



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

PRESENTADO POR

BACHILLER CÉSAR CAMANI CHAMPI

ASESOR

ING. MARCO ANTONIO HUACOLLO ALVAREZ

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AGRÓNOMO

MOQUEGUA - PERÚ

2017

RESUMEN

El objetivo del trabajo de suficiencia profesional, es conocer el Diseño Completamente Al Azar y como objetivos específicos es determinar, describir y Evaluar la aplicación de DCA, en un caso práctico en crecimiento de la especie arbórea (*Pinus radiata* D. Don), en las zonas alto andinas de la región Cusco. Utilizando como variables independientes tres tipos de suelo, con la incorporación de materia orgánico descompuesto, el resultado esperado de este estudio es el efecto del suelo en el crecimiento de Pinus, en campo definitivo, los datos obtenidos, sirven como muestra para la validación del proyecto “Forestal” en la entidad certificadora Goold Stándar dentro de Mercado Voluntario de Carbono MVC y Mecanismos de Desarrollo Limpio MDL, en la instalación, manejo y recolección de información se involucra a autoridades y promotores forestales de la comunidad de Pongoña, Yanaoca, Canas, Cusco.

Los tratamientos en este estudio son los siguientes: T1, Terreno Arenoso, T2. Terreno Limoso, T3, Terreno Arcilloso y T4, mezcla de Terreno Arenoso, Limoso y Arcilloso, incorporando a cada Tratamiento materia orgánica, con 4 Tratamientos y 12 repeticiones empleando el DCA, en espacio con factores homogéneos en Invernadero, los resultados obtenidos son comparados mediante el Software estadístico Centurión, SPSS y Excel.

Probando los tres tipos de suelo, para la instalación de especie exótica *pinus radiata*, para garantizar el crecimiento óptimo se recomienda el terreno arenoso, en las comunidades alto andinas de Cusco, puesto que se consigue optimizar tiempo y recursos.

Palabras Clave: Método Estadístico, Aleatorización, Hipótesis y Variable estadístico.

CONTENIDO

Contenido	Página
Página de jurado	ii
Resumen.....	iii
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Contenido	vii
Índice de tablas y figuras.....	ix
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO II	
OBJETIVOS	
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.	3
CAPÍTULO III	
DESARROLLO DEL TEMA	
3.1. Marco teórico	4
3.2. Caso práctico.....	27
3.3. Representación de resultados	41
CAPÍTULO IV	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
4.1. Conclusiones.....	45
4.2. Recomendaciones	46
Referencias Bibliográficas	49

Autorización de publicación	53
-----------------------------------	----

ÍNDICE DE CUADROS, TABLAS Y FIGURAS

Lista de Cuadros.

Cuadro 1. Composición química aproximada en Pino radiata D. Don de Chile y Nueva Zelanda.....	33
Cuadro 2. Campañas agrícolas	37
Cuadro 3. Resultados obtenidos en el experimento.....	41
Cuadro 4. Resumen Estadístico	42
Cuadro 5. Análisis de Varianza ANOVA.....	43
Cuadro 6. Pruebas de múltiple rangos.....	44

Lista de Tablas

Tabla 1. Ventajas e inconvenientes del DCA.....	17
Tabla 2. Datos típicos de un experimento de un solo factor	19
Tabla 3. Análisis de varianza para el modelo con un solo factor y efectos fijos...	21

Lista de Figuras

Figura 1. Aleatorización de un experimento.	18
Figura 2. Diagrama de cajas para tratamientos	25
Figura 3. Diagrama de cajas para tratamientos	26
Figura 6. Grafica de barras entre los tratamientos y crecimiento.....	43

Lista de Mapas

Mapa 1. Ubicación del área comunal	40
Mapa 2. Mapa de area identificada de los tres tipos suelos.....	40

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Una de las ramas de mayor importancia en la ingeniería son los diseños experimentales, que en general son un proceso por el cual se obtiene información, la cual llevara a concluir nueva información para en lo posterior realizar nuevos experimentos. La finalidad de los diseños de experimentos es por ende comparar el resultado de una o más variables de entrada en una investigación.

El diseño estadístico de experimentos es precisamente la forma más eficaz de hacer pruebas. El diseño de experimentos consiste en determinar cuáles pruebas se deben realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas, y de esa manera clarificar los aspectos inciertos de un proceso, resolver un problema o lograr mejoras (Gutiérrez y De la Vara, 2009).

El DCA, es el diseño más simple y sencillo de realizar, debido a que los tratamiento se asignan al azar entre las unidades experimentales (UE) o viceversa, teniendo una amplia aplicación cuando las unidades experimentales presenta

homogeneidad, es decir, la mayoría de los factores actúan por igual entre las unidades experimentales. Esta situación se presenta con frecuencia en los laboratorios donde casi todos los factores son controlados, siendo su uso en la ingeniería agronómica cuando se realizan ensayos en invernaderos.

En la actualidad los investigadores realizan muchos estudios en forma virtual en todo los espacios del aprendizaje, para sacar sus conclusiones y recomendaciones de un proceso o sistema en particular. Un estudio experimental es un comparativo o ensayo, donde se puede realizar varias o una serie de comparaciones en las cuales se muestran cambios voluntarios en las variables de entrada de un proceso o sistema, de tal forma nos posibilita a verificar y reproducir las causas de su modificación en la respuesta de salida. La experimentación se define como un procedimiento que permite al investigador, reproducir bajo condiciones “con factores controlados” con la finalidad de obtener la información necesario para la comparación objetiva de los supuestos (hipótesis) relativas al efecto de factores específicos de la producción.

Hay razones que hacen imperiosa la necesidad de ejecutar una investigación agrícola, pecuaria. Desde un puntos de vista relacionada con la necesidad de satisfacer una demanda en la producción de alimentos, cada día mejor, mayor cantidad como en calidad del producto, los fenómenos biológicos al no ser determinantes, siempre se requiere de la intervención de la estadística para definir el grado de incertidumbre que hay en los resultados y poder llegar a las conclusiones y recomendaciones válidas.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1. Objetivo general.

Conocer el Diseño Completamente al Azar

2.2 Objetivos específicos.

Describir el Diseño Completamente al Azar.

Determinar los tipos de Diseño Experimental Completamente al Azar.

Evaluar la aplicación de Diseño Completamente al Azar en un caso práctico

“Crecimiento de (*Pinus radiata* D. Don) en las zonas alto andinas de Cuzco”.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Marco teórico

3.1.1. Reseña histórica de diseños experimentales

Nadie ha tenido tanto impacto en los principios estadísticos del diseño de experimentos en su tiempo como Ronald A. Fisher. En octubre de 1919, Fisher fue contratado en Rothamsted Experimental Station, cerca de Harpenden, Inglaterra. Le pidieron que trabajara con ellos de seis meses a un año, para aplicar un exhaustivo análisis estadístico a los datos de investigaciones agrícolas que el personal había recolectado (Khuel, 2006)

Fue durante su ejercicio en Rothamsted, donde permaneció hasta 1933, que desarrolló y consolidó los principios básicos de diseño y análisis que hasta la fecha son prácticas necesarias para llegar a resultados de investigación válidos. De 1919 a 1925 estudió y analizó experimentos relativos al trigo que se habían realizado desde 1843. De sus investigaciones estadísticas de éstos y otros experimentos, Fisher desarrolló el análisis de varianza y unificó sus ideas básicas sobre los principios del diseño de experimentos (Khuel, 2006).

En 1926 publicó el primer resumen completo de sus ideas en el artículo "The Arrangement of Field Experiments" (Fisher, 1926; citado por Montgomery, 2004); en ese importante artículo describió tres componentes fundamentales de los experimentos en el área de pruebas agrícolas: control local de las condiciones de campo para reducir el error experimental, replicación como un medio para estimar la varianza del error experimental y aleatorización para obtener una estimación válida de esa varianza. Aunque la replicación y el control local se aplicaban en ese tiempo, sus justificaciones respecto a la varianza del error experimental eran conceptos relativamente nuevos (Montgomery, 2004)

(Martínez, 2009). Define el método experimental como la aplicación del conocimiento y la objetividad para el entendimiento de los fenómenos. En este proceso es obligatorio considerar el conocimiento previo sobre el fenómeno de interés; a partir de este se plantean las hipótesis, que son ensayadas desde la experimentación, siendo esta última el componente fundamental de todo el proceso, ya que cualquier pregunta que no pueda ser probada a través de una experimentación no formaría parte del método científico.

La aleatorización fue un concepto radicalmente nuevo que se encontró con el escepticismo y la resistencia de sus contemporáneos, quienes en su mayor parte no entendían sus implicaciones estadísticas (Khuel, 2006)

3.1.2. Definición del diseño de experimentos.

El diseño de experimentos es la aplicación del método científico para generar conocimiento acerca de un sistema o proceso, por medio de pruebas planeadas adecuadamente. Esta metodología se ha ido consolidando como un conjunto de

técnicas estadísticas y de ingeniería, que permiten entender mejor situaciones complejas de relación causa-efecto (Gutiérrez & De la Vara, 2009)

La finalidad de los métodos experimentales es conseguir que el proceso de generar discernimiento y aprendizaje sea tan eficiente como sea posible. Este proceso ha demostrado, ser un proceso secuencial en el cual interactúan dos o más variables en una experimentación científica tanto como la teoría, modelos, hipótesis, conjeturas, supuestos y por el otro la realidad, hechos, fenómenos, evidencia, datos. La esencia de esta concepción de experimento es que requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados (Hernández *et al.*, 2010)

Un experimento diseñado es una prueba o serie de pruebas en las cuales se inducen cambios deliberados en las variables de entrada a un proceso o sistema, de manera que sea posible observar e identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida (Montgomery, 2004). Los cambios en las operaciones de un proceso, que se realiza con la finalidad de medir el efecto de su modificación de una o varias características de un producto o resultados, del mismo modo el experimento nos ayuda a incrementar los conocimientos acerca del sistema. Al analizar los efectos (datos) se obtiene conocimiento acerca del proceso, lo cual permite mejorar su desempeño (Gutiérrez & De la Vara, 2009)

3.1.3. Fases del diseño de experimentos.

Un aspecto fundamental del diseño de experimentos es decidir cuáles pruebas o tratamientos se van a realizar y cuántas repeticiones de cada uno se requieren, de manera que se obtenga la máxima información al mínimo costo posible. El arreglo

formado por los diferentes tratamientos que serán corridos, incluyendo las repeticiones, recibe el nombre de matriz de diseño o sólo diseño (Gutiérrez y De la Vara, 2009)

Según Montgomery (2004), menciona que, para tener un trabajo exitoso en el campo experimental es importante cumplir con los procesos por etapas las diferentes actividades como son:

3.1.3.1. Identificación y enunciación del problema.

Este punto podría parecer muy obvio, pero es muy común que en la práctica no es tan sencillo darse cuenta de que existe un problema que requiere experimentación, y tampoco es fácil desarrollar una enunciación clara, con la que todos estén de acuerdo. Es necesario desarrollar todas las ideas acerca de los objetivos del experimento. Generalmente es necesario solicitar aportaciones de todas las partes y/o áreas involucradas, por esta razón se recomienda un enfoque de equipo para diseñar experimentos (Montgomery, 2004).

3.1.3.2. Elección de los variables, niveles y rangos.

El investigador selecciona los variables o efectos independientes que van a ser analizados, de acuerdo con el conocimiento del fenómeno y la posibilidad de controlarlos. Deberá especificar los factores cuantitativos y cualitativos, y escoger sus niveles de modo que puedan combinarse y diferenciarse. Dichos niveles pueden ser fijos, o sea, conocidos previamente, o aleatorios, es decir, elegidos al azar de un conjunto mayor. Además, el número de factores que influyen en el tamaño del experimento y los métodos de análisis; a su vez, el tamaño es función de los recursos

presupuestados. Por otra parte, el tiempo puede considerarse como un factor de análisis en el experimento, o como una variable de bloqueo para aislar su influencia cuando no sea de importancia (Montgomery, 2004).

3.1.3.3. Selección de variables respuesta.

Para escoger la variable respuesta, el experimentador deberá tener la convicción de que esta variable facilita en realidad información útil acerca del proceso bajo estudio (Montgomery, 2004). La elección de esta(s) variable(es) es vital, ya que en ella se refleja el resultado de las pruebas. Por ello, se deben elegir aquellas que mejor reflejen el problema o que caractericen al objeto de estudio. Además, se debe tener confianza en que las mediciones que se obtengan sobre esas variables sean confiables. En otras palabras, se debe garantizar que los instrumentos y/o métodos de medición son capaces de repetir y reproducir una medición, que tienen la precisión (error) y exactitud (calibración) necesaria. Recordemos que los sistemas de medición son la forma en la que percibimos la realidad, por lo que si éstos son deficientes, las decisiones que se tomen con base en ellos pueden ser inadecuadas (Khuel, 2006)

3.1.3.4. Selección del diseño experimental.

Según Montgomery (2004) menciona que, especificados los niveles de los factores y las variables de respuesta e identificadas las unidades experimentales, surgen dos preguntas relacionadas al experimento: ¿Cuál es el tamaño apropiado de la muestra? O sea, ¿Cuántas unidades experimentales se requieren en el experimento? ¿Cómo asignar los tratamientos a estas unidades experimentales? Es decir, ¿Qué tipo de diseño conduce a resultados óptimos en cuanto a información válida, precisa y

económica? Tres aspectos fundamentales deben tenerse en cuenta en la selección de un diseño: el número de factores, la agrupación de unidades experimentales para eliminar una o más causas de variación, y el número de repeticiones por bloque para definir los diseños de bloques completos e incompletos. Según el diseño elegido debe proponerse también un modelo matemático para el experimento, de modo que pueda efectuarse un análisis estadístico apropiado de los datos. El modelo muestra la variable de respuesta como una función de los factores en estudio y de algunas restricciones impuestas sobre el experimento por el método de aleatorización.

3.1.3.5. Realización del experimento.

Proceso de recolección de datos; incluye el control del plan trazado inicialmente y debe prestarse atención al mecanismo de aleatorización, al manejo de los instrumentos de medida, al reconocimiento de las unidades experimentales y, fundamentalmente, al mantenimiento en la forma más uniforme posible de las condiciones ambientales del experimento. Cuando hay poca experiencia se debe realizar un *pretest* del plan experimental y de la forma de recoger la información, usando unas cuantas unidades experimentales para este fin (Montgomery, 2004).

3.1.3.6. Análisis de los datos.

En esta etapa no se debe perder de vista que los resultados experimentales son observaciones muestrales, no poblacionales. Por ello, se debe recurrir a métodos estadísticos inferenciales para ver si las diferencias o efectos muestrales (experimentales) son lo suficientemente grandes para que garanticen diferencias poblacionales (o a nivel proceso). La técnica estadística central en el análisis de los experimentos es el llamado análisis de varianza ANOVA (Khuel, 2006)

Deben emplearse métodos estadísticos para analizar los datos, de modo que los resultados y conclusiones sean objetivos más que apreciativos. Si el experimento se diseñó correctamente y si se ha realizado conforme al diseño, los métodos estadísticos que se requieren no son complicados. Existen diversos paquetes estadísticos para el análisis de datos, por ejemplo: SAS, R, STATISTICA, SYSTAT, SPSS, INFOSAT, MSTAT, GENSTAT, GENES, etc. (López & Gonzáles, 2014)

3.1.3.7. Conclusiones y recomendaciones.

Al terminar el estudio experimental se sugiere dar las conclusiones y recomendaciones, para decidir qué resultados de las medidas se va efectuar para considerar el efecto del experimento para garantizar que las mejoras permanezcan. Además, es preciso organizar una presentación para difundir los logros (Khuel, 2006). Después de analizar los datos, se establecen las inferencias estadísticas. Estas deben traducirse al lenguaje del experimento para darles la correspondiente interpretación física y evaluar su significación práctica. Los hallazgos deben ir complementados con recomendaciones para estudios posteriores (Díaz, 2009).

3.1.4. Principios esenciales del diseño experimental:

Para dar importancia al análisis de datos es necesario seguir estos principios:

3.1.4.1. Aleatorización:

La distribución de las unidades experimentales de los tratamientos se debe realizar de forma aleatoria. Según (Melo 2007), el proceso de aleatorización es esencial para tener un diseño experimental valido. Lo cual permite que cada unidad

experimental tenga una credibilidad acreditada de recibir cuales tratamiento sea posible, la misma es una de las situaciones más significativas en el diseño de un experimento. La aleatorización es importante para para:

- Crear estimadores insesgados del efecto de los procedimientos.
- Que los ensayos de hipótesis tengan validez.
- Impedir la sub o sobre evaluación del error experimental.

También dice que “la aleatorización es similar a un seguro, en el sentido de que es una reserva hacia casualidades que pueden o no suceder y que pueden ser o no peligrosos si ocurren”

La aleatorización es un principio muy discutido, resaltan que el objetivo de realizar la aleatorización es distinto; entre tales excluir el sesgo en la evaluación de medias, brindar eficacia a la evaluación de error experimental generando independencia del error experimental, facilitar poderío al estudio. La aleatorización se creo para controlar la repiticion en la elección sistematica de unidades a los mismos los tratamientos seran aplicados. En las decadas anteriores del 30, eran normales los estudios y su diseño sin aleatorizacion, para ellos las repeticiones del de los tratamiento fueron dsitribuidas por separados una de otras logrando cubrir la inestabilidad existente en campo experimental (Burgueño *et al.*, 2001).

El concepto de azar es diferente según el contexto donde se use. Un resultado de azar poder ser un resultado casual, fortuito, inesperado o desorganizado, pero en el sentido probabilístico, indica un resultado, entre varios posibles, que se dio por causas de la naturaleza y sin que hubiesen mediado influencias subjetivas reconocibles. Por tanto, el experimentador debe adoptar una posición realista ante

la aleatorización total o ideal y la asignación sistemática; además, debe estar convencido de que se requiere algún grado de aleatorización para que los análisis estadísticos tengan validez (Díaz, 2009).

3.1.4.2. Bloqueo

El bloqueo se refiere a nulificar o tener en consideración de manera apropiada, a todos los factores que obtengan afectar el resultado observado. La denominación de bloqueo proviene de los de los diseños experimentales aplicada en la agricultura, donde se aplica el efecto de la parcela o los factores físicos, ambientales, biológicos y otros (Bloqueo), es sucede al comparar evaluar una determinada cantidad de tratamientos, al bloquear se presume que el sub conjunto de datos y/o resultados obtenidos en cada uno de los resultados en las unidades experimentales, serán homogéneos a los datos del grupo total de resultados de un estudio. La iniciación de bloqueo se logra tener mayor exactitud del experimento al excluir variabilidad no explica, que incitaría el error aleatorio. Ejemplo de un bloqueo sería experimentar practicar con síes conductores (síes bloques), cada uno de ellos realizara prueba en forma aleatoria con cada uno de las maquinas; en este caso, la evaluación de las maquinarias puede ser más cierta. Puesto que, cada operador representa un bloque, ya que esperamos que el resultado de cada operador sean casi iguales entre cada uno de los síes conductores (Gutierrez & De la Vara, 2009)

Es un grupo de unidades experimentales homogéneas. La agrupación de unidades homogéneas en bloques permite reducir el error experimental. Este es uno de los diseños experimentales básicos (Díaz, 2009). Cuando se diseña un experimento para probar la efectividad de uno más tratamientos, es importante

poner a los sujetos (con frecuencia llamados unidades experimentales) en diferentes grupos (o bloques), de manera que estos grupos sean muy similares, por lo tanto un bloque es un grupo de sujetos que son similares en formas que podrían afectar el resultado del experimento (Triola, 2009).

3.1.4.3. Repetición

Si el mismo tratamiento se aplica repeticiones a las unidades experimentales en un experimento, se dice que el tratamiento esta repetido (r) una cantidad definida de veces. Si en un diseño tienen r repeticiones o replicas. No todas las repeticiones son replicas; el concepto de replica es mas amplio y se refiere a un experimento completo, mientras que el concepto de repeticion se aplica un tratamiento particular (Díaz, 2009).

La repeticion es la mayor cantidad de tratamienos que se repite en el estudio experimental, en las repeticiones se observan y se estudian los variables dependiente las que son manipulados, desde las unidades experimentales, por medio del proceso llegaremos a lograr el resultados del estudio experimental denominado el variable independiente. (López & Gonzáles, 2014). La repetición es muy importante en un estudio experimental científica, puesto que, en un experimento existe varios unidades experimentales de medidas en los tratamientos para poder apreciar el error experimental, es indispensable que los tratamientos se muestren más de una vez en el estudio, para poder incrementar la exactitud del estudio, para sostener el error experimental y reducir la desviación estándar de la media. Por eso la repetición es la cantidad de veces que un tratamiento se muestra en un experimento (Gutierrez & De la Vara, 2009)

3.1.5. Definiciones básicas

3.1.5.1. Variable estadística.

La variable estadística es una particularidad de la población de muestra que le importa al experimentador y que necesariamente toman distintos resultado o valores. Las variables estadísticas generalmente se denota por letras x, y , z, etc. (Mitacc, 2011)

3.1.5.2. Tratamiento

Se emplea el término tratamiento, para mencionar las diferentes técnicas cuyos efectos serán expuestos a una medición y comparados. Un tratamiento es un conjunto particular de condiciones experimentales que ende imponerse a una unidad experimental (Lopez & Gonzales, 2014)

3.1.5.3. Unidad experimental.

Khuel (2006) indica que es la entidad física o el sujeto expuesto al tratamiento independientemente de otras unidades. La unidad experimental, una vez expuesta al tratamiento, constituye una sola réplica del tratamiento.

3.1.5.4. Error aleatorio y error experimental

Gutiérrez y De la Vara (2009) afirma que, Las unidades experimentales en los diseños experimentales y natural, no siempre son exactos en su totalidad (100%).

La diferencia de estos se presenta a dos elementos:

- a) Genéticos
- b) Ambientales

Al margen de que estas unidades sean dos hermanos gemelos siempre existirá la diferencia por el aspecto ambiental. Esta variación natural que hay entre las unidades experimentales es llamada como error experimental o la variabilidad desconocida. Los errores son en dos tipos:

- a) Error tipo I o significa rechazar una hipótesis correcta.
- b) Error tipo II o apoyar una hipótesis falsa. Cuando se efectúa una prueba de hipótesis, puede acontecer uno de los siguientes casos.

3.1.5.5. Factor.

Díaz (2009) manifiesta que factor es una variable independiente que se evalúa en la investigación. Los factores pueden ser experimentales u observacionales, se llaman factores de estudio y se diferencian de otras observaciones independientes que no son de interés primordial en el estudio pero que pueden afectar la variable de respuesta: estas últimas son llamadas factores de control. Si se investiga el efecto de una dieta en el peso de un individuo, el factor experimental es la dieta, mientras que factores control podrían ser el sexo, clima, raza entre otros.

3.1.5.6. La variable respuesta

Según Montgomery (2004) indica, el cálculo de la variable respuesta específica el criterio, a evalúa en la comparación de los tratamientos. El objetivo del tipo de experimento discutido es la comparación de los efectos de los tratamientos de la variable respuesta. Normalmente, son evaluados por estimaciones y límites de confianza para el tamaño de las diferencias de tratamientos.

3.1.6. El diseño completamente al azar

Este diseño experimental al azar está basado en los principios de aleatorización y repetición, este diseño experimental se utiliza cuando no existe la necesidad de realizar control local, debido a las condiciones son homogéneas, la asignación de las unidades experimentales se distribuyen en forma aleatoria completa sin ninguna restricción de las unidades experimentales (López & González, 2014).

Es el diseño experimental más sencillo, eficaz, que se ocasiona por la asignación aleatoria de los tratamientos a un número de unidades experimentales anticipadamente definido. En este diseño utilizaremos k tratamientos, asignándose cada uno al azar a n unidades experimentales; para cada unidad seleccionamos al azar un número de 1 a k para decidir que tratamiento debemos emplear a esa unidad experimental. Si no existen restricciones, con excepción del requerimiento de igual número de unidades. (Gutiérrez & De la Vara, 2009)

Cuando un estudio experimental se realiza en lugares que presentan condiciones homogéneas para la comparación de los tratamientos como material experimental, es decir, las unidades experimentales (UE) son homogéneas tienen igual capacidad de respuesta y cuando solo se tiene como factor de clasificación los tratamientos y la asignación de estos a las UE se hace en forma aleatoria aleatorización irrestricta, entonces el modelo caracteriza el diseño completamente aleatorizado (DCA). En este diseño se supone que si se tiene $N = tr$ UE homogéneas, entonces se puede particionar las unidades experimentales dentro de t conjuntos de r unidades cada uno, además cada UE tiene igual probabilidad de asignación a cualquiera de los conjuntos. Este procedimiento define el DCA para t tratamientos. La realización de este protocolo es llamado en Hinkelman-

Kemphorne (2008) experimento completamente aleatorizado con igual número de replicas (Montgomery, 2004)

3.1.7. Ventajas e inconvenientes

Las ventajas e inconvenientes de un DCA se muestran en el siguiente tabla.

Tabla 1.

Ventajas e inconvenientes del DCA

Ventajas	Inconvenientes
Permite máxima flexibilidad en cuanto al número de tratamientos y número de repeticiones.	Cuando el número de unidades experimentales es muy grande es difícil encontrar lugares grandes que presenten la homogeneidad requerida.
La estructura del análisis estadístico es simple.	
La pérdida de observaciones durante la conducción del experimento no genera dificultades en el análisis y en la interpretación de los resultados.	Debido a que las fuentes de variación no asociadas a los tratamientos o a los niveles del factor en estudio, están incluidas en el residuo como
Reúne el mayor número de grados de libertad en el residuo, en comparación con otros diseños	variación del azar, la buena precisión de los análisis se ve comprometida.

Fuente: Lopez y Gonzales, 2014

3.1.8. Aleatorización

La aleatorización para un diseño experimental con 5 tratamientos del factor A y 4 repeticiones para cada muestra, se cuenta con el total de unidades experimentales o denominado parcelas demostrativas considerados en el trabajo experimental sería de la siguiente forma, $t * r = 5 * 4 = 20$. Las $(t * r)$ las muestras (parcelas) estarán distribuidas en forma aleatoria sin restricciones, los tratamiento (t) de niveles del factor A cada uno con sus 4 repeticiones de acuerdo al estudio experimental, un ejemplo de distribución tenemos en el siguiente croquis (Lopez & Gonzales, 2014)

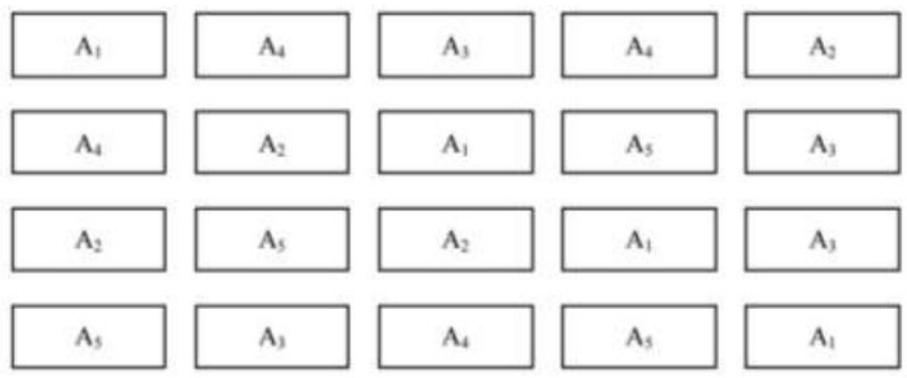


Figura 1. Aleatorización de un experimento.

Fuente: Lopez y Gonzales, 2014

3.1.9. Análisis de Varianza

El análisis de varianza está sujeto varios supuestos, considerado como una técnica estadística que, ayuda a interpretar de la mejor manera posible el comportamiento de los resultados (datos). En el estudio experimental, asimismo se puede dar el uso de software o paquetes estadísticos que nos proporciona los resultados en un cuadro de ANOVA, (análisis de varianza), para la interpretación apropiada el experimentador debe concretar, haciendo comparativos con otros paquetes

estadísticos y de forma tabular para confirmar y tener resultados válidas, finalmente siempre existiera una variación residual “error” (Lopez & Gonzales, 2014)

Suponga que se tienen a tratamientos o niveles diferentes de un solo factor que quieren compararse. La respuesta observada de cada uno de los a tratamientos es una variable aleatoria. Los datos aparecerían como en la tabla 2. Una entrada representa la observación j -ésima tomada bajo el nivel del factor o tratamiento i . Habrá, en general, n observaciones bajo el tratamiento i -ésimo (Montgomery, 2004)

3.1.10. Hipótesis

Lopez y Gonzales (2014) mencionan que el análisis de la varianza (es un método para comparar dos o más tratamientos, con la finalidad de comprender el procedimiento de la variable de interés en cada uno de los tratamientos. Donde la hipótesis fundamental a probar es:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k = \mu$ (Todos los tratamientos producen el mismo efecto)

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_k \neq \mu$ (Al menos un tratamiento produce un efecto distinto)

Tabla 2.

Datos típicos de un experimento de un solo factor

Tratamiento	Observaciones				Totales	Promedios
1	y ₁₁	y ₁₂	...	y _{1n}	y _{1.}	\bar{y}_1
2	y ₂₁	y ₂₂	...	y _{2n}	y _{2.}	\bar{y}_2
⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
A	y _{a1}	y _{a2}	...	y _{an}	$\frac{y_{a.}}{n}$	$\frac{y_{a.}}{n}$
					$y_{..}$	$\bar{y}_{..}$

Fuente: Montgomery, 2004

3.1.11. Modelo matemático

Según Montgomery (2004) menciona que es útil presentar y describir las observaciones de un estudio experimental con una prueba empleando un modelo. Una forma de distribuir el modelo matemático de un DCA es el siguiente:

$$y_{ij} = \mu_i + \varepsilon_{ij} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

Donde y_{ij} es la observación ij -ésima, μ_i es la media del nivel del factor o tratamiento i -ésimo, y ε_{ij} es el componente del error aleatorio que incorpora todas las demás fuentes de variabilidad del experimento, incluyendo las mediciones, la variabilidad que surge de factores no controlados, las diferencias entre las unidades experimentales (como los materiales de prueba, etc.) a las que se aplican los tratamientos, y el ruido de fondo general del proceso (ya sean la variabilidad con el tiempo, los efectos de las variables ambientales, etc.). Es conveniente considerar que los errores tienen media cero, de tal modo que $E(y_{ij}) = \mu_i$ (Montgomery, 2004)

La ecuación es denominada también modelo de las medias. Una forma alternativa de escribir un modelo de datos es definido por:

$$y_{ij} = \mu_i + \tau_i \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

De tal modo que la ecuación se convierte en:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

En esta forma del modelo, μ es un parámetro común a todos los tratamientos al que se llama la media global, y τ_i es un parámetro único del tratamiento i -ésimo

al que se llama el efecto del tratamiento i -ésimo. Es por ello que esta ecuación se denomina por lo general modelo de efectos.

Tanto el modelo de las medias como el de los efectos son modelos estadísticos lineales; es decir, la variable respuesta y_{ij} es una función de los parámetros del modelo, Aun cuando ambas formas del modelo son útiles, el modelo de los efectos se encuentra con mayor frecuencia en la literatura de diseño experimental. Tiene cierto atractivo intuitivo por cuanto μ es una constante y los efectos de los tratamientos τ_i representan desviaciones de esta constante cuando se aplican los tratamientos específicos (Montgomery, 2004).

3.1.12. Análisis estadístico

El análisis estadístico nos ayuda una prueba formal de la hipótesis donde no exista diferencias en la media del tratamiento ($H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$), el supuesto indica el error ε_{ij} continua una división normal e independientemente con cero y varianza σ^2 , es por ello que la SS_T es una suma de cuadrados aleatorios con distribución normal; por tal sentido se puede probar que SS_T/σ^2 es una distribución ji-c., con $N-1$ gl. Por ende podemos también demostrar que SS_E/σ^2 es un variable con $N-a$ gl, y que $SS_{\text{Tratamientos}}/\sigma^2$ es una variable, si la hipótesis nula $H_0: \tau_i=0$ es real y valida. (Montgomery, 2004).

La tabla 03 muestra el ANVA, para el diseño con un factor y efectos consolidados.

Tabla 3.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F. Cal.	F. Tab.
Entre los tratamientos	$SS_{Trat} = n \sum_{i=1}^a (\bar{y}_i - \bar{y})^2$	$t-1$	MS_{Trat}	$\frac{MS_{Trat}}{MS_E}$	$P(F > F_0)$
Error (dentro de los tratamientos)	$SS_E = SS_T - SS_{Trat}$	$r \cdot t - t$	MS_E		
Total	$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$	$r \cdot t - 1$			

Fuente: Gutiérrez y De la Vara, 2009

Los grados de libertad de $SS_{Tratamientos}$ y SS_E suman $N-1$, el número total de grados de libertad, el teorema de Cochran implica que $SS_{Tratamientos}/\sigma^2$ y SS_E/σ^2 son variables aleatorias de ji-cuadrada con una distribución independiente. Por lo tanto, si la hipótesis nula de que no hay diferencias en las medias de los tratamientos es verdadera, el cociente. (Montgomery, 2004)

$$F_0 = \frac{SS_{Tratamientos}/a - 1}{SS_E/N - 1} = \frac{MS_{Tratamientos}}{MS_E}$$

Consideramos como F con $a-1$ y $N-a$ grados de libertad. En los partimientos del estudio en las diferentes prueba a cumplir, para considerar la hipótesis de que si o no existe incompatibilidades en la medias del tratamientos.

$$F_0 > F_{a,a-1,N-a}$$

La ecuación mostrada se puede usar para hallar el valor P o F - calculado, según el análisis de varianza, para tomar las decisiones pertinentes.

Para tener los valores válidos es importante contar con una fórmula estadística para calcular, la suma de cuadrados simplificando y reescribiendo a los resultados de la $SS_{\text{Tratamientos}}$ y SS_T , tenemos la siguiente fórmula:

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{N}$$

$$SS_{\text{Trat}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a y_{i.}^2 - \frac{y_{..}^2}{N}$$

Para obtener el resultado de suma de cuadrados de error utilizaremos la siguiente fórmula.

$$SS_E = SS_T - SS_{\text{Trat}}$$

$$SS_{\text{Trat}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a y_{i.}^2 - \frac{y_{..}^2}{N}$$

3.1.13. Diseño con datos no balanceados

En un estudio experimental con un factor, no balanceado la cantidad de réplicas de las unidades experimentales no son exactamente la misma cantidad de repeticiones, para observar, esto por diferentes motivos como pérdida de datos o por conveniencia del investigador, esto es conocido como el diseño de datos no balanceados (Montgomery, 2004). En este diseño de datos no balanceados, también se puede aplicar el análisis de varianza anteriormente presentado, con ligeras modificaciones en la fórmula de suma de cuadrados, la misma que nos brindará un resultado más válidas. Contando con n_i investigaciones empleadas al tratamiento i

($i=1, 2, \dots, a$.) y que $N = \sum_{i=1}^a n_i$. Utilizaremos la siguiente formula para realizar cálculos en forma manual SS_T y $SS_{Tratamientos}$, tenemos los siguientes:

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{N}$$

$$SS_{Trat} = \sum_{i=1}^a \frac{y_{i.}^2}{n_i} - \frac{y_{..}^2}{N}$$

Gutiérrez & De la Vara (2009), indica que no será necesario realizar modificaciones en el análisis de varianza. Hay dos ventajas para emplear un diseño balanceado.

La primera, el estadístico de prueba es relativamente insensible a las desviaciones pequeñas del supuesto de la igualdad de las varianzas de los a tratamientos cuando los tamaños de la muestra son iguales. No es este el caso cuando los tamaños de las muestras son diferentes.

La segunda, la potencia de la prueba se maximiza cuando las muestras tienen el mismo tamaño.

3.1.14. Diagramas de cajas simultáneos

Los diagramas de cajas^{3D} paralelos representan la forma descriptiva de confrontar los tratamientos. En la figura 2 se presentan los diagramas de cajas simultáneos para los cuatro tratamientos. Se observa que el método C parece diferente a los métodos A y B en cuanto a sus medias; la media del método D también se ve diferente a la media del método A. Por otra parte, se observa un poco más de variabilidad en el método C que en todos los demás. Lo que sigue es verificar que lo que se observa en el diagrama de caja implica diferencias significativas entre los distintos

tratamientos; por lo tanto, es necesario hacer pruebas estadísticas porque los datos que se analizan en los diagramas de cajas son muestras (Gutiérrez & De la Vara, 2009)

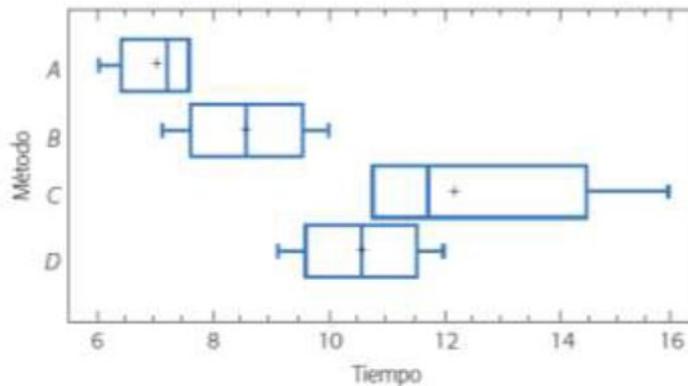


Figura 2. Diagrama de cajas para tratamientos
Fuente: Gutiérrez y De la Vara, 2009

También describe, que cuando las cajas de diagrama se sobre ponen, es porque existe diferencias en los promedio de los tratamientos, así en cada uno y la probabilidad es mayor en la ubicación de los diagramas, ya que estas están basados en los resultados obtenidos, cuando se sobreponen en su ubicaciones o similares puede que no existan diferencias significativas es importante emplear en los estudios estadísticos para definir qué tratamientos independientes tienen diferencias significativas y altamente significativas de acuerdo a la confianza experimental.

3.1.15. Diagramas de cajas simultáneos

Cuando se rechaza H_0 mediante el análisis de varianza, y se concluye que no hay igualdad entre las medias poblacionales de los tratamientos, pero no se tiene información específica presenta en cuál de los tratamientos hay diferencias entre sí, la presentación grafica de promedios (means plot) nos ayuda a realizar una

observación estadística visual de las medias de los tratamientos. En la siguiente figura 3 se visualiza el gráfico de promedios con los intervalos de confianza respectivo a la prueba LSD, la que se estudiara posteriormente.

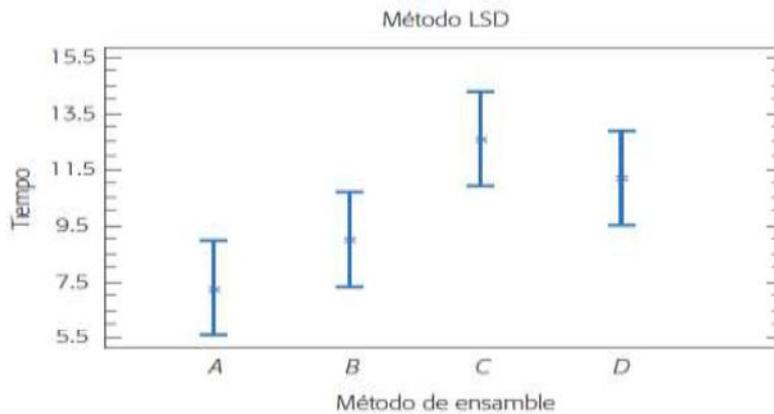


Figura 3. Diagrama de cajas para tratamientos
Fuente: Montgomery, 2004.

Cuando las promedio de los tratamientos se traslapan según el intervalo de confianza, estas estadísticamente serian iguales en cuanto a los promedios, pero si no se traslapan entones podemos decir que estadísticamente son diferentes las medias. Hay podemos mostrar el método LSD, cuando este detecte como los intervalos de confianza al 95% que $B \neq C$, $B \neq D$ y $A = C$. esto nos facilitara la finalización práctica de nuestros estudio experimental el mejor de los tratamiento es en este caso es el método B y estadísticamente los valores son menores a A y C. en segundo lugar le acompaña el tratamiento o método A. Esto nos indica que aún no podemos dar por finalizado que el tratamiento B, sea mejor que el tratamiento, esto porque sus intervalos de confianza se sobre ponen y estadísticamente son iguales.

3.2. Caso práctico.

En el caso práctico, se muestra los resultados de las diferentes actividades cumplidas en el campo de estudio para la medición de los factores independientes, en aras de llegar a resultados válidas, este caso práctico se basa en evaluar el crecimiento de la especie exótica Pino (*Pinus Radiata* D. Don.), a una altitud de 4,117 m.s.n.m. en tres tipos de suelo bajo condiciones homogéneas en invernadero empleando el método experimental, diseño completamente al azar (DCA), nos serví para prescribir el tipo de tierra recomendar para la producción e instalación en campo definitivo de la especie arborea en las provincias altas de la región Cusco, la materia prima para el estudio (Suelo), fue extraída de una de las áreas de manejo forestal del proyecto “Prácticas Agro Silvo Pastoriles Orientados al Mercado de Carbono”, el área identificada presenta deficiencias en el prendimiento y crecimiento de los plantones en campo definitivo, lo que incentiva a las autoridades, promotores y al equipo técnico del proyecto evaluar el crecimiento de los plantones en condiciones controladas, para tener las conclusiones y recomendaciones reales para la continuidad de la instalación en campo definitivo de especie en estudio en altitudes mayores, de acuerdo a sus requerimientos edafoclimáticas y su adaptabilidad de la planta.

3.2.1. Introducción

El estudio se plantea por el interés y preocupación de las autoridades, promotores forestales y equipo técnico del proyecto, para cumplir con la medición de variables y dar respuesta a los procesos de validación de las áreas de manejo forestal del proyecto, según los requisitos establecidos de estándar de oro (Gold Estándar), con

finés de viabilizar los canales en el mercado de carbono MDL y MVC, en aras de dinamizar la economía comunal por la compensación en el mercado por servicios ambientales, como requisito para acceder al mercado la especie arbórea en estudio, se tiene que exponer como mínimo 2 metros de altura, para su acreditación con la certificación y la venta de los CER equivalentes de toneladas de CO₂ para captar bonos de carbono, al concluir con la validación y certificación de 21 áreas de manejo forestal. En beneficio de las comunidades de intervención, en total 06 comunidades campesinas con una población directa de 720, familias involucradas en las campanas y el manejo forestal empleando la herramienta como es, el Plan de Manejo Forestal.

3.2.2. Objetivo

Evaluar el crecimiento de la especie exótica Pino (*Pinus Radiata D. Don*), en tres tipos de suelo (Arenoso, Limoso y Arcilloso), bajo condiciones homogéneas en invernadero.

3.2.3. Marco teórico

3.2.3.1. Descripción taxonómica.

Limache (1985) describe la taxonomía de la siguiente manera

Reino: Vegetal

División: Cormofito embrionario

Clase: Coníferas

Orden: Pinales

Familia: Pinaceae

Género: Pinus

Especie: Radiata

Nombre Científico: *Pinus radiata* D. Don

La especie arbórea pertenece al subgénero de pinos diplostélicos o Diploxyton, según la división realizada por caracterizada principalmente por un doble haz vascular en el nervio central acicular. Dentro de este subgénero, esta especie se ubica en la sección Taeda, que comprende pinos naturales de Norteamérica, especialmente de las regiones áridas de Estados Unidos y México. Los pinos de esta sección presentan, entre otras características ramillos multinodales con tres o cinco acículas por cada vaina (rara vez dos u ocho) y alas bien desarrolladas, caducas o más o menos persistentes, en los piñones y piñas serótinas (Ruiz de la Torre et, 1979).

Shaw, 2008), incluyó a *Pinus radiata* dentro del grupo de los insignes, constituido por unas 16 especies boreales próximas entre sí. Como característica evolutiva sobresaliente de este grupo señala su hábito de conservar las piñas en el árbol durante varios años, con aperturas y cierres periódicos de las escamas. Pueden liberar semilla viable durante varios años, lo que aumenta las posibilidades de que se encuentren las condiciones óptimas para una buena germinación, y de superar años malos o condiciones adversas para el regenerado. Este comportamiento suele denominarse apertura serótina o tardía, y es considerado un estado avanzado de la evolución del género Pinus.

3.2.3.2. Descripción Botánica

Especie originaria de Monterrey, región ubicada dentro de las costas californianas, de los Estados Unidos de norte america. Fuera de su distribución natural ha sido plantada con mucho éxito en Brasil, Argentina, Australia, Nueva Zelanda, España, Chile entre otros países. En Chile las plantaciones de Pino radiata se sitúan entre los 33° y 44° latitud sur (Diaz-vaz et al., 2002), alcanzando 1,4 millones de hectáreas.

- a) **Forma:** Es una especie arbórea exótica que cuenta con tallo único en la parte superior ramificado, formando una copa amplia y extendida, según (Guido, 1984),

Es una especie arbórea, que en su zona de procedencia alcanza hasta 40 m de altura, alcanzado de 0.6 a 1.2 mt., de diámetro en un periodo de 80 a 95 años de edad del árbol, las plantaciones realizadas en otros lugares donde las condiciones del suelo no son apropiadas para la especie, llegan a existir menos años y no alcanzando las características deseadas (Limache, 1985)

En cantidades por hectárea uniformes en la población artificial, forman copas muy amplias y ramificadas en un periodo de 40 y 50 años. A partir de esto, dejan de desarrollar y crecer en altura, se detienen. En lugares donde se presenta los suelos profundos pueden alcanzar a 40 m., pero en zonas con suelos superficial pueden alcanzar de 5 a 10 m., por los factores físicos las plantas llegan a perder la guía, a partir de esto las ramas comienzan a desarrollar en forma gruesa, largas, de no haber una poda apropiada el crecimiento se detiene la planta llega a aproximarse al suelo (Guido, 1984).

b) Hoja. Las hojas son aciculares persistentes con fascículos de tres a cinco nacen de un nudo pequeño del tallo y las ramas, denominado branqui plasto tapados con escamas (Guido, 1984).

c) Fruto. Según Guido (1984) menciona que la planta de pino presenta inflorescencias masculinas y femeninas, cono o estróbilo leñoso, grande parecido a una piña, contiene semillas aladas.

Los frutos o piñas maduras permanecen por varios años liberando semillas óptimas para su almacenado y en cantidades abundantes.

d) Semilla. Son de 3 a 5 mm de ancho y de 5 a 7 mm de largo son estrechas y largo, con ocho cotiledones, estos pueden variar de cinco (5) a doce (12). Se fructifica a los diez años, alcanzan a contener de 20 000 a 35 000 semillas/kg., llegando de 60 a 80% de poder germinativo, se puede almacenar por tres a cuatro años las semillas (Lapulu, 1985).

e) Raíz. Según Guido (1984) describi las características de la raíz de los pinos radiata, su sistema radicular es extensa y muy profunda cuando las características del suelo lo facilita, robusto, bien desarrollado y distribuido en general. las raíces, no cuentan con una raíz principal solo en el estado joven de la planta.

3.2.3.3. Plantaciones de pino en el Perú

La historia forestal en nuestro país indica que las primeras instalaciones en campo definitivo de pino fueron de cinco (5) has, de la variedad de *Pinus radiata*, las plantaciones fueron instaladas en la propiedad Mito tambo del distrito de Kichki, el predio de 114 has que posteriormente fue afectada por la reforma agraria en 1977,

motivo por el cual fue cedida a la dirección general forestal y de fauna del ministerio de agricultura, que finalmente fuera declarado como semillero Mito tambo - Huánuco.

En el Perú la especie *pinus radiata* fue introducida mediante la semillas, desde entonces existen plantaciones forestales con la especie *pinus radiata*, así como con otras especies de pino, actualmente estas plantaciones varían en cantidad de área plantación por hectárea y tamaños al igual que las edades, esto imposibilitando tener una estimación exacta de hectáreas instaladas a nivel nacional dentro del territorio peruano, actualmente tenemos más de 12 000 mil hectáreas de pino de diferentes variedades de pino, estos se han plantado en el área de la “Cooperativa Agraria Jerusalén de Granja Porcon” en el departamento de Cajamarca, las plantas varían en tamaño y edad. Es la más resaltante y impactante a nivel nacional pero existen plantaciones forestales con la especie de pinos radiata en otras regiones de nuestro país, en Cajamarca indican los administradores de la cooperativa que es fuente de ingreso económico más importante para la cooperativa, aprovechando las adicionalidades de la práctica forestal, ha contribuido en el desarrollo de la granja en carpintería, crianza de animales, elaboración de productos lácteos, crianza de vicuñas para los tejidos, ovinos para la elaboración de los quesos y vacunos para los productos lácteos, también ayudado en la crianza de la piscigranja, producto de las actividades son considerados como el pulmón de nuestro país, por el manejo apropiado y trabajo que cumplieron con los *Pinus radiata* (SEMIABOBIO, 2004).

3.2.3.4. Composición química de *Pino radiata D. Don*.

Así como en la mayoría de las maderas blandas, la celulosa es el principal componente de la pared celular. En numerosos estudios se ha tratado de determinar la exactitud que tienen todos los componentes químicos presentes en la madera, pero la gran mayoría difieren por el método que se utiliza (Uprichard, 1991). A continuación se presentan valores representativos para madera de Pino radiata de Chile y Nueva Zelanda (ver cuadro 1).

Cuadro 1.

Composición química aproximada en Pino radiata de Chile y Nueva Zelanda.

Componente	Composición en Chile %	Composición en Nueva Zelanda %
Extraíbles	1,3	2
Celulosa	53,7	40
Lignina	27,1	27
Hemicelulosa	16,4	31

Fuente: Cristoffanini y Melo, 1992

3.2.3.5. Requerimientos ecológicos

El (*Pinus radiata D. Don*) necesita de suelos profundos, de textura arenosa con arcilla y limos; de buen intercambio gaseoso, con pH entre 4.5 y 6.5, que presenten un buen drenaje y con fertilidad moderada a buena (Sanhueza et al., 1998). En los valles predominan los suelos aluviales, en la costa hay suelos francos a francos arcillosos. Las arenas están muy presentes en su distribución de origen (INFORCONAF, 1998).

Los requerimientos climáticos se encuentran resumidos tanto de precipitación, periodo vegetativo y demás, en la tabla 2.

La temperatura máxima absoluta no se presenta, en general, como un factor limitante para su crecimiento; el límite máximo coincide con el límite biológico de los organismos vegetales, es decir, 60° C. Sin embargo, pino oregón disminuye su eficiencia fisiológica sobre el 35° C, acentuándose aún más alrededor de los 40° C. En estos rangos, éste es claramente un factor limitante para su crecimiento (Sanhueza et al., 1998).

Tabla 4.

Requerimientos climáticos del Pinus radiata D. Don.

Requerimientos	Características
Precipitación media anual	> 900 mm
Precipitación período vegetativo	> 300 mm
Humedad relativa mensual	> 50 %
Temperatura media anual	> 10,3°C
Días óptimos de crecimiento	> 45 días
Días libre de heladas	> 80 días
Exposición más favorable	Norte y Noroeste

Fuente: Sanhueza et al, 1998.

3.2.3.6. Población en estudio

La población del ámbito del PDA según información obtenida en el diagnóstico, es de 13,258 habitantes, con un promedio de 2,839 familias y una población infantil

de 1915 niños y niñas con edades de 0 a 5 años, de los cuales sufren de desnutrición crónica el 54,4% y de desnutrición global el 22,8%. En Educación el 27,5% de los niños y niñas de grupo etario de 05 años no asisten a centros Pre escolares. El 93,82% de las familias del distrito de Yanaoca viven en la zona rural y solo el 6,18% de las familias viven en la zona urbana.

La comunidad de Pongoña cuenta con un total de 925 habitantes, en el padrón comunal existen 168 titulares, existe 20 comuneros exonerados de toda actividad comunal en reconocimiento a su ardua labor en favor de la comunidad, se tiene también 20 viudas (WORLD VISION, 2006.)

La organización social de las seis comunidades y su estructura de gobierno obedece a la aplicación e implementación de la Ley de Reforma Agraria N°17716 promulgada en el año 1969, y la posterior ejecución en los años 1980 y 1985, donde se otorgaron títulos de propiedad y que han sido inscritos en Registros Públicos SUNARP (CDC Pongoña, 2013)

Las autoridades de estas comunidades están conformadas por 01 presidente, 01 secretario, 01 tesorero y 01 vocal, en algunas comunidades se complementa esta directiva con 01 fiscal y 02 vocales. A continuación se observa a detalle los diferentes comités que se tienen en la zona:

- Comité forestal: tiene como de administrar los recursos forestales y de cuidar la fauna y la flora dentro de su territorio comunal.
- Comité Agropecuario: tiene como fin el mejoramiento de animales de crianza, mayores y menores. Está conformado por varones jóvenes y mayores. Presenta

variantes dentro de la comunidad como el Comité de Ganadería, Asociación de Cuyes.

Las directivas de las organizaciones comunales, excepto las creadas por el gobierno central, son elegidas democráticamente a mano alzada en asamblea general comunal, lo que le da a cada una de ellas mayor autoridad y participación, en tanto que su autoridad y obligación emana de la voluntad popular.

3.2.4. Materiales y métodos

3.2.4.1. Lugar del experimento.

El una de las comunidades campesinas de su jurisdicción del distrito de Yanaoca provincia de Canas de la región Cusco.

Ubicación política

- Region : Cusco
- Provincia : Canas
- Distrito : Yanaoca
- Lugar : Comunidad de Pongoña – Apacheta

Ubicación geográfica

- Latitud Sur : 13° 23' 30''
- Longitud Oeste : 72° 02' 30''
- Altitud : 4,117 msnm.

Ubicación hidrográfica

- Cuenca : Apurimac

3.2.4.2. Historia del campo experimental:

En los anteriores años, antes de la campaña forestal en el año 2014 correspondiente a los meses de (Diciembre 2014 a Enero 2015), recomendadas para realizar la practica forestal, en aras de garantizar el prendimiento del mayor porcentaje de los plantones instalados en campo definitivo. El suelo estaba destinada para la actividad agricola de cultivos propias de zona, esto cada 7 años, en termino Quechua (layme o muyu), en la campañas agricolas estaba distribuida, en el orden que se aprecia en la siguiente:

Cuadro 2.

Campañas agricolas

Campaña agrícola	Tipo de cultivo
Layme y/o Muyu	Papa nativa (<i>solanum Tuberosum</i>)
Layme y/o Muyu	Avena (<i>Avena sativa</i> L.)
Layme y/o Muyu	Oca, (<i>Oxalis tuberosa</i>)
Layme y/o Muyu	Mashua o Isaño (<i>Tropaeolum tuberosum</i>)

Fuente: AIDER, 2015.

3.2.4.3. Materiales

a) Materiales de campo

Para cumplir con las actividades en el campo practico se emplea los siguientes materiales:

- Libreta de campo
- Tablero
- Lapizero
- C'ontay
- Saquillos
- Estacas y cordeles para marcar parcelas.

b) Materiales de gabinete

- Laptop
- Calculadora
- Cámara fotografica
- GPS
- Metro (Wincha).

3.2.4.4. Metodología

La metodología y método que se aplica en el trabajo de campo es la vivencial, participativas y expositivas, con el involucramiento de actores sociales de la comunidad, empleando el modelo estadístico experimental el diseño completamente a Azar, culminada el estudio se realizara la socialización de resultados a las comunidad de intervención.

Siembra o plantación. La instalación se cumplió en el año 2014 entre los meses de diciembre 2014 y Enero 2015, en un invernadero ubicado en la comunidad de Pongoña, para la siembra se trasladó tierras de 4 zonas identificadas dentro de área de manejo forestal o campo definitivo, con el fin de evaluar o medir el

crecimiento del pino. Por la variación desuniforme en el crecimiento de los plantones de la especie en campo definitivo.

La siembra o plantación propiamente dicha de *Pinus Radiata D. Don*, del especie arbóreo se clasifico en tamaño cada uno de 0.55 cm de altura, la variedad, características de la planta en un vivero forestal para su medición apropiada, deben contar con las mismas características para ser medidos el espacio cuenta con factores contralados o homogéneos, para ello se efectúa en un invernadero.

3.2.4.5. Diseño Experimental:

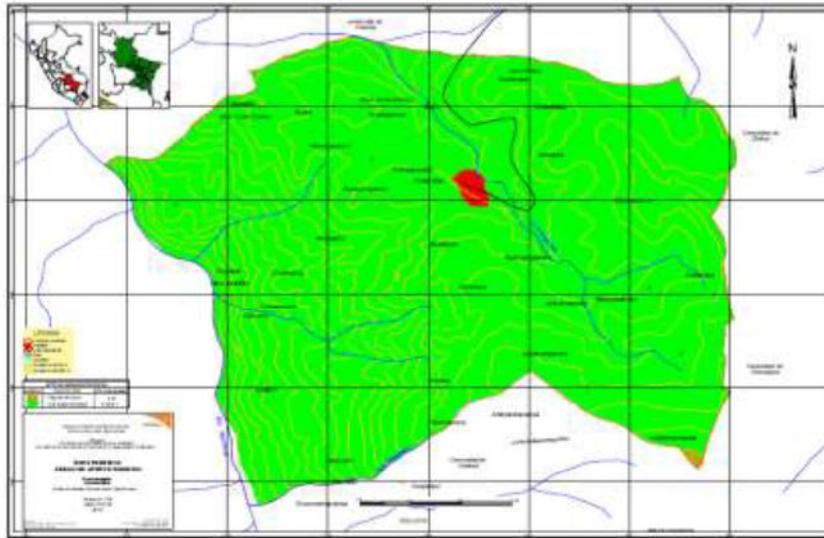
El trabajo se realizo, bajo condiciones controladas, es decir en un invernadero, el metodo experimental que a utilizar sera el diseño experimental completamente al azar (DCA), con cuatro (4) tratamientos y (12) doce repeticiones donde el factor independiente de medicion son las siguientes:

- T1 = Terreno Arenoso + Materia Orgánica.
- T2 = Terreno Limoso + Materia Orgánica.
- T3 = Terreno Arcilloso + Materia Orgánica.
- T4 = Terrenos Arenoso, Limoso y Arcilloso + Materia Orgánica.

El diseño experimental utilizado en el experimento como la aleatorización de tratamientos en las parcelas.

3.2.4.6. Mapa del campo experimental

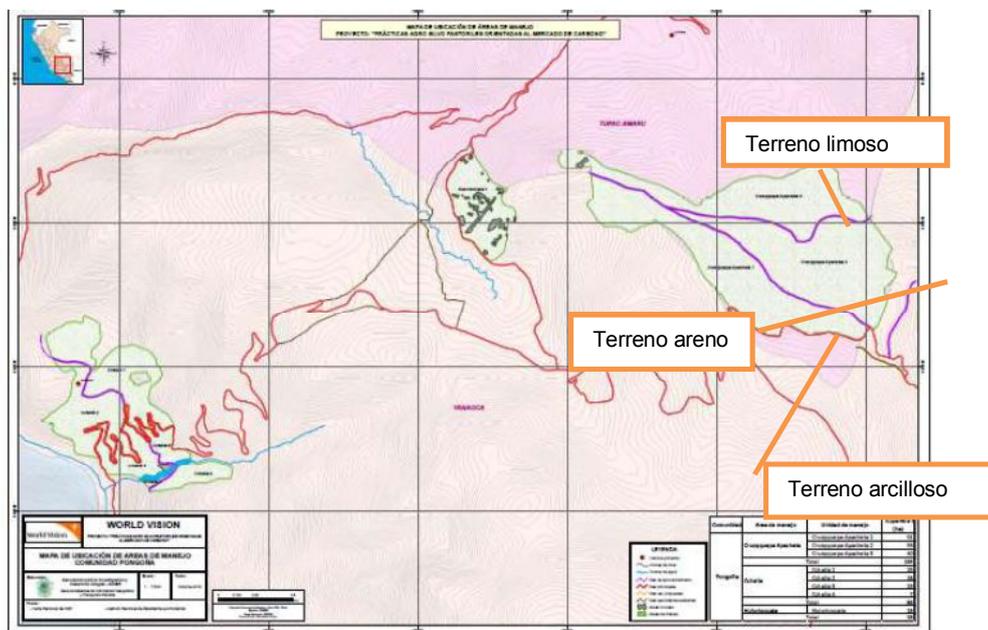
La materia prima para el estudio, se obtiene de una de las áreas de manejo forestal, para la extracción del suelo, al invernadero bajo condiciones controladas



Mapa 1. Ubicación del área comunal

Fuente: AIDER, 2015.

En la siguiente mapa N° 2, se muestra las áreas identificadas para la extracción y traslado de suelos Arenoso, Arcilloso y Limoso, para su estudio en el crecimiento de las especie arbórea, el área georreferenciada representa 24 Ha. Suelos con actitud forestal.



Mapa 2. Mapa de área identificada de suelos.

Fuente: AIDER, 2015.

3.2.4.7. Procesamiento de los datos

Para el procesamiento de datos tabulados en campo en un espacio controlado, serán calculados empleando el uso del software estadístico Centurion XVI.I, IPSS, para su posterior análisis.

3.3. Representación de resultados

Los resultados obtenidos desde la medición de las plantas en invernadero, se muestran en el cuadro 3, dichos resultados fueron evaluados al primer año de su plantación de la especie *Pinus Radiata D. Don.* en un invernadero implementado por el gobierno local.

Cuadro 3.

Resultados obtenidos en el experimento

REP,	T1	T2	T3	T4
R1	1,10	1,02	0,93	0,84
R2	1,11	1,15	0,72	0,80
R3	1,05	0,96	0,68	0,68
R4	1,12	0,99	0,75	0,96
R5	1,25	0,94	0,63	0,76
R6	1,20	0,76	0,88	0,91
R7	1,07	1,25	0,82	0,91

R8	1,08	1,07	0,77	0,82
R9	1,09	0,95	0,58	0,78
R10	1,10	1,05	0,74	0,85
R11	1,11	1,22	0,84	0,79
R12	1,12	1,03	0,73	0,87

Fuente: Elaboracion propia

Los promedios de varios tratamientos se observa en el cuadro 4, siendo el T1 el de mayor crecimiento a un año de su instalacion en el invernadero con 1,17 m., con una mayor desviacion estandar entre los diferentes tratamientos de 0,056 m., y el tratamiento T3 el de menor crecimiento con 0,76, con una menor desviacion estandar de 0,101 m.

Cuadro 4.

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>
T1	12	1,17	0,056
T2	12	1,03	0,133
T3	12	0,76	0,101
T4	12	0,83	0,076
Total	48	0,934	0,174

Fuente: Elaboracion propia

La pauta de crecimiento en altura de esta especie puede ser mono o poli cíclica, dependiendo de la calidad de estación y del genotipo del árbol, para evitar o reducir las operaciones de poda. El máximo crecimiento en altura dominante se produce como término medio alrededor de los 9 a 11 años con 1,52 m. de

crecimiento siendo el crecimiento menor hasta los 5 años con 0,72 m. (Sánchez & Rodríguez, 2001). El crecimiento en altura decae a partir de entonces hasta llegar a valores cercanos a medio metro anual a los treinta años de edad. A los 120 días de sembrío del Pino radiata puede alcanzar una altura de 0.47 m. (Garau, et. al, 2006)

El cuadro 5 nos muestra el análisis de varianza elaborado con el fin de determinar si los tratamientos son diferentes entre sí.

Cuadro 5.

Análisis de Varianza ANOVA

<i>Fuente de Variación</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F. Calculado</i>	<i>F. Tabular 0,05 – 0,01</i>	<i>Sig.</i>
Entre grupos (Tratamiento)	1,0255	3	0,3418	37,15	2,84 – 4,31	**
Intra grupos (Error)	0,4051	44	0,0092			
Total (Corr.)	1,4306	47				

Fuente: Elaboracion propia

La figura 6 la gráfica de barras de los datos acumulados entre si según su posición y los diferentes cuartiles.

Figura 4. Grafica de barras entre los tratamientos y crecimiento



Fuente: Elaboracion propia

El cuadro ANOVA obtenido del software Centurión XVII.I, nos muestra la análisis de varianza de los datos de los tratamientos y el error corregido. También nos muestra el F Calculado, que en este estudio es 37,15, siendo el cociente entre el estimado de los tratamientos y el estimado del error corregido. En donde el F. Tabular en comparación con el F Calculado es mayor al 0,05, estadísticamente existe una diferencia altamente significativa entre los promedios de los 4 tratamientos con un nivel de confianza al 95%. Esto para demostrar cuál de los promedios o medias, muestran varianzas que estadísticamente tienen significancias distintos a otros media, para ellos se emplea la prueba de múltiples rangos, tal como se observa en el cuadro 6.

Cuadro 6.

Pruebas de Múltiple Rangos

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Ord. Mer.
T1	12	1,17	a	1°
T2	12	1,03	b	2°
T4	12	0,83	c	3°
T3	12	0,76	c	3°

Método: 95 porcentaje Tukey HSD

Fuente: *Elaboracion propia*

Desde la comparación de media de TUKEY, se recomienda el terreno arenoso del tratamiento T1, por que ha logrado 1,17 m de crecimiento de la especie arbóreo *pinus radiata D. Don*, el mismo ocupa el primer lugar a diferencia de los T2 y T4 en el estudio, también se logró identificar el Tratamiento T3 con 0,76 m en el crecimiento ocupando el tercer lugar.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.

Primero. El Diseño completamente al azar consiste en la asignación de los tratamientos en forma completamente aleatoria a las unidades experimentales (individuos, grupos, parcelas, jaulas, animales, insectos, plantas, etc.). Debido a su aleatorización irrestricta, para reducir la magnitud del error experimental, Este diseño recomendado para experimentos de invernadero, galpón y laboratorio, en situaciones experimentales con las condiciones homogéneas.

Segundo. Los tipos de Diseño Completamente al Azar son: Balanceado, donde la cantidad de muestra es igual en cada tratamiento evaluado.

Desbalanceado, donde el tamaño de muestra es diferente en cada tratamiento evaluado. De las condiciones para el cálculo de estos mantienen el mismo principio solo se diferencian a la hora de generar las sumatoria de cuadrados en cada tratamiento

Tercero. Se tomó como referencia la experiencia propia, realizando la plantación de (*Pinus radiata*) en 4 tipos de tierra bajo condiciones de invernadero, donde se evalúa el crecimiento de pino luego de un año de su plantación. Los resultados mostraron que el tratamiento T, presenta un crecimiento de 1,17 m., frente a los demás tratamientos, siendo el mejor condición y diferente a los demás tratamientos al 95% de confianza.

4.2. Recomendaciones

Primero. Conocida las condiciones de control de los factores tanto medioambientales, agua, humedad relativa y exhibición al calor, etc., es recomendable el uso de este diseño solo bajo condiciones de invernadero, para luego realizar las evaluaciones de resistencia a condiciones ambientales o de exposición en el campo de cultivo.

Segundo. Puede utilizarse cualquier número de tratamientos y repeticiones y pueden variar a voluntad del investigador el número de repeticiones de un tratamiento a otro, pero no es recomendable sino existe una buena razón. Todo el material experimental disponible puede usarse, lo cual es una ventaja en experimentos preliminares pequeños donde el material experimental que se dispone es escaso. Aun cuando el dato de

algún tratamiento se hayan perdido, o rechacen por alguna causa el método de análisis sigue siendo sencillo.

Tercero. Desde los resultados obtenidos en el caso práctico se recomienda el empleo de suelo arenoso para la producción e instalación de la especie exótica *Pinus radiata* en vivero y campo definitivo en las comunidades alto andinas, en altitudes a partir de los 4,000 a 4,200 m.s.n.m., de la región andina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDER, (2015). *Plan general de manejo forestal de plantaciones, de seis comunidades campesinas de Yanaoca asociadas al proyecto “prácticas agro silvo pastoriles orientadas al mercado de carbono*. 28 p.
- Burgueño, J. (2001). *Diseño experimental para la evolución de genotipos*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo (CIMMYT), 245-256.
- CDC PONGOÑA. (2013). *Plan de desarrollo comunal de comunidad campesina Pongoña 2013-2017*. Cusco, Perú./ pag. 05 y 13. / 35 pag.
- Cristofanini, C., & Melo, R. (1992). *Proceso discontinuo de pulpaje kraft con preimpregnación de astillas*.
- Díaz, A. (2009). *Diseño estadístico de experimentos*. Universidad de Antioquia. Colombia.
- Díaz-vaz J.; Poblete H.; Juacidas R.; Devlieger F. (2002). *Maderas comerciales de Chile*. 3ra edición. Chile. 91 p.
- Garau, A, Meyer, Go, & Filippini, S. (2006). *Establecimiento de Pinus taeda en la provincia de Corrientes (Argentina): efecto del herbicida metsulfurón-metil sobre el crecimiento y la sobrevivencia de los plantines*. *Bosque (Valdivia)*, 27(2), 108-114. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002006000200005>
- Guido, J. (1984). *Estudio del sistema radicular en plantaciones demostrativas de Pinus radiata D. Don*. Tesis. UNC. Cajamarca- Perú.

- Gutiérrez, H. & De la Vara, R. (2009). *Control Estadístico de la Calidad Seis Sigma*. 2da edición. Edit. McGraw-Hill. Mexico.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación*. 5ta edición. México. Edit. McGraw-Hill.
- Hinkelman, O., & Kmeptorne, O. (2008). *Design and analysis of experiments*. Wiley. USA. Pp. 27.
- INFOR-CONAF, CHILE. (1998). *Monografía del Pino oregón*. Convénio INFOR/CONAF. Santiago, Chile. 143 pp.
- Khuel, R. (2006). *Diseño de experimentos*. 3ra edición. México: Thomson Editores.
- Lapulu, P. (1985). *Acción del *Cyathus sp.* y *Schyzophyllum sp.* inoculados al repique con diferentes fórmulas de fertilización en la producción de plantones de pinos (*Pinus radiata*. D Don)*. Tesis Ing. Agronómica. UNC. Cajamarca- Perú.
- Limache, A. (1985). *Ensayo de micorrización de *Pinus radiata* D. Don en los viveros forestales del Dpto. de Cuzco*. Tesis Ing. Forestal. UNCP. Huancayo- Perú. 62 pp.
- Lopez, E., & Gonzales, B. (2014). *Diseño y Análisis de Experimentos Fundamentos y Aplicaciones en Agronomía*. 2da edición. Universidad De San Carlos de Guatemala - Facultad De Agronomía. Guatemala.
- Martínez, W. O. 2009. *Técnicas estadísticas y diseño de experimentos para la Investigación agropecuaria*. Riobamba – Ecuador, Pág. 212 y 228.

- Melo, M. S. 2007. *Diseño de Experimentos, métodos y aplicaciones*. Facultad de Ciencias, Departamento de Estadística. Universidad Nacional. Colombia. Primera Edición. Pág. 614 y 668.
- Mitacc, M. (2011). *Tópicos de estadística descriptiva y probabilidad*. Lima: Thales.
- Montgomery. (2004). *Análisis y Diseño de experimentos*. Mexico: Limusa Wiley.
- Ruiz de la Torre, J., & Ceballos, L. (1979). *Árboles y arbustos de la España Peninsular, E.T.S.I.M.* Servicio de Publicaciones, Madrid, 512 pp.
- Sánchez, F., & Rodríguez, R. (2001). *Selvicultura de Pinus radiata*. Universidad Santiago de Compostela. España.
- Sanhueza, A., Bourke, M., Grosse, H., Chacón, I., & Alvarez, P. (1998). *Cultivo del Pino oregón*. Programa de Diversificación Forestal. Corporación Nacional Forestal. 106 p.
- SEMIABOBIO (2004) *Resumen de trabajos sobre micorrizas del Perú y el extranjero* (trabajo no publicado). Perú. 153 p.
- SHAW, G. (2008). *The genus Pinus*. Publications of the Arnold Arboretum n°5, Riverside Press, Cambridge, 96 pp.
- Triola, M. (2009). *Estadística*. 10ma edición. Pearson Educacion. México. ISBN: 978-970-26-1287-2.

Uprichard, J. (1991). *Chemistry of wood and bark. In: Properties and uses of New Zealand radiata pine*. Vol. 1 Wood properties. Kininmonth J.A., Whitehouse L.J., ed. Research Institute, Rotorua New Zealand, pp. 4, 14 y 45.

Varilla, J (2012) *Estadística para las ciencias agropecuarias*. Cengage. México

WORLD VISION. (2006). *Diagnostico.- Programa de desarrollo de área K'ana basado en los ciclos de vida*. Cusco – Perú, pag. 14 y 34.