

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“MEJORADOR POROUS ALPHA GRANULADO EN RETENCIÓN DEL
AGUA EN EL SUELO CON RIEGO POR GOTEÓ, FRIJOL CARAOTA
(*Phaseolus vulgaris.*)- UNALM”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÍCOLA**

YASINETH GEVERY ESCANDON REQUENA

LIMA-PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

**“MEJORADOR POROUS ALPHA GRANULADO EN RETENCIÓN DEL AGUA
EN EL SUELO CON RIEGO POR GOTEO, FRIJOL CARAOTA (*Phaseolus
vulgaris.*)- UNALM.”**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERA AGRÍCOLA

Presentado por:

BACH. YASINETH GEVERY ESCANDON REQUENA

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Dr. DAVID RICARDO ASCENCIOS TEMPLO
Presidente

Dr. NESTOR MONTALVO ARQUÍÑIGO
Asesor

Dra. LIA RAMOS FERNENDEZ
Miembro

Ing. JOSE SANTIAGO FALCONI PALOMINO
Miembro

LIMA – PERU

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AGRÍCOLA
N° 003-2022/FIA**

Los que suscriben, miembros del Jurado para la Sustentación virtual de la Tesis titulada:
**“MEJORADOR POROUS ALPHA GRANULADO EN RETENCIÓN DEL AGUA EN EL
SUELO CON RIEGO POR GOTEO, FRIJOL CARAOTA (*Phaseolus vulgaris.*)-UNALM”**,
presentada por su autor:

YASINETH GEVERY ESCANDON REQUENA

Bachiller en Ciencias-Ingeniería Agrícola, luego de estudiar su contenido, se han reunido en la fecha,
y han procedido a escuchar la exposición virtual del autor, a formular las observaciones, preguntas
pertinentes y luego de una evaluación del conjunto, la declaran:

(*) APROBADO

Con el calificativo de:

(**) SOBRESALIENTE

En consecuencia, el autor de la Tesis queda apto de recibir el **TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AGRÍCOLA**, de conformidad con lo estipulado en el artículo 89º del Estatuto de la
Universidad Nacional Agraria La Molina, en concordancia con la Ley 30220.

La Molina, 12 de enero del 2022.

Dr. DAVID RICARDO ASCENCIOS TEMPLO
Presidente

Dra. LIA RAMOS FERNANDEZ
Miembro

Ing. JOSÉ SANTIAGO FALCONI PALOMINO
Miembro

Dr. NÉSTOR MONTALVO ARQUÍÑIGO
Asesor

(*) Puede ser: APROBADO o DESAPROBADO

(**) Puede ser: REGULAR, BUENO, MUY BUENO ó SOBRESALIENTE

OBSERVACIONES: *****

DEDICATORIA

La presente investigación lo dedico con todo mi amor a mis padres Alberto Escandón Victorio y Avilia Requena Trucios quienes se esforzaron para brindarme las posibilidades de tener una carrera profesional, siempre contando con su apoyo incondicional y su confianza pude culminar satisfactoriamente este proyecto y continuar mis objetivos, así mismo a mi tío Wiliam M.R. quien estuvo pendiente del desarrollo de la investigación y a todos los que constantemente me motivaron a seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Especial agradecimiento al Dr. Néstor Montalvo Archiñigo, por el asesoramiento y guía para finalizar la presente investigación. A la empresa Mitsubishi Perú S.A que en coordinación con JICA pudieron brindarme el Porous Alpha traído desde Japón para la presente investigación, asimismo agradecer a los funcionarios comprometidos con el manejo eficiente de los recursos en oficina, campo y laboratorio de la Facultad de Ingeniería Agrícola y afines a la carrera que apoyaron para el desarrollo de la presente investigación.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. GENERALIDADES.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. Objetivo general	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. ANTECEDENTES	3
2.2. SISTEMA DE AGUA, SUELO Y PLANTA	4
2.2.1. Características del suelo	4
2.2.2. Retención de la humedad en el suelo	4
2.2.3. Métodos de medición de la humedad del suelo.....	5
2.2.4. Constantes hídricas del suelo	5
2.2.5. Requerimiento de agua por la planta.....	6
2.3. SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO	7
2.3.1. ¿Qué es riego por goteo?.....	7
2.3.2. Bulbo húmedo	7
2.3.3. Componentes del sistema	8
2.4. CULTIVO DEL FRIJOL CARAOTA	8
2.4.1. Características del cultivo	9
2.4.2. Requerimiento de condiciones de clima, suelo y agua.....	9
2.5. POROUS ALPHA.....	9
2.5.1. ¿Qué es el Porous Alpha?.....	9
2.5.2. Composición química del Porous Alpha.....	10
2.5.3. Utilidad del Porous Alpha	10
2.5.4. Características del Porous Alpha.....	11
III. METODOLOGÍA	12
3.1. ZONA DE ESTUDIO	12
3.1.1. Ubicación	12
3.1.2. Clima	12
3.1.3. Características del suelo	13
3.1.4. Cultivo.....	13
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS	14

3.3. PROCEDIMIENTO	15
3.3.1. Fase de pre campo	15
3.3.2. Fase de campo	18
3.3.3. Fase de gabinete	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. VARIABLES BIOMETRICAS DEL FRIJOL CARAOTA	30
4.2. VARIABLES AGRONÓMICAS DEL FRIJOL CARAOTA.	30
4.3. HUMEDAD Y VOLUMEN DE AGUA.....	35
4.4. RENDIMIENTO DEL FRIJOL	38
V. CONCLUSIONES.....	43
VI. RECOMENDACIONES.....	45
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
VIII. ANEXOS	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición del Porous Alpha.....	10
Tabla 2: Características del Porous Alpha.....	11
Tabla 3: Análisis de varianza de los parámetros biométricos.	30
Tabla 4: Número de vainas por planta de acuerdo a los tratamientos.	31
Tabla 5: Análisis de varianza de número de vainas.....	32
Tabla 6: Parámetros agronómicos por tratamiento.....	32
Tabla 7: Número de granos por planta para los tratamientos de estudio.....	33
Tabla 8: Análisis de varianza para el número de granos por planta.	34
Tabla 9: Análisis de número de granos por planta por tratamiento.	34
Tabla 10: Volumen de agua aplicada para un kilogramo de frijol ($m^3 kg^{-1}$).	36
Tabla 11: Análisis de varianza del volumen de agua por planta	37
Tabla 12: Análisis de volumen de agua por tratamiento.	37
Tabla 13: Peso de 100 granos por planta para los tratamientos.	38
Tabla 14: Análisis de varianza del peso de 100 granos.....	39
Tabla 15: Análisis de peso de 100 granos por tratamiento.....	39
Tabla 16: Rendimiento del frijol caraota.....	40
Tabla 17: Análisis de varianza del rendimiento del frijol caraota.....	41
Tabla 18: Análisis del rendimiento del frijol por tratamiento.	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Comparación de componentes del Porous Alpha (a) con la arena del desierto de Takuramakan en China (b), resultando similar la comparación.....	10
Figura 2: Ubicación geográfica y política.	12
Figura 3: Fase fenológica del frijol.....	13
Figura 4: Visita a los experimentos en INIA-Huaral.....	15
Figura 5: Distribución del frijol Caraota con y sin mejorador Porous Alpha granulado.....	17
Figura 6: Población del cultivo de frijol caraota en el terreno experimental.	18
Figura 7: Muestra de suelo para prueba de humedad gravimétrica.....	19
Figura 8: Ensayos de retención de humedad sin cultivo.	19
Figura 9: Preparación del terreno con maquinaria agrícola.....	20
Figura 10: Incorporación del Porous Alpha con las dosis de 0,5,10 por ciento al suelo.....	21
Figura 11: Riego de uniformidad.....	21
Figura 12: Toma de medidas de altura a una planta durante todo su periodo fenológico. ..	24
Figura 13: Captura fotográfica a una planta de frijol caraota durante el periodo de crecimiento.	25
Figura 14: Fumigación de las plantas del frijol para prevenir enfermedades y plagas de temporada.	26
Figura 15: Control de humedad del cultivo de frijol caraota.....	26
Figura 16: Cosecha del cultivo de frijol caraota.....	27
Figura 17: secado de la cosecha de frijol a la luz del sol.....	27
Figura 18: Conteo y pesado de materia seca, numero de vainas y de granos en el laboratorio de riegos de la FIA.	28
Figura 19: Presentación de barras para el número de vainas por planta.....	31
Figura 20: Análisis estadístico de los tratamientos para el número de vainas.	33
Figura 21: Presentación en barras para el número de granos por planta.	34
Figura 22: Análisis estadístico de los tratamientos para el número de granos por planta. ..	35
Figura 23: Representación en barras para volumen de agua por kg de frijol.	36
Figura 24: Análisis estadístico de tratamientos para el volumen de agua por 1kg de frijol.	37
Figura 25: Gráfica de barras para el peso de 100 granos y láminas de agua.....	38
Figura 26: Análisis estadístico de tratamientos para el peso de 100 granos.....	40

Figura 27: Representación en barras del rendimiento del frijol en Kg por Ha.....	41
Figura 28: Análisis estadístico de tratamientos para el rendimiento del frijol caraota.....	42
Figura 29: Altura de planta con 50% de agua.	48
Figura 30: Altura de planta con 100 % de agua.	48
Figura 31: Humedad durante el periodo fenológico del frijol con 50% de agua.....	49
Figura 32: Humedad durante el periodo fenológico del frijol con 100% de agua.....	49
Figura 33: Recepción del Porous Alpha (coordinación de Mitsubishi, JICA, INIA con UNALM)	50
Figura 34: Análisis estadístico del número de vainas y dosis de agua.	50
Figura 35: Análisis estadístico para el número de vainas y Porous Alpha.....	51
Figura 36: Análisis estadístico de número de granos por planta y dosis de agua.....	51
Figura 37: Análisis estadístico del número de granos por planta y Porous Alpha.	51
Figura 38: Análisis estadístico de volumen de agua por un kg de frijol.	52
Figura 39: Análisis estadístico de volumen de agua por un Kg de frijol.....	52
Figura 40: Análisis estadístico para peso de 100 granos.	53
Figura 41: Análisis estadístico del peso de 100 granos y Porous Alpha.	53
Figura 42: Análisis estadístico del rendimiento del frijol en $\text{kg} \cdot \text{Ha}^{-1}$	54
Figura 43: Análisis estadístico del rendimiento del frijol por tratamiento.....	54
Figura 44: Costo de producción con riego por gravedad sin Porous Alpha.	55
Figura 45: Costo de producción del frijol con riego tecnificado, sin Porous Alpha.	56
Figura 46: Costo de producción con riego tecnificado y con Porous Alpha.	57

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Parámetros biométricos del cultivo.....	48
Anexo 2: Presentación gráfica de humedad	49
Anexo 3: El Porous Alpha	50
Anexo 4: Variables agronómicas.....	50
Anexo 5: Análisis estadístico del volumen de agua.	52
Anexo 6: Rendimiento del frijol caraota.	53
Anexo 7: Costo de producción del frijol caraota.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS

TDR: Time Domain Reflectometry.

JICA: Agencia Japonesa de Corporación Internacional.

INIA: Instituto Nacional de Innovación Agraria.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Facultad de Ingeniería Agrícola-UNALM con el propósito de evaluar la incidencia del “Porous Alpha” granulado en la retención de la humedad del suelo y sus efectos en los parámetros biométricos, agronómicos y rendimiento del frijol caraota (*Phaseolus vulgaris.*) con tres dosis de Porous Alpha y dos dosis de láminas de agua mediante el riego por goteo. El trabajo se realizó en tres etapas: Pre-campo, se recopiló y se analizó la información bibliográfica, se establecieron los seis tratamientos: Con dosis de lámina de agua requerida, 50% y 100%; y tres niveles de Porous Alpha 0%, 5%, y 10% y se definieron las unidades experimentales. La etapa de campo consistió en la preparación del terreno, mezcla del Porous Alpha con el suelo, siembra, control de la humedad y mediciones de los parámetros biométricos y agronómicos. Etapa de gabinete, se realizó el procesamiento y análisis de los datos recopilados durante el desarrollo del cultivo y al final del experimento, llegando a las siguientes conclusiones: la menor cantidad de agua utilizada por kilogramo de frijol fue 3.05 m³ obtenido en los tratamientos con 5% y 10% de Porous Alpha con 50% de lámina de agua requerida comparado con el tratamiento de 0% de Porous Alpha con 100% de lámina de agua en la que se utilizó 4.30 m³ de agua por un kilogramo de frijol. En el tratamiento con 10% de Porous Alpha y 50% de lámina de agua requerida se ha obtenido mayor peso de 100 granos (23.15g) en comparación a los tratamientos sin Porous Alpha (21.6g). Se obtuvo mayor rendimiento (643 kg*ha⁻¹) en el tratamiento de 10% de Porous Alpha con 50% y 100% de lámina de agua en comparación al tratamiento sin Porous Alpha (447 kg*ha⁻¹). Constatando que el Porous Alpha contribuye a la retención de la humedad en el suelo y tiene incidencias en los parámetros agronómicos, volumen de agua y rendimiento del cultivo, por lo que se recomienda realizar investigaciones similares en diferentes condiciones de suelo.

Palabras clave: Porous Alpha, volumen de agua, parámetros agronómicos, rendimiento de frijol caraota.

ABSTRACT

The present research was carried out at the Faculty of Agricultural Engineering-UNALM with the purpose of evaluating the incidence of granulated "Porous Alpha" in the retention of soil moisture and its effects on the biometric, agronomic and yield parameters of the caraota bean. (*Phaseolus vulgaris*) with three doses of Porous Alpha and two doses of water sheets through drip irrigation. The work was carried out in three stages: Pre-field stage, where the bibliographic information was collected and analyzed, and were established six treatments: With the required water sheet dose of 50% and 100%; three levels of Porous Alpha 0%, 5%, and 10%; and the experimental units were defined. The field stage consisted of preparing the land, mixing the Porous Alpha with the soil, planting, humidity control and measurements of biometric and agronomic parameters. Cabinet stage, the processing and analysis of the data collected during the development of the crop and at the end of the experiment was carried out, reaching the following conclusions: the least amount of water used per kilogram of beans was 3.05 m³ obtained in the treatments with 5% and 10% of Porous Alpha and 50% of required water layer, compared to the treatment of 0% of Porous Alpha and 100% of water layer in which 4.30 m³ of water was used per kilogram of beans. In the treatment with 10% Porous Alpha and 50% of the required water layer, a greater weight of 100 grains (23.15g) was obtained compared to the treatments without Porous Alpha (21.6g). Higher yield (643 kg*ha⁻¹) was obtained in the treatment of 10% Porous Alpha with 50% and 100% water sheet compared to the treatment without Porous Alpha (447 kg*ha⁻¹). Confirming that the Porous Alpha contributes to the retention of moisture in the soil and has incidences in the agronomic parameters, the volume of water and yield of the crop, for which is recommended to carry out similar investigations in different soil conditions.

Keywords: Porous Alpha, water volume, agronomic parameters, bean yield.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

Considerando el incremento de la población y escasas de los recursos hídricos en los próximos años y las condiciones de los recursos suelo y clima, es importante tener en cuenta la seguridad alimentaria para lo cual se deben desarrollar trabajos de investigación que contribuyen al fortalecimiento y bienestar de la población.

Considerando lo expuesto, la presente investigación pretende comprobar el ahorro de agua para un suelo sin mejorador “Porous Alpha” granulado cultivado y otro con mejorador “Porous Alpha” granulado aplicado en tres porcentajes distintos, así mismo comparar la reacción que tiene la planta con el mejorador “Porous Alpha” incorporando en el suelo en tres porcentajes distintos y con una aplicación de agua del 50% menos del que requiere la planta. Se irá evaluando las características del suelo y el proceso fenológico, biológico de la planta durante la experimentación. De esta manera poder llegar al objetivo que comprende la evaluación de la incidencia del “Porous Alpha” granulado en el mejoramiento de la retención de la humedad del suelo y sus efectos en los parámetros biométricos y rendimiento del cultivo de frijol caraota (*Phaseolus vulgaris.*) desarrollado en los campos de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Y como objetivos específicos poder Comparar los volúmenes de agua utilizado para tres porcentajes de mejorador “Porous Alpha” granular incorporado en el suelo con el cultivo de frijol caraota (*Phaseolus vulgaris.*), y determinar los parámetros biométricos y el rendimiento del cultivo de frijol caraota (*Phaseolus vulgaris.*) para tres porcentajes del mejorador “Porous Alpha” granulado incorporado al suelo.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Evaluar la incidencia del “Porous Alpha” granulado en el mejoramiento de la retención de la humedad del suelo y sus efectos en los parámetros biométricos y rendimiento del cultivo de frijol caraota (*Phaseolus vulgaris.*) desarrollado en los campos de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

1.2.2. Objetivos específicos

- Comparar los volúmenes de agua utilizado para tres porcentajes de mejorador “Porous Alpha” granular incorporado en el suelo con el cultivo de frijol caraota (*Phaseolus vulgaris.*).
- Determinar los parámetros biométricos: altura de planta, área foliar peso seco del cultivo de frijol caraota (*Phaseolus vulgaris.*) para tres porcentajes del mejorador “Porous Alpha” granulado incorporado al suelo.
- Determinar el rendimiento del cultivo frijol caraota (*Phaseolus vulgaris.*) para los tratamientos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Considerando la gran importancia de la retención del agua por el suelo, la tendencia actual de producción agrícola y la gestión del recurso hídrico se vienen realizando experimentos con el mejorador “Porous Alpha” llevados a cabo en distintos países como en Agadir, Marruecos, que es famoso por la producción de tomates a gran escala según Tottori Resource Recycling obteniendo en su artículo, donde se realizaron comparaciones del rendimiento del tomate con irrigación por goteo con y sin “Porous Alpha”, en la primera temporada un rendimiento del 28% más con el mejorador “porous alpha” que sin el mejorador utilizando menos 48% del agua que normalmente consume sin el material mejorador. Y en la segunda temporada un 20% más de rendimiento con el mejorador que sin el mejorador utilizando menos 46% de agua que normalmente utiliza sin el material mejorador.

Así mismo en la aldea de Shuaijia, distrito de Yangling, provincia de Shanxi se realizó un estudio “Report on the effects of Porous on the improvement of kiwifruit sticky heavy soil and its physiological and biochemical effects”. Aprovechando que el kiwi es el principal cultivo comercial en Shanxi, Gansu y otras provincias, con una superficie de más de 1 millón de acres y los factores climáticos y del suelo pueden conducir al envejecimiento prematuro del cultivo y a la reducción del rendimiento, por ello se implementa el “Porous Alpha” en porcentajes de 5%, 10%, 20% en fino y 10%, 20%, 40% en granular. Debido que la característica del mejorador “Porous Alpha” es retener agua y nutrientes por ello la aplicación racional de “Porous Alpha” puede mejorar efectivamente la fertilidad del suelo, aumentar el rendimiento de la fruta y mejorar la calidad de la fruta (Recycling, company, & overview, 2017).

En el centro de investigación de tierras áridas universidad de Tottori, la misma nos dice que se realizaron pruebas aplicando dosis de “Porous Alpha” de 0%, 5% y 10% obteniendo una clara variación de volumen de agua que contiene durante la irrigación en un determinado

tiempo para los tres casos resultando un mayor contenido en la dosis de 10%, 5%,0% de “Porous Alpha” respectivamente desde julio del 2018 en Perú comenzaron proyectos pilotos con convenio INIA/JICA-TRR en INIA Donoso, Huaral con el cultivo del esparrago tomate para un suelo arenoso con tres dosis de agua 100%,70%,50% aplicando “Porous Alpha” en un porcentaje de 10 para granulado y 5 en polvo; INIA Chincha con el cultivo de maíz amarillo duro; Agricultores modelos en Ica con diversos cultivos como esparrago, uva de mesa, cítricos (Outchida, 2019).

La empresa Tottori Resource Recycling ubicada en Tottori, Japón, enfocada en el reciclaje de vidrio para la producción de vidrio espumado como tecnología principal que será utilizada para tratamiento del agua, del aire y de la agricultura, es la encargada de la fabricación del “Porous Alpha” siguiendo un procedimiento desde el reciclaje, liberación de contaminantes, triturado, pulverización, mezcla con agente espumante como polvo de cáscara o carbonato de calcio (CaCO₃), horneado y finalmente obteniendo el “Porous Alpha” granular y en polvo (Sato, 2016).

2.2. SISTEMA DE AGUA, SUELO Y PLANTA

2.2.1. Características del suelo

- **Textura**

La textura es la cantidad relativa de arena, limo y arcilla en el suelo que influye de forma muy importante en la capacidad de retención de agua (FAO, 2021).

- **Estructura**

Forma de agrupación de las partículas del suelo como arena, limo, arcilla formando agregados y así creando una estructura del suelo, por ende los suelos con buena estructura tienen mayor porosidad y por ello en el punto de saturación contienen más agua (FAO, 2021).

2.2.2. Retención de la humedad en el suelo

La retención de humedad (*RH*) en el suelo nos muestra la relación que existe entre el contenido de humedad y su potencial matricial, asimismo destella la capacidad del suelo

para retener agua en función de la succión; dicha relación depende de los factores relacionados con la porosidad del suelo en cual se alojan aire y agua. (Teepe, Dilling, & Beese, 2003) (Yáñez et al D., 2019).

2.2.3. Métodos de medición de la humedad del suelo

a. Método directo o gravimétrico

Enciso (2005) y Peña (2018) indican, el método gravimétrico es considerado el método más exacto para los diferentes métodos indirectos, el mismo que consiste en extraer muestras (20 – 200 g), las cuales previamente se pesan y posterior se colocan en la estufa por 24 horas a 105°C, para nuevamente pesar y finalmente aplicar la siguiente relación:

$$\text{Contenido humedad suelo (\%)} = [(PH - PS) / PS] \times 100$$

Dónde: PH Peso húmedo de la muestra y PS Peso seco de la muestra de suelo.

b. Método indirecto

Dentro de los métodos indirectos tenemos las medidas con el TDR, sonda de neutrones, bloques de yeso, tensiómetros entre otros.

Considerando las mediciones con el medidor de humedad de tierra (TDR) el cual muestra la humedad actual en porcentaje absoluto, así como el punto de marchitamiento o el grado de saturación del suelo o tierra ya que genera un pulso electromagnético y calcula el tiempo que tarda en recorrer las varillas, que será mayor o menor dependiendo del contenido de humedad del suelo. Registra datos siempre y cuando esté acompañado con la sonda para humedad de suelo a la profundidad deseada (Ibérica, 2014).

2.2.4. Constantes hídricas del suelo

- **Capacidad de campo**

Representa a la cantidad regularmente constante de agua que contiene un suelo saturado bien estructurados donde el drenaje del exceso de agua es relativamente rápido es mejor determinarlo en campo saturando el suelo y midiendo su contenido después de 48 horas de drenaje el cual ocurre por la trasmisión del agua a través de

los poros mayores de 0,05 mm de diámetro; también, la capacidad de campo puede corresponder a poros que varían entre 0,03 y 1 mm de diámetro (García, Puppo, Hayashi, & Morales, 2019).

- **Punto de marchitez**

García et al (2019) indican que el punto de humedad donde el suelo ha perdido toda su agua a causa del cultivo y, por lo tanto, así se restituya el riego al cultivo esta permanecerá marchito y no se podrá recuperar, es un punto irreversible. Es el límite donde el suelo se siente casi seco o levemente húmedo al palpar con las manos y donde una planta, adaptada a condiciones medias de humedad, puede extraer agua.

2.2.5. Requerimiento de agua por la planta

- **Coefficiente de cultivo-Kc**

Es un coeficiente experimental, las diferencias en la evaporación del suelo y la transpiración del cultivo, que existen entre los cultivos de campo y el cultivo de referencia, están incorporados en el coeficiente del cultivo (kc) (FAO, 1998), el valor de kc varia a lo largo del periodo de crecimiento del cultivo indicando la variación en la vegetación y la cobertura del suelo, se presenta un kc inicial, kc medio, kc final. En condiciones de poca cobertura, el coeficiente Kc está determinado principalmente por la frecuencia con la cual se humedece la superficie del suelo.

- **Lamina de riego**

Viene a ser el espesor de la capa con agua que una superficie de tierra, aparentemente a nivel, quedaría cubierta por un volumen de agua. Es decir, es el riego que se aporta a dicha superficie. Según la FAO se puede interpretar con la siguiente fórmula: Lamina de riego= ET_C /eficiencia de riego, pero también existen diversas formas de calcular.

a. Lamina de riego con formula gravimétrica usando la formula según Zapeta (2012)

$$d = P_w * \rho * D$$
$$P_w = \frac{P_{w1} - P_{w2}}{100}$$

Donde:

d = Lámina de riego

P_w = Registro de humedad gravimétrica suelo y húmedo.

ρ = densidad aparente del suelo.

D = Profundidad de raíz.

b. Lámina de riego como necesidades totales, Pérez (2017) nos muestra la formula

$$LR = \frac{ETP * Kc}{Ea * CU}$$

Donde:

LR = Lámina de riego mm*día⁻¹

ETP = Evapotranspiración Potencial en mm*d⁻¹

kc = Coeficiente de cultivo

CU= Coef de uniformidad de riego.

Ea= Eficiencia de aplicación.

2.3. SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

2.3.1. ¿Qué es riego por goteo?

El riego por goteo es un método más eficiente de regadío actualmente utilizado, consta del suministro de agua de forma constante y uniforme, gota a gota, manteniendo el agua en la zona radicular formando un humedecimiento en forma de cebolla denominado “bulbo húmedo” alcanzando una distribución y profundidad dependiendo del tipo de suelo (Itagri, 2019).

2.3.2. Bulbo húmedo

Denominada bulbo húmedo a la parte humedecida por el emisor de riego localizado, el suelo humedecido es un cilindro cuya sección toma la forma del bulbo húmedo dependiendo el tipo de suelo y la estratificación que se tiene. El bulbo húmedo se forma a medida que se va regando iniciando de un charco cuyo radio se va extendiendo durante el tiempo de riego hasta un punto que deja de crecer y empieza a filtrarse (Pizarro, 1990).

2.3.3. Componentes del sistema

La información que se indica a continuación se tomó de Liotta (2015) y de Gestiriego (2021).

- **Fuente de agua, Grupo de bombeo**
Aquí se encuentra la fuente inicial de agua, el equipo de bombeo, válvulas de control, medidores volumétricos, de presión, filtrado, generalmente incluyen controladores automáticos.
- **Cabezal de instalación**
Específicamente en este punto están los filtros de tipo hidrociclón, de arena, de malla por ser los más usados para un sistema de riego por goteo.
- **Red de distribución de tuberías**
Está formado por las líneas principales y secundarias, tuberías generalmente de PVC por la cual se conduce el agua.
- **Válvulas**
Conjunto de accesorios que se encuentran en las líneas de distribución para poder regular, apertura y cerrar el agua.
- **Emisores o goteros**
Son elementos ubicados sobre las líneas laterales tendidas sobre los surcos, encargadas de aplicar el agua en el bulbo de las plantas.
- **Drenaje**
Estas válvulas de drenado o también denominado purgas se suelen dejar al final de la línea secundaria con la finalidad de lavar fácilmente las tuberías.
Adaptado de (GESTIRIEGO, 2021).

2.4. CULTIVO DEL FRIJOL CARAOTA

Según el catálogo de leguminosas de grano del Perú desarrollado por MINAGRI nos dice que el frijol caraota denominado comercialmente en Perú como frijol negro; es un tipo de frijol de grano negro pequeño de amplia adaptación. Se le puede cultivar en costa, sierra y selva. Principalmente se produce en pequeñas áreas de Apurímac y Cusco, los precios son variados.

En Perú el frijol tiene gran importancia por su alto contenido en proteínas, carbohidratos y minerales, este cultivo aporta gran cantidad de nitrógeno al suelo dejando así un suelo aprovechable para el siguiente cultivo en ese suelo (Silvera, 2017).

2.4.1. Características del cultivo

El periodo vegetativo y producción del frijol comienza desde que se pone la semilla en el ambiente favorable para la germinación, y culmina cuando hay presencia de botones florales; consta de cinco etapas: Germinación, emergencia, hojas primarias, primera hoja trifoliada, tercera hoja trifoliada. La fase de producción del frijol comprende cinco etapas y son: prefloración, floración, formación de vainas, llenado de vainas y maduración (Espinoza, 2009).

2.4.2. Requerimiento de condiciones de clima, suelo y agua

El frijol es una herbácea cultivada en trópicos, zonas templadas y es sensible a las heladas, vientos fuertes y exceso de humedad del suelo. Algunos autores indican que a temperaturas menores de 13°C se retrasa el crecimiento, por lo contrario, a temperaturas altas provocan aceleración del crecimiento del cultivo causando caída de flores maduración temprana, desarrollo incompleto de las semillas, así como también consideran que la temperatura optima del frijol es 18°C a 21°C, cabe destacar que (VOYSEST, 2000) indica que para la variedad de grano negro la temperatura optima es de 20°C a 25°C.

La humedad del suelo debe ser uniforme en todos los periodos especialmente en el periodo de floración y fructificación, mantener la humedad del suelo juega un papel preponderante ya que el exceso o escases de agua puede traer consecuencias negativas para el cultivo (Espinoza, 2009).

Algunos estudios alegan que el pH óptimo del suelo para el cultivo del frijol comprende entre 5.5 a 7.0, este cultivo viene a ser muy sensible a la salinidad que pueda estar presente en ella (Espinoza, 2009).

2.5. POROUS ALPHA

2.5.1. ¿Qué es el Porous Alpha?

Es una espuma de vidrio con numerosos poros, causada por calentamiento de vidrio pulverizado, mezclado con un agente espumante como polvo de cáscara o carbonato de calcio (CaCO₃), teniendo un "Porous Alpha" granulado y en polvo (Sato, 2016) (Ver Anexo 3, Figura 33).

2.5.2. Composición química del Porous Alpha

En la Tabla 1 se muestra la composición del “Porous Alpha”, sin considerar los elementos con un valor inferior al 1,0% de la composición total (Sato, 2016).

2.5.3. Utilidad del Porous Alpha

Es usado para tratamientos del aire y agua en la agricultura, se mezcla con el suelo para incrementar la capacidad de retención del agua en el suelo, porque los poros contenidos en el “Porous Alpha” capturan y retienen el agua que se infiltraría en el suelo. Según ensayos realizados, el “Porous Alpha” puede retener el agua correspondiente al 15% de su volumen total (Sato, 2016) (ver Figura 1).

Tabla 1: Composición del Porous Alpha

ELEMENTO	% DEL TOTAL
SiO ₂	62.0
CaO	24.7
Na ₂ O	8.6
K ₂ O	2.0
Al ₂ O ₃	1.7
Fe ₂ O ₃	1.0

FUENTE: Sato (2016)

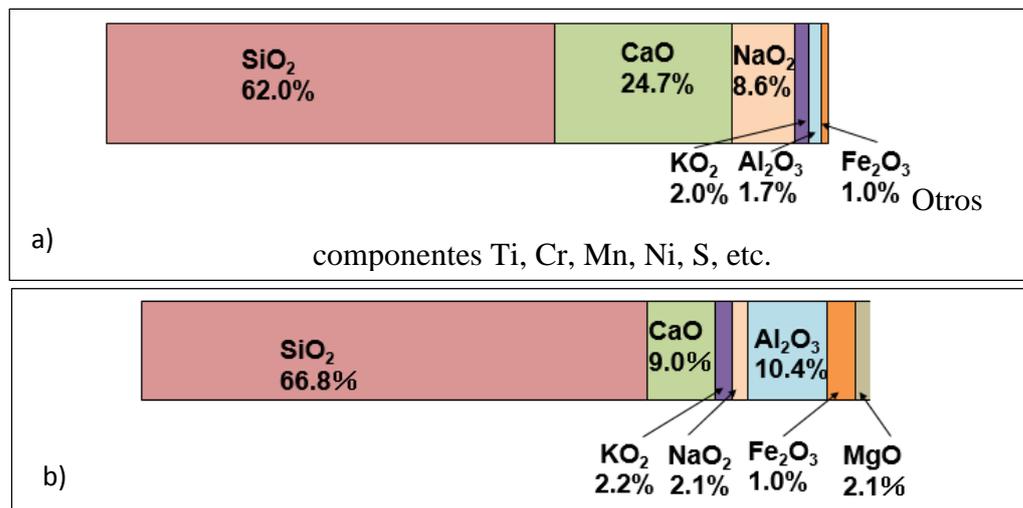


Figura 1: Comparación de componentes del Porous Alpha (a) con la arena del desierto de Takuramakan en China (b), resultando similar la comparación

FUENTE: Adaptado del artículo de Sato (2016)

2.5.4. Características del Porous Alpha

En la Tabla 2 se presenta las características que tiene el “Porous Alpha”. El tiempo de vida del mejorador “Porous Alpha” es de 10 años sin presencia de contaminantes para el suelo incluso luego del uso (Sato, 2016).

Tabla 2: Características del Porous Alpha

CARACTERÍSTICAS	DATOS
Capacidad de retención de agua	15% del volumen de Porous Alpha
Apariencia visual	Acromático o verde claro
Transmisividad hidráulica	10 ⁻² - 10 ⁻³ cm/seg
Olor	Inodoro
Densidad verdadera	Ca 2.5 g/cm ³
Densidad tamaño	0.5-1.1 g/cm ³
Tamaño de grano	50~2,000 μm (Mediana 700μm)*
Forma de grano	Amorfo
Ph	Máx. pH 10,3 o pH7 (Después de regar)
Solubilidad	No
Temperatura de ablandamiento	720~730°C
Volátil	No

FUENTE: Tomado de Sato (2016).

III. METODOLOGÍA

3.1. ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación

El trabajo se realizó en el campo experimental de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina, ubicada a 234 msnm, latitud sur $12^{\circ} 04' 51''$ y longitud oeste $76^{\circ} 56' 59''$ (Ver Figura 2).

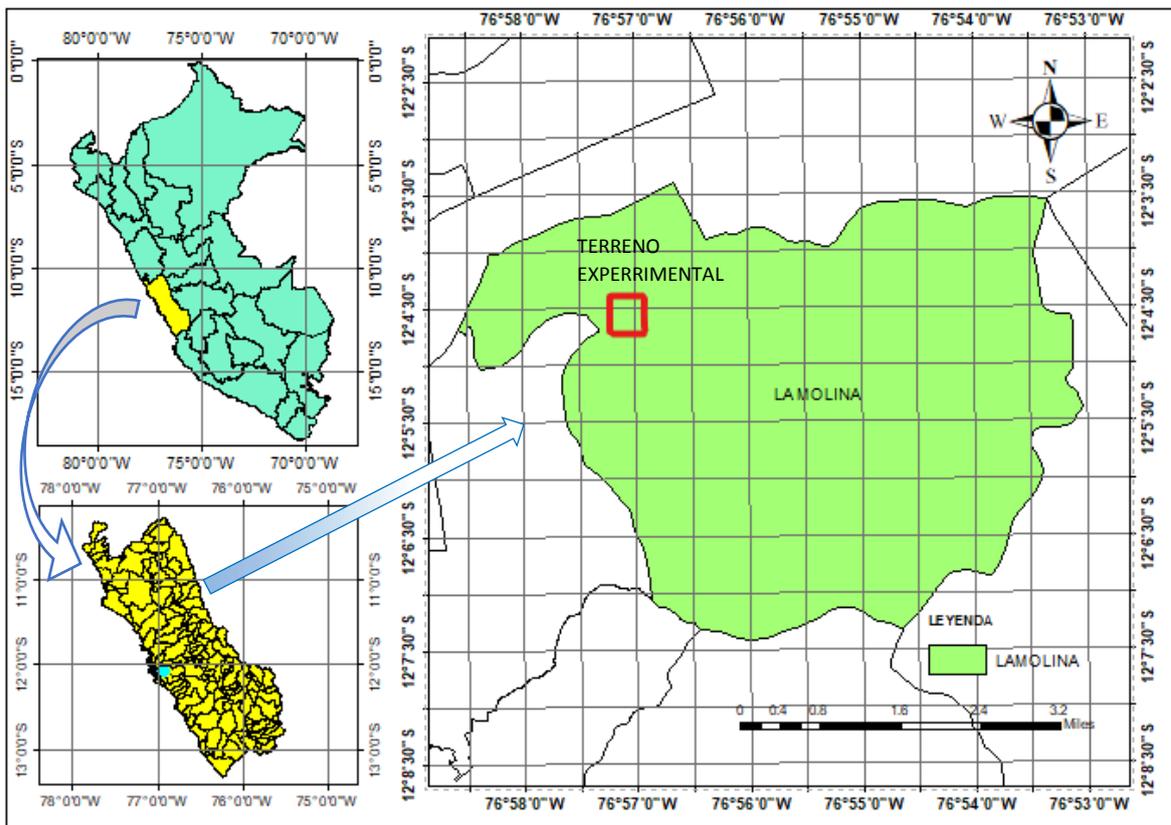


Figura 2: Ubicación geográfica y política

3.1.2. Clima

El lugar de estudio presenta un clima templado con una temperatura mínima de 17.5°C y una temperatura máxima de 27.5°C entre los meses noviembre, diciembre del 2019 e inicios

de enero del 2020, la humedad relativa en estos meses fluctúa entre 85-95 por ciento, y la velocidad de viento máximo de 10 km/hora (ClimateMinder, 2019).

3.1.3. Características del suelo

El análisis físico química del suelo se realizó en el laboratorio de Agua, Suelo y Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería Agrícola, cuyos resultados indican una textura franco arenoso, un pH de 7,8 siendo ligeramente alcalino.

3.1.4. Cultivo

El cultivo fue frijol caraota (*Phaseolus vulgaris*).

- **Proceso fenológico de la planta**

Taco (2016), en su tesis nos dice que el cultivo de frijol cambia su ciclo fenológico según la variedad y las condiciones climáticas que acompañan a su desarrollo; otros aportes como el manual de frijol en su publicación “PROGRAMA DE APOYO AGRÍCOLA Y AGROINDUSTRIAL VICEPRESIDENCIA DE FORTALECIMIENTO EMPRESARIAL CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ” nos dice, las etapas de desarrollo del frijol son diez: cinco de desarrollo vegetativo y cinco de desarrollo reproductivo, requiriéndose de 62 a 77 días aproximadamente después de la siembra para completar la madurez (ver Figura 3).

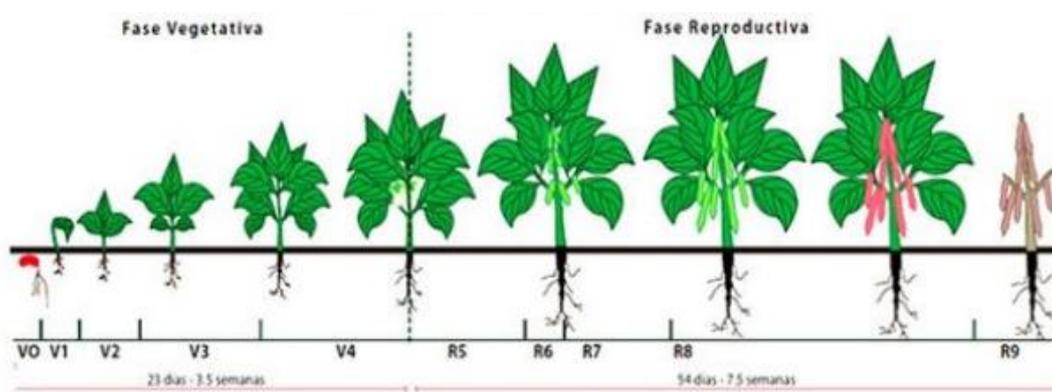


Figura 3: Fase fenológica del frijol

FUENTE: Vargas (2013).

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

a. Equipos y materiales para preparación del terreno

- Maquinaria agrícola
- Pala, rastrillo, azadón, cinta métrica.

b. Equipos y materiales para sistema de riego

- Tubería 1”
- Bomba
- Tanque
- Cinta de riego y sus accesorios

c. Equipos y materiales para incorporación de Porous Alpha granulado y siembra de frijol caraota

- Porous Alpha granulado
- Wincha
- Balde

d. Equipos y materiales para registro de humedad y parámetros biométricos

- TDR
- Escalímetro
- Información de la estación meteorológica

e. Equipos de gabinete

- Laptop Lenovo Core i5
- Microsoft office, ImageJ, Info Stat

3.3. PROCEDIMIENTO

3.3.1. Fase de pre campo

a. Coordinación con instituciones y visita a otros experimentos relacionados con el tema

Previo a realizar el experimento se realizó las coordinaciones con las instituciones Mitsubishi, JICA, INIA con la facultad de ingeniería agrícola de la UNALM para impulsar el proyecto brindándonos el producto Porous Alpha granulado, así mismo se realizó visita a INIA- Huaral con el fin de observar los experimentos que se estaban ejecutando con el cultivo de esparrago y tomate usando el Porous Alpha granulado en distintos porcentajes y diferentes dosis de agua (ver Figura 4).

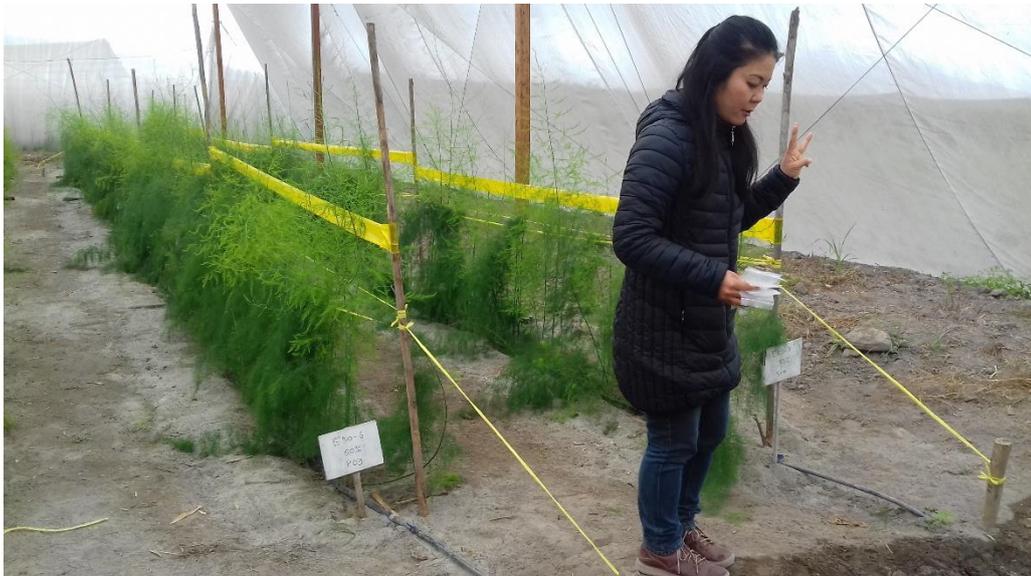


Figura 4: Visita a los experimentos en INIA-Huaral

b. Tratamientos y unidades experimentales

Los factores son:

Lámina de agua

Dosis de Porous Alpha.

Los tratamientos son:

0 % de Porous Alpha granulado con 50 % de agua.

5 % de Porous Alpha granulado con 50% de agua.

- 10% de Porous Alpha granulado con 50% de agua.
- 0% de Porous Alpha granulado con 100% de agua.
- 5% de Porous Alpha granulado con 100% de agua.
- 10% de Porous Alpha granulado con 100% de agua.

Número de repeticiones:

Se realizó tres repeticiones por unidad de estudio.

c. Variables de medición

- **Dosis de agua**

Se trabajó con dos dosis de agua, 50 % y 100% de agua que requiere la planta, para controlar estas dosis se trabajó con el tiempo de riego es decir para un 50% ciento se le aplicó solo la mitad del tiempo total que requiere la planta y para el 100% se le aplicó todo el tiempo de riego que requiere el frijol caraota.

- **Dosis del mejorador “Porous Alpha”**

Se trabajó con 0%, 5% y 10% de Porous Alpha granulado en un volumen de surco de $0.4 \times 1.20 \times 0.20 \text{m}^3$, la cual es considerada como unidad experimental.

d. El diseño experimental

En el presente trabajo de investigación realizado bajo la modalidad de tipo experimental de campo se evaluó la propiedad de retención del “Porous Alpha” con el suelo franco arenoso observando su retención de humedad de acuerdo a los porcentajes mezclados con el suelo en un volumen radicular conforme al cultivo, siendo estas 0%, 5%, 10% y a su vez se aplicó dos distintas dosis de agua, las cuales son un 50% y un 100% de lo que requiere el cultivo, siendo suministradas de acuerdo a los datos obtenidos de la estación meteorológica y tanque evaporímetro. Por cada dosis de agua la cual alberga una línea de riego se evaluó estudios de los tres porcentajes de “Porous Alpha”. El diseño experimental de campo fue analizado con el método estadístico de parcelas divididas con tres repeticiones (para un análisis estadístico por bloques al azar) como se puede observar en la Figura 5.

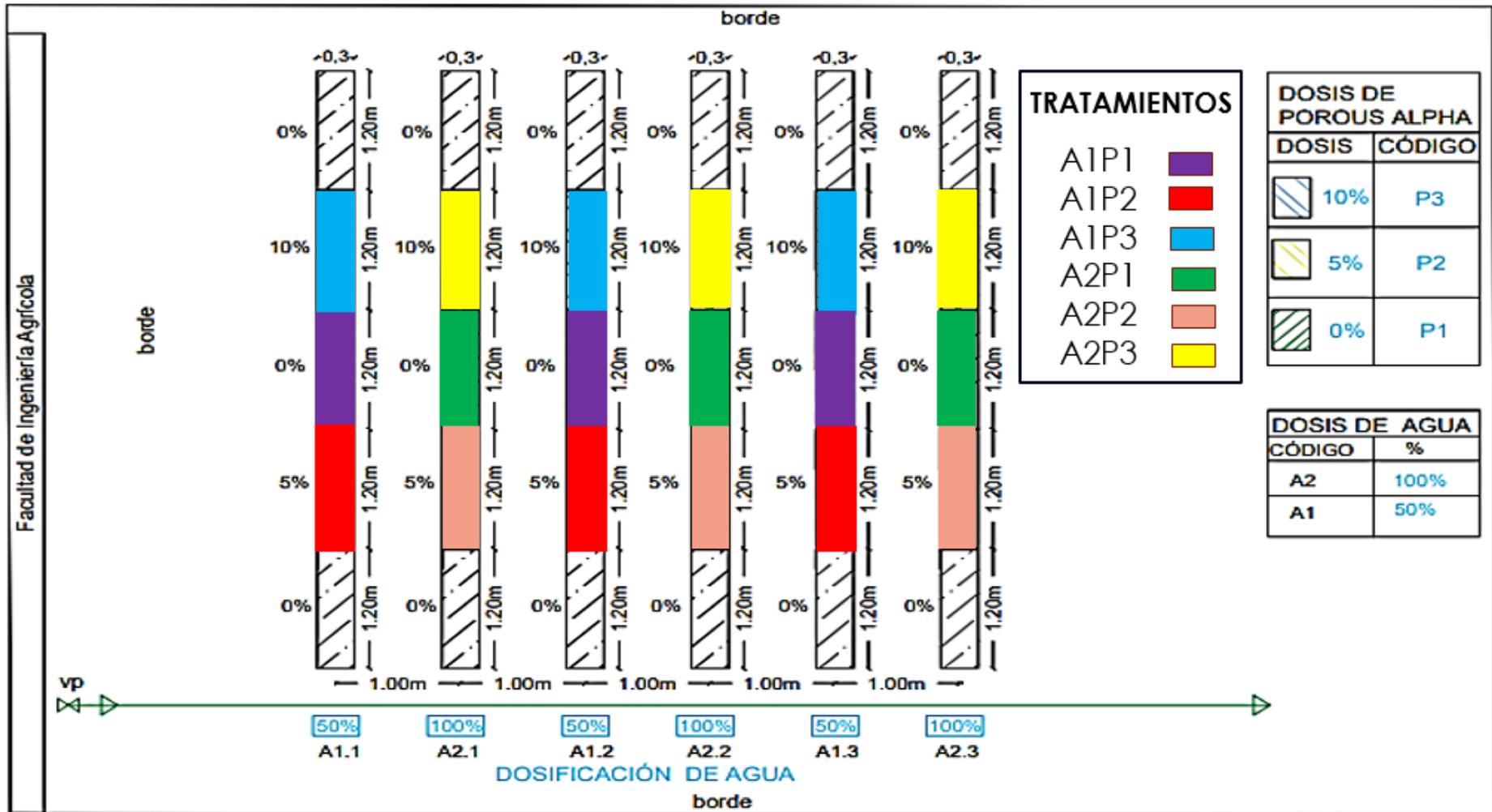


Figura 5: Distribución del frijol Caraota con y sin mejorador Porous Alpha granulado

3.3.2. Fase de campo

a. Planificación y distribución de la población del cultivo

El experimento se desarrolló en el terreno de la facultad de Ingeniería Agrícola ubicada en la parte posterior de la misma, un terreno de 16 m x 6m con 732 plantas de frijol caraota durante el primer mes de su ciclo fenológico, finalizando este mes se deshijó quedando con 183 plantas para continuar con el tratamiento como se muestra en la figura 6, teniendo tres plantas por cada metro y veinte centímetros que viene a ser la unidad de estudio, formando así tres unidades de tratamiento y dos unidades de borde por cada una de las dos dosis de agua que se le va aplicar, teniendo así bloques de tres repeticiones, y testigos sin el mejorador “Porous Alpha” para comparar.



Figura 6: Población del cultivo de frijol caraota en el terreno experimental

b. Toma de muestras del suelo

Se tomaron muestras de suelo de distintos puntos del terreno para comprobar algunas características de suelo como textura, de ese modo saber con qué tipo de suelo se trabajó (ver Figura 7).



Figura 7: Muestra de suelo para prueba de humedad gravimétrica

c. Calibración del TDR e información de referencia del Porous Alpha.

En la figura 8 se muestra las pruebas de retención de humedad del suelo sin cultivos y con las dosis de Porous Alpha que se planificaron trabajar (0%,5%,10% de Porous Alpha).



Figura 8: Ensayos de retención de humedad sin cultivo

d. Preparación del terreno

Se inició arando del terreno usando el tractor de la UNALM como se visualiza en la figura 9, en seguida el cercado del terreno con una malla verde y parantes de madera, terminando este proceso con el marcado de los camellones.



Figura 9: Preparación del terreno con maquinaria agrícola

e. Instalación de sistema de riego

Se instaló las tuberías, las cintas de riego y sus respectivos accesorios como válvulas, uniones y el final de cinta para la purga.

f. Incorporación del Porous Alpha granulado al suelo y siembra del frijol caraota.

Para este proceso lo primero que se hizo fue medir tramos de 1.20m en cada camellón de 6m, de ese modo teniendo exactamente 5 tramos de 1.20m cada uno luego por cada camellón, se agregó y mezcló de forma homogénea el Porous Alpha con el suelo siguiendo un orden de forma consecutiva con las dosis correspondientes siendo estas 0%,5%,0%,10%,0% del volumen de la unidad de estudio la cual tiene las medidas siguientes 1.20x0.40x0.20m (ver Figura 10).

Después de 7 días de un riego por machaco, se realiza la siembra de los frijoles caraota, sembrando 3 semillas por golpe, esta semilla certificada se obtuvo de la UNALM del área de Agronomía.



Figura 10: Incorporación del Porous Alpha con las dosis de 0, 5, 10 por ciento al suelo

g. Riego de uniformidad

El riego de uniformidad consistió en proveer agua a los surcos previamente instalados por un promedio de 3 a 4 días por un tiempo de riego de 4 horas, esta actividad se realizó días antes de la siembra; en la figura 11 se mostró el inicio del riego.



Figura 11: Riego de uniformidad

h. Siembra

la siembra se realizó el día 30 del mes de octubre de 2019 en un área de 16 x 6m² ubicado en la UNALM en la Facultad de Ingeniería Agrícola, se incorporó 3 semillas por golpe realizando 15 golpes por surco.

i. Estrategias de riego

- La necesidad de riego se aplicó de acuerdo a los datos obtenidos de la estación meteorológica y el tanque evaporímetro, también los datos obtenidos de la humedad del suelo registrados con el TDR fueron de ayuda para el análisis.
- Durante el primer mes del desarrollo fenológico del frijol se regó de manera uniforme a todas las plantas reponiendo su lámina de agua teniendo en cuenta la intervención climática. En el manejo del agua a través del tanque de evaporación implica el uso de coeficientes que consideran la variación e influencia del clima para las necesidades de agua del cultivo (ET_o) y las características del mismo (K_c) siendo esta el consumo de agua expresado por el K_c del cultivo durante su etapa fenológica. Por otro lado, el coeficiente de uniformidad (C_u) es un porcentaje que se debe tener en cuenta, si fuese un terreno extenso es recomendable calcularlo ya que define la eficiencia de riego tomando en cuenta el sistema de riego, pero para este caso debido a que se trata de un terreno pequeño se opta por una eficiencia de 90 por ciento por tener un sistema de riego por goteo y no existe una pérdida de presión considerable.

$$TR = \frac{ET_o * K_c}{cu * pp}$$

Donde:

TR: Tiempo de riego

ET_o : Evapotranspiración del cultivo en mm/día

K_c : Coeficiente del cultivo en función de la fase de su periodo vegetativo.

C_u : Coeficiente de uniformidad.

P_p : Precipitación horaria del gotero en mm/hora.

- La aplicación de riego posterior al mes del ciclo fenológico del frijol se llevó a cabo a través de mediciones de estación meteorológica, obteniendo así la lámina neta, lamina bruta para mantener una constante en la dosificación del agua para ambos casos de dosis de agua siendo estas el de 50% y el de 100%.
- La humedad del suelo se tomó haciendo uso del TDR antes y después del riego para poder comparar la lámina de agua que requiere, de este modo tener registro de la humedad de cada unidad de estudio y poder comparar el uso del agua y su retención del material con el suelo al 0%, 5%, 10% del volumen radicular.

Lámina de riego con formula gravimétrica

$$d = Pw * \rho * D$$
$$PW = \frac{Pw1 - Pw2}{100}$$

Donde:

d = Lámina de riego

Pw = Registro de humedad gravimétrica

D = Profundidad de raíz.

Lamina de riego con formula volumétrica

$$d = \theta * D$$
$$d = (\theta1 - \theta2)D$$

Donde:

d = Lámina de riego

D = Profundidad de raíz

θ = Registro de humedad volumétrica

Tiempo de riego

$$Q * T = A * d$$
$$Tr = \frac{A * d}{Q1 * Ea}$$
$$A = (Sp * Sr) * Ph$$
$$0.3 \leq Ph \leq 0.8$$

Donde:

Q = Caudal

Tr = Tiempo de riego

A = Área

Sp = Separación entre planta

Sr = Separación entre hilera

d = Lámina de riego

Ea = Eficiencia de riego

Ph = Porcentaje de humedecimiento

- Se optó una frecuencia de riego inter diario, a partir de segundo mes cuando se comenzó con la recopilación de las medidas de la humedad del suelo.

j. Medidas biométricas de la planta

La investigación es del tipo experimental de campo, de nivel explicativo y comparativo, donde se consideró evaluar algunas características del frijol durante todo su crecimiento fenológico hasta la producción. Los parámetros biométricos que se realizaron durante el periodo fenológico de la planta son:

- **Medidas de altura de planta,** Para la altura de planta haciendo uso de una cinta métrica, una regla o un escalímetro se tomó como en la figura 12 las medidas de altura de la planta dos veces por semana durante 7 semanas, cuando ya está en la fase de maduración solo dos veces hasta la cosecha, se midió desde el nivel del suelo hasta la parte más alta de la planta.



Figura 12: Toma de medidas de altura a una planta durante todo su periodo fenológico

- **Área foliar,** A medida que el cultivo se iba desarrollando se fue capturando mediante fotografías tomadas de una misma altura a una planta por cada unidad experimental como se ve en la figura 13 la cual fue evaluada durante todo el proceso de crecimiento

hasta días antes de la cosecha para posteriormente mediante un programa evaluar el comportamiento del área foliar



Figura 13: Captura fotográfica a una planta de frijol caraota durante el periodo de crecimiento

Los parámetros ya mencionados se midieron haciendo uso de una wincha, fotografías capturadas a la misma altura cada 3 o 4 días durante el periodo fenológico del frijol caraota.

k. Seguimiento del cultivo

Durante el proceso fenológico del frijol, se dio seguimiento del cultivo para el riego de acuerdo a las dosis planificadas, toma de humedad, captura de muestras biométricas las cuales se explicó mejor en el punto anterior, también se realizó el curado para prevenir que las plantas sean atacadas por algunas plagas (ver Figura 14).



Figura 14: Fumigación de las plantas del frijol para prevenir enfermedades y plagas de temporada

I. Control de humedad.

Haciendo uso del medidor de humedad (TDR) como se ve en la figura 15 se procedió a medir y registrar a todas las unidades de estudio antes y después de cada riego durante todo el periodo fenológico del frijol.



Figura 15: Control de humedad del cultivo de frijol caraota

m. Cosecha del frijol caraota

En esta fase final del proceso fenológico del frijol caraota, se realizó la cosecha teniendo en cuenta las unidades de experimentación ya que por cada una de ellas existen 3 plantas y estas son cortadas al ras del suelo y embolsadas de forma independiente para su traslado a un campo abierto y expuesto al sol para proceder con el secado y su posterior evaluación de los parámetros biométricos (ver Figura 16).



Figura 16: Cosecha del cultivo de frijol caraota

n. Secado de la parte aérea de la planta (tallos, hojas y vainas)

Siendo parte de la actividad de campo se procedió con el traslado y tendido del cultivo cosechado en un área libre al sol para su respectivo secado (ver Figura 17), este proceso va depender de la intensidad solar que se tenga, para este caso se contó con un sol radiante durante todo el proceso de secado.



Figura 17: secado de la cosecha de frijol a la luz del sol.

o. Cálculo de variables agronómicas las cuales se usan para el análisis de los componentes de rendimiento del cultivo

Para la obtención de estos parámetros cabe recordar que se realizó después de la cosecha y secado del frijol caraota, en el laboratorio de Agua, Suelo y Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería Agrícola como se ve en la figura 18.

- Número de vaina por planta, se obtuvo del conteo de los frijoles cosechados y secados al aire libre, el conteo se realizó en el laboratorio de riego de la facultad de Ingeniería Agrícola, se tomó una planta de cada unidad de estudio y se procedió con el conteo
- Número de grano por vaina, del mismo modo se procedió al conteo de las vainas que produjo la planta en cada tratamiento.
- Peso de cien granos por planta, primero se contó 100 granos de frijol de una planta escogida de cada unidad de estudio luego se pesó y se registró.
- Materia seca, se denomina así a la planta completa y seca es decir tallo, hojas y frutos; se escogió una planta por estudio y se procedió a pesarlo y registrarlo.



Figura 18: Conteo y pesado de materia seca, numero de vainas y de granos en el laboratorio de riegos de la FIA

3.3.3. Fase de gabinete

a. Procesamiento de resultados

- Después de obtener los resultados de campo y los parámetros biométricos post cosecha se realizó el procesamiento de datos generando histogramas de humedad haciendo uso de Microsoft Excel.

- también se usó el programa Image J para calcular el área foliar de la planta por consiguiente se hizo comparaciones de humedad con cada uno de los parámetros biométricos del mismo modo se realizó gráficos comparativos de altura de planta, número de vainas, número de granos por planta, peso de 100 granos, volumen de agua por kg de planta y rendimiento de frijol caraota.
- Se realizó el análisis estadístico de varianza por bloques al azahar con el programa Info Stat y su respectiva interpretación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. VARIABLES BIOMETRICAS DEL FRIJOL CARAOTA

En el análisis de varianza tablas 3, no se encontró diferencia significativa estadísticamente para la altura de planta y área foliar, como se muestra en el Anexo 1, figuras 29 y 30.

Tabla 3: Análisis de varianza de los parámetros biométricos

Fuentes de variación	Altura de planta	p-valor
Modelo	1.9	0.2466 NS
Dosis de agua	0.57	0.509 NS
Porous Alpha	2.59	0.164 NS
Dosis de agua * Porous Alpha	1.89	0.25 NS
Error	1.23	
CV%	1.95	
Promedio	56.95	
Fuentes de variación	Área foliar	p-valor
Modelo	39.22	<0.0001**
dosis de agua	191.43	<0.0001**
porous alpha	1.44	0.0616 NS
dosis de agua*Porous Alpha	0.89	0.1536 NS
error	0.41	
CV%	2.64	
Promedio	24.033	

4.2. VARIABLES AGRONÓMICAS DEL FRIJOL CARAOTA

El número de vainas por planta:

Se obtuvo del conteo realizado en el laboratorio cuyos datos se visualizan en la Tabla 4 y gráficamente en la Figura 19.

Tabla 4: Número de vainas por planta de acuerdo a los tratamientos

DOSIS DE AGUA	PORCENTAJE DE POROUS	CODIGOS	NUMERO DE VAINAS POR PLANTA
50%	0%	A1P1	17
	5%	A1P2	24
	10%	A1P3	25
100%	0%	A2P1	23
	5%	A2P2	26
	10%	A2P3	28

DOSIS DE POROUS	DE	CÓDIGO
POROUS 0%		P1
POROUS 5%		P2
POROUS 10%		P3
DOSIS DE AGUA EN	DE	COLOR EN GRÁFICO
100% DE AGUA		NARANJA
50% DE AGUA		AZUL

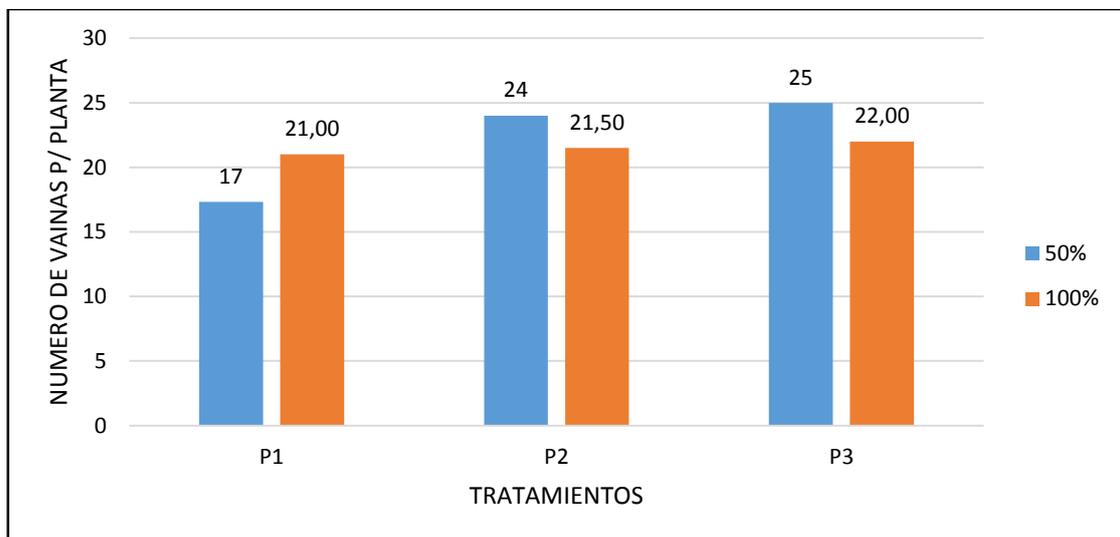


Figura 19: Presentación de barras para el número de vainas por planta

En la Figura 19 del número de vainas por planta vs tratamientos se observó que las parcelas que tienen Porous Alpha tienen un mayor número de vainas con respecto a las parcelas que no tienen Porous Alpha; existiendo una pequeña tendencia que, cuando se tiene mayor Porous Alpha influye en el mayor número de vainas, para una concentración de humedad de 50% de lámina de riego.

En el análisis las tablas 5 y 6 mostró que existe incidencia significativa para todos los tratamientos; La figura 34 nos muestra diferencia entre las dos dosis de agua aplicadas a los tratamientos; Resultando claramente, la dosis de 100% de agua influyente en el número de vainas.

En cuanto a la Figura 35 se pudo obtener que los tratamientos con 0% de Porous Alpha muestra menor número de vainas mientras que las dosis con 5% y 10% muestran una tendencia mayor, el análisis para los tratamientos se pudo ver en la figura 20 teniendo una marcada diferencia para el tratamiento con 50%P1 menor número de vainas a comparación del tratamiento 100%P3.

Tabla 5: Análisis de varianza de número de vainas

Fuentes de variación	N° de vainas	P-Valor
Modelo	43.56	<0.0001**
Dosis de agua	50	<0.0002**
Porous Alpha	77.39	<0.0003**
Dosis de agua * Porous Alpha	6.5	0.0031**
Error	0.67	
cv%	3.42	
promedio	23.9	

Tabla 6: Parámetros agronómicos por tratamiento

Dosis de agua	porous alpha	medias	Identif
50%	p1	17	A
100%	p1	22.67	B
50%	p2	24.33	C
50%	p2	25.33	CD
100%	p3	26	D
100%	p3	28	E

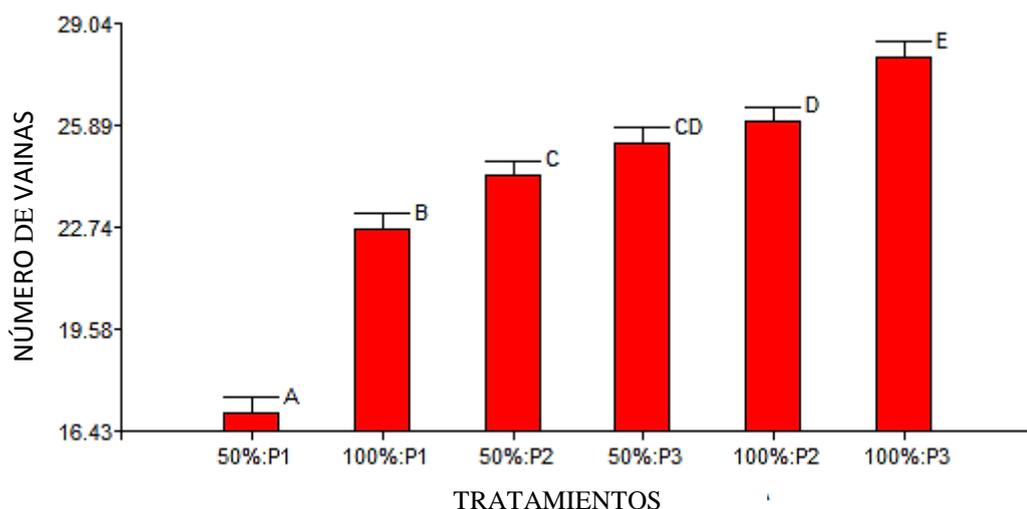


Figura 20: Análisis estadístico de los tratamientos para el número de vainas

Número de granos por planta

En la Tabla 7 de número de granos por planta respecto a los tratamientos, se observó una mínima influencia del Porous Alpha en el incremento del número de granos, existiendo una pequeña diferencia de las parcelas con el 100% de lámina de riego.

Se pudo observar en la Figura 21, con un contenido de 5% y 10% de Porous hay una ligera tendencia de presentar mayor cantidad de granos por planta comparado con la que no contiene Porous Alpha, en cuanto a la variable de dosis de agua en los tres casos se observa una pequeña diferencia entre la dosis de 100% y 50% de agua, siendo la dosis de 100% ligeramente mayor en la cantidad de granos por planta.

Tabla 7: Número de granos por planta para los tratamientos de estudio

DOSIS DE POROUS	DE	CÓDIGO	DOSIS DE AGUA	PORCENTAJE DE POROUS	CODIGOS	NUMERO DE GRANOS POR PLANTA
POROUS 0%		P1	50%	0%	A1P1	87
POROUS 5%		P2		5%	A1P2	120
POROUS 10%		P3		10%	A1P3	125
DOSIS DE AGUA EN PORCENTAJE	COLOR EN LA GRÁFICA	NARANJA	100%	0%	A2P1	115
				5%	A2P2	130
				10%	A2P3	142
		AZUL				

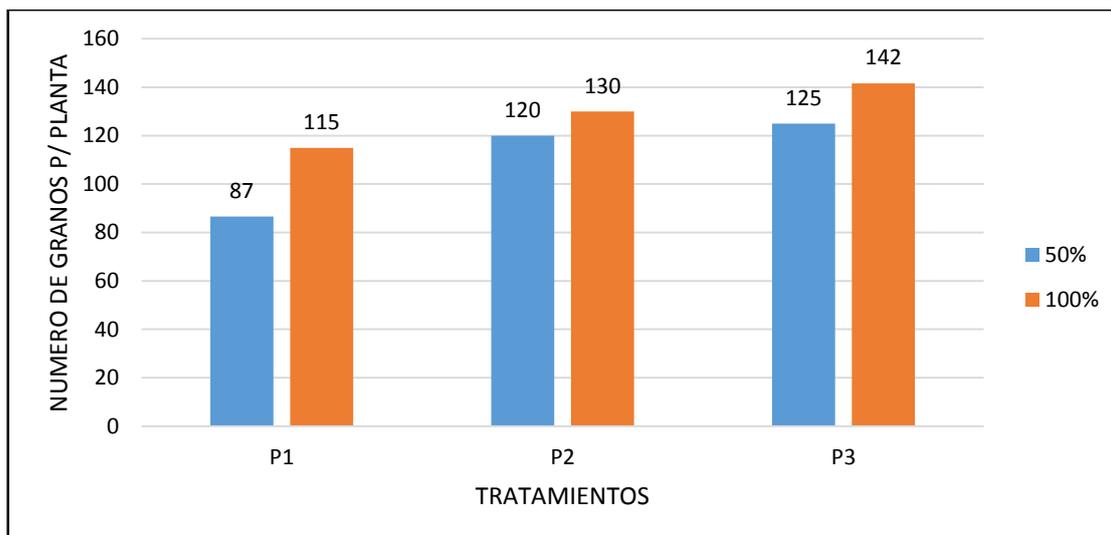


Figura 21: Presentación en barras para el número de granos por planta

En el análisis estadístico la Tabla 8 mostró isidencia significativa para el número de granos por planta, existe isidencia en los tratamientos de dosis de agua y porous alpha (figuras 36 y 37) asi mismo la diferencia en la interacción de tratamientos (ver Tabla 9 y Figura 22).

Tabla 8: Análisis de varianza para el número de granos por planta

Fuentes de variación	Nº granos por planta	p-valor
Modelo	1078.13	<0.0001**
Dosis de agua	1250	<0.0001**
Porous Alpha	1922.17	<0.0001**
Dosis de agua * porous alpha	148.17	0.0047**
Error	17.11	
CV%	3.46	
Promedio	119.7	

Tabla 9: Análisis de número de granos por planta por tratamiento

Dosis de agua	porous alpha	medias	Identif
50%	p1	85.67	A
100%	p1	113.33	B
50%	p2	121.67	C
50%	p3	126.67	CD
100%	p2	130	D
100%	p3	140.67	E

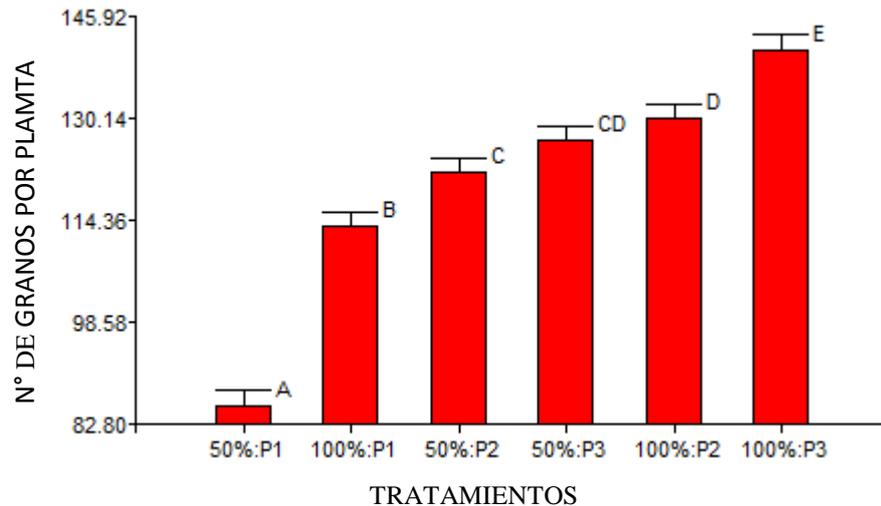


Figura 22: Análisis estadístico de los tratamientos para el número de granos por planta

4.3. HUMEDAD Y VOLUMEN DE AGUA

Humedad

El histograma comparativo de humedad Anexo 2, Figura 31, con una dosis de 50% de agua para las tres aplicaciones de Porous Alpha resultó que con un 10% de Porous Alpha existe la tendencia de disminuir la variación de la humedad aumentando su concentración en la zona radicular por el contrario para los tratamientos 0 y 5% existen puntos donde hay fuertes variaciones de la humedad.

El comportamiento de la humedad graficado en el histograma Anexo 2, Figura 32 para una dosis de 100% de agua y los tratamientos P1, P2, P3 se observó una gran variación de la diferencia de humedad en los tratamientos con 0% de Porous Alpha (P0) la cual indica diferencias de humedades elevadas durante el crecimiento de la planta, es decir existe una variación en la concentración de la humedad radicular; en cuanto a las unidades experimentales con 5% y 10% de Porous el comportamiento tiende a no ser pronunciado.

Volumen de agua

En la Tabla 10 del volumen de agua por kg de frijol vs tratamientos, se observó influencia del Porous Alpha en la cantidad de agua por kg de frijol debido a la retención de humedad en el suelo con Porous Alpha en la producción del frijol (Ver Figura 23).

Tabla 10: Volumen de agua aplicada para un kilogramo de frijol ($m^3 kg^{-1}$)

DOSIS DE POROUS	DE CÓDIGO	DOSIS DE AGUA	PORCENTAJE DE POROUS	CODIGOS	vol. de agua por kg de frijol(m^3)
POROUS 0%	P1	50% DE AGUA	0%	A1P1	3.309
POROUS 5%	P2		5%	A1P2	2.247
POROUS 10%	P3		10%	A1P3	2.065
DOSIS DE AGUA EN PORCENTAJE	COLOR EN LA GRÁFICA	100% DE AGUA	0%	A2P1	5.225
100% DE AGUA	NARANJA		5%	A2P2	4.515
50% DE AGUA	AZUL		10%	A2P3	4.049

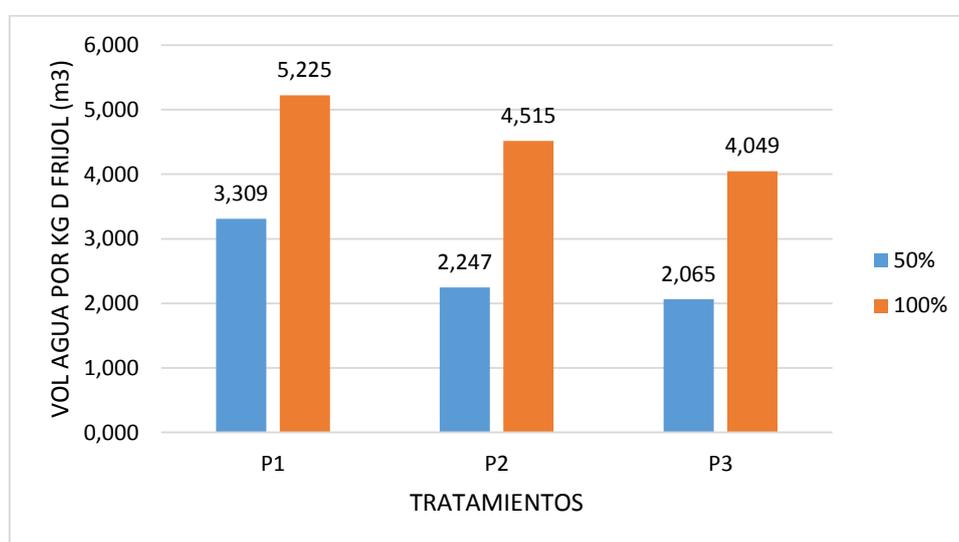


Figura 23: Representación en barras para volumen de agua por kg de frijol

Para el volumen de agua por un kg de frijol las tablas 11 y 12 mostraron elevada incidencia para todos los parámetros, la figura 42 del análisis estadístico muestra diferencia entre ambas dosis, la dosis de 100% de agua presentó mayor influencia en el volumen de agua por un kg de frijol. Así mismo las figuras 43 y 24 representa el análisis estadístico grafico de varianza para los tratamientos resultando una evidente influencia de las dosis de agua, los tratamientos con Porous Alpha y la interacción entre ellos; la dosis con 10% de Porous Alpha (p3) presenta menor volumen de agua por un kg de frijol la cual indica que requiere menor uso de agua, 5% de Porous Alpha (p2) presenta una diferencia considerable con respecto a p3 siendo p2 mayor ambos casos para una dosis de agua de 50%, sin embargo, la dosis de 0% de Porous Alpha (p1) combinada con una dosis de 100% de agua presenta mayor volumen de agua por un kg de frijol reflejando un mayor uso de agua.

Tabla 11: Análisis de varianza del volumen de agua por planta

Fuentes de variación	volumen	P-Valor
Modelo	4.91	<0.0001**
Dosis de agua	19.49	<0.0001**
Porous alpha	2.47	<0.0001**
Dosis de agua*Porous Alpha	0.05	0.0038*
error	0.01	
cv%	2.02	
Promedio	3.588	

Tabla 12: Análisis de volumen de agua por tratamiento

Dosis de agua	porous alpha	medias	Identif
50%	p3	2.05	A
50%	p2	2.25	B
50%	p1	3.34	C
100%	p3	4.08	D
100%	p2	4.54	E
100%	p1	5.27	F

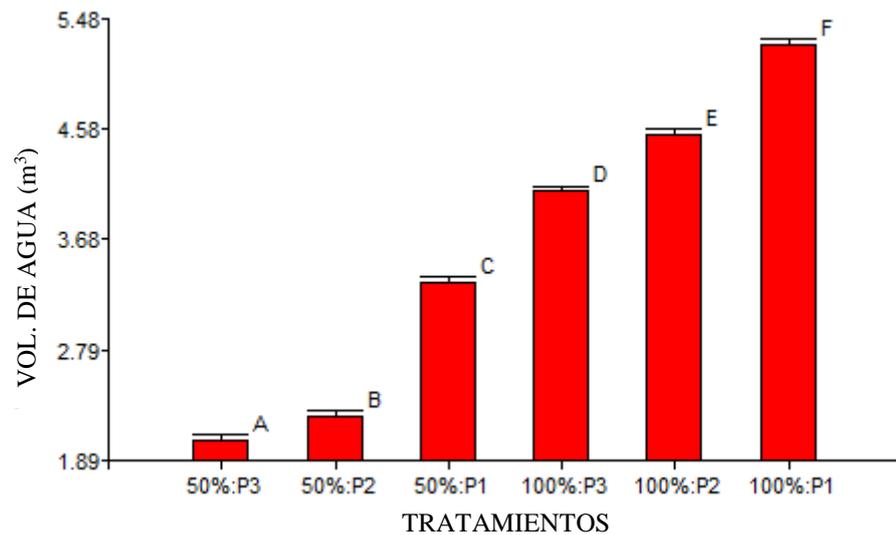


Figura 24: Análisis estadístico de tratamientos para el volumen de agua por 1kg de frijol

4.4. RENDIMIENTO DEL FRIJOL

Peso de 100 granos

Se obtuvo del peso y conteo en el laboratorio, la Tabla 13 nos muestra numéricamente una mínima incidencia del Porous Alpha en el incremento del peso de 100 granos, así mismo se expresa en la Figura 25.

Tabla 13: Peso de 100 granos por planta para los tratamientos

DOSIS DE POROUS DE	CÓDIGO	DOSIS DE AGUA	PORCENTAJE DE POROUS	CODIGOS	PESO DE 100 GRANOS
POROUS 0%	P1	50%	0%	A1P1	22.00
POROUS 5%	P2		5%	A1P2	23.40
POROUS 10%	P3		10%	A1P3	24.44
DOSIS DE AGUA EN PORCENTAJE	COLOR EN LA GRÁFICA	100%	0%	A2P1	21.00
100% DE AGUA	NARANJA		5%	A2P2	21.50
50% DE AGUA	AZUL		10%	A2P3	22.00

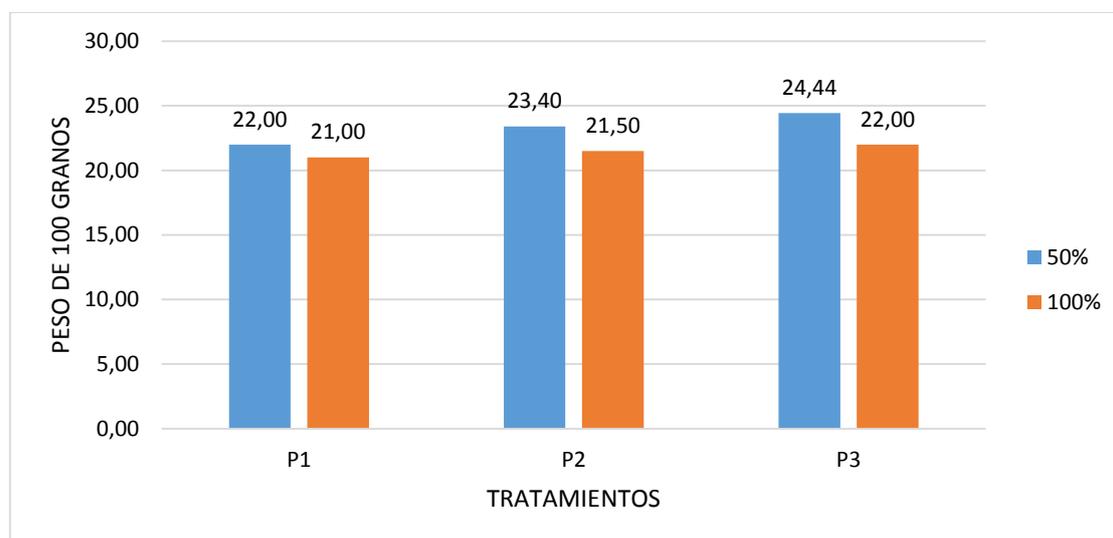


Figura 25: Gráfica de barras para el peso de 100 granos y láminas de agua

La Tabla 14 del análisis nos muestra la marcada diferencia entre las dos dosis de agua aplicadas a las unidades de estudios, para el peso de 100 granos, se observó que tiene mayor influencia la dosis de 50% de agua, es decir, con 50% de agua se obtiene mayor peso de 100 granos de frijol caraota.

Así mismo en las figuras 40 y 41 se visualizó el análisis estadístico de las dosis de agua y el Porous Alpha para el peso de 100 granos. El análisis de varianza entre tratamientos experimentales son muy marcadas, donde las unidades con 0% de Porous Alpha (p1) muestra menor peso de 100 granos, las dosis con 5% de Porous Alpha (p2) se encuentra en una variación media entre las dosis con 0% y 10%, mientras las dosis de 10% de Porous Alpha (p3) muestran una tendencia mayor en el peso de 100 granos, el análisis en los tratamientos expuso que con una dosis de 100% de agua y sin Porous Alpha es menor a comparación del tratamiento con 50% de agua con 10% de Porous, en cuan a los demás tratamientos se encuentran casi sin mucha diferenciación entre sí (Ver Figura 26).

Tabla 14: Análisis de varianza del peso de 100 granos

Fuentes de variación	peso de 100 granos	P-Valor
Modelo	4.04	<0.0096**
dosis de agua	11.99	<0.0021**
porous alpha	3.53	<0.0353*
dosos de agua * porous alpha	0.56	<0.05098 NP
error	0.79	
cv%	3.97	
promedio	22.34	

Tabla 15: Análisis de peso de 100 granos por tratamiento

Dosis de agua	porous alpha	medias	Identif
100%	P1	21.13	A
100%	P2	21.42	AB
100%	P3	22.04	AB
50%	P1	22.17	AB
50%	P2	23.02	BC
50%	P3	24.3	C

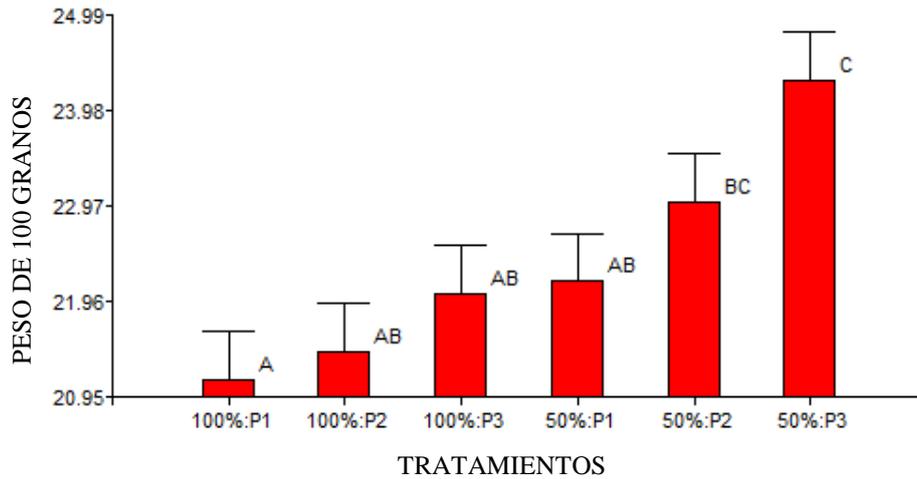


Figura 26: Análisis estadístico de tratamientos para el peso de 100 granos

Rendimiento:

En la Tabla 16, se observó una ligera influencia del Porous Alpha en el rendimiento del frijol con respecto a las parcelas en las cuales no se aplicó el Porous Alpha, existiendo una influencia en la retención de la humedad en el rendimiento (Ver Figura 27).

Tabla 16: Rendimiento del frijol caraota

DOSIS DE POROUS	CÓDIGO	DOSIS DE AGUA	PORCENTAJE DE POROUS	CODIGOS	RENDIMIENTO
POROUS 0%	P1	50%	0%	A1P1	397.2
POROUS 5%	P2		5%	A1P2	585.0
POROUS 10%	P3		10%	A1P3	636.6
DOSIS DE AGUA EN PORCENTAJE	COLOR EN LA GRÁFICA	100%	0%	A2P1	503.1
100% DE AGUA	NARANJA		5%	A2P2	582.3
50% DE AGUA	AZUL		10%	A2P3	649.3

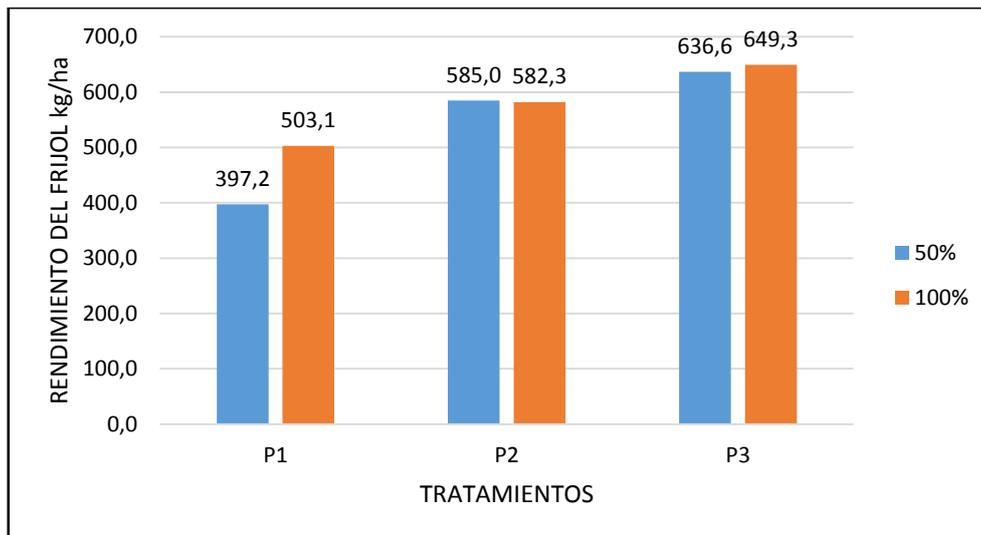


Figura 27: Representación en barras del rendimiento del frijol en Kg por Ha

En la Figura 42 se observó la diferencia entre las dos dosis de agua para el análisis estadístico del rendimiento del frijol caraota. La figura 43 reveló el resultado del análisis estadístico del rendimiento del frijol en kilogramo por hectárea, donde la dosis con 10% de Porous Alpha (p3) y la dosis con 5 % de Porous Alpha (p2) presentan una tendencia a ser más alto respecto a la q no contiene Porous Alpha e incluso entre sí. En el análisis para los tratamientos se obtuvo un mejor resultado el tratamiento con 10% de Porous para para ambas dosis de agua a comparación al tratamiento sin Porous Alpha para una dosis de 50% (ver Figura 28).

Tabla 17: Análisis de varianza del rendimiento del frijol caraota

Fuentes de variación	Rendimiento	P-Valor
Modelo	27460.02	<0.0001**
Dosis de agua	5469.88	<0.0001**
Porous alpha	60485.06	<0.0001**
dosis de agua*Porous Alpha	5430.04	<0.0001**
error	134.26	
CV%	2.08	
Promedio	556.914	

Tabla 18: Análisis del rendimiento del frijol por tratamiento

Dosis de agua	porous alpha	medias	Identif
50%	P1	394.44	A
100%	P1	498.64	B
100%	P2	579.53	C
50%	P2	583.21	C
50%	P3	640.79	D
100%	P3	644.87	D

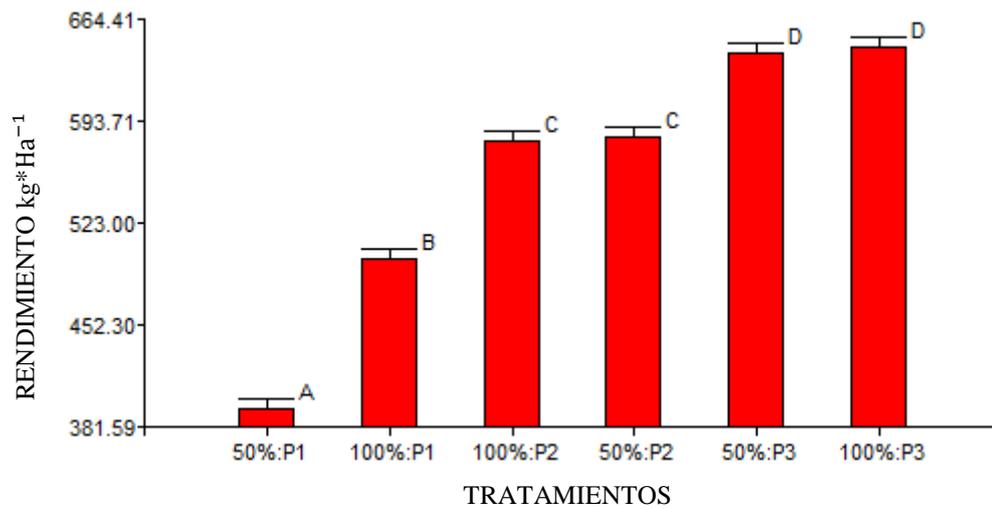


Figura 28: Análisis estadístico de tratamientos para el rendimiento del frijol caraota

V. CONCLUSIONES

1. Del análisis de los resultados del experimento realizado con dos láminas de agua y tres dosis de Porous Alpha granulado, se constató que existe mayor retención de humedad en los tratamientos con Porous Alpha tanto con 5% (P2) y 10% (P3) en comparación a los tratamientos sin Porous Alpha con láminas de riego aplicadas de 50% y 100% de lo que requiere el cultivo. Así mismo se observó que esta concentración de humedad tuvo incidencia en los parámetros biométricos, volumen de agua y rendimiento del frijol caraota (*Phaseolus vulgaris.*).
2. En relación al volumen de agua aplicada para la producción de 1 kilogramo de frijol caraota se determinó, que el tratamiento con 10% de Porous Alpha (P3) requirió 3.07 m³ de agua, el tratamiento de 5% de Porous Alpha (P2) 3.04 m³ mientras el tratamiento sin Porous Alpha (P1) requirió 4.30 m³ de agua por kilogramo de frijol, por lo tanto, el Porous Alpha granulado influye en la retención del agua y en la producción del cultivo frijol caraota (*Phaseolus vulgaris.*).
3. Respecto al número de vainas por plantas, se registró una diferencia significativa entre los tratamientos con y sin Porous Alpha para las dos dosis de agua, obteniendo en el tratamiento P1 en promedio de 20 vainas por planta, mientras que en los tratamientos P2 y P3 se tuvo 25 y 26 vainas por planta respectivamente las cuales no presentan diferencia significativa. En el caso del número de granos por planta, los tratamientos P2 y P3 tiene una tendencia ligeramente mayor al tratamiento P1. En cuanto al peso de 100 granos, para el tratamiento P1 se obtuvo 21.6 gramos, para el tratamiento p2, 22.2 gramos y P3, 23.15 gramos marcando significativas diferencias entre p1 y p3. Por lo que se constató, que el Porous Alpha incide en la producción del cultivo del frijol caraota. En los parámetros biométricos: la altura de planta y el área foliar no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos con y sin Porous Alpha.

4. Los rendimientos del frijol caraota (*Phaseolus vulgaris*.) en los tratamientos son: p2, 584 kg por ha; p3, 643 kg por ha y p1, 447 kg por ha encontrado diferencias significativas y obteniendo mayor rendimiento en el tratamiento p3 con 10% de Porous Alpha.

5. El Porous Alpha es un insumo que está en experimentación y de acuerdo a los estudios que se vienen realizando se instalará una fábrica de Porous Alpha en el Perú (dato de Japón), con ello el costo de este producto disminuirá, así los trabajos de investigación que usen el Porous Alpha serán menos costosas, en consecuencia, el ahorro de agua y el rendimiento del cultivo con Porous Alpha será mejor especialmente en tierras eriazas, gravosos y arenales del Perú.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar experimentos con dosis de Porous Alpha y láminas de riego diferente al que ya se utilizó en el presente experimento y en diferentes tipos de suelo de con el fin de encontrar una mayor relación entre las dosis y rendimiento del cultivo.
2. En experimentos similares al presente estudio se recomienda realizar la mezcla adecuada y homogénea del suelo con el Porous Alpha.
3. Es recomendable antes del experimento hacer calibraciones de los equipos de sensor de humedad en el suelo para tener indicadores que representan las condiciones reales del campo experimental.
4. Hacer pruebas de retención de humedad del Porous Alpha con y sin mezclar en el suelo, para verificar la capacidad de retención de humedad que tiene este mejorador Porous Alpha.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cillóniz, B. (2017). *Metodología para determinar los parámetros hídricos del suelo*. Obtenido de www.agroforum.pe: <https://www.agroforum.pe/agro-noticias/metodologia-determinar-parametros-hidricos-de-suelo-12700/>
- ClimateMinder, R. V. (2019). *Report generated by ClimateMinder*. LIMA: UNA -LA MOLINA Clima.
- Enciso, J. M.(2005). *Sensores de humedad del riego para la eficiencia del riego*. Obtenido de <http://www.euskobaratza.eus/wp-content/uploads/2016/02/Enciso-et-al-2008.-Uso-de-sensores-de-humedad-para-optimizar-el-riego.pdf>
- Espinoza, M. E. (2009). *Evacuacion de 16 genotipos seleccionados en dos densidades de siembra de frijol canario CV.centenario (Phaseolus vulgaris L.)*. Universidad Nacional Agraria la Molina, PERÚ.
- FAO. (1998). *Evapotranspiracion del cultivo* . ROMA: © FAO 1998.
- FAO. (2021). *Guia para la descripción de suelos*. Obtenido de www.fao.org: <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>
- Garcia, P. M., Puppo, L., Hayashi, R., & Morales, P.(2019). *Agua en el suelo- Facultad de agronomia Universidad de la República*. Obtenido de www.fagro.edu.uy: <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/paisajismo/AGUA%20EN%20EL%20SUELO.pdf>
- GESTIRIEGO. (2021). *Componentes instalación de riego por goteo*. Obtenido de <https://www.gestiriego.com/pe/componentes-instalacion-riego-por-goteo/>
- GOMEZ, R. B. (2015). *Aplicación de riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces en el cultivo de durazno mediante riego por goteo (Tesis- UNALM)*. LA MOLINA, PERÚ: BAN-UNALM.
- Ibérica, P. S.(2014). *Medidor de humedad TDR-150*. Copyright © PCE Ibérica S.L.
- Itagri, E. E. (2019). *Sistema de Riego por Goteo*, 1-2. Obtenido de www.intagri.com: <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/sistema-de-riego-por-goteo>
- Liotta, M. (2015). *RIEGO POR GOTEO*. Edicion para UCAR. Unidad para el Campo Rural. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf

- MINAGRI. (2021). *LEGUMINOSAS DE GRANO*. Obtenido de <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/legumbres/catalogo-leguminosas.pdf>
- Peña, R. F. (2018). *Riego parcial por goteo a niveles de humedad del suelo en la papa variedad victoria Riobamba, Ecuador*. BAN-UNALM.
- Perez, F. A. (2017). Boletín técnico. *Programación de riego*. Autodema.
- Rázuri, R. L. (2009). Manejo del Agua- Academia-Trujillo. *Manejo del agua en el cultivo del ají (Capsicum chinense jacq) a taraves de tensiometro y tina de evaporacion utilizando riego localizado.*, p,2-16.
- Recycling, T. R., company, I., & overview, t. (2017). *Report on the effects of Porousaon the improvement of kiwifruit sticky heavy soil and its physiological and biochemical effects*.
- Rodríguez, P. R., Rázuri, R. L., Swarowsky, A., & Rosales, D. J. (2014). *Efecto del riego deficitario y diferentes frecuencias en la produccion del cultivo de pimentón*, p, 2-7.
- Sato, S.(2016). Hoja técnica. *Porous Alpha*, 1-3.
- Sato, S. (2016). hoja tecnica *Porous Alpha*. 1-3.
- Silvera, P. C. (2017). Tesis doctoral. *Cepas solubilizadoras del fósforo en el desarrollo del frijol carapta (Phaseolus vulgaris L.)*. UNALM, PERÚ.
- Taco, F. I. (2016). *Evaluación Agronomica de seis variedades de frijol*. Bolivia: UMSA.
- Vargas, B.(2013). *Manual Cultivo de frijol en Bolivia*. Obtenido de <http://jubovar.blogspot.com/2013/01/manual-de-manejo-del-cultivo-del-frejol.html>
- Zapeta, C. C. (2012). TESIS. *Efecto de cinco dosis de un polímero retenedor de un polimero retenedor de humedad y cuatro de frecuencias*. Lambayeque: UPRG.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Parámetros biométricos del cultivo

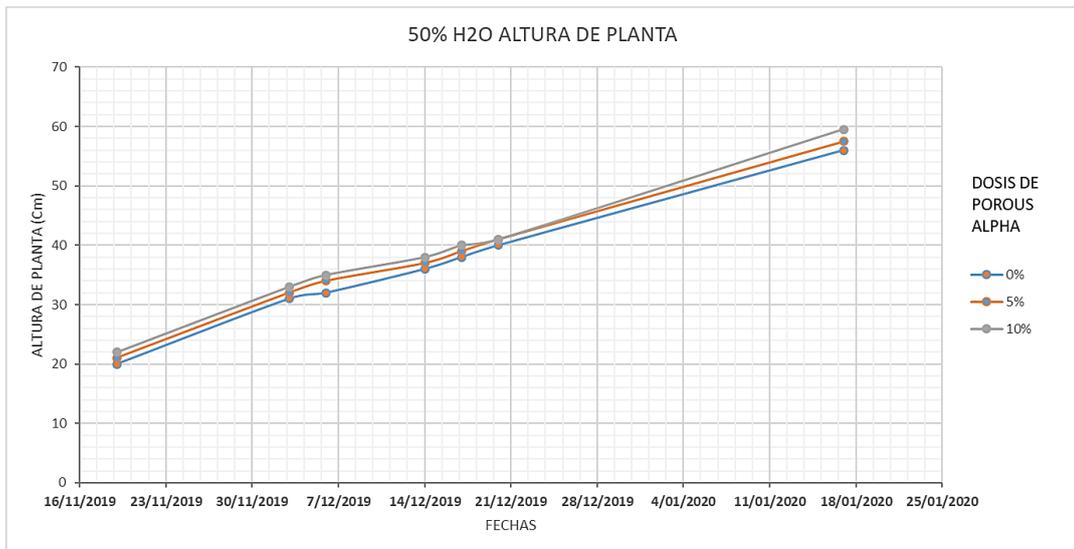


Figura 29: Altura de planta con 50% de agua

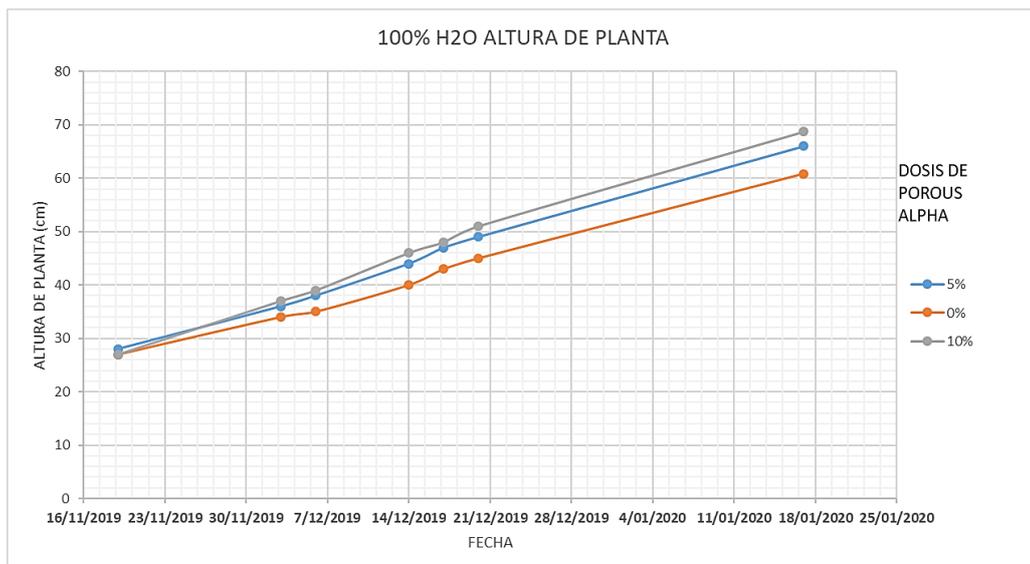


Figura 30: Altura de planta con 100 % de agua

Anexo 2: Presentación gráfica de humedad

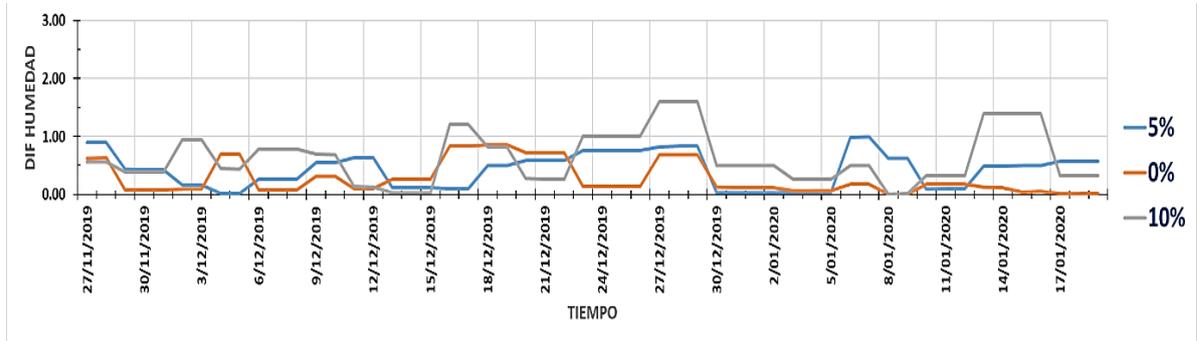


Figura 31: Humedad durante el periodo fenológico del frijol con 50% de agua

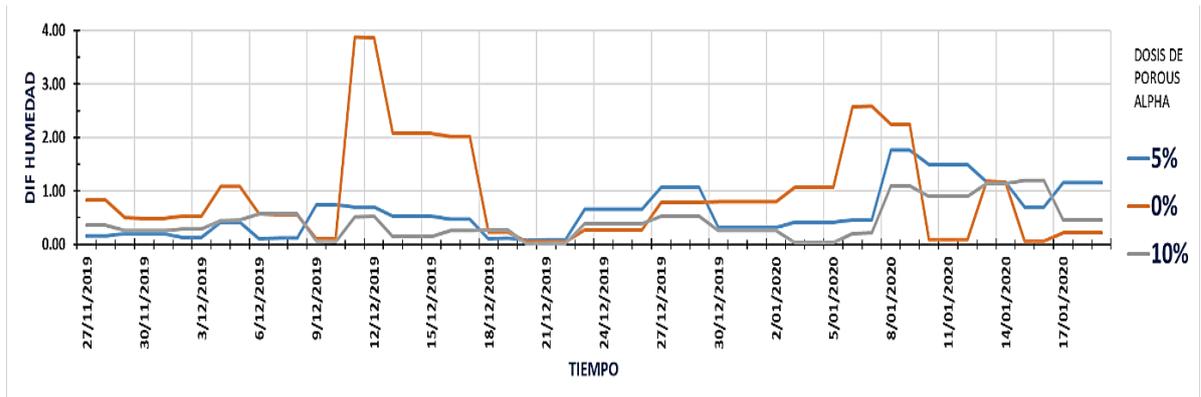


Figura 32: Humedad durante el periodo fenológico del frijol con 100% de agua

Anexo 3: El Porous Alpha



Figura 33: Recepción del Porous Alpha (coordinación de Mitsubishi, JICA, INIA con UNALM)

Anexo 4: Variables agronómicas

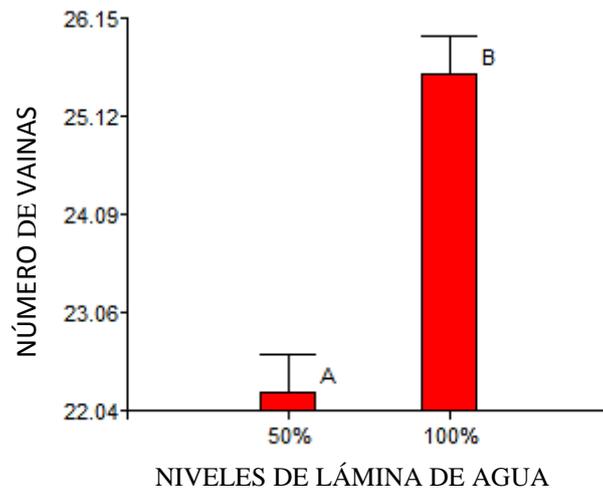


Figura 34: Análisis estadístico del número de vainas y dosis de agua

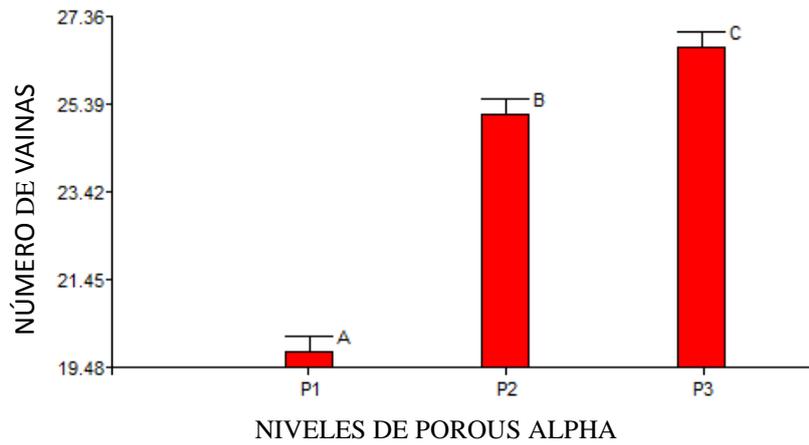


Figura 35: Análisis estadístico para el número de vainas y Porous Alpha

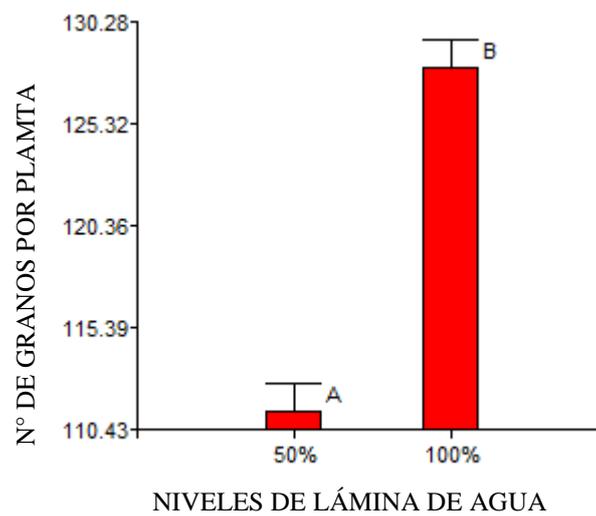


Figura 36: Análisis estadístico de número de granos por planta y dosis de agua

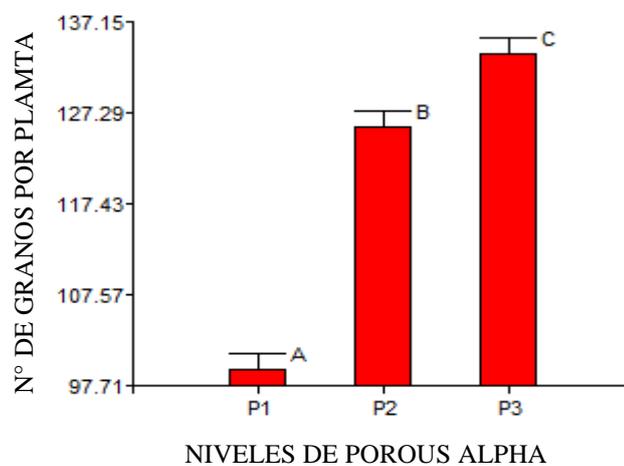


Figura 37: Análisis estadístico del número de granos por planta y Porous Alpha

Anexo 5: Análisis estadístico del volumen de agua

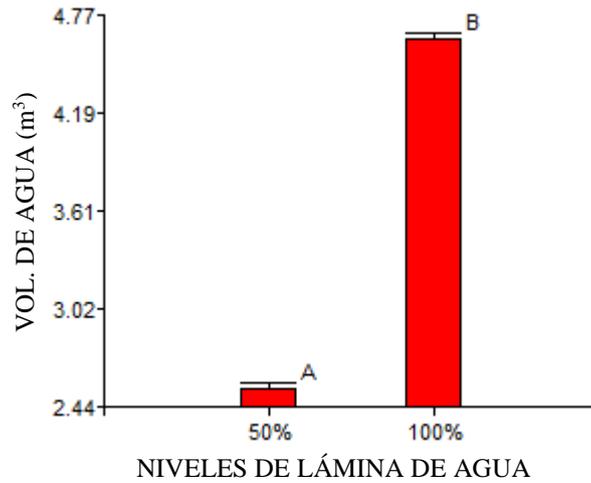


Figura 38: Análisis estadístico de volumen de agua por un kg de frijol

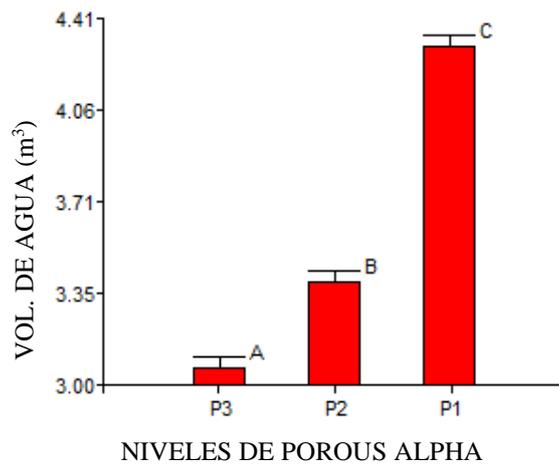


Figura 39: Análisis estadístico de volumen de agua por un Kg de frijol

Anexo 6: Rendimiento del frijol caraota

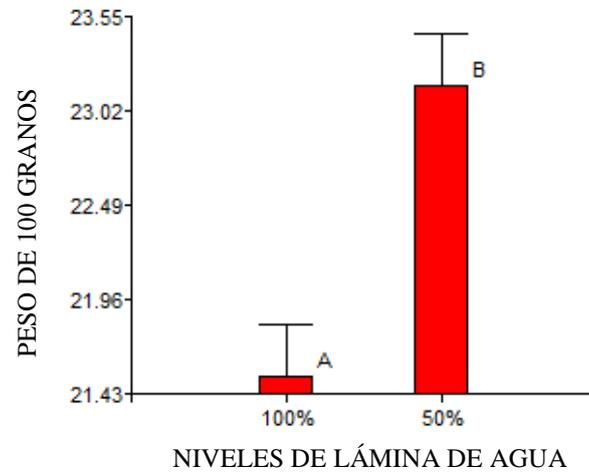


Figura 40: Análisis estadístico para peso de 100 granos

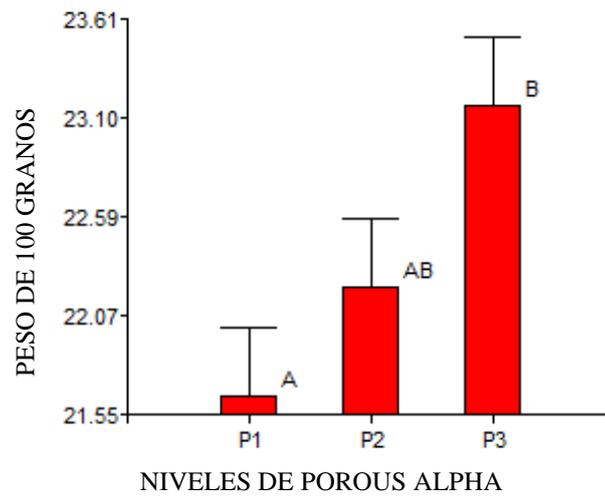


Figura 41: Análisis estadístico del peso de 100 granos y Porous Alpha

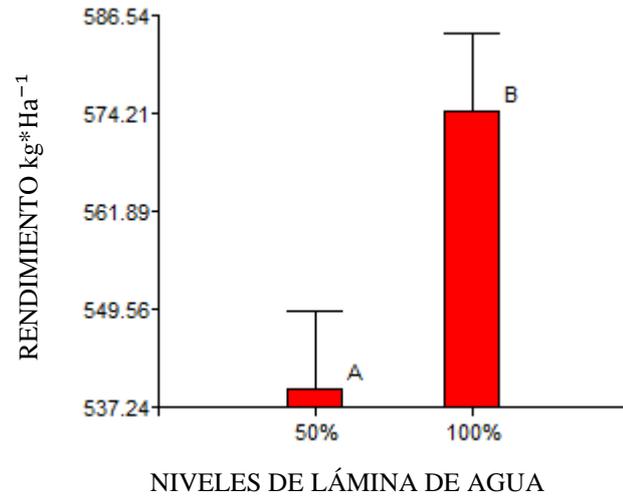


Figura 42: Análisis estadístico del rendimiento del frijol en kg*Ha⁻¹

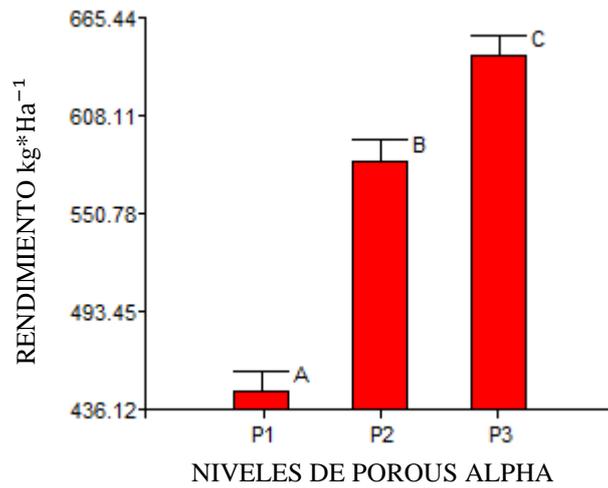


Figura 43: Análisis estadístico del rendimiento del frijol por tratamiento

Anexo 7: Costo de producción del frijol caraota-Hectárea.

COSTOS DE PRODUCCIÓN FRIJOL CARAOTA GRANO SECO CON RIEGO POR GRAVEDAD-HECTAREA						
Lugar de cultivo	: UNALM-FIA			Sistema riego	Gravedad	
Cultivo	: "Frijol caraota"			Jornal (Soles)	: 30.00	
Fecha de siembra	: 20/10/2019			H. MAQ. (Soles)	: 120.00	
Fecha de cosecha	: 20/01/2021			Precio semilla (Kg.)	: 12.00	
				Dolar (Soles)	: 3.80	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (N. Soles)	SUB TOTAL (N. Soles)	TOTAL	
					(S./)	(U.S. \$)
I.- COSTOS DIRECTOS.-						
1.- MANO DE OBRA.-						
a.- Preparación del terreno.					180.00	47.37
- Limpieza de campo	Jornal	2.00	30.00	60.00		
- Nivelacion del terreno	Jornal	2.00	30.00	60.00		
- Riego pesado	Jornal	2.00	30.00	60.00		
b.- Siembra					150.00	39.47
- Siembra	Jornal	5.00	30.00	150.00		
c.- Labores culturales					180.00	47.37
- Riego	Jornal	3.00	30.00	90.00		
- Control de maleza	Jornal	3.00	30.00	90.00		
d.- Control fitosanitario					60.00	15.79
- Aplicación de insecticidas	Jornal	1.00	30.00	30.00		
- Aplicación de Herbicidas	Jornal	1.00	30.00	30.00		
e.- Cosecha.					390.00	102.63
- Arranque de planta	Jornal	10.00	30.00	300.00		
- Secado de planta	Jornal	3.00	30.00	90.00		
f.- Post cosecha.						31.58
- Recojo y conteo de grano	Jornal	4.00	30.00	120.00	120.00	
Nº. TOTAL DE JORNALES		36.00				
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA					1,080.00	284.21
2.- MAQUINARIA AGRICOLA						
- Arado	H.M.	1.50	120.00	180.00		
- Nivelado.	H.M.	1.50	120.00	180.00		
Nº.TOTAL HORAS MAQUINA.		3.0				
SUB-TOTAL DE MAQUINARIA AGRÍCOLA					360.00	94.74
3.- INSUMOS Y MATERIALES.						
a.- SEMILLA					600.00	157.89
- Semilla	Kilo	50.00	12.000	600.00		
b.- AGROQUÍMICOS					178.00	46.84
- Cigaral	sobre	2.00	15.00	30.00		
- Acaristin	Lt	1.00	84.00	84.00		
- PH master de 250ml	UNIDAD	8.00	8.00	64.00		
SUB-TOTAL INSUMOS Y MATERIALES.					778.00	204.74
TOTAL COSTOS DIRECTOS.					2,218.000	583.68
GASTOS GENERALES.-					66.54	17.51
a.- Imprevistos. (3% de gastos de cultivo)				66.54		
SUB-TOTAL DE GASTOS GENERALES					66.54	17.51
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS					2,284.54	601.19
II.- COSTOS INDIRECTOS.						
a.- Gastos administrativos (3% Gastos de cult.)				66.54		
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS.					66.54	17.51
III.- COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN.					2,351.08	618.71

Figura 44: Costo de producción con riego por gravedad sin Porous Alpha

COSTOS DE PRODUCCIÓN FREJOL CARAOTA GRANO SECO CON RIEGO TECNIFICADO SIN POROUS-HECTAREA						
Lugar de cultivo : UNALM-FIA					Sistema riego	Tecnificado
Cultivo : "Frijol caraota"					Jornal (Soles)	30.00
Fecha de siembra : 20/10/2019					H. MAQ. (Soles)	120.00
Fecha de cosecha : 20/01/2021					Precio semilla (Kg.)	12.00
					Dolar (Soles)	3.80
DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (N. Soles)	SUB TOTAL (N. Soles)	TOTAL	
					(S/.) (N. Soles)	(U.S. \$) (Dolares)
I.- COSTOS DIRECTOS.-						
1.- MANO DE OBRA.-						
a.- Preparación del terreno.					150.00	39.47
- Limpieza de campo	Jornal	2.00	30.00	60.00		
- Nivelación del terreno	Jornal	2.00	30.00	60.00		
- Riego pesado	Jornal	1.00	30.00	30.00		
b.- Siembra					150.00	39.47
- Siembra	Jornal	5.00	30.00	150.00		
c.- Labores culturales					150.00	39.47
- Riego	Jornal	2.00	30.00	60.00		
- Control de maleza	Jornal	3.00	30.00	90.00		
d.- Control fitosanitario					60.00	15.79
- Aplicación de insecticidas	Jornal	1.00	30.00	30.00		
- Aplicación de Herbicidas	Jornal	1.00	30.00	30.00		
e.- Cosecha.					390.00	102.63
- Arranque de planta	Jornal	10.00	30.00	300.00		
- Secado de planta	Jornal	3.00	30.00	90.00		
f.- Post cosecha.						
- Recojo y conteo de grano	Jornal	4.00	30.00	120.00	120.00	31.58
Nº. TOTAL DE JORNALES					34.00	
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA					1,020.00	268.42
2.- MAQUINARIA AGRICOLA						
- Arado	H.M.	1.50	120.00	180.00		
- Nivelado.	H.M.	1.50	120.00	180.00		
Nº.TOTAL HORAS MAQUINA.					3.0	
SUB-TOTAL DE MAQUINARIA AGRICOLA					360.00	94.74
3.- INSUMOS Y MATERIALES.						
a.- SEMILLA					600.00	157.89
- Semilla	Kilo	50.00	12.000	600.00		
b.- AGROQUÍMICOS					178.00	46.84
- Cigaral	sobre	2.00	15.00	30.00		
- PH master de 250ml	unidad	8.00	8.00	64.00		
- Acaristin	Lt	1.00	84.00	84.00		
SUB-TOTAL INSUMOS Y MATERIALES.					778.00	204.74
TOTAL COSTOS DIRECTOS.					2,158.000	567.89
GASTOS GENERALES.-						
a.- Imprevistos. (3% de gastos de cultivo)				64.74		17.04
SUB-TOTAL DE GASTOS GENERALES					64.74	17.04
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS					2,222.74	584.93
II.- COSTOS INDIRECTOS.						
a.- Gastos administrativos (3% Gastos de cult.)				64.74		
b.- Depreciación anual del sistema de riego				82.36		
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS.					147.10	38.71
III.- COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN.					2,369.84	623.64

Figura 45: Costo de producción del frijol con riego tecnificado, sin Porous Alpha

Nota: El costo en la presente figura aumenta debido al sistema de riego incorporado.

COSTOS DE PRODUCCIÓN FRIJOL CARAOTA GRANO SECO CON RIEGO TECNIFICADO Y POROUS ALPHA-HECTAREA						
Lugar de cultivo	: UNALM-FIA			Sistema riego	Tecnificado	
Cultivo	: "Frijol caraota"			Jornal (Soles)	30.00	
Fecha de siembra	: 20/10/2019			H. MAQ. (Soles)	120.00	
Fecha de cosecha	: 20/01/2021			Precio semilla (Kg.)	12.00	
				Dolar (Soles)	3.80	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Soles)	SUB TOTAL (Soles)	TOTAL	
					(S./)	(U.S. \$)
I.- COSTOS DIRECTOS.-						
1.- MANO DE OBRA.-						
a.- Preparación del terreno.					150.00	39.47
- Limpieza de campo	Jornal	2.00	30.00	60.00		
- Nivelacion del terreno	Jornal	2.00	30.00	60.00		
- Riego pesado	Jornal	1.00	30.00	30.00		
b.- Siembra					150.00	39.47
- Siembra	Jornal	5.00	30.00	150.00		
c.- Labores culturales					150.00	39.47
- Riego	Jornal	2.00	30.00	60.00		
- Control de maleza	Jornal	3.00	30.00	90.00		
d.- Control fitosanitario					60.00	15.79
- Aplicación de insecticidas	Jornal	1.00	30.00	30.00		
- Aplicación de Herbicidas	Jornal	1.00	30.00	30.00		
e.- Cosecha.					390.00	102.63
- Arranque de planta	Jornal	10.00	30.00	300.00		
- Secado de planta	Jornal	3.00	30.00	90.00		
f.- Post cosecha.						
- Recojo y conteo de grano	Jornal	4.00	30.00	120.00	120.00	31.58
Nº. TOTAL DE JORNALES		34.00				
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA					1,020.00	268.42
2.- MAQUINARIA AGRICOLA						
- Arado	H.M.	0.50	120.00	60.00		
- Nivelado.	H.M.	0.50	120.00	60.00		
Nº.TOTAL HORAS MAQUINA.		1.0				
SUB-TOTAL DE MAQUINARIA AGRICOLA					120.00	31.58
3.- INSUMOS Y MATERIALES.						
a.- SEMILLA					600.00	157.89
- Semilla	Kilo	50.00	12.000	600.00		
b.- PRODUCTO MEJORADOR					900.00	
- Porous alpha	m3	1.00	900.000	900.00		
c.- AGROQUÍMICOS					178.00	46.84
- Cigara	sobre unidad	2.00	15.00	30.00		
- PH master de 250ml	unidad	8.00	8.00	64.00		
- Acaristin	Lt	1.00	84.00	84.00		
SUB-TOTAL INSUMOS Y MATERIALES.					1,678.00	441.58
TOTAL COSTOS DIRECTOS.					2,818.000	741.58
GASTOS GENERALES.-						
a.- Imprevistos. (3% de gastos de cultivo)				84.54	84.54	22.25
SUB-TOTAL DE GASTOS GENERALES					84.54	22.25
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS					2,902.54	763.83
II.- COSTOS INDIRECTOS.						
a.- Gastos administrativos (3% Gastos de cult.)				84.54	166.90	43.92
b.- Depreciación anual del sistema de riego				82.36		
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS.					166.90	43.92
III.- COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN.					3,069.44	807.75

Figura 46: costo de producción con riego tecnificado y con Porous Alpha