), para hacer un hoyo profundo y ancho en la parte céntrica de la bolsa.

Se coloca las plantitas en el hoyo, evitando que queden espacios vacíos, lo que originaría el acumulamiento de agua causando la pudrición de la raíz, también se debe evitar que la raíz entre doblada. Por último, realizar un riego a las plantas repicadas.

2.3.12. Labores culturales

OLIVA *et al*, (2014), manifiestan lo siguiente:

- **Riegos.** El riego debe ser aplicado con un regador o equipo de ducha fina, para que el agua caiga en forma suave, evitando lo que ocurre cuando el riego se realiza con envases o equipos inadecuados, que el chorro de agua caiga con fuerte impacto, ocasionando el lavado del sustrato y con ello se extraiga la semilla fuera del almacigo, o exponga la raíz de la plantita al descubierto. El riego debe ser realizado con equipo de ducha fina, pero con suficiente cantidad de agua para que llegue hasta la raíz y no sea un riego superficial.
- **Deshierbo.** Durante la permanencia de las semillas en las camas de almácigos hasta la germinación de estos y durante el crecimiento de las plantitas en las camas de repique, se da la presencia de plantas invasoras que compiten por los nutrientes y por agua con la plantita deseada, por lo que se debe eliminar esta maleza en forma oportuna. No esperar que se desarrolle mucho ya que ello origina que sus raíces se entrecrucen con las de la plantita y al ser extraídas dañen las raíces. En la etapa de maduración las plantas formaran un tallo leñoso. Si los plantones están muy juntos, serán altos. Cuanto mayor sea la distancia entre los plantones, más robustos serán al final de esta etapa. Las plantas se deben mantener a pleno sol, aunque se sequen ocasionalmente; esto les ayudará prepararse para la “vida dura” en el campo. Las plantas no deben dejarse de un año para otro, porque crecerán en exceso, las raíces perforarán la bolsa y se introducirán por el suelo.
- **Remoción.** La remoción consta en cambiar de lugar las bolsas con plantas en las camas de repique, con la finalidad de que las raíces no penetren en el fondo de la cama, y las plantas se vuelvan suculentas, también se aprovecha de esta labor para separar las bolsas sin plantas, para agrupar las plantas por

tamaño, colocando las más grandes al centro de las camas y las más pequeñas a los costados, asimismo, ayudan a lignificar o endurecer las plantas.

- **Manejo y tiempo en vivero.** Los plántones deben permanecer en el vivero hasta alcanzar una altura de 25 a 30 cm. Para evitar que los plántones enraícen en el suelo, se recomienda colocar un plástico en el piso y en caso necesario realizar la poda de raíz. Cuando los plántones alcancen el tamaño adecuado, se debe retirar la malla de sombra y ampliar la frecuencia de riegos, con el propósito de que los plántones se lignifiquen (más leñoso) y se aclimaten a las condiciones ambientales similares a las del sitio de plantación.

- **Agoste.** Permite ir manejando la sombra y el agua, retirando poco a poco de la sombra hasta dejar los plántones expuestos al sol. También se va espaciando el agua de riego, pero no quitándole totalmente, sino darle lo necesario, de este modo se van endureciendo los tejidos de las plantas, se va lignificando los tallos y preparando a la planta para el estrés que sufrirá cuando sea instalado en campo definitivo.

- **Selección.** En la selección de los plántones se debe tener cuidado la sanidad, conformación, eliminando aquellos plántones que están enfermos, mal formados, torcidos, con ramificaciones, sin yema terminal, con ataque de plagas, dejando seleccionados para su transporte a campo definitivo, por lo que la calidad de los plántones es un punto determinante para establecer con éxito una plantación en campo definitivo.

2.4. Lodos residuales

TORRES (2010), menciona los lodos o fangos vienen a ser aquellos subproductos resultantes de los procesos de tratamiento de las estaciones depuradoras de aguas residuales. Los cuales son de gran importancia ya sea por el volumen obtenido y que se incrementa con el incremento de la población, así como por ser una fuente potencial de la materia orgánica, el inadecuado manejo será un grave problema. Los lodos provienen ya sea de las lagunas o de las plantas depuradoras, siendo el volumen mayor de producción de lodos en las plantas depuradoras, debido principalmente al

tiempo de retención. Salvo en los procesos de aireación prolongada, tanto los lodos del tratamiento primario como los del secundario requieren de un posterior tratamiento (digestión) para su reusó.

2.4.1. El lodo y su acción sobre el suelo agrícola

WOO REZA, (2003) en su estudio de viabilidad de la aplicación de lodos activados en suelo para el cultivo de maíz y nopal, menciona los lodos en la producción de cultivos pueden proporcionar los elementos esenciales para el desarrollo de las plantas, que son ricos en materia orgánica añadiendo cantidades suficientes pueden mejorar los requerimientos nutricionales de los cultivos pero una excesiva o mala aplicación de estos pueden ocasionar problemas con metales pesados, en donde el propósito de su estudio fue evaluar la viabilidad en la aplicación de lodos activados en los cultivos de maíz y nopal tanto en forma líquida como deshidratada y en diferentes dosis y observar la concentración de cadmio, plomo, níquel y zinc en diferentes partes de la planta para el cual se establecieron dos experimentos, el primero en terrenos de la planta de tratamiento de aguas residuales de los nombres de agua y drenaje de Monterrey, en el ciclo otoño – invierno 1998, el segundo en el campo experimental de la facultad de agronomía de la UANL (Universidad Autónoma de Nuevo León), en el ciclo invierno-primavera 2000.

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar para ambos experimentos. Del estudio se deriva que la utilización de lodos activados en cantidades no excesivas y controladas no se presentan problemas de metales pesados como cadmio, plomo, níquel y zinc, tanto en la planta como en el suelo. Lo cual disminuye el riesgo de contaminación y de daño a la salud del ser humano. Los componentes vegetativos presentaron una buena respuesta entre los tratamientos. En el caso de Maíz la dosis de 8 Tn/Ha de lodo líquido y para nopal la de 4 Tn/Ha de lodo deshidratado, fueron la de mejor comportamiento y en cuando a metales pesados no rebasaron los límites permisibles de la EPA (Agencia de Protección Ambiental).

TORRES, (2010) Indica que los lodos se caracterizan por presentar un alto contenido de materia orgánica y nutrientes por lo que su aplicación al suelo proporcionará estos nutrientes. La Materia Orgánica (MO) varía de 40 a 80% de la Materia Seca (M.S). Cuánto de M. O. ¿Aportan los lodos de una ciudad? Si un habitante produce en promedio 0.1 Kg lodo (materia seca) y lo multiplicamos por el número de habitantes por esta referencia tendríamos en Puno que tiene una población de 141064 (INEI 2015) habitantes, donde se produciría 141,064 TM/día, el contenido de materia orgánica que es el 50% sería 70,532 TM/día de Materia orgánica. Si aplicamos las 70,532 Toneladas., alcanzaría para elevar de 1 a 3 % el contenido de M.O., en 1.49 Hectáreas, es decir, incorporamos 1.49 Hectáreas diarias y con potencial agrícola, al año tendríamos 544 Hectáreas con potencial agrícola, es decir que no solo aportamos M.O. base para las actividades biológicas del suelo, sino además elementos nutritivos para las plantas.

2.4.2. El uso de lodos como aporte de nutrimentos

BROADBENT, (1973) mencionó que el lodo tratado contiene N orgánico e inorgánico disponible para la planta, la proporción es relativa dependiendo de los procesos, aeróbicos o anaeróbicos de los lodos. Sin embargo, LINDEN (1983) comentaron que en la digestión anaeróbica del lodo líquido, la oxidación microbiana de los materiales orgánicos es incompleta, el N amoniacal es esencialmente en células microbianas. En la digestión aerobia, la oxidación microbiana es mayor y hay menos N orgánico residual que en la digestión anaeróbica. El N amoniacal esta sobre el 10% del N total en la digestión aeróbica en lodos y sobre un 30% del N total en digestión anaeróbica. Del mismo modo, cuando la digestión anaeróbica de los lodos es de aguas residual, parte del N amoniacal con el agua.

MARTINEZ, (1995) encontró algunos aspectos que requieren atención especial en utilización de residuos urbanos en la agricultura, entre ellos se consideran la mineralización y solubilización del nitrógeno (N), fosforo (P) y la tasa de solubilización del potasio (K) y de los metales en nuestras condiciones edafoclimáticas (efectos de la temperatura, el riego, la lluvia, labores, etc) así

como los efectos de los residuos urbanos sobre la producción Agrícola, calidad de la cosecha y composición de los residuos de cosecha y calidad de suelo.

CRISTOBAL y HEROS (1997), encontraron que el contenido de materia orgánica en los lodos es similar al de los estiércoles tradicionales, siendo ricos en N y P; por otra parte, es por ello que se utilizara los lodos como sustrato en la producción de *Pinus radiata*, por otra parte se ha comprobado que el lodo se comporta como fertilizante de liberación lenta, minimizándose con su uso la contaminación de aguas subterráneas por los nitratos de origen agrícola, fenómeno indeseable que ocurre con la práctica de fertilización química intensiva.

CÁRDENAS *et al.*, (2004) concluye en su estudio de evaluación de la influencia de la fertilización y aplicación de lodos residuales sobre la bioremediación de suelos contaminados con hidrocarburos se realizó un ensayo en laboratorio el cual consistió de seis tratamientos: Tratamientos 1, 2 y 3 con proporciones de lodo de 0%, 30% y 70%, respectivamente y Tratamientos 4, 5 Y 6 con proporciones de lodo de 0%, 30% Y 70%, respectivamente y con fertilizante. Los experimentos tuvieron una duración de tres meses, determinándose periódicamente: heterótrofos mesófilos, concentración de hidrocarburos, porcentaje de remoción de hidrocarburos, nitrógeno, fósforo, materia orgánica, pH, humedad, porcentajes de saturados, aromáticos, resinas y asfáltenos. Los resultados indicaron que se obtuvo una remoción de hidrocarburos de 14,64%; 41,98%; 53,19%; 38,47%; 47,46% y 62,68%; en los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5 y 6, respectivamente. Las fracciones de hidrocarburos presentaron una transformación parcial de resinas en aromáticos, una degradación parcial de asfáltenos y la degradación casi total de saturados. De este estudio se puede concluir que los lodos residuales y la fertilización ejercieron una influencia muy significativa sobre la eficiencia de la biorremediación del suelo contaminado con hidrocarburos.

MUJICA, *et al.*, (2015) menciona que los lodos al ser tratados se pueden disponer adecuadamente, utilizándolos como acondicionador de suelos por

sus potenciales concentraciones de nutrientes como son: fósforo, nitrógeno, hierro, manganeso y zinc, los mismos que pueden ser de gran utilidad en el área agrícola, pues el nitrógeno es indispensable para la vida de las plantas, particularmente cuando se desea favorecer el desarrollo de hojas, por lo tanto es de gran valor para fertilizar pastos y lechugas. El fósforo es vital para muchas de las etapas de desarrollo en vegetales; ya que acelera la madurez y fortalece las raíces; también aumentan su capacidad de retención de agua, mejorando la calidad del cultivo, haciendo posibles las labores agrícolas en suelos pesados, además que disminuyen la erosión de los mismos.

MAÑAS, *et. al.*, (2015) mencionan que al utilizar lodos de una depuradora como abono de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L), y ser comparado con testigos sometido a abono estándar, se duplica el peso individual de la planta, lo que se traduce en una duplicación del rendimiento por hectárea. Desde el primer muestreo las plantas abonadas con lodos tienen un crecimiento significativamente mayor en altura respecto a las plantas de las parcelas testigo. Esta diferencia aumenta a lo largo de la evolución del cultivo, hasta que finalmente en el muestreo previo a la recolección, la altura de las plantas que han dispuesto de 60.000 kg/ha de lodos de depuradora es significativamente mayor que el resto, no siendo muy marcada la diferencia entre las dosis intermedias de 20.000 y 40.000 kg/ha. La cantidad de metales pesados en el tejido vegetal aumenta a medida que la dosis de fango aplicada es mayor.

HENRIQUEZ, (2011) En su estudio de análisis de la utilización de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAR) con un enfoque de sistema. Se entrega información relevante y resultados generados de experiencias de terreno por diferentes instituciones públicas (INIA, Universidad de Chile y SAG) sobre la aplicación de lodos en suelos, considerando al lodo tratado como un mejorador de suelos o como un complemento a la fertilización. Dichos estudios determinan su aplicabilidad en la agricultura. Las experiencias de aplicación de lodos en suelos evidencian efectos positivos sobre las propiedades físicas de los suelos, como la

disminución de la densidad aparente y un incremento de la retención de agua. También se mejoran las propiedades químicas, por el aporte de materia orgánica y nutriente. No obstante, algunos estudios señalan efectos negativos por la aplicación de lodos, como una acumulación de elementos trazas metálicos (ETM), tanto en suelos (zinc y cobre) como en tejidos vegetales (zinc en granos de trigo). También, se señala un aumento de la conductividad eléctrica (salinidad) de los suelos. Este estudio determina para la provincia de Melipilla una superficie potencialmente apta para la recepción de lodos de 140.000 hectáreas. Se concluye que los lodos generados en PTAR pueden aplicarse en agrosistemas sin provocar efectos ambientales adversos, siempre y cuando se consideren criterios mínimos adicionales a los exigidos por la normativa vigente. Además, la aplicación es una alternativa económicamente beneficiosa en comparación a una disposición final en monorellenos o rellenos sanitarios.

2.4.3. Cambios en la productividad del suelo asociados a un aumento de materia orgánica

ACEVEDO H, (2004) menciona que el manejo de la MO, incluyendo el uso de los residuos de cosecha y abonos orgánicos, es considerado un factor fundamental para la mantención de la calidad del suelo, su productividad sustentable, y su capacidad para secuestrar carbono. Se ha estimado para un suelo franco de las Grandes Planicies en USA que un aumento de 1 T/ ha^{-1} de MO en los primeros 30 cm del suelo fue equivalente a un aumento en productividad de 15 kg/ ha en granos de trigo. La adición de enmiendas orgánicas, sin embargo, aunque mejorara la productividad del suelo, no elimina la necesidad de fertilizar, debido a las grandes cantidades de nutrientes que se requieren para obtener un retorno económico.

2.4.4. Lodos provenientes de plantas de tratamiento

ACEVEDO H, (2004) Indica que la calidad de los lodos provenientes de las PTAS depende del diseño de la planta procesadora del tipo de agua residual y del clima. Los lodos se caracterizan por tener un alto contenido de MO, macro y micro nutrientes. El destino de estos lodos puede ser cuerpos de agua,

incineración, rellenos sanitarios y, como una alternativa en aumento, la enmienda de suelos agrícolas, que es lo que se discute en este informe. Se utilizaron lodos clase B, o aquellos aptos para aplicación benéfica al suelo, con restricciones sanitarias de aplicación según tipo y localización de los suelos o cultivos.

2.4.5. Tipos de lodos

Depende del nivel de tratamiento de las aguas residuales (MARTÍNEZ, 2007):

- **Lodos de decantación primaria:** provenientes de decantación primaria son generalmente de consistencia limosa y color de marrón a gris, volviéndose sépticos y dando mal olor con gran facilidad.
- **Lodos de precipitación química:** son generalmente de color negro y su olor, aunque puede llegar a ser desagradable, es menor que los de decantación primaria típica y la velocidad de descomposición de los lodos es mucho menor.
- **Lodos de tratamiento secundario:** son de color marrón, relativamente ligeros, y por estar bien aireados en el caso general, no suelen producir olor con tanta rapidez como los fangos primarios; por no estar suficientemente aireados, su color se oscurece y producen un olor tan fuerte como el lodo primario.
- **Lodos provenientes de lechos bacterianos:** color marrón y no producen olores molestos si están frescos; se degradan a una velocidad menor que los lodos procedentes del sistema secundario de lodos activados, salvo en el caso de que contengan una preponderancia de organismos superiores (por ejemplo, gusanos), en cuyo caso pueden llegar a dar malos olores muy rápidamente.
- **Lodos digeridos:** color entre marrón oscuro y negro, y contienen cantidades relativamente grandes de gas, si está bien digerido prácticamente no produce olor o produce un olor relativamente débil que no es desagradable.

Tabla 1. Componentes de lodos urbanos por tipo tratamiento dentro de la planta de tratamiento.

LODOS URBANOS			
COMPONENTES	PRIMARIOS	SECUNDARIOS	DIGERIDOS
Contenido de agua (%)	92 - 96	97,5 - 98	94 - 97
SSV (% SS)	70 - 80	80 - 90	55 - 65
Grasas (% SS)	12 - 16	3 - 5	4 - 12
Proteínas (% SS)	4 - 14	20 - 30	10 - 20
Carbohidratos (% SS)	8 - 10	6 - 8	5 - 8
PH	5,5 - 6,5	6,5 - 7,5	6,8 - 7,6
Fósforo (P) (% SS)	0,5 - 1,5	1,5 - 2,5	0,5 - 1,5
Nitrógeno (N) (% SS)	2 - 5	1 - 6	3 - 7
Bacterias patógenas (Nº por 100 ml)	103 - 105	100 - 100	10 - 100
Organismos parásitos (Nº por 100 ml)	8 - 12	1 - 30	1 - 3
Metales pesados (% SS)	0,2 - 2	0,2 - 2	0,2 - 2
Cantidad de fango (l/hab.d)	0,70	1,70	0,90

Fuente: Dr. Eduardo Torres Carranza (2002)

Tabla 2. Caracterización y composición de lodos.

<i>Parámetros</i>	<i>Lodos primarios</i>	<i>Lodos secundarios (mezcla)</i>	<i>Lodos digeridos</i>
pH	5.5-6.5	6.5-7.5	6.8-7.6
Contenido de agua (%)	92-96	97.5-98	94-97
ssv (%ss)	70-80	80-90	55-65
Grasas (%ss)	12-14	3-5	4-12
Proteínas (%ss)	4-14	20-30	10-20
Carbohidratos (%ss)	8-10	6-8	5-8
Nitrógeno (%ss)	2-5	1-6	3-7
Fósforo (%ss)	0.5-1.5	1.5-2.5	0.5-1.5
Bacterias patógenas (NMP/100ml)	10 ³ -10 ⁵	100-1000	10-100
Metales pesados (%ss) (Zn, Cu, Pb)	0.2-2	0.2-2	0.2-2

Fuente: Hernández M. A, 2002.

2.5. Estándares de Calidad Ambiental para Suelo (ECA)

N°	Parámetros	Usos del Suelo			Método de ensayo
		Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Parques	Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivos	
I Orgánicos					
1	Benceno (mg/kg MS)	0,03	0,03	0,03	EPA 8260-B EPA 8021-B
2	Tolueno (mg/kg MS)	0,37	0,37	0,37	EPA 8260-B EPA 8021-B
3	Etilbenceno (mg/kg MS)	0,082	0,082	0,082	EPA 8260-B EPA 8021-B
4	Xileno (mg/kg MS)	11	11	11	EPA 8260-B EPA 8021-B
5	Naftaleno (mg/kg MS)	0,1	0,6	22	EPA 8260-B
6	Fracción de hidrocarburos F1 (C5-C10) (mg/kg MS)	200	200	500	EPA 8015-B
7	Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28) (mg/kg MS)	1 200	1 200	5 000	EPA 8015-M
8	Fracción de hidrocarburos F3 (C28-C40) (mg/kg MS)	3 000	3 000	6 000	EPA 8015-D
9	Benzo(a) pireno (mg/kg MS)	0,1	0,7	0,7	EPA 8270-D
10	Bifenilos policlorados - PCB (mg/kg MS)	0,5	1,3	33	EPA 8270-D
11	Aldrin (mg/kg MS) ⁽¹⁾	2	4	10	EPA 8270-D
12	Endrín (mg/kg MS) ⁽¹⁾	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
13	DDT (mg/kg MS) ⁽¹⁾	0,7	0,7	12	EPA 8270-D
14	Heptacloro (mg/kg MS) ⁽¹⁾	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
II Inorgánicos					
15	Cianuro libre (mg/kg MS)	0,9	0,9	8	EPA 9013- A/APHA-AWWA- WEF 4500 CN F
16	Arsénico total (mg/kg MS) ⁽²⁾	50	50	140	EPA 3050-B EPA 3051
17	Bario total (mg/kg MS) ⁽²⁾	750	500	2 000	EPA 3050-B EPA 3051
18	Cádmio total (mg/kg MS)	1,4	10	22	EPA 3050-B EPA 3051
19	Cromo VI (mg/kg MS)	0,4	0,4	1,4	DIN 19734
20	Mercurio total (mg/kg MS)	6,6	6,6	24	EPA 7471-B
21	Plomo total (mg/kg MS) ⁽²⁾	70	140	1 200	EPA 3050-B EPA 3051

DECRETO SUPREMO N° 002-2013-MINAM

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) DIN: German Institute for Standardization MS: materia seca a 105 C°, excepto para compuestos orgánicos y mercurio no debe exceder 40 °C, para cianuro libre se debe realizar el secado de muestra fresca en una estufa a menos de 10 °C por 4 días. Luego de secada la muestra debe ser tamizada con malla de 2 mm. Para el análisis se emplea la muestra tamizada < 2mm. Nota 1: Plaguicidas regulados debido a su persistencia en el ambiente, en la actualidad está prohibido su uso, son Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP). Nota 2: Concentración de metales totales.

2.6. Estimado Económico

LÓPEZ, Y LÓPEZ (1986), mencionan que el procedimiento para determinar el rendimiento económico por sistema de labranza, se adopta la metodología siguiente.

Costo total (CT).

$$CT = CD + CI$$

Dónde:

CD= costo directo.

CI = costos indirectos.

Relación beneficio costo (B/C).

$$BC = IN/CT$$

Dónde:

IN= Ingreso neto.

CT= c total.

Ingreso total (IT).

$$IT = P \times Q$$

Dónde:

P = Precio de avena.

Q = Rendimiento.

Índice de rentabilidad (IR).

$$IR = IN/CT \times 100$$

Donde:

IN = Ingreso neto.

CT = Costo total.

Ingreso neto (IN).

$$IN = IT - CT$$

Dónde:

IT = Ingreso total.

CT= Costo total.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en vivero San Juan de Potojani del distrito de Chucuito provincia de Puno; a una altitud de 3 820 msnm., a Latitud Sur 15° 56'24" y longitud Oeste 69°53'09" del Meridiano de Greenwich.

3.2. Extensión

- **Dimensiones del invernadero**
- **Campo experimental:** con una longitud de largo de 9.00 m y 6.00 de ancho con un área total de 54.00 m².
- **Duración:** Se inició en el mes de setiembre del 2015 y se culminó en el mes abril del 2016, haciendo un total de siete meses.

3.3. Material experimental

3.3.1. Del Material Vegetal

Para la realización del presente trabajo de investigación se empleó plantines de *Pinus radiata D.* de un mes después de la siembra.

3.1.2. Del lodo

El lodo fue extraído de la laguna de oxidación de espinar de Puno que es el producto de los desechos orgánicos e inorgánicos de la ciudad de Puno, el cual se hizo secar a temperatura ambiente expuesto a radiación solar. El cual se utilizó a los días que mantenga un peso constante.

3.4. Metodología del uso de lodos

El método de aplicación de lodos se realizó con la finalidad de un buen uso y una cantidad de lodos junto al con el sustrato, que contribuirá a la producción de *Pinus radiata D.*

En las características físicas del lodo presento una humedad de (10% – 20% rango), paso por un tamizado de 2mm, en cada bolsa de polietileno de repique

contiene kilogramos de lodo más kilogramos de tierra arable (haciendo un total de 1 Kilo). Dichos tratamientos fueron de la siguiente manera:

Proporciones de uso de lodos (% = masa)

- Tierra arable o sustrato 100%.
- Lodo 20% + tierra arable (sustrato) 80%.
- Lodo 40% + tierra arable (sustrato) 60%.
- Lodo 60% + tierra arable (sustrato) 40%.
- Lodo 80% + tierra arable (sustrato) 20%.
- Lodo 100%.

3.5. Factores de estudio

Los factores en estudio considerados serán:

VARIABLE DEPENDIENTE

- Factor Producción de *Pinus radiata* D.
- Altura de la plántula por tratamiento
- Desarrollo foliar del ápice por tratamiento
- Tamaño de raíz por planta
- Mortandad de plántulas por tratamiento

VARIABLE INDEPENDIENTE

Factor Lodo (% = MASA)

- Lodo 20% + tierra arable (sustrato) 80% D1.
- Lodo 40% + tierra arable (sustrato) 60% D2.
- Lodo 60% + tierra arable (sustrato) 40% D3.
- Lodo 80% + tierra arable (sustrato) 20% D4.
- Lodo 100% D5.

3.6. Distribución de tratamientos

La combinación de los factores en estudio, dan lugar a los tratamientos, que se presenta en el cuadro siguiente:

Tabla 3. Combinación de tratamientos

TRATAMIENTOS	CULTIVO	DOSIS
T1	PINUS RADIATA	Lodo 20% + tierra arable 80%. D1
T2	PINUS RADIATA	Lodo 40% + tierra arable 60%. D2
T3	PINUS RADIATA	Lodo 60% + tierra arable 40%. D3
T4	PINUS RADIATA	Lodo 80% + tierra arable 20%. D4
T5	PINUS RADIATA	Lodo 100% + tierra arable 0%. D5
T6 Testigo	PINUS RADIATA	Lodo 0% + tierra arable 100%. D6

Fuente: Elaboración propia

3.7. Diseño experimental

En el presente experimento se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), con seis tratamientos (cada tratamiento fue de 135 plantines), tres repeticiones (cada repetición fue de 45 plantines), por lo que se tiene 18 unidades experimentales; haciendo un total de 810 platines.

Tabla 4. Esquema del análisis de varianza:

Fuentes. de V.	Grados de libertad
Entre tratamientos	$t-1=(6-1) = 5$
Error experimental	$t(r-1) = 6(3-1) = 12$
Total.	$tr-1= 6*3-1 = 17$

Fuente: Elaboración propia

En caso de salir significativo o altamente significativo en los tratamientos se procederá con uso de las Pruebas de significación de Tukey ($\alpha = 5\%$) margen de error.

Siendo el modelo lineal aditivo el siguiente:

$$y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Dónde:

y_{ij} = Variable de respuesta observada en la unidad experimental ubicada en el j -ésimo unidad que recibe el tratamiento "i".

u = Constante para toda observación, es la medida de la población.

T_i = Es el efecto del tratamiento "i", el cual es igual a $(u_i - u)$, es decir, a la diferencia entre el promedio poblacional del tratamiento y la media poblacional.

e_{ij} = término que representa el error de su respectiva y_{ij} se considera variable aleatoria distribuida en forma normal e independiente con media cero y varianza constante.

3.5. Variables de respuesta

- Altura de la plántula por tratamiento (cm/plantines)
- Desarrollo foliar por plántula. (cm^2)
- Tamaño de raíz por planta (cm/plantines.)
- Mortandad de plántulas (%)
- Rentabilidad (%)

3.6. Observaciones a realizar

- Análisis de lodo
- Análisis de tierra arable (sustrato) fertilidad
- Datos meteorológicos de T° y humedad relativa

3.7. Duración

El presente trabajo de investigación tuvo una duración de 210 días en la fase de repique.

3.8. Conducción del experimento

a) De la Siembra de *Pinus radiata* D.

Para la realización del presente trabajo de investigación se adquirió plantines de *Pinus radiata* D. por tal razón se obviaré la etapa de la siembra.

b) Recolección de lodo:

En la recolección de lodo de la laguna de estabilización de Puno se siguió los siguientes pasos:

- Los materiales que se utilizaron fueron: Guantes quirúrgicos, máscaras antigás, palas, carretilla, pico, saquillos, envases, etc.
- Se recolectó lodo de la laguna de estabilización de Puno, aprovechando lo extraído de la planta de tratamiento, por la municipalidad, en donde los trabajadores de dicha planta extraen lodo para el buen funcionamiento de las turbinas, etc.
- Una vez recolectado el lodo se procedió al secado respectivo, en un área plana, del mismo lugar, donde se ubica la laguna de estabilización.
- Se hizo el respectivo triturado de lodo.
- Se tamizó por un tamiz de 2mm.
- Embolsado en saquillos para su posterior traslado.
- Así mismo se tomó la muestra respectiva para el análisis de laboratorio.

c) Preparación de sustrato del repique

Se utilizaron seis medios o sustratos:

- Tener listo el lodo de la laguna de oxidación de espinar Puno, para la combinación con el sustrato o tierra arable.
- Se recolectó la tierra arable (sustrato) del mismo vivero y se hizo la respectiva mezcla, en las proporciones de 5 partes de tierra arable y 2 partes de arena, para el cual se empleará, carretilla, pico, palas, zaranda.
- Tierra arable 100%: este sustrato se preparó solo con tierra arable la cual será cernida adecuadamente y se dispondrá a capacidad de campo.
- Lodo 20% + tierra arable 80%: este sustrato se preparó en una proporción de tierra arable al 80% y lodo 20%, que será cernida de forma adecuada y se dispondrá a capacidad de campo.
- Lodo 40% + tierra arable 60% este sustrato se preparó en una proporción de tierra arable al 60% y lodo 40% que será cernida de forma adecuada y se dispondrá a capacidad de campo.

- Lodo 60% + tierra arable 40% este sustrato se preparó en una proporción de tierra arable al 40% y lodo 60% que será cernida de forma adecuada y se dispondrá a capacidad de campo.
- Lodo 80% + tierra arable 20% este sustrato se preparó en una proporción de tierra arable al 20% y lodo 80% que será cernida de forma adecuada y se dispondrá a capacidad de campo.
- Lodo 100%: este sustrato se preparó solo de lodo sacado de la laguna de oxidación y realizando el tratamiento fue mediante el secado adecuado y posteriormente será cernida.
- Seguidamente se humedeció lo suficiente para acondicionar el repique.

d) Repique de *Pinus radiata* D.

Una vez obtenido las plantines de *Pinus radiata* D. se prepararon las camas de repique en el vivero de Potojani, para el cual se procedió a realizar las siguientes acciones:

1. Se realizó el embolsado en donde las bolsas deben ser llenadas completamente con las mezclas respectivas, con golpes de dos dedos y varias sacudidas rápidas sobre el suelo, las bolsas deben mantenerse verticales y redondas, no aplastarlas. Las bolsas para Pino son: 13 x 18 cm. bolsa con perforaciones para el drenaje, dos hileras de tres huecos.
2. El embolsado se realizó en un cantidad de 45 unidades por repetición es decir, con tierra arable o sustrato 100% 135 unidades, Lodo 20% + tierra arable o sustrato 80% 135 unidades, Lodo 40% + tierra arable o sustrato 60% 135 unidades, Lodo 60% + tierra arable o sustrato 40% 135 unidades, Lodo 80% + tierra arable o sustrato 20% 135 unidades y Lodo 100% 135 unidades; harán un total de 810 unidades de bolsas llenadas con los respectivos sustratos luego humedecer con riego las bolsas con los sustratos.
3. Una vez llenado u embolsado de los sustratos se procedió a realizar el respetivo trasplante o repique que es la extracción de las plántulas del almacigo y su trasplante a las bolsitas el cual se realizar después de 15 a 20 días de germinación o cuando las plántulas tuvieron de 2 a 4 hojas, antes del repique el almacigo se regó 1 hora antes de sacar las plantitas

como también antes de sacar las plantitas se aflojó el sustrato, luego se tomó a las plantitas por las hojas para ponerlas en un recipiente con agua sin exponerlas al sol, en la bolsas húmedas se hizo un hoyo con el repicador con el suficiente tamaño para introducir la raíz de forma vertical, luego de terminado el repique se rellenó el hoyo con sustrato y se puso en sombra con tinglado en la cama repicada.

e) Riegos

El primer riego se realizó inmediatamente después del repique para darle las condiciones necesarias a las plántulas.

El riego se realizó tres veces por semana hasta los dos meses y dos veces x semana al tercero y cuarto mes, una vez x semana quinto, sexto y séptimo mes. Con estos riegos aseguramos su oxigenación e inducimos a su potente crecimiento y desarrollo radicular.

Los riegos frecuentes se efectuaron de acuerdo a los requerimientos básicos y cantidad necesaria para la planta y mantener la capacidad de campo, en donde se mantuvo la humedad permanente en los sustratos.

f) Cosecha

Se realizó a los 7 meses después del repicado, donde se recolectó los plantones por cada tratamiento y para las evaluaciones respectivas para cada una de ellas.

3.9. Observaciones realizadas

3.9.1 Análisis de los tratamientos en estudio

En el Tabla 5, se observa el análisis de caracterización de los tratamientos en estudio, en donde se observa que los tratamientos 1 (Lodo 20% + tierra arable 80%), 2 (Lodo 40% + tierra arable 60%), 3 (Lodo 60% + tierra arable 40%), 4 (Lodo 80% + tierra arable 20%) y 6 (Tierra arable 100%) tienen suelo de textura “franco arenosa”, mientras que el tratamiento 5 (Lodo 100%), tuvo una textura “arena franca”.

Tabla 5. Análisis de fertilidad de los tratamientos en estudio

Nº	Trat.	Análisis mecánico				CO ₃ Ca	Mat. Org. (%)	N total %	pH	C.E. mmhos/cm	Nutrientes disponibles		CIC
		Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Textura						P (ppm)	K (ppm)	
1	T1=Lodo 20% + tierra arable 80%	64	8	28	Franco arenoso	0	1.99	0.08	6.92	1.021	9.7	678	13
2	T2=Lodo 40% + tierra arable 60%	63	8	29	Franco arenoso	0	1.90	0.07	6.8	0.934	8.5	556	12
3	T3=Lodo 60% + tierra arable 40%	61	6	33	Franco arenoso	0	1.95	0.06	6.54	0.854	8.2	524	10
4	T4=Lodo 80% + tierra arable 20%	71	6	23	Franco arenoso	0	1.80	0.05	6.62	0.881	8.3	468	11
5	T5=Lodo 100%	78	6	16	Arena Franca	0	2.02	0.1	6.48	1.321	9.9	312	14
6	T6=Tierra arable 100%	64	8	28	Franco arenoso	0	1.83	0.05	7.02	0.176	7.8	735	13

Fuente: Laboratorio de suelos del INIA, Sede Salcedo-Puno (2017).

El mayor valor contenido de pH lo tiene el tratamiento 6 (Tierra arable 100%) con 7.02 el cual es calificado como “ligeramente alcalino”, mientras que los demás tratamientos tuvieron valores menores a 7.00 calificados como nivel “ligeramente ácido”, el tratamiento 1 (Lodo 20% + tierra arable 80%) tuvo 6.92, tratamiento 2 (Lodo 40% + tierra arable 60%) con 9.8, tratamiento 3 (Lodo 60% + tierra arable 40%) con 6.54, tratamiento 4 (Lodo 80% + tierra arable 20%) con 6.62 y el tratamiento 5 (Lodo 100%) con 6.48.

El mayor contenido de materia orgánica lo tiene el tratamiento 5 (Lodo 100%) con 2.02% el cual es calificado como nivel “medio”, mientras que los demás tratamientos tuvieron un contenido de materia orgánica de menores a 2.00%, calificados como nivel “bajo”, el tratamiento 1 (Lodo 20% + tierra arable 80%) tuvo 1.99, tratamiento 2 (Lodo 40% + tierra arable 60%) con 1.90, tratamiento 3 (Lodo 60% + tierra arable 40%) con 1.95, tratamiento 4 (Lodo 80% + tierra arable 20%) con 1.80 y el tratamiento 6 (Tierra arable 100%) con 1.83.

En nitrógeno todos los tratamientos en estudio tuvieron un contenido de nitrógeno en el rango de 0-0.1%, lo cual es calificado como nivel “bajo”, en donde el tratamiento 5 (Lodo 100%) tuvo mayor contenido de nitrógeno con 0.10%, seguido del tratamiento 1 (Lodo 20% + tierra arable 80%) tuvo 0.08, tratamiento 2 (Lodo 40% + tierra arable 60%) con 0.07, tratamiento 3 (Lodo 60% + tierra arable 40%) con 0.06, tratamiento 4 (Lodo 80% + tierra arable 20%) con 0.05 y el tratamiento 6 (Tierra arable 100%) con 0.05.

En fósforo disponible, todos los tratamientos en estudio tuvieron un contenido de fósforo en el rango de 7.0 a 14 ppm, lo cual es calificado como nivel “medio”, en donde el tratamiento 5 (Lodo 100%) tuvo mayor contenido de fósforo con 9.9 ppm, seguido del tratamiento 1 (Lodo 20% + tierra arable 80%) tuvo 9.7, tratamiento 2 (Lodo 40% + tierra arable 60%) con 8.5, tratamiento 3 (Lodo 60% + tierra arable 40%) con 8.2, tratamiento 4 (Lodo 80% + tierra arable 20%) con 8.3 y el tratamiento 6 (Tierra 100%) con 7.8.

En potasio disponible, todos los tratamientos en estudio tuvieron un contenido en el rango mayor a 240 ppm, lo cual es calificado como nivel “alto”, en donde el tratamiento 6 (Tierra arable 100%) con 735 ppm, seguido del tratamiento 1 (Lodo 20% + tierra arable 80%) tuvo 678, tratamiento 2 (Lodo 40% + tierra arable 60%) con 556, tratamiento 3 (Lodo 60% + tierra arable 40%) con 524, tratamiento 4 (Lodo 80% + tierra arable 20%) con 468 y el tratamiento 6 (Tierra arable 100%) con 312.

En conductividad eléctrica, todos los tratamientos en estudio tuvieron una clasificación de salinidad “muy ligeramente salino” ya que estuvieron en el rango menor a 2, en donde el tratamiento con menor valor fue el tratamiento 6 (Tierra arable 100%) con 0.176 mmhos/cm, seguido del tratamiento 4 (Lodo 80% + tierra arable 20%) con 0.881 mmhos/cm, tratamiento 3 (Lodo 20% + tierra arable 80%) tuvo 0.854, tratamiento 2 (Lodo 40% + tierra arable 60%) con 0.934, tratamiento 1 (Lodo 20% + tierra arable 80%) con 1.021, tratamiento 5 (Lodo 100%) con 1.321.

3.9.2. Datos meteorológicos

Los datos meteorológicos (Noviembre 2015 – Agosto 2016) fueron obtenidos del Boletín Regional SENAMHI de la Dirección Regional de Puno (tabla 6). En lo referente a las temperaturas, se observa que la mayor temperatura máxima (2015-2016) se dio en el mes de enero (17.9°C); en temperatura mínima la más baja se registra en el mes de junio (0.6); la mayor temperatura media se da en el mes de enero y marzo (12.3°C), y la menor temperatura media se da en el mes de julio (7.9°C).

Tabla 6. Datos meteorológicos registrados. Temperaturas (mínimas, máximas y media), precipitación pluvial, año 2014-2015 y promedio de 10 años. Acora.

MESES	TEMPERATURA °C						PRECIPITACIÓN PLUVIAL	
	MAX. 2015-2016	MAX. PROM. 10 AÑOS	MIN. 2015-2016	MIN. PROM. 10 AÑOS	MEDIA 2015-2016	MEDIA PROM. 10 AÑOS	2015-2016	PROM. 10 años
Noviembre	18.3	16.6	5.9	4.4	12.1	10.5	23.2	51.2
Diciembre	17.8	16.1	5.9	5.0	11.9	10.6	59.4	93.6
Enero	17.9	15.2	6.7	5.5	12.3	10.4	79.7	161.3
Febrero	16.4	15.0	7.1	5.4	11.8	10.2	202.6	141.9
Marzo	17.8	15.0	6.7	5.4	12.3	10.2	90.8	141.9
Abril	16.2	14.9	4.9	3.6	10.6	9.3	57.5	50.1
Mayo	16.9	14.5	2.1	0.8	9.5	7.7	0.5	8.9
Junio	15.9	13.9	0.6	-0.7	8.3	6.6	2.0	3.9
Julio	15	13.8	0.7	-1.1	7.9	6.4	0	2.4
Agosto	16.2	14.6	1.1	0.2	8.7	7.4	0	10.5
promedio	16.8	15.0	4.2	2.9	10.5	8.9	51.6	66.6
Total							515.7	665.7

Fuente: SENAMHI, Puno (2016).

Al comparar los resultados de los datos de temperatura entre Noviembre 2015 a Agosto 2016 con la normal (promedio de 10 años), se observa que son diferentes en la temperatura máxima y mínima, observándose descenso y ascenso de temperatura respecto a la normal de 10 años, estas anomalías probablemente se deba al efecto del calentamiento global, el cual últimamente viene afectando al planeta. En cuanto a temperatura media hay una variación menor con respecto a la normal de 10 años.

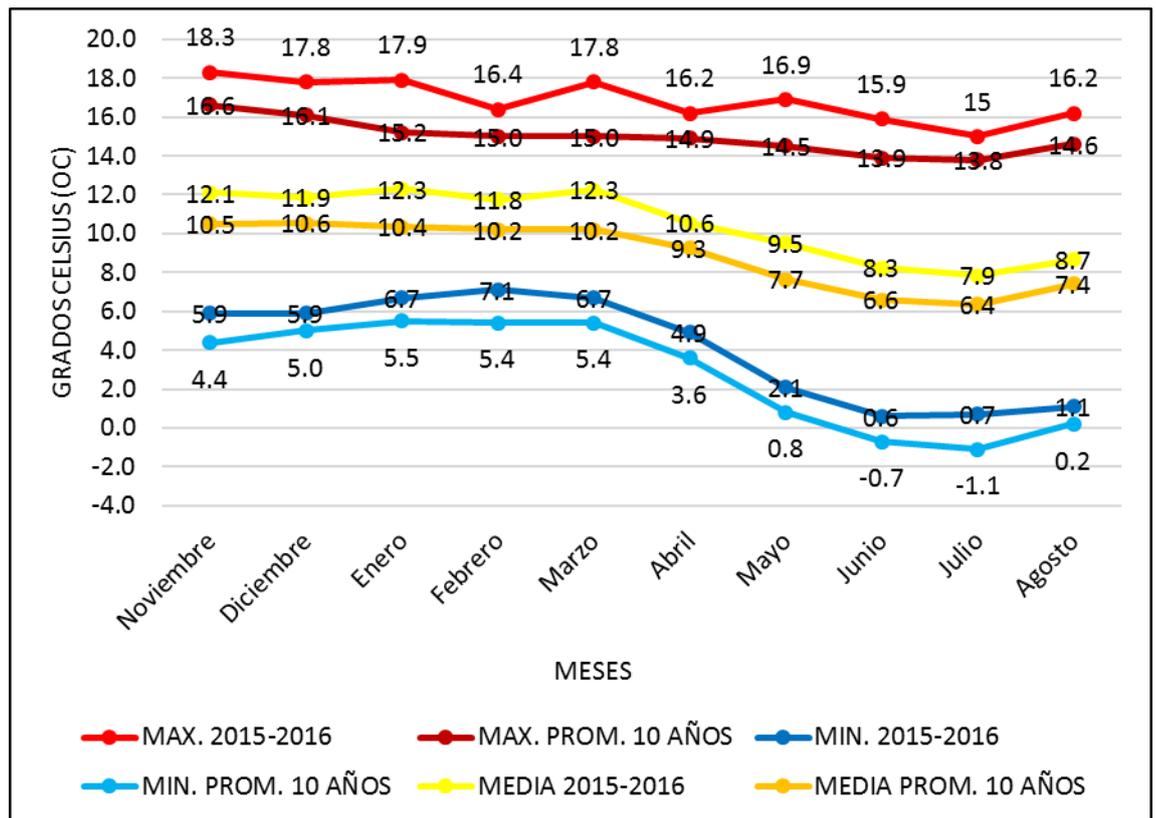


Figura 1. Temperaturas (Noviembre 2015 - Agosto 2016) y la normal de 10 años. SENAMHI, Puno.

En cuanto a la distribución de la precipitación pluvial (2015 – 2016), se observa que la mayor precipitación pluvial se dio en el mes de febrero con 202.6 mm, y la menor precipitación pluvial se dio en el mes de julio y agosto con 0.0 mm (figura 2).

Al comparar la precipitación pluvial 2015 – 2016 con la normal de 10 años, se observa que hubo anomalías en su distribución en la mayoría de los meses. Estas anomalías probablemente se deban al efecto del calentamiento global, el cual últimamente viene afectando al planeta. Afectando la normal distribución de lluvias durante el año.

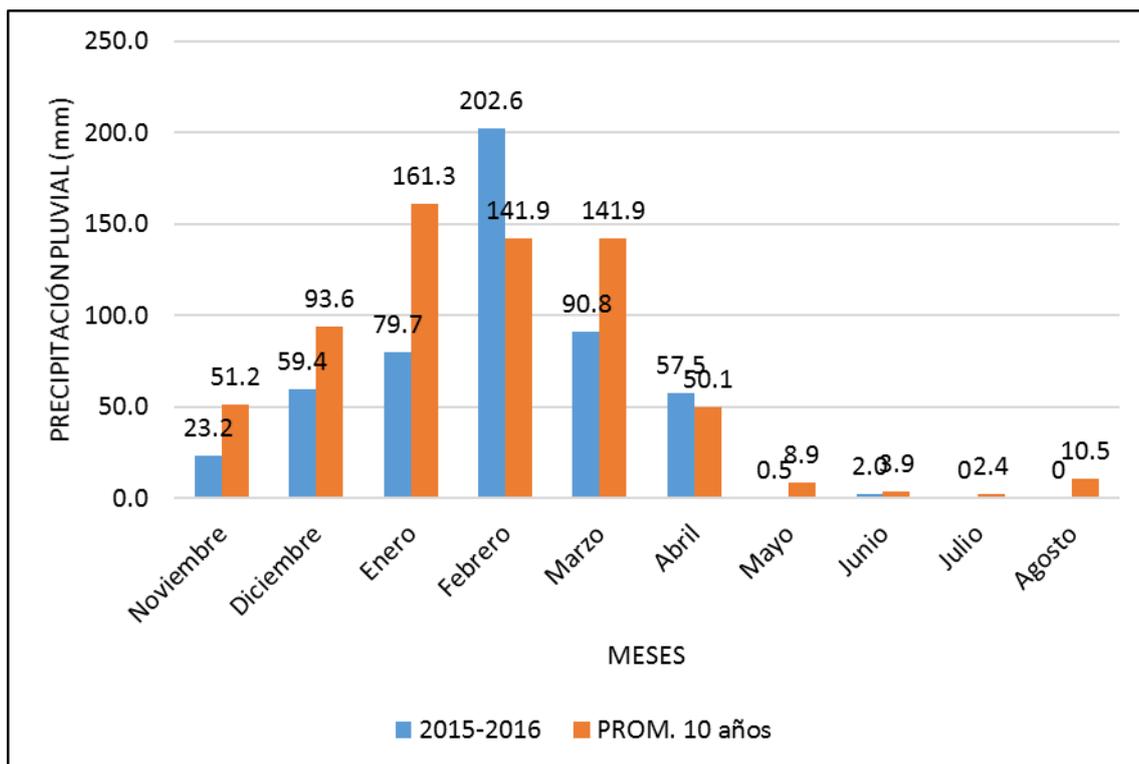


Figura 2. Precipitación pluvial (2014 - 2015) y la normal de 10 años.

SENAMHI, Puno.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Producción de *Pinus radiata* D. con la incorporación de lodo residual.

4.1.1. Mortandad de plántulas por tratamiento

En la tabla 7, se observa el análisis de varianza para mortandad de plántulas de *Pinus radiata* D., en donde se observa que hubo diferencia estadística altamente significativa, lo cual indica que entre los tratamientos hubo diferencia en mortandad de plántulas, es decir los tratamientos influyeron sobre mortandad de plántulas. Además, se observa que el coeficiente de variación (CV) igual a 13.06%, el cual nos indica que los datos evaluados son aceptables (VÁSQUEZ, 1990).

Tabla 7. Análisis de varianza para mortandad de plántulas de *Pinus radiata* D.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Pr > F
Tratamientos	5	1189.657111	237.931422	11.12 **	3.11	5.06	0.0004
Error	12	256.824800	21.402067				
Total correcto	17	1446.481911					

CV=13.06%

Prom. gral. = 35.43

En la tabla 8, se observa que la prueba de comparación de medias de Duncan para los tratamientos en estudio sobre mortandad de plántulas de *Pinus radiata* D., en donde se observa que hubo diferencias estadísticas significativas; la mayor mortandad se alcanzó con el tratamiento T4= Lodo 80% + tierra arable 20% con 51.11% el cual es estadísticamente superior a los demás tratamientos, seguido del tratamiento T3= Lodo 60% + tierra arable 40% con 40.74%. La menor mortandad de plántulas se registró en el tratamiento T6= Lodo 0% + tierra arable 100% con 28.15%.

Tabla 8. Prueba de Duncan para mortandad de plántulas de *Pinus radiata* D.

Orden de mérito	Tratamiento	Mortandad (%)	P≤0.05
1	T4= Lodo 80% + tierra arable 20%.	51.11	a
2	T3= Lodo 60% + tierra arable 40%.	40.74	b
3	T1= Lodo 20% + tierra arable 80%.	32.59	b c
4	T5= Lodo 100% + tierra arable 0%.	31.11	c
5	T2= Lodo 40% + tierra arable 60%	28.89	c
6	T6= Lodo 0% + tierra arable 100%.	28.15	c

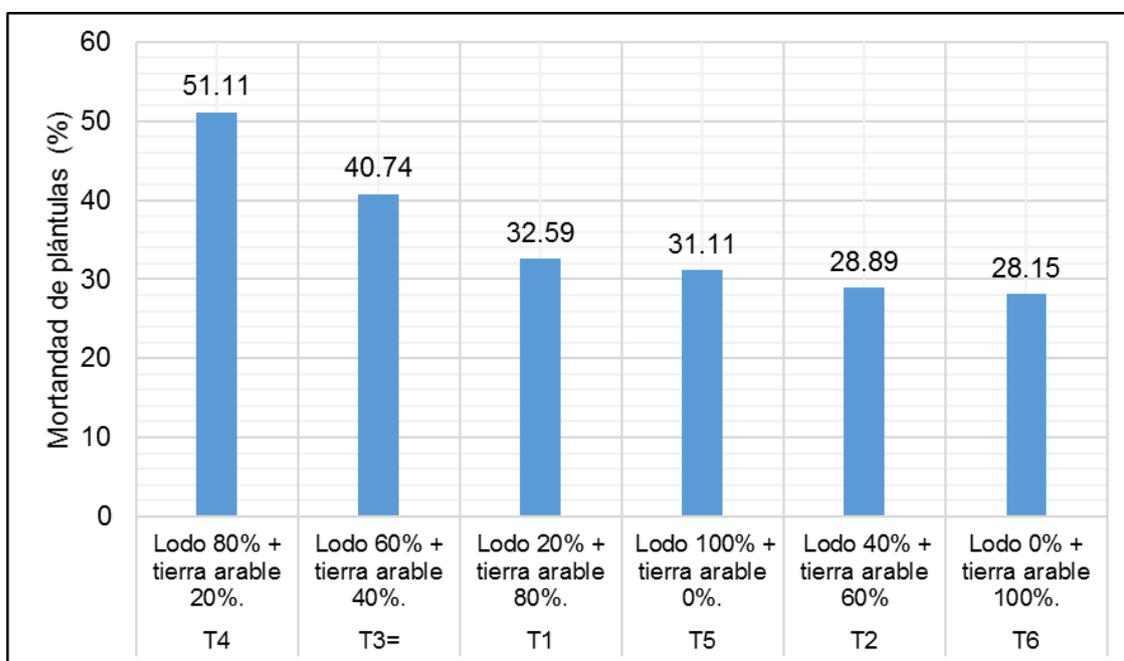


Figura 3. Mortandad de plántulas por tratamiento.

En la figura 3 observamos que efectivamente el lodo residual actúa bastante en los tratamientos, ya que contiene metales pesados y otros químicos que existe en los lodos residuales. Los lodos generados en las plantas de tratamiento presentan varios problemas debido a su naturaleza y el tratamiento que requiere antes de poder disponerlos a su reusó.

4.1.2. Plántulas vivas por tratamiento

En la tabla 9, se observa el análisis de varianza para plántulas vivas de *Pinus radiata* D., en donde se observa que hubo diferencia estadística altamente

significativa, lo cual indica que entre los tratamientos hubo diferencia en plántulas vivas, es decir los tratamientos influyeron sobre plántulas vivas. Además, se observa que el coeficiente de variación (CV) igual a 7.16%, el cual nos indica que los datos evaluados son aceptables (VÁSQUEZ, 1990).

Tabla 9. Análisis de varianza para plántulas vivas de *Pinus radiata* D.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Pr > F
Tratamientos	5	1189.657111	237.931422	11.12**	3.11	5.06	0.0004
Error	12	256.824800	21.402067				
Total correcto	17	1446.481911					

CV=7.16%

Prom. gral. = 64.57

En la tabla 10, se observa que la prueba de comparación de medias de Duncan para los tratamientos en estudio sobre plántulas vivas de *Pinus radiata* D., en donde se observa que hubo diferencias estadísticas significativas; la mayor cantidad de plántulas vivas se alcanzó con el tratamiento T6= Lodo 0% + tierra arable 100% con 71.85%, seguido de los tratamientos T2= Lodo 40% + tierra arable 60%, T5= Lodo 100% + tierra arable 0% y T1= Lodo 20% + tierra arable 80% con 71.11%, 68.89% y 67.41% respectivamente, los cuales estadísticamente son similares y superiores a los demás tratamientos, seguido del tratamiento T3= Lodo 60% + tierra arable 40% con 59.26%. La menor cantidad plántulas vivas se registró en el tratamiento T4= Lodo 80% + tierra arable 20% con 48.89%.

Tabla 10. Prueba de Duncan para plántulas vivas de *Pinus radiata* D.

Orden de mérito	Tratamiento	Plántulas vivas (%)	P≤0.05
1	T6= Lodo 0% + tierra arable 100%	71.85	a
2	T2= Lodo 40% + tierra arable 60%	71.11	a
3	T5= Lodo 100% + tierra arable 0%.	68.89	a
4	T1= Lodo 20% + tierra arable 80%.	67.41	a b
5	T3= Lodo 60% + tierra arable 40%.	59.26	b
6	T4= Lodo 80% + tierra arable 20%.	48.89	c

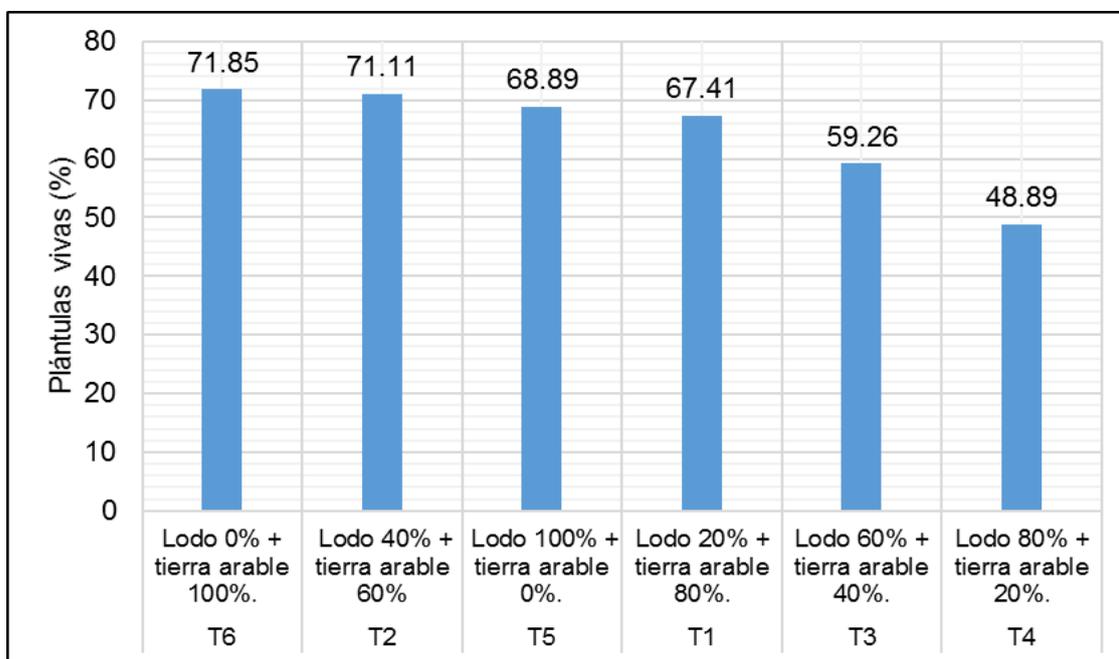


Figura 4. Plántulas vivas por tratamiento.

Los resultados obtenidos son diferentes a lo reportado por Salcedo *et al* (2007), quienes concluyeron que, con la aplicación de lodos residuales a plantaciones forestales incrementa la sobrevivencia y el desarrollo inicial de árboles de *Pinus douglasiana*, por el aporte de nutrientes contenidos en ellos, principalmente N y P. Las mayores dosis de lodos (60 y 100g) mostraron diferencias significativas con respecto al tratamiento control.

4.2. Dosis optima de lodo residual aplicado para la producción de *Pinus radiata* D.

4.2.1. Altura de la plántula por tratamiento

En la tabla 11, se observa el análisis de varianza para altura de plántula de *Pinus radiata* D., en donde se observa que no hubo diferencia estadística altamente significativa, lo cual indica que entre los tratamientos no hubo diferencia en altura de planta, es decir los tratamientos no influyeron sobre altura de plántulas. Además, se observa que el coeficiente de variación (CV) igual a 6.65%, el cual nos indica que los datos evaluados son aceptables (VÁSQUEZ, 1990).

Tabla 11. Análisis de varianza para altura de plántula de *Pinus radiata* D.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F _c	F _t 0.05	F _t 0.01	Pr > F
Tratamientos	5	11.68644444	2.33728889	1.54	3.11	5.06	0.2502
Error	12	18.23360000	1.51946667				
Total correcto	17	29.92004444					

CV=6.65%

Prom. gral. = 18.52

En la figura 5, se observa que la prueba de comparación de medias de Duncan para los tratamientos en estudio sobre altura de plántulas de *Pinus radiata* D., en donde se observa que diferencias numéricas; la mayor altura de plántula se alcanzó con el tratamiento T6= Lodo 0% + tierra arable 100% con 19.51cm, seguido de los tratamientos T5= Lodo 100% + tierra arable 0% y T3= Lodo 60% + tierra arable 40% con 19.35 cm y 18.71 cm respectivamente. La menor altura de plántula se registró en el tratamiento T1= Lodo 20% + tierra arable 80% con 17.12 cm.

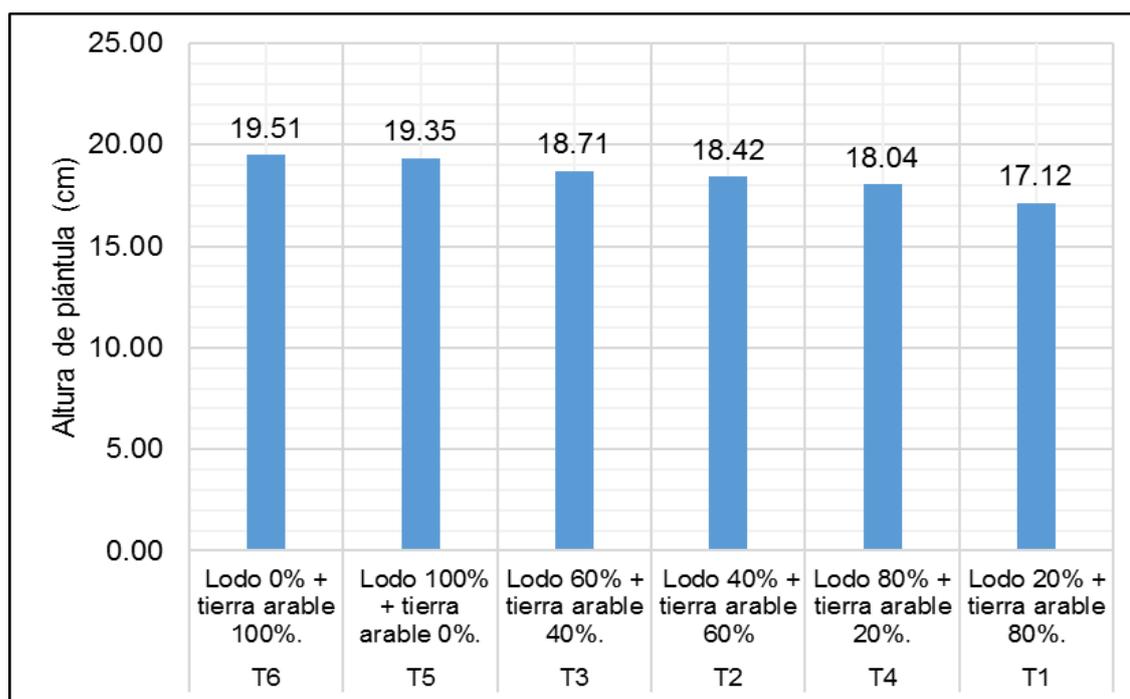


Figura 5. Altura de plántula por tratamiento.

Los resultados obtenidos son respaldados por TORRES *et al* (2014), quienes marcaron como factible el uso agrícola del lodo industrial mezclado con turba de musgo para producir *Lilium* sp. en particular la concentración del lodo al 5 y 2% siendo esta última la mejor la cual mostró efectos positivos debido al incremento de la longitud del botón floral, el diámetro del botón, el diámetro de la flor, así como la longitud del tallo en las plantas de *Lilium* sp. por lo que mejoró su crecimiento y desarrollo.

Los resultados obtenidos son diferentes a lo reportado por SALCEDO *et al* (2017), quienes concluyeron que la comparación de promedios mostró diferencias significativas entre los tratamientos; es decir entre las dosis de lodos deshidratados y lodos/composta de 10 t/ha y 20 t/ha en el cultivo de maíz en altura de planta y rendimiento de grano.

4.2.2. Desarrollo foliar del ápice de *Pinus radiata* D.

En la tabla 12, se observa el análisis de varianza para desarrollo foliar del ápice de *Pinus radiata* D., en donde se observa que hubo diferencia estadística significativa, lo cual indica que entre los tratamientos hubo diferencia en

desarrollo foliar del ápice, es decir los tratamientos influyeron sobre el desarrollo foliar del ápice. Además, se observa que el coeficiente de variación (CV) igual a 5.30%, el cual nos indica que los datos evaluados son aceptables (VÁSQUEZ, 1990).

Tabla 12. Análisis de varianza para desarrollo foliar del ápice de *Pinus radiata*

D.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Pr > F
Tratamientos	5	1.19198333	0.23839667	3.84 *	3.11	5.06	0.0260
Error	12	0.74426667	0.06202222				
Total correcto	17	1.93625000					

CV=5.30%

Prom. gral. = 4.70

En la tabla 13, se observa que la prueba de comparación de medias de Duncan para los tratamientos en estudio sobre desarrollo foliar del ápice de *Pinus radiata* D., en donde se observa que hubo diferencias estadísticas significativas; el mayor desarrollo foliar se alcanzó con el tratamiento T6= Lodo 0% + tierra arable 100% con 5.09 cm, seguido de los tratamientos T4= Lodo 80% + tierra arable 20%, T3= Lodo 60% + tierra arable 40% y T2= Lodo 40% + tierra arable 60% con 4.78, 4.77, y 4.76 cm respectivamente. El menor desarrollo foliar del ápice se registró en el tratamiento T1= Lodo 20% + tierra arable 80% con 4.27 cm.

Tabla 13. Prueba de Duncan para desarrollo foliar del ápice de *Pinus radiata* D.

Orden de mérito	Tratamiento	Desarrollo foliar del ápice (cm)	P≤0.05
1	T6= Lodo 0% + tierra arable 100%	5.09	a
2	T4= Lodo 80% + tierra arable 20%.	4.78	a b
3	T3= Lodo 60% + tierra arable 40%.	4.77	a b
4	T2= Lodo 40% + tierra arable 60%	4.76	a b
5	T5= Lodo 100% + tierra arable 0%.	4.50	b c
6	T1= Lodo 20% + tierra arable 80%.	4.27	c

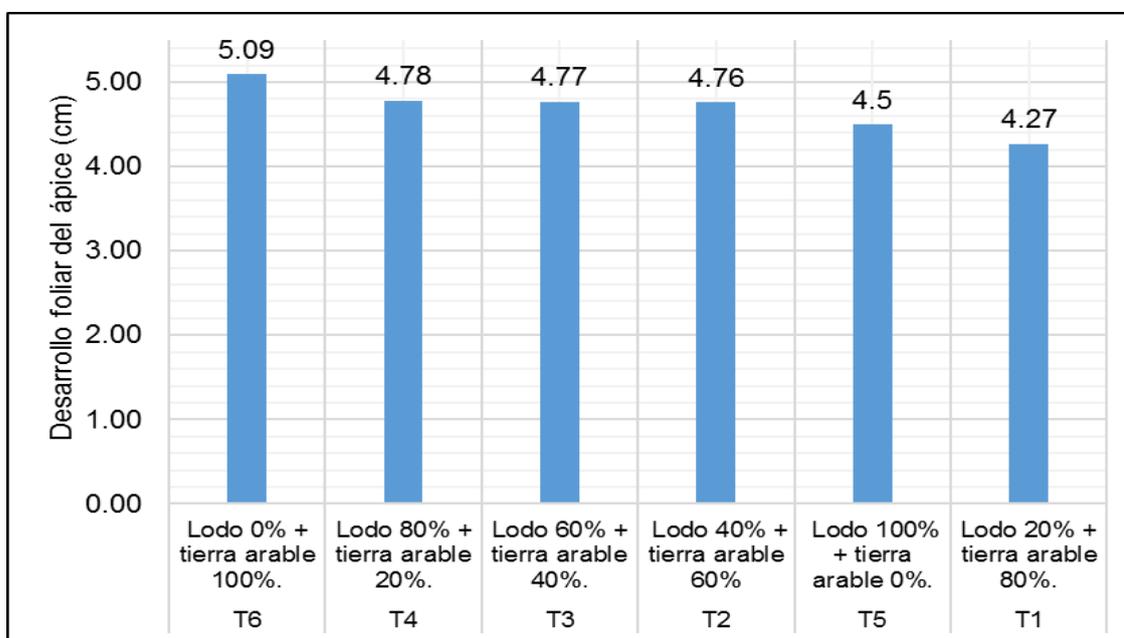


Figura 6. Desarrollo foliar del ápice por tratamiento.

4.2.3. Tamaño de raíz por planta

En la tabla 14, se observa el análisis de varianza para tamaño de raíz de *Pinus radiata* D., en donde se observa que hubo diferencia estadística significativa, lo cual indica que entre los tratamientos hubo diferencia en tamaño de raíz, es decir los tratamientos influyeron sobre el tamaño de raíz. Además, se observa que el coeficiente de variación (CV) igual a 14.12%, el cual nos indica que los datos evaluados son aceptables (VÁSQUEZ, 1990).

Tabla 14. Análisis de varianza para tamaño de raíz de *Pinus radiata* D.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Pr > F
Tratamientos	5	57.08449444	11.41689889	3.57*	3.11	5.06	0.0328
Error	12	38.33060000	3.19421667				
Total correcto	17	95.41509444					

CV=14.12%

Prom. gral. = 12.66

En la tabla 15, se observa que la prueba de comparación de medias de Duncan para los tratamientos en estudio sobre tamaño de raíz de *Pinus radiata* D., en donde se observa que hubo diferencias estadísticas significativas; el mayor tamaño de raíz, se alcanzó con el tratamiento T6= Lodo 0% + tierra arable 100% con 16.23 cm, seguido del tratamiento T2= Lodo 40% + tierra arable 60% con 13.09 cm, los cuales estadísticamente son similares. Mientras que los tratamientos T4= Lodo 80% + tierra arable 20%, T3= Lodo 60% + tierra arable 40%, T5= Lodo 100% + tierra arable 0%, y T1= Lodo 20% + tierra arable 80% tuvieron 12.34, 12.26 y 11.46 cm respectivamente. El menor tamaño de raíz se registró en el tratamiento T3= Lodo 60% + tierra arable 40% con 10.57 cm.

Tabla 15. Prueba de Duncan para tamaño de raíz de *Pinus radiata* D.

Orden de mérito	Tratamiento	Tamaño de raíz (cm)	P≤0.05
1	T6= Lodo 0% + tierra arable 100%	16.23	a
2	T2= Lodo 40% + tierra arable 60%	13.09	a b
3	T4= Lodo 80% + tierra arable 20%.	12.34	b
4	T5= Lodo 100% + tierra arable 0%.	12.26	b
5	T1= Lodo 20% + tierra arable 80%.	11.46	b
6	T3= Lodo 60% + tierra arable 40%.	10.57	b

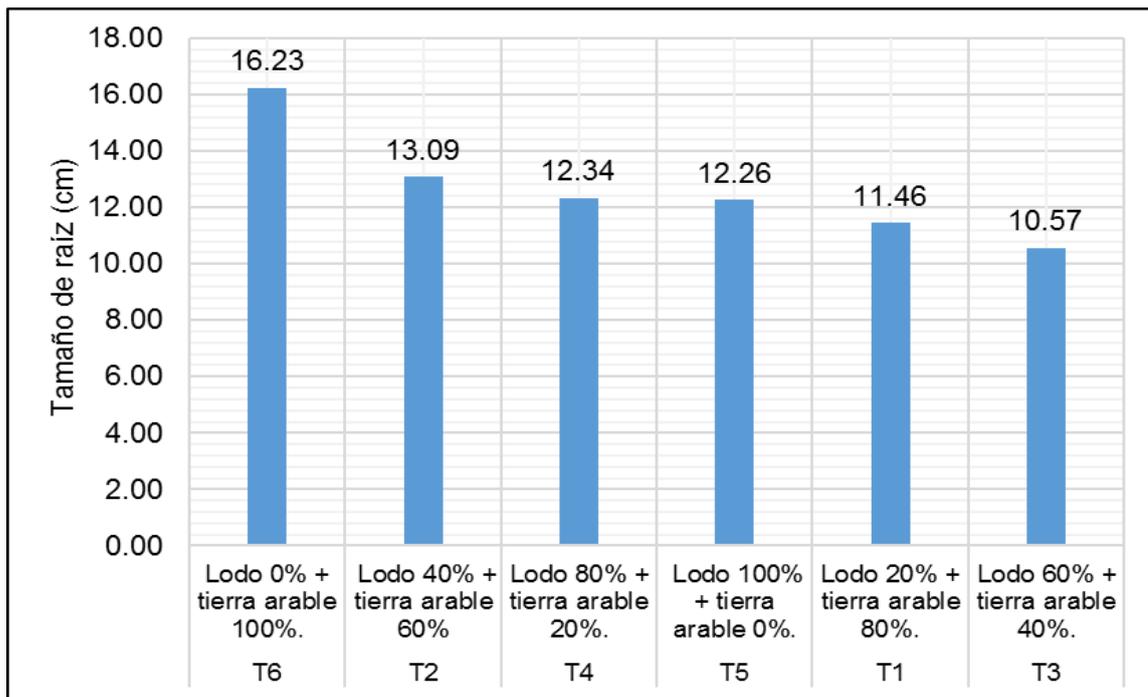


Figura 7. Tamaño de raíz por tratamiento.

Como se puede observar en la figura 7 el crecimiento de las raíces es diferente en cada tratamiento, en el grupo que ay más diferencia es en el testigo ya que en este tratamiento no se aplicó el lodo residual en donde la planta no se encuentre con ningún elemento químico q existe en los lodos residuales.

4.3. Costo de producción y rentabilidad

Los costos de producción, se ha estimado para una producción de plántones en vivero (10,000 plántones), para ello, se ha tomado en cuenta los insumos necesarios, así como la mano de obra necesaria para su producción; la diferencia entre los tratamientos radica en la cantidad de lodo aplicado para cada tratamiento.

En la tabla 16, podemos observar que el tratamiento conformado por Lodo al 100% obtuvo mayor rentabilidad con 104.33% y una relación beneficio/costo de 2.04, a un costo total de S/. 4894.00 y un ingreso neto de S/. 5106.00.

El tratamiento conformado por Lodo al 80% más tierra arable al 20%, el cual obtuvo una rentabilidad de 96.62% y una relación beneficio/costo de 1.97, a un costo total de S/. 5086.00 y un ingreso neto de S/. 4914.00.

Pero, el tratamiento conformado por Lodo al 80% más tierra arable al 20%, el cual obtuvo una rentabilidad de 95.77% y una relación beneficio/costo de 1.96, a un costo total de S/. 5108.00 y un ingreso neto de S/. 4892.00.

Tabla 16. Estimado económico de la producción de plantas de *Pinus radiata* D. bajo tratamientos en estudio.

INDICADORES	T1= Lodo 20% + tierra arable 80%.	T2= Lodo 40% + tierra arable 60%	T3= Lodo 60% + tierra arable 40%.	T4= Lodo 80% + tierra arable 20%.	T5= Lodo 100% + tierra arable 0%.	T6= Lodo 0% + tierra arable 100%
1. Producción Total (unidades)	10000	10000	10000	10000	10000	10000
2. Costo Total (S/.)	5132.00	5120.00	5108.00	5086.00	4894.00	5144.00
3. Precio venta	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4. Ingreso Total	10000.00	10000.00	10000.00	10000.00	10000.00	10000.00
5. Ingreso Neto	4868.00	4880.00	4892.00	4914.00	5106.00	4856.00
6. Rentabilidad (%)	94.86	95.31	95.77	96.62	104.33	94.40
7. Relación Beneficio/Costo	1.95	1.95	1.96	1.97	2.04	1.94

El tratamiento conformado por Lodo al 40% más tierra arable al 60% obtuvo una rentabilidad de 95.31% y una relación beneficio/costo de 1.95, a un costo total de S/. 5120.00 y un ingreso neto de S/. 4880.00.

El tratamiento conformado por Lodo al 20% más tierra arable al 80% obtuvo una rentabilidad de 94.86% y una relación beneficio/costo de 1.95, a un costo total de S/. 5132.00 y un ingreso neto de S/. 4868.00.

Mientras que el tratamiento conformado por Tierra arable al 100% tuvo la menor de rentabilidad de 94.40% y una relación beneficio/costo de 1.94, a un costo total de S/. 5114.00 y un ingreso neto de S/. 4856.00.

Costo total

En el análisis económico que el mayor costo de producción lo tiene el tratamiento T6 con S/. 5144.00 nuevos soles y el menor costo de producción lo obtuvo el tratamiento T5 con un costo total de S/. 4894.00 nuevos soles.

En los costos totales se consideran los costos variables que son aquellos que aumentan o disminuyen dependiendo de cuál es el volumen de producción, todos los elementos del costo variable se van con el cliente cuando esta compra el producto o servicio. La materia prima, los insumos, el pago de mano de obra por jornales, la comisión por ventas, el alquiler de maquina e equipos, etc. Son costos que están en acuerdo al volumen o cantidad de producción; si aumenta la producción aumenta los costos, por lo contrario, disminuye si baja la producción.

Ingreso neto

El más alto ingreso neto lo obtuvo el tratamiento T5 con S/. 5106.00 nuevos soles, el ingreso neto más bajo lo obtuvo el tratamiento T6 con un ingreso neto de S/. 4856.00 nuevos soles.

Los ingresos netos se hallan restándole al ingreso bruto los gastos totales, el ingreso neto viene a ser la ganancia, considerando que los gastos de producción, mantenimiento y venta ya han sido pagados en su totalidad.

Rentabilidad y beneficio y costo

La mayor rentabilidad lo obtuvo el tratamiento T5 que obtuvo una rentabilidad de 104.33% lo que equivale al beneficio costo de 2.04, por cada sol invertido se está ganando S/. 1.04 nuevos soles. La rentabilidad más baja lo obtuvo el tratamiento T6 con una rentabilidad de 94.40% lo que equivale a 1.94 de beneficio costo.

CONCLUSIONES

- En la producción de *Pinus radiata D.*, el tratamiento T6 (Lodo 0% + tierra arable 100%) tuvo 71.85% de plantas vivas, este tratamiento es el testigo ya que no sufrió ninguna contaminación del lodo residual. Seguido de los tratamientos T2 (Lodo 40% + tierra arable 60%) obtuvo el 71.11 % de plantas vivas lo cual nos indica que este tratamiento aprovecho los nutrientes que contiene el lodo residual.
- La dosis óptima para la mejor producción de plantones es el tratamiento T2 lodo residual es del 40% mezclado con tierra arable al 60%, con el cual se tuvo los siguientes resultados: plantas vivas con 71.11%(primer lugar), en mortandad con 28.89%, de plantas vivas desarrollo radicular con 13.09% (segundo lugar), altura de planta con 18.42% y desarrollo foliar con 4.76% (tercer lugar).
- El mayor índice de rentabilidad corresponde al tratamiento T5 (Lodo 100% + tierra arable 0%), con un índice de rentabilidad de 104.33%, con un beneficio/costo 2.04 y el menor índice de rentabilidad corresponde al tratamiento T6 (Lodo 0% + tierra arable 1000%), con una rentabilidad de 94.40%, con un beneficio/costo de 1.94.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer el compostaje del lodo residual, para así aprovechar al máximo los nutrientes que contiene. Según el análisis de laboratorio del lodo residual contiene nitrógeno y fosforo en donde influye de manera directa en el crecimiento y desarrollo de *Pinus radiata* D.
- Se recomienda realizar similares investigaciones con la aplicación compostaje de lodos en plantaciones forestales a campo definitivo.
- Analizar el contenido de metales pesados del lodo proveniente de la Planta de tratamiento “Espinar “de Puno, con la finalidad de conocer el grado de concentración por cada metal pesado.
- Realizar investigaciones con respecto a la absorción de metales pesados con la aplicación de lodos residuales en cultivos agrícolas, en donde se investigara los productos que se obtendrán.

BIBLIOGRAFIA

ACEVEDO H, E. (2004). *Valorización de lodos provenientes de tratamiento de aguas servidas como mejorador de suelos degradados*. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

ALEMÁN, F.; DELGADO, M.; GALLO, R.; NINA, R.; RIVERO, L.; SALINAS, J.; TÓRREZ, W. (2005). *Manejo de viveros forestales*. Biblioteca Asocam, consulta 17 de diciembre de 2017 de web: <http://www.bosquesandinos.info/biblioteca/items/show/1405>

ARÉVALO, L.G. (1998). *Compostaje de grasas y lodos generados en PTAR*. trabajo de grado para obtener el título de M. Sc. en ingeniería ambiental facultad de ingeniería, universidad nacional de Colombia.

ARRIAGADA ET, BROADBENT, F. (2009). *Organics in recycling municipal sludges and effluents on land*. Washington DC.

ARRIAGA, V., V. CERVANTES y A. VARGAS-MENA. (1994). *Manual de Reforestación con Especies Nativas: Colecta y Preservación de Semillas, Propagación y Manejo de Plantas*. SEDESOL / INE – Facultad de Ciencias UNAM. México, D.F.

BOTANICAL-ONLINE (1999). *Características del Pino*. Botanical-Online SL. 2 p. Disponible en web: <https://www.botanical-online.com/pino.htm>

BROADBENT, F. (1973). *Organics in recycling municipal sludges and effluents on land*. Washington, DC.

CÁRDENAS, C., I. ARAÚJO, M. BOHÓRQUEZ, K. GÓMEZ, N. ANGULO AND A. GÓMEZ (2004). *Influencia de la fertilización en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos utilizando lodos residuales estabilizados*. Caracas, Venezuela.

CRISTÓBAL, S., F. y J. A. HEROS. (1997). *Valorización de los biosólidos producidos por las estaciones regeneradoras de aguas residuales del ayuntamiento de Madrid*. Departamento de aguas y saneamiento, Ayuntamiento de Madrid, España.

FAO. (1985). *Ensayos de especies forestales exóticas y guía para su zonificación en la Sierra peruana*. Infor. Lima – Perú. 55 – 57 p.

FARJON, A. (2010). *A Handbook of the World's Conifers (Volume II)*. Leiden-Boston. Brill Academic Publishers. 1112 p.

FERNANDEZ, A.; SARMIENTO, A. (2004). *El Pino Radiata: Manual de gestión forestal sostenible*. Junta de Castilla y León – Fondo Social Europeo – Fundación Biodiversidad. España.

FUENTES ET AL., (2010); BROADBENT, F. (1973). *Organics in recycling municipal sludges and effluents on land*. Washington DC.

GALLOWAY, G., y BORGIO, G. (1985). *Manual de viveros forestales en la Sierra peruana*. INFOR. Lima – Perú. 25 – 45 pág.

HENRIQUEZ, O., (2011). *Análisis y criterios mínimos para la aplicación de lodos tratados provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas en agrosistemas de la provincia de Melipilla, región metropolitana, Chile*. in: facultad de ciencias forestales y de la conservación de la naturaleza magister en gestión y planificación ambiental - programa interfacultades. Universidad de Chile: pp: 145.

HERNANDEZ, J.; MAVAREZ, L. Y ROMERO, E. (2002). *Altura del canteo en el comportamiento de la lombriz roja (Eisenia ssp); bajo condiciones calidas*. REv. Fac. Agron. Vol 20, no.3.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI). (2015). Informe anual. Disponible en web: <http://proyectos.inei.gob.pe/web/poblacion/>

KILLEEN, T., GARCIA, E., y BECK, S. (1993). *Guía de arbores de Bolivia*. Quipus, La Paz- Bolivia. 636 p.

LAMPRECHT, H. (1990). *Silvicultura en los Trópicos*. Cooperación Técnica, Republica Federal de Alemania. Traducido por Antonio Carrillo. GTZ. Eschborn. 335 p.

LINDEN, D. C. (1983). *Hydrologic managemet; nutrientes. In proceeding of the wordshop on utilization of municipal wastewater and sludge on land*. california: universidad de California.

LÓPEZ, A. y J. M. SÁNCHEZ DE LORENZO. (2004). *Árboles en España*. Manual de Identificación. 654 pp. Madrid. Mundiprensa.

LOPEZ, P. Y LOPEZ, R. (1986), *Manual de análisis socioeconómico de resultados de ajuste de tecnología*. Junta de acuerdo a Cartagena. Instituto Colombiano Agropecuario colombiano.

MAÑAS PILAR, E. C. (14 de 01 de 2002). <http://pesquisa.bvsalud.org/ses/?lang=pt&q=au:%22heras,%20jorge%20de%20las%22>. recuperado el 10 de 04 de 2015, de <http://pesquisa.bvsalud.org/ses/?lang=pt&q=au:%22heras,%20jorge%20de%20las%22>: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/horticolas.pdf>

MARTÍNEZ, F. F. (1995). *Posible uso de los residuos urbanos en agricultura; abono, enmienda orgánica y sustrato de cultivo*. Departamento de agronomía. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona, España.

MARTÍNEZ, E. (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Lagunas de Estabilización*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.

MINAM. (2013). *DECRETO SUPREMO N° 002-2013-MINAM*. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. Lima, Perú.

MUJICA F. VICKY C, P. C. (02 de 06 de 2007). <http://www.bvsde.paho.org/>. recuperado el 04 de 03 de 2015, de <http://www.bvsde.paho.org/>: http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/ve05190_mujica.pdf

OLIVA, M.Z; VACALLA , F.; PÉREZ, D. Y TUCTO, A. (2014). *Vivero forestal para producción de plántones de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa, Amazonas*. Chachapoyas, Perú. 20 p.

PELT (2004). *Evaluación de zanjas pluviales de la bahía Puno*. Informe anual. Puno, Perú.

PEREZ, E.; BARROSA, J. (1993). *Producción de planta y establecimiento de plantaciones de teca en el estado de Tabasco*. México. 23 p.

SALCEDO PÉREZ, E.; VÁZQUEZ ALARCÓN, A.; KRISHNAMURTHY REDDIAR, L.; ZAMORA NATERA, F.; HERNÁNDEZ ÁLVAREZ, E.; RODRÍGUEZ MACIAS, R. (2007). *Evaluación de lodos residuales como abono orgánico en suelos volcánicos de uso agrícola y forestal en Jalisco, México*. Interciencia [en línea] 2007, 32 (febrero): [Fecha de consulta: 17 de diciembre de 2017] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33932207>> ISSN 0378-1844

SIERRA, A., J. VÁZQUEZ-SOTO y D. RODRÍGUEZ. 1994. *La Autoecología de Pinus radiata en la Cuenca de México*. Serie Publicación Especial. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Chapingo. México.

SOLANO, M. (2006). *Botánica sistemática*. Separata del curso de Taxonomía vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 105 p.

TORRES, E. (2002). *Reutilización de aguas y lodos residuales*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS)- Organización Panamericana de la Salud (OPS) y Organización Mundial de la Salud (OMS). Disponible en:

<<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/lodos.pdf>>.

TORRES, E. (2010). *Reutilización de aguas y lodos residuales*. 11 p. Disponible en web:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/lodos.pdf>.

TORRES-GONZÁLEZ, J.A.; BENAVIDES-MENDOZA, A.; RAMÍREZ, H.; ROBLEDO-TORRES, V.; GONZÁLEZ-FUENTES, J.A.; DÍAZ-NÚÑEZ, V. (2011). *Aplicación de lodo industrial crudo en la producción de Liliun sp. en invernadero*. Terra Latinoamericana [en línea] 2011, 29 (Octubre-Diciembre) : [Fecha de consulta: 17 de diciembre de 2017] Disponible en:<<http://148.215.2.11/articulo.oa?id=57322342013>> ISSN

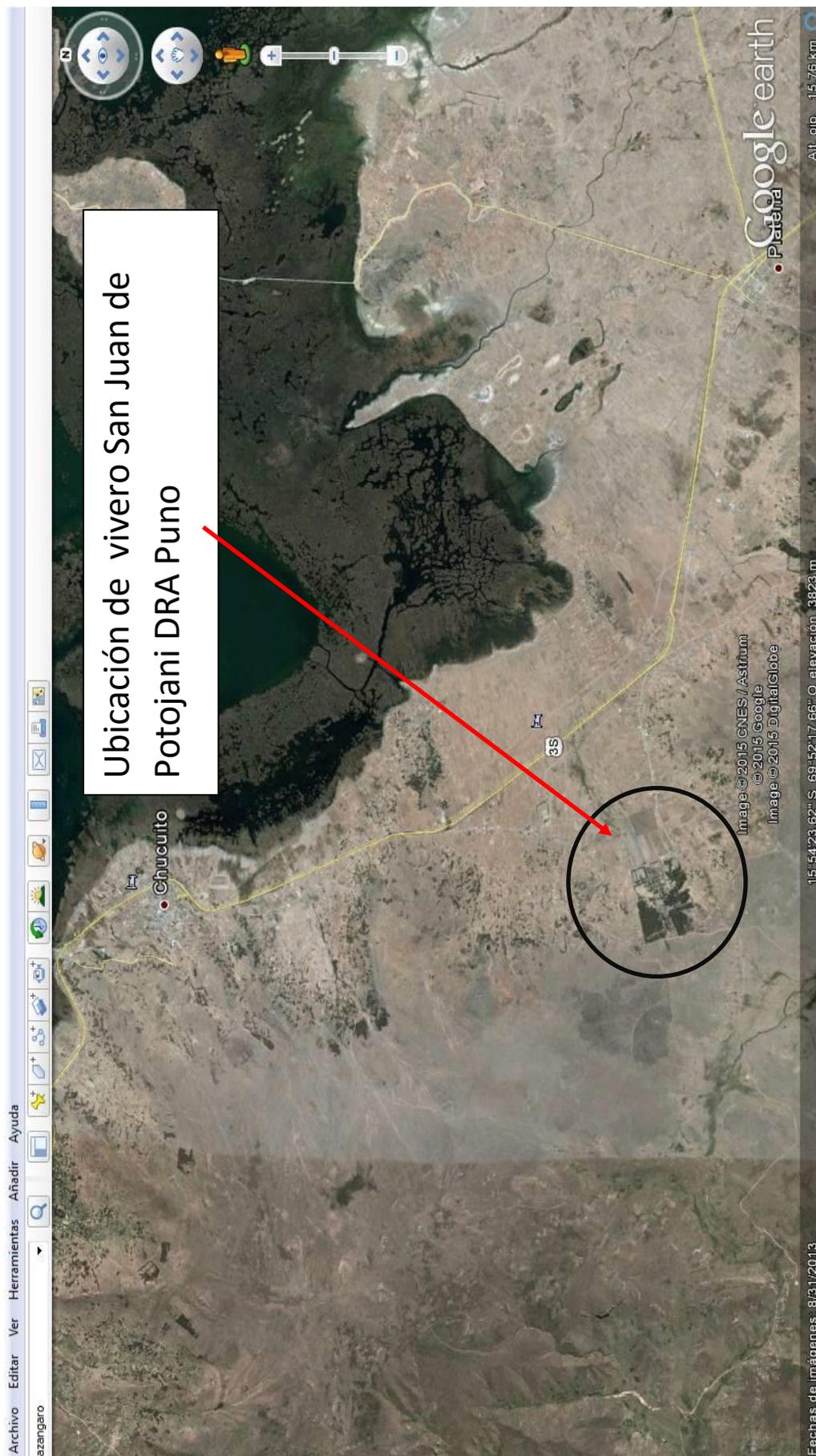
VÁSQUEZ, V. (1990). *Experimentación Agrícola*. Amaru editores. Lima, Perú.

WOO REZA, J., (2003). *Estudio de viabilidad en la aplicación de lodos activados en suelo para los cultivos de maiz (zea mayz l.) y nopal (opuntia ficus-indica)*. in: facultad de agronomía- sub dirección de estudios de postgrado. Universidad autónoma de nuevo león: pp: 94.

ZAS, R., SAMPEDRO, L., MOREIRA, X., MARTÍNS, P., (2008). *Effect of fertilization and genetic variation on susceptibility of Pinus radiata seedlings to Hylobius abietis damage*. Canadian Journal of Forest Research 38, 63–72.

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación satelital del vivero San Juan de Potojani DRA - Puno



Anexo 2. Ubicación satelital del lugar experimental vivero San Juan de Potojani DRA - Puno



Tabla 17. Datos de evaluación del tratamiento T1 (Lodo 20% + tierra arable 80%.)

Repetición	Altura de planta	Longitud de raíz	Diámetro foliar
R1	17.00	12.00	3.50
	16.50	11.80	5.00
	20.00	14.50	5.00
	15.00	6.00	3.00
	21.00	19.00	5.50
	17.50	7.00	3.80
Prom.	17.83	11.72	4.30
R2	14.20	12.00	4.20
	16.50	14.00	4.80
	17.50	15.80	4.50
	14.80	5.00	3.00
	12.00	6.50	3.30
	19.00	13.00	6.00
Prom.	15.67	11.05	4.30
R3	19.50	10.20	4.20
	18.20	18.50	4.00
	14.00	12.00	4.00
	16.00	7.50	3.50
	19.50	7.50	4.50
	20.00	14.00	5.00
Prom.	17.87	11.62	4.20

Tabla 18. Datos de evaluación del tratamiento T2 (Lodo 40% + tierra arable 60%)

Repetición	Altura de planta	Longitud de raíz	Diámetro foliar
R1	20.00	12.00	5.00
	14.00	7.80	4.00
	16.00	13.00	4.50
	20.00	8.50	5.50
	22.00	11.00	5.60
	18.50	11.20	4.20
Prom.	18.42	10.58	4.80
R2	21.50	10.50	4.50
	18.00	23.00	3.80
	24.50	13.50	4.50
	17.50	7.20	4.50
	13.50	15.50	4.80
	25.20	27.00	4.80
Prom.	20.03	16.12	4.48
R3	18.00	9.00	5.50
	12.50	9.50	5.00
	18.00	18.00	5.20
	20.00	13.50	4.50
	15.50	15.00	4.80
	16.80	10.50	5.00
Prom.	16.80	12.58	5.00

Tabla 19. Datos de evaluación del tratamiento T3 (Lodo 60% + tierra arable 40%)

Repetición	Altura de planta	Longitud de raíz	Diámetro foliar
R1	21.00	9.00	4.00
	19.50	13.00	5.00
	17.00	11.20	4.50
	14.00	5.50	5.50
	18.50	15.00	5.20
	16.20	12.00	5.10
Prom.	17.70	10.95	4.88
R2	22.50	12.00	5.00
	17.50	8.00	4.00
	17.00	10.50	4.00
	15.00	10.80	4.20
	23.00	8.20	5.50
	20.00	10.70	5.00
Prom.	19.17	10.03	4.62
R3	22.30	9.00	5.00
	20.80	11.50	4.80
	22.50	12.80	4.00
	24.00	13.50	5.00
	21.00	7.70	4.00
	16.50	9.80	6.00
Prom.	21.18	10.72	4.80

Tabla 20. Datos de evaluación del tratamiento T4 (Lodo 80% + tierra arable 20%)

Repetición	Altura de planta	Longitud de raíz	Diámetro foliar
R1	17.50	11.80	4.00
	20.40	9.50	4.50
	21.50	11.70	5.00
	17.50	15.50	5.00
	15.50	13.50	4.80
	18.00	10.50	4.00
Prom.	18.40	12.08	4.55
R2	18.50	9.50	4.70
	18.00	10.50	5.70
	15.00	11.00	4.00
	19.50	20.00	5.00
	15.00	15.70	5.20
	20.00	9.00	4.00
Prom.	17.67	12.62	4.77
R3	19.20	9.50	5.00
	20.00	21.00	4.50
	14.00	9.50	4.50
	15.50	8.50	5.20
	21.60	12.00	5.00
	18.00	13.50	6.00
Prom.	18.05	12.33	5.03

Tabla 21. Datos de evaluación del tratamiento T5 (Lodo 100% + tierra arable 0%)

Repetición	Altura de planta	Longitud de raíz	Diámetro foliar
R1	22.00	10.00	6.00
	20.00	15.00	5.00
	15.50	9.00	4.80
	17.00	18.50	3.80
	23.00	22.00	4.00
	17.80	8.00	4.00
Prom.	19.22	13.75	4.60
R2	21.00	14.00	5.50
	18.20	13.00	3.80
	18.50	6.50	4.80
	14.50	9.20	3.20
	17.20	17.00	4.30
	23.50	20.20	6.00
Prom.	18.82	13.32	4.60
R3	21.00	6.50	5.50
	18.50	9.50	4.50
	15.00	9.80	4.00
	19.70	9.50	4.00
	17.80	14.50	5.00
	17.00	8.50	4.20
Prom.	18.08	9.72	4.30

Tabla 22. Datos de evaluación del tratamiento T6 (Lodo 0% + tierra arable 100%)

Repetición	Altura de planta	Longitud de raíz	Diámetro foliar
R1	16.00	18.00	5.00
	23.00	18.50	5.50
	19.00	19.50	5.50
	15.50	10.00	6.30
	19.50	18.00	6.20
	17.00	9.20	5.00
Prom.	18.33	15.53	5.58
R2	16.00	12.00	4.00
	23.60	23.00	5.00
	20.00	10.20	4.20
	19.50	14.50	5.50
	18.50	10.00	5.70
	19.40	15.60	5.50
Prom.	19.50	14.22	4.98
R3	16.50	11.50	3.50
	24.00	24.00	6.00
	22.00	22.50	5.50
	18.50	17.00	4.80
	22.20	28.20	4.00
	21.00	10.50	4.50
Prom.	20.70	18.95	4.72

Tabla 23. Datos de evaluación por tratamiento sobre porcentaje de mortandad de plántulas

Repetición	Tratamientos					
	T1=Lodo 20% + tierra arable 80%	T2= Lodo 40% + tierra arable 60%	T3= Lodo 60% + tierra arable 40%.	T4= Lodo 80% + tierra arable 20%.	T5= Lodo 100% + tierra arable 0%.	T6= Lodo 0% + tierra arable 100%
R1	33.33	31.11	40.00	51.11	35.56	22.22
R2	28.89	33.33	44.44	48.89	26.67	26.67
R3	35.56	22.22	37.78	53.33	31.11	35.56
Total	97.78	86.67	122.22	153.33	93.33	84.44
Promedio	32.59	28.89	40.74	51.11	31.11	28.15

Tabla 24. Datos de evaluación por tratamiento sobre porcentaje de plántulas vivas

Repetición	Tratamientos					
	T1=Lodo 20% + tierra arable 80%	T2= Lodo 40% + tierra arable 60%	T3= Lodo 60% + tierra arable 40%.	T4= Lodo 80% + tierra arable 20%.	T5= Lodo 100% + tierra arable 0%.	T6= Lodo 0% + tierra arable 100%
R1	66.67	68.89	60.00	48.89	64.44	77.78
R2	71.11	66.67	55.56	51.11	73.33	73.33
R3	64.44	77.78	62.22	46.67	68.89	64.44
Total	202.22	213.33	177.78	146.67	206.67	215.56
Promedio	67.41	71.11	59.26	48.89	68.89	71.85

Tabla 25. Costos del tratamiento T1 (Lodo 20% + tierra arable 80%)

RUBRO	UNID. MED.	CANTIDAD	PRECIO U.	COSTO TOTAL (S/.)
COSTOS DIRECTOS				5,132.00
INSUMOS				1,512.00
Semillas Forestales	kg	2.4	120.00	288.00
Bolsas de 4x7	millar	10	18.00	180.00
Sustrato	m ³	4.8	40.00	192.00
Lodo	m ³	1.2	30.00	36.00
Micorrizas	kg	0.5	90.00	45.00
Fungicidas	global		50.00	50.00
Manguera	m	30	5.00	150.00
Zapapico	unid	2	38.00	76.00
Pala cuchara	unid	2	35.00	70.00
Pala recta pesada	unid	1	115.00	115.00
Rastrillo 16 dientes	unid	1	20.00	20.00
Zaranda 1/4" de 1 x 2 m con marco	unid	1	190.00	190.00
Regadera de 10 lt	unid	2	40.00	80.00
Wincha de 50 m	unid	1	20.00	20.00
MANO DE OBRA				3,500.00
Preparación de Sustrato para Almacigo	jornal	2	50.00	100.00
Preparación de Sustrato para repique	jornal	2	50.00	100.00
Embolsado	jornal	15	50.00	750.00
Repique de plántulas	jornal	15	50.00	750.00
Riego	jornal	15	50.00	750.00
Labores culturales	jornal	15	50.00	750.00
Tinglado	global	1	300.00	300.00
OTROS GASTOS				120.00
Alquiler de camas	global	1	120.00	120.00
COSTO POR PLANTON				0.513

Tabla 26. Costos del tratamiento T2 (Lodo 40% + tierra arable 60%)

RUBRO	UNID. MED.	CANTIDAD	PRECIO U.	COSTO TOTAL (S/.)
COSTOS DIRECTOS				5,120.00
INSUMOS				1,500.00
Semillas Forestales	kg	2.4	120.00	288.00
Bolsas de 4x7	millar	10	18.00	180.00
Sustrato	m ³	3.6	40.00	144.00
Lodo	m ³	2.4	30.00	72.00
Micorrizas	kg	0.5	90.00	45.00
Fungicidas	global		50.00	50.00
Manguera	m	30	5.00	150.00
Zapapico	unid	2	38.00	76.00
Pala cuchara	unid	2	35.00	70.00
Pala recta pesada	unid	1	115.00	115.00
Rastrillo 16 dientes	unid	1	20.00	20.00
Zaranda 1/4" de 1 x 2 m con marco	unid	1	190.00	190.00
Regadera de 10 lt	unid	2	40.00	80.00
Wincha de 50 m	unid	1	20.00	20.00
MANO DE OBRA				3,500.00
Preparación de Sustrato para Almacigo	jornal	2	50.00	100.00
Preparación de Sustrato para repique	jornal	2	50.00	100.00
Embolsado	jornal	15	50.00	750.00
Repique de plántulas	jornal	15	50.00	750.00
Riego	jornal	15	50.00	750.00
Labores culturales	jornal	15	50.00	750.00
Tinglado	global	1	300.00	300.00
OTROS GASTOS				120.00
Alquiler de camas	global	1	120.00	120.00
COSTO POR PLANTON				0.512

Tabla 27. Costos del tratamiento T3 (Lodo 60% + tierra arable 40%)

RUBRO	UNID. MED.	CANTIDAD	PRECIO U.	COSTO TOTAL (S/.)
COSTOS DIRECTOS				5,108.00
INSUMOS				1,488.00
Semillas Forestales	kg	2.4	120.00	288.00
Bolsas de 4x7	millar	10	18.00	180.00
Sustrato	m ³	2.4	40.00	96.00
Lodo	m ³	3.6	30.00	108.00
Micorrizas	kg	0.5	90.00	45.00
Fungicidas	global		50.00	50.00
Manguera	m	30	5.00	150.00
Zapapico	unid	2	38.00	76.00
Pala cuchara	unid	2	35.00	70.00
Pala recta pesada	unid	1	115.00	115.00
Rastrillo 16 dientes	unid	1	20.00	20.00
Zaranda 1/4" de 1 x 2 m con marco	unid	1	190.00	190.00
Regadera de 10 lt	unid	2	40.00	80.00
Wincha de 50 m	unid	1	20.00	20.00
MANO DE OBRA				3,500.00
Preparación de Sustrato para Almacigo	jornal	2	50.00	100.00
Preparación de Sustrato para repique	jornal	2	50.00	100.00
Embolsado	jornal	15	50.00	750.00
Repique de plántulas	jornal	15	50.00	750.00
Riego	jornal	15	50.00	750.00
Labores culturales	jornal	15	50.00	750.00
Tinglado	global	1	300.00	300.00
OTROS GASTOS				120.00
Alquiler de camas	global	1	120.00	120.00
COSTO POR PLANTON				0.511

Tabla 28. Costos del tratamiento T4 (Lodo 80% + tierra arable 20%)

RUBRO	UNID. MED.	CANTIDAD	PRECIO U.	COSTO TOTAL (S/.)
COSTOS DIRECTOS				5,086.00
INSUMOS				1,466.00
Semillas Forestales	kg	2.4	120.00	288.00
Bolsas de 4x7	millar	10	18.00	180.00
Sustrato	m ³	1.2	40.00	48.00
Lodo	m ³	4.8	30.00	144.00
Micorrizas	kg	0.5	90.00	45.00
Fungicidas	global		50.00	50.00
Manguera	m	30	5.00	150.00
Zapapico	unid	2	38.00	76.00
Pala cuchara	unid	2	35.00	70.00
Pala recta pesada	unid	1	115.00	115.00
Rastrillo 16 dientes	unid	1	10.00	10.00
Zaranda 1/4" de 1 x 2 m con marco	unid	1	190.00	190.00
Regadera de 10 lt	unid	2	40.00	80.00
Wincha de 50 m	unid	1	20.00	20.00
MANO DE OBRA				3,500.00
Preparación de Sustrato para Almacigo	jornal	2	50.00	100.00
Preparación de Sustrato para repique	jornal	2	50.00	100.00
Embolsado	jornal	15	50.00	750.00
Repique de plántulas	jornal	15	50.00	750.00
Riego	jornal	15	50.00	750.00
Labores culturales	jornal	15	50.00	750.00
Tinglado	global	1	300.00	300.00
OTROS GASTOS				120.00
Alquiler de camas	global	1	120.00	120.00
COSTO POR PLANTON				0.509

Tabla 29. Costos del tratamiento T5 (Lodo 100% + tierra arable 0%)

RUBRO	UNID. MED.	CANTIDAD	PRECIO U.	COSTO TOTAL (S/.)
COSTOS DIRECTOS				4,894.00
INSUMOS				1,274.00
Semillas Forestales	kg	2.4	120.00	288.00
Bolsas de 4x7	millar	10	18.00	180.00
Lodo	m ³	6	30.00	180.00
Micorrizas	kg	0.5	90.00	45.00
Fungicidas	global		50.00	50.00
Manguera	m	30	5.00	150.00
Zapapico	unid	2	38.00	76.00
Pala cuchara	unid	2	35.00	70.00
Pala recta pesada	unid	1	115.00	115.00
Rastrillo 16 dientes	unid	1	20.00	20.00
Zaranda 1/4" de 1 x 2 m con marco	unid	0	190.00	-
Regadera de 10 lt	unid	2	40.00	80.00
Wincha de 50 m	unid	1	20.00	20.00
MANO DE OBRA				3,500.00
Preparación de Sustrato para Almacigo	jornal	2	50.00	100.00
Preparación de Sustrato para repique	jornal	2	50.00	100.00
Embolsado	jornal	15	50.00	750.00
Repique de plántulas	jornal	15	50.00	750.00
Riego	jornal	15	50.00	750.00
Labores culturales	jornal	15	50.00	750.00
Tinglado	global	1	300.00	300.00
OTROS GASTOS				120.00
Alquiler de camas	global	1	120.00	120.00
COSTO POR PLANTON				0.489

Tabla 30. Costos del tratamiento T6 (Lodo 0% + tierra arable 100%)

RUBRO	UNID. MED.	CANTIDAD	PRECIO U.	COSTO TOTAL (S/.)
COSTOS DIRECTOS				5,144.00
INSUMOS				1,524.00
Semillas Forestales	kg	2.4	120.00	288.00
Bolsas de 4x7	millar	10	18.00	180.00
Sustrato	m ³	6	40.00	240.00
Micorrizas	kg	0.5	90.00	45.00
Fungicidas	global		50.00	50.00
Manguera	m	30	5.00	150.00
Zapapico	unid	2	38.00	76.00
Pala cuchara	unid	2	35.00	70.00
Pala recta pesada	unid	1	115.00	115.00
Rastrillo 16 dientes	unid	1	20.00	20.00
Zaranda 1/4" de 1 x 2 m con marco	unid	1	190.00	190.00
Regadera de 10 lt	unid	2	40.00	80.00
Wincha de 50 m	unid	1	20.00	20.00
MANO DE OBRA				3,500.00
Preparación de Sustrato para Almacigo	jornal	2	50.00	100.00
Preparación de Sustrato para repique	jornal	2	50.00	100.00
Embolsado	jornal	15	50.00	750.00
Repique de plántulas	jornal	15	50.00	750.00
Riego	jornal	15	50.00	750.00
Labores culturales	jornal	15	50.00	750.00
Tinglado	global	1	300.00	300.00
OTROS GASTOS				120.00
Alquiler de camas	global	1	120.00	120.00
COSTO POR PLANTON				0.514

Anexo 3. Fotografías



1. Herramientas de recolección de lodo



2. Recolección de lodo



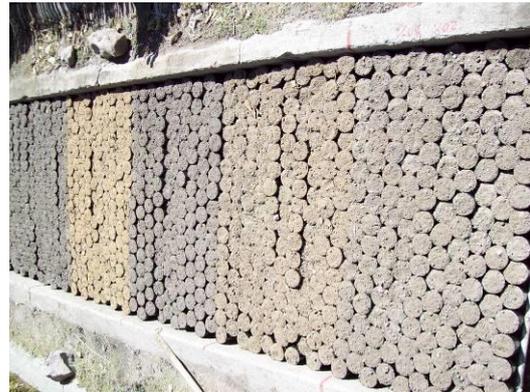
3. Vivero Forestal Potojani



4. Preparado de sustrato de tratamientos



5. Mezclado de sustrato de tratamientos



6. Embolsado de sustrato



7. Tratamientos embolsados



8. Preparado de tinglado



9. Preparado de tinglado



10. Hoyado y trasplante o repique

11. Hoyado y trasplante o repique



12 -13. Plantines de tratamiento 1 después del repique



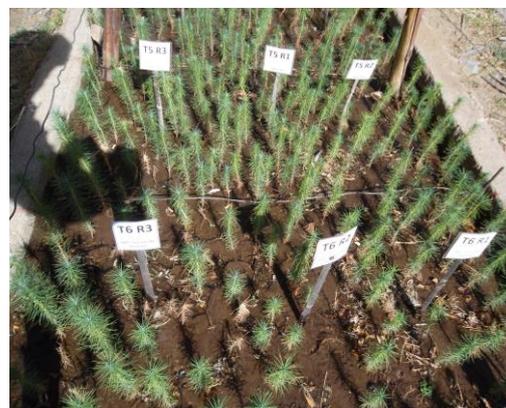
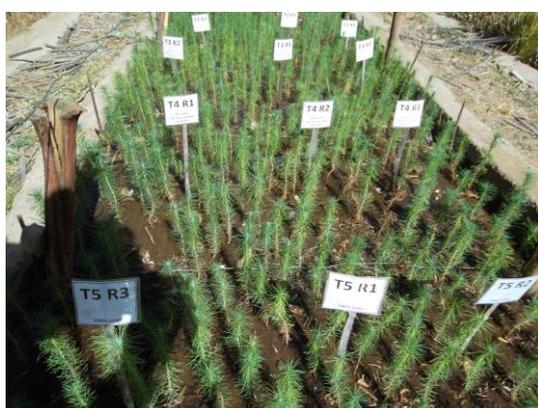
14 -15. Plantines de tratamiento 2 después del repique



16 -17. Plantines de tratamiento 3 después del repique



18 -19. Plantines de tratamiento 4 después del repique



20 – 21 plantines de tratamiento 5 y 6



22. Deshierbo de plantones



23. Plantones después del deshierbo



24. Realizando riego



25. Después del riego



26. Plantones en crecimiento



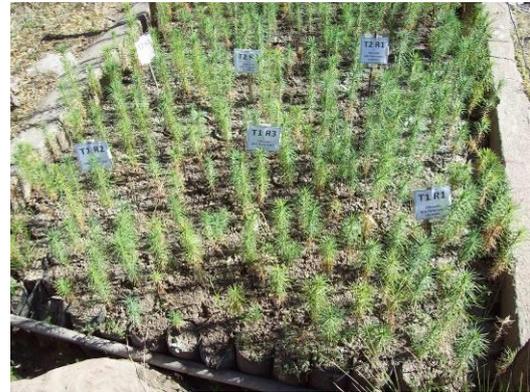
27. Plantones en crecimiento



28. Realizando labores culturales



29. Observación de la investigación



28 - 29. Tratamientos antes de la evaluación



30. Obteniendo el material de evaluación



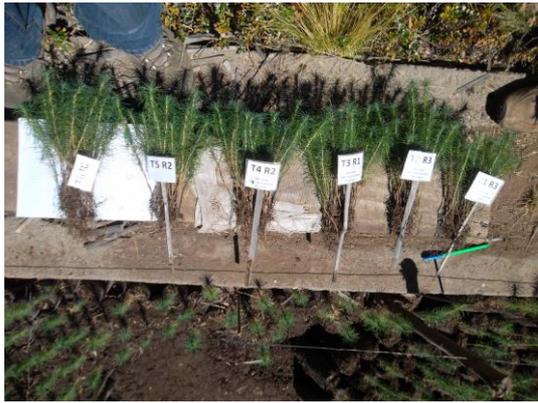
31. Medición de Evaluación



32. Muestras para evaluación



33. Realizando evaluaciones



34-35. Muestras de tratamientos después de las evaluaciones



36-37. Mediciones de las evaluaciones de tratamientos



38-39. Mediciones de las evaluaciones de tratamientos



40-41. Mediciones de las evaluaciones de tratamientos

Anexo 4. Análisis de Caracterización del suelo.



MINISTERIO DE AGRICULTURA
 INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA-INIA
 SERVICIO NACIONAL DE LABORATORIOS
 ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
 ANEXO SALCEDO
 Of. Principal- Av. La Molina 1981 - La Molina Lima



ANALISIS DE CARACTERIZACION

Nombre: Edwin Peralta Hancoo

Nº de Boletín: 374T3.

Dirección:

Procedencia: Potojani.

Fecha de Recepción: 22 de Agosto del 2016.

Fecha de Certificación: 25 de Agosto del 2016

Caracterización de propiedades relativamente permanente del suelo.

Nº	Cod. Lab.	MARCAS	ANALISIS		MECANICO		CO ₂ Ca %	Yeso me/100g	Mat. Org. %	N. TOTAL %
			Arena	Arcilla	Limo	Textura				
			%	%	%					
1	374T3	L100	80	6	14	AF	0,00		2,00	0,10
2	374T4	T100	62	8	30	FA	0,00		1,83	0,05
3										

Caracterización del Estado de fertilidad y condiciones alterables del suelo.

Nº	Suelo: Agua 1:2,5		NUTRIENTES DISPONIBLES				Boro	CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100g	Suma Cationes
	pH	C.E. mmhos/cm	P (ppm)	K (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Soluble (ppm)	Al me/100g	Ca me/100g	Mg me/100g	Na me/100g	K me/100g		
	1	6,48	1,321	10,00	310,00				0,00	11,60	2,50	0,00		
2	7,03	0,164	7,86	740,00				0,00	5,00	3,50	0,00	1,90	12,00	10,40
4														

Referencias:

Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, Octubre 1988. 195p.

Conclusiones:

La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales. El informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo)

Nota:

Cualquier correccion y/o enmendadura anula al presente documento.



INIA
 ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ingº JORGE CANHUA ROJAS
 Jefe Laboratorio Analisis
 SALCEDO

Los resultados son aplicables a esta muestra.

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n
 Puno, Puno, Perú
 T: (051) 363-812

