



ENSAYOS CON LLUVIA SÓLIDA - ALTERNATIVA DE RIEGO PARA LAS ZONAS SECAS DE LA SIERRA PERUANA

DICIEMBRE - 2020

	Pag.
RESUMEN	5
I. INTRODUCCIÓN	6
II. OBJETIVO	6
III. INSTITUCIONES COOPERANTES	6
IV. ASPECTOS TÉCNICOS	7
4.1. Qué es la lluvia sólida.	7
4.2. Usos del poliacrilato de potasio en la agricultura.	7
4.3. Propiedades del poliacrilato de potasio en la agricultura.	8
4.4. Beneficios del poliacrilato de potasio en la agricultura.	8
4.5. Aspectos que influyen en la actividad de la lluvia sólida.	8
4.5.1. Temperatura ambiental.	9
4.5.2. Temperatura del suelo.	9
4.5.3. Textura del suelo.	9
4.5.4. Materia orgánica en el suelo.	10
4.5.5. Ph del agua y el suelo.	11
4.5.6. Conductividad Eléctrica (CE).	11
V. EXPERIENCIAS PRÁCTICAS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA	12
5.1. Formas de aplicación.	12
5.1.1. Granulado.	12
5.1.2. Hidratado o gelatinizado.	12
5.2. Dosis de aplicación.	12
5.2.1. Tipo de cultivo.	12
5.2.2. Textura de suelo.	12
5.2.3. Temperatura ambiental.	13
5.3. Lluvia sólida como factor para la aparición de enfermedades fungosas y su control.	13
5.3.1. Aplicación de sulfato de cobre, para el control de hongos.	14
5.3.2. Aplicación de sulfato de cobre pentahidratado para el control de hongos.	15

INDICE

	Pag.
VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA	16
6.1. En leguminosas.	16
6.1.1. Ensayo con aplicación de lluvia sólida en el cultivo de habas.	16
6.1.2. Ensayo comparativo de cultivo de habas con lluvia sólida y sin lluvia sólida	23
6.2. En cereales.	26
6.2.1. Ensayo con aplicación de lluvia sólida en el cultivo de cebada.	26
6.2.2. Ensayo con aplicación de lluvia sólida en el cultivo de maíz.	30
6.3. En granos andinos.	35
6.3.1. Ensayo con aplicación de lluvia sólida en el cultivo de quinua.	35
6.3.2. Ensayo con aplicación de lluvia sólida en el cultivo de tarwi.	39
6.4. En forrajes.	42
6.4.1. Ensayo con aplicación lluvia sólida en cultivos forrajeros.	42
VII. CONCLUSIONES	57
VIII. RECOMENDACIONES	58
IX. BIBLIOGRAFIA	59

INDICE DE FOTOS

	Pag.
FOTO: 1 Lluvia sólida aplicada de forma hidratada a lo largo de los surcos.	12
FOTO: 2 Resultado del ensayo a 24 horas de su instalación, donde se observa la no hidratación de la lluvia sólida en los tratamientos, con el uso del sulfato de cobre.	14
FOTO: 3 Resultado del ensayo a 24 horas, donde se observa la hidratación de la lluvia sólida en los 05 tratamientos (incluido el testigo), con el uso de cobre pentahidratado.	15
FOTO: 4 Vista panorámica de la unidad experimental en Conchacalla. Anta - Cusco.	21
FOTO: 5 La imagen muestra la lluvia sólida mexicana, la cual tiene una mayor hidratación.	21
FOTO: 6 La imagen muestra la lluvia sólida china, la cual tiene una menor hidratación.	21
FOTO: 7 Se muestra la siembra de haba con lluvia sólida hidratada.	22
FOTO: 8 Se muestra la siembra de haba con lluvia sólida sin hidratar (granulado).	22
FOTO: 9 Se muestra el inicio de floración (macollamiento), a los 45 días de la siembra con aplicación de lluvia sólida china.	22
FOTO: 10 Se muestra el inicio de floración a los 60 días de la siembra con aplicación de lluvia sólida china.	22
FOTO: 11 Se muestra la pudrición radicular con la aplicación de lluvia sólida china, como consecuencia de la excesiva humedad del suelo	22
FOTO: 12 Se observa la aplicación de la lluvia sólida al fondo del surco.	23
FOTO: 13 Se observa el estado de las plantas de haba a los 37 días de la siembra (Conchacalla).	24
FOTO: 14 Se observa el cultivo de habas en la comunidad de Huayllacocha.	24
FOTO: 15 Se observa el cultivo de habas en la comunidad de Ancahuasi.	24
FOTO: 16 Se observa el cultivo de habas en la comunidad de Conchacalla.	25
FOTO: 17 Evaluación del tamaño de vainas en el cultivo de habas.	25
FOTO: 18 Plantas de habas, con aplicación de lluvia sólida china.	25
FOTO: 19 Plantas de habas, sin aplicación de lluvia sólida china.	26
FOTO: 20 Se muestra el momento de la siembra de cebada, con aplicación de lluvia sólida china.	27
FOTO: 21 Se muestra la lluvia sólida hidratada, y la cebada con la radícula emergida.	28
FOTO: 22 Se observa el desarrollo de las plantas de cebada en campo tratado sin lluvia sólida. Se puede ver que el campo no está totalmente cubierto por las plantas.	30
FOTO: 23 Se observa el desarrollo de las plantas de cebada en campo tratado con lluvia sólida. El campo se encuentra cubierto de las plantas de manera uniforme.	30
FOTO: 24 Se muestra el desarrollo de las plantas de maíz.	34
FOTO: 25 Panojas cosechadas y puestas a secar antes de proceder al despanque (deshoje).	34
FOTO: 26 Se muestra maíz con aplicación de lluvia sólida (dos mazorcas).	34
FOTO: 27 Se muestra maíz sin aplicación de lluvia sólida (una mazorca).	34

INDICE DE FOTOS

Pag.

FOTO: 28	Se muestra el estado de las plantas sin lluvia sólida en la parcela Nro. 02, a los 60 días de la siembra.	37
FOTO: 29	La imagen muestra el estado de las plantas de quinua del lote con lluvia sólida de la parcela Nro. 02, a los 60 días de la siembra.	37
FOTO: 30	La imagen muestra el lote sin lluvia sólida de la parcela Nro. 01.	38
FOTO: 31	La imagen muestra el estado de las plantas en el lote sembrado con lluvia sólida de la parcela Nro. 02.	38
FOTO: 32	Se muestra las plantas de tarwi con aplicación de lluvia sólida en plena floración. Se puede observar que las plantas están vigorosas y con racimos florales completos.	41
FOTO: 33	Se muestra las plantas de tarwi sin aplicación de lluvia sólida. Se encuentran con estrés hídrico y los racimos florales han perdido muchas flores.	42
FOTO: 34	Momento de la instalación de las parcelas (siembra).	50
FOTO: 35	Vista panorámica de la parcela de trébol y raigrás.	50
FOTO: 36	Los círculos rojos muestran las plantas de trébol y los círculos morados muestran las plantas de raigrás.	50
FOTO: 37	Vista panorámica de la parcela de trébol y de raigrás.	51
FOTO: 38	Se observa las plantas de trébol (círculos rojos) y las plantas de raigrás (círculos morados).	51
FOTO: 39	Vista panorámica de la parcela de alfalfa y de avena.	51
FOTO: 40	Se observa que las plantas de alfalfa se han recuperado, y han comenzado a macollar. Tienen un tamaño promedio de 10 cm y el suelo es bastante pesado (arcilloso).	51
FOTO: 41	Vista panorámica de la parcela de alfalfa y avena.	52
FOTO: 42	Se observa que las plantas de alfalfa y avena tienen un buen macollamiento. Se han desarrollado bastante bien, el suelo es de textura franco arenoso con buen drenaje	52
FOTO: 43	Vista panorámica de la parcela de trébol y raigrás.	52
FOTO: 44	Se observa en los círculos de rojo plantas de trébol y en los círculos morados plantas de raigrás.	52
FOTO: 45	Momento de la toma de muestra del forraje, para luego ser pesada.	54
FOTO: 46	Momento del pesaje de una de las muestras tomadas.	54
FOTO: 47	Se muestra el tamaño que alcanzó las plantas de avena, al completar su estado de madurez fisiológica.	54
FOTO: 48	Se muestra el estado de las plantas de alfalfa a 120 días de la siembra.	55
FOTO: 49	Se muestra el momento de pesaje de una de las muestras.	56
FOTO: 50	Se muestra el emparvado (juntado) del forraje cosechado, con la finalidad de orearlo y luego almacenarlo.	56

INDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1: Tiempo de hidratación de la lluvia sólida.	9
Tabla 2: Evaluación de la textura de suelo.	9
Tabla 3: Dosis de lluvia sólida recomendada para cultivos.	13
Tabla 4: Dosis de lluvia sólida para los tratamientos.	16
Tabla 5: Dosis de lluvia sólida hidratada y sin hidratar para los tratamientos.	17
Tabla 6: Tratamientos y clave asignada.	18
Tabla 7: 1° Bloque 80kg/ha.	19
Tabla 8: 2° Bloque 100kg/ha.	19
Tabla 9: Tamaño de radícula con lluvia sólida.	27
Tabla 10: Tamaño de radícula sin lluvia sólida.	27
Tabla 11: Tamaño del coleoptilo con lluvia sólida.	28
Tabla 12: Tamaño del coleoptilo sin lluvia sólida.	28
Tabla 13: Tamaño de planta con lluvia sólida.	29
Tabla 14: Tamaño de planta sin lluvia sólida.	29
Tabla 15: Labores culturales realizadas.	32
Tabla 16: Peso de grano obtenido y total de frutos.	33
Tabla 17: Datos generales de las parcelas.	36
Tabla 18: Tratamientos.	36
Tabla 19: Cuadro comparativo de cosecha de las parcelas 1 y 2.	39
Tabla 20: Datos generales de la parcela.	40
Tabla 21: Tratamiento.	40
Tabla 22: Diseño experimental.	47
Tabla 23: Característica de las parcelas.	49

RESUMEN

Los acontecimientos que vienen ocurriendo por efectos del cambio climático, colocan en riesgo la economía del campesino andino, debido a que sus cultivos se ven afectados cada año, por mayores periodos de escasez de agua.

Ante esta situación, buscamos de manera permanente alternativas de adaptación y mitigación que permitan que el cambio climático sea lo menos perjudicial para la agricultura andina, y en esta oportunidad hemos obtenido con la lluvia sólida resultados favorables que compartimos en la presente publicación; y que consideramos, ayudarán a contrarrestar los efectos de las sequías en las zonas alto andinas.

La lluvia sólida, aporta humedad permanente al suelo y ayuda a que las plantas concluyan su ciclo vegetativo; lo que permite al agricultor obtener mayores cosechas, mejorar la calidad de sus productos y aumentar sus ingresos económicos.

El presente documento muestra los ensayos realizados con aplicación de lluvia sólida en diferentes cultivos, donde se tomó en cuenta el rendimiento, la calidad y la mejora de su producción bajo condiciones adversas de humedad; y cuyos resultados son bastante alentadores, concluyendo que, con el uso de este polímero, se aumenta el rendimiento de los cultivos, se asegura una buena cosecha y se mejora la economía del agricultor.

I. INTRODUCCIÓN

El calentamiento global, es un problema que viene afectando seriamente al sector agrícola, y cada vez son más frecuentes los eventos de sequía extrema; por consiguiente, la falta de lluvias durante un período prolongado de tiempo produce sequedad en los campos, pérdida o disminución de cultivos, erosión del suelo, proliferación de plagas y enfermedades y menor disponibilidad de recursos hídricos para fines agrícolas.

En los últimos años se reporta como una solución mitigadora para estos efectos, el uso de una innovadora tecnología, conocida como polímeros súper absorbentes, los que podrían “*dar un respiro*” en tiempos de escasez de agua a miles de agricultores.

El empleo de los polímeros súper absorbentes conocidos también como lluvia sólida son una alternativa para enfrentar la escasez de agua por los agricultores, permitiendo mantener niveles de humedad en el suelo y favoreciendo el buen desarrollo fenológico del cultivo. Así mismo podemos mencionar que la lluvia sólida ayuda a mejorar la textura y aireación del suelo; protegiéndolo de la erosión, desertificación, contaminación del agua y manteniendo el microambiente esencial para el desarrollo de microorganismos benéficos de los cultivos.

Debemos indicar también que la lluvia sólida, puede almacenar hasta 200 veces su peso en agua, lo que permite un ahorro en agua de hasta un 90%.

La lluvia sólida, es importante también porque reduce los ciclos de riego, incrementando la productividad general de los cultivos.

II. OBJETIVO

El objetivo del presente documento es identificar, reconocer y difundir los ensayos realizados con aplicación de lluvia sólida en cultivos andinos en la Región Cusco y que los resultados obtenidos sirvan para inducir a su réplica y escalonamiento frente al cambio climático.

III. INSTITUCIONES COOPERANTES

- FUNDACIÓN LA CAIXA
- FUNDACIÓN MAINEL
- APRODES

IV. ASPECTOS TÉCNICOS

4.1- Qué es la lluvia sólida

La lluvia sólida es un polímero biodegradable en polvo no tóxico que es capaz de absorber hasta 200 veces su peso en agua. Al contacto con el agua se hidrata y puede almacenar el líquido hasta por 40 días (Revista "Expansión" edición Especial Innovación. México. Abril de 2014).

El uso de la lluvia sólida es una alternativa de riego que a diferencia de otros (goteo y aspersión), es el único que emplea agua en estado sólido (Rico V. S. 2006) y los resultados que se obtienen son extraordinarios por que la raíz se mantiene húmeda por varios meses, y se rehidrata en repetidas ocasiones (con las precipitaciones) manteniendo a la planta en buen estado.

Debemos mencionar que el Ingeniero Sergio Rico (pionero en la investigación de lluvia sólida), aprovechando ensayos de polímeros utilizados en industria e higiene personal, empleó un polvo (lluvia sólida) que esparció en los cultivos, logrando retener el agua hasta por 40 días en campo.

Así mismo debemos indicar que el agua de lluvia, hidrata al polímero localizado en las raíces de la planta; por consiguiente, no hay desperdicio porque el agua se retiene.

La lluvia sólida al no perderse por filtración en el subsuelo, la hace ideal para siembras en zonas áridas, áreas de baja precipitación y en parcelas sin riego.

La cantidad recomendada por los fabricantes de lluvia sólida para los cultivos, es de 25 a 30 kilogramos para una hectárea de terreno.

4.2- Usos del poliacrilato de potasio (lluvia sólida) en la agricultura

El Poliacrilato de potasio, es usado en la agricultura por los siguientes motivos:

- Combate los problemas de falta de humedad en los suelos.
- Aumenta la retención del agua en el suelo.
- Reduce considerablemente el estrés hídrico de las plantas.
- Reduce la compactación (suelos más aireados) y el desplazamiento de sustancias por movimiento de agua en el suelo, tales como: sales, arcilla, materia orgánica (lixiviación).
- No causa contaminación del suelo ni del agua.

IV. ASPECTOS TÉCNICOS

4.3- Propiedades del poliacrilato de potasio (lluvia sólida)

Las propiedades del poliacrilato de potasio son:

- Cuando el suelo va perdiendo humedad, el poliacrilato de potasio va soltando gradualmente su reserva de humedad y en el momento de volver a estar en contacto con el agua se rehidrata y reinicia sus propiedades de retención de agua.
- La lluvia sólida puede permanecer en el suelo durante ocho años, manteniendo sus características fisicoquímicas. De las experiencias obtenidas, se ha podido observar que la lluvia sólida pierde su capacidad de retener agua de 2 % a 3 %, cada vez que es rehidratada.
- El poliacrilato de potasio no es tóxico, es biodegradable por lo que se puede usar en cultivos orgánicos.
- El poliacrilato de potasio tiene como característica, absorber y retener nutrientes del suelo (especialmente calcio y magnesio), que se van liberando según las necesidades de las plantas.
- De acuerdo con la procedencia del poliacrilato, son necesarios de 1 a 3 gramos para poder gelatinizar un litro de agua.

4.4- Beneficios del poliacrilato de potasio (lluvia sólida) en la agricultura

Los beneficios del poliacrilato de potasio en la agricultura son los siguientes:

- Mejora las condiciones de los cultivos en regiones con escasez de agua, dando productos de mejor calidad.
- Mejora el crecimiento de las plantas en lugares donde la lluvia es escasa o en suelos arenosos permeables; al contar con un reservorio permanente de humedad durante varios años.
- Reduce la cantidad de agua utilizada en los regadíos y la percolación de los nutrientes del suelo; pues una de sus propiedades, es retener los nutrientes y liberarlos de acuerdo a las necesidades de las plantas.
- El proceso continuo de hidratado y deshidratado de las partículas de lluvia sólida, promueve la descomposición de la materia orgánica del suelo. Esto hace que se mantenga una estructura abierta y adecuada que mejora la aireación y promueve un crecimiento vigoroso de las raíces sobre todo en suelos arcillosos.
- Mantiene una humedad constante en el suelo, que influye directamente en el incremento de las cosechas y en la calidad del producto.

4.5- Aspectos que influyen en la hidratación de la lluvia sólida en la agricultura

Estos aspectos se detallan a continuación:

4.5.1- Temperatura ambiental

La temperatura ambiental y la temperatura del agua influyen directamente en el tiempo de hidratación de la lluvia sólida; es decir a menor temperatura, mayor es la demora en la hidratación del polímero.

IV. ASPECTOS TÉCNICOS

En un ensayo realizado para poder determinar el tiempo de hidratación, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 1: Tiempo de hidratación de la lluvia sólida

Condiciones ambientales		Tiempo de hidratación de la lluvia sólida
Temperatura ambiente:		1:46 minutos
Temperatura del agua:	16°C 10°C	
Temperatura ambiente:		1:16 minutos
Temperatura del agua:	24°C 13°C	

4.5.2- Temperatura del suelo

La temperatura del suelo también influye en la actividad que tiene el poliacrilato de potasio en el terreno agrícola.

Según la experiencia obtenida, se ha podido observar que la lluvia sólida gelatinizada, es decir hidratada, es capaz de cristalizarse o congelarse a medida que la temperatura baja por debajo de los 0 C°.

También se ha podido observar, que este congelamiento del poliacrilato de potasio no causo daño a las raíces del cultivo.

4.5.3- Textura del suelo

La textura del suelo influye en el accionar del poliacrilato de potasio; es decir, según la textura, se puede observar una marcada diferencia en el crecimiento y en el desarrollo del cultivo.

Se ha realizado un ensayo en dos tipos de suelo para el cultivo de alfalfa.

La evaluación se realizó a los 2 meses de siembra, obteniéndose los siguientes resultados:

Altitud : 3450 m s.n.m.
Dosis de lluvia sólida : 30kg/ha y 60kg/ha

Tabla 2: Evaluación de la textura de suelo

Característica evaluada	Suelo de textura Arcillosa	Suelo de textura Franco Arenosa
Altura de la planta	12 - 15 cm	25 - 30 cm
N° de macollos	1 - 2	4 - 5
Color de follaje	Verde claro	Verde oscuro
Concentración de humedad	Mayor concentración	Menor concentración

IV. ASPECTOS TÉCNICOS

A los dos meses de siembra, las plantas de la parcela con suelos de textura arcillosa alcanzaron una altura (de planta) de 12 a 15 cm y con 1 a 2 macollos (formación de ramas laterales a la altura del cuello de la planta) bastante pequeños; mientras que las plantas sembradas en suelos de textura franca arenosa, alcanzaron una altura (de planta) de 25 a 30 cm y con 4 a 5 macollos bastante robustos.

La concentración de humedad es mayor en las parcelas de suelos de textura franco arenosa (suelta), que en las parcelas de suelos de textura arcillosa (suelos pesados). Es importante indicar que, en época de lluvias, los suelos de textura arcillosa se saturan de humedad dañando las raíces de las plantas. Los suelos de textura arenosa, permanecen húmedos y no llegan al punto de saturación de humedad.

Se ha observado que las plantas sembradas en la parcela con suelos de textura arcillosa (suelos pesados), tienen un color de follaje verde pálido o verde claro; mientras que las plantas sembradas en la parcela con suelos de textura franco arenosa, un color de follaje verde oscuro, lo cual es una característica de plantas bien nutridas.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda que la dosis de lluvia sólida a usar en suelos arcillosos (pesados), debe ser de 30kg/ha, y en suelos franco arenosos, debe ser de 60kg/ha. La aplicación de lluvia sólida en suelos de textura arcillosa, a una dosis de 30kg/ha, no satura de humedad al suelo, por lo que es muy importante observar la textura del suelo para poder sugerir la dosis de lluvia sólida a utilizar.

4.5.4- Materia orgánica en el suelo

El porcentaje de materia orgánica en el suelo, también influye en la actividad de la lluvia sólida. En suelos con mayor concentración de materia orgánica, el poliacrilato de potasio actúa mejor que en suelos pobres de materia orgánica.

De la experiencia obtenida en los ensayos realizados, se observa que las plantas de alfalfa tienen mejor color en suelos con porcentajes superiores de materia orgánica; lo que nos indica que en un suelo con buena humedad, las plantas aprovechan mejor los nutrientes y no sufren ningún tipo de estrés en su desarrollo, lo que influye directamente en su crecimiento y en sus diferentes funciones fisiológicas.

IV. ASPECTOS TÉCNICOS

4.5.5- PH del agua y el suelo

Es importante determinar el pH del agua a utilizar en el riego, así como el pH del agua a utilizar para la hidratación del polímero y el pH del suelo; pues se ha observado que la lluvia sólida actúa mejor en suelos con pH ligeramente ácido (pH de 6 a 7.7).

Cuando el pH del suelo o pH del agua es mayor a 8, existe mucha concentración de sales, y las propiedades de la lluvia sólida pueden bajar hasta en un 40%; es decir, mientras más salino es el suelo, la hidratación de la lluvia sólida es menor y su desintegración con el tiempo es más rápida.

4.5.6- Conductividad Eléctrica (CE)

Es importante determinar la conductividad eléctrica (CE) del suelo donde se sembrará el cultivo, pues a mayor saturación de sales la actividad de la lluvia sólida se reduce.

Se ha observado que los poliacrilatos actúan mejor en suelos que tienen una conductividad eléctrica que no supere los 2 ds/m.

V. EXPERIENCIAS PRÁCTICAS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

5.1- Formas de aplicación

La lluvia sólida es un producto granulado, generalmente de color blanco y su tamaño depende de su procedencia. El tamaño de la lluvia sólida de procedencia mexicana es menor a 1 milímetro y la lluvia sólida de procedencia china es mayor a 2 milímetros.

La lluvia sólida se puede aplicar de dos formas:

5.1.1- Granulada. - Se aplica directamente al suelo, tal como viene en su presentación (sin tener contacto con el agua). Esta forma de aplicación se recomienda para lugares que no cuenten con agua cerca al campo y estará en función al tipo de cultivo. También se puede aplicar la lluvia sólida al voleo, cuando el cultivo es sembrado de la misma forma; a chorro continuo, cuando el cultivo es sembrado en surcos o hileras (para siembras de forrajes como trébol, raigrás, alfalfa) y a golpes cuando el cultivo es sembrado haciendo un agujero en el surco de la línea de cultivo. Cuando se aplica la lluvia sólida de forma granulada, se debe esperar que la lluvia y el riego en campo la hidraten.



Foto 1.- Lluvia sólida aplicada de forma hidratada a lo largo de los surcos.

5.1.2- Hidratado. - Se aplica la lluvia sólida una vez hidratada, colocándola en el suelo en golpes o a chorro continuo, de acuerdo con el sistema de siembra empleada para el cultivo. Debemos indicar que la cantidad de lluvia sólida para hidratar un litro de agua, puede variar en un rango de 01 a 04 gr/litro de agua dependiendo de su procedencia. El tiempo de hidratación varía de acuerdo con la temperatura del agua, relacionando que a temperaturas más bajas, el tiempo de hidratación será mayor.

5.2- Dosis de aplicación

La dosis a utilizar de lluvia sólida depende fundamentalmente de tres aspectos:

5.2.1- Tipo de cultivo. - De acuerdo con los ensayos realizados en diferentes cultivos, es recomendable usar una mayor cantidad de lluvia sólida en gramíneas que en leguminosas. Se ha podido determinar que cuando se usan mayores cantidades de poliacrilato de potasio/ha en leguminosas se observa la aparición de enfermedades fungosas (hongos) y bacterianas a la altura del cuello de la raíz de la planta.

5.2.2- Textura del suelo. - Es importante determinar la textura del suelo, antes de la aplicación de lluvia sólida. Se ha determinado que, en suelos francos, la dosis a usar de lluvia sólida deberá ser mayor que para suelos arcillosos (pesados), esto debido a que los suelos pesados son menos permeables que los suelos francos.

V. EXPERIENCIAS PRÁCTICAS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

Si la dosis usada es muy alta en suelos pesados (arcillosos), se puede llegar a saturar de humedad el suelo y provocar la contaminación del cultivo con hongos o bacterias.

5.2.3- Temperatura ambiental. - Es importante conocer la temperatura ambiental promedio del lugar, donde se aplicará la lluvia sólida. Tenemos como regla que, a menores temperaturas, se puede usar mayor cantidad de lluvia sólida. Se ha observado en campo que, a menor temperatura, la hidratación de la lluvia sólida es más lenta y a mayor temperatura (mayor a 18 °C) la hidratación es más rápida.

A continuación, se muestra la cantidad recomendada de dosis de lluvia sólida para diferentes cultivos:

Tabla 3: Dosis de lluvia sólida recomendada para cultivos

Cultivo	Dosis de lluvia sólida (kg/ha)	
	Suelo pesado	Suelo liviano
Quinoa	30-40	60-80
Habas	20-30	50-60
Cebada	40-50	80-100
Maíz	30-40	60-80
Tarwi	20-30	50-60
Alfalfa	20-30	50-60

5.3- Lluvia sólida como factor para la aparición de enfermedades fungosas y su control

La lluvia sólida al ser hidratada y aplicada a suelos arcillosos generalmente acumula humedad que provoca la aparición de enfermedades fungosas y bacterianas en las raíces de las plantas, perjudicando su crecimiento y desarrollo.

Se realizó un ensayo con lluvia sólida en el cultivo de habas, que tuvo como objetivo principal, determinar la dosis adecuada de lluvia sólida para este cultivo en condiciones de suelo pesado (arcilloso). Durante el crecimiento de las plantas, se comenzó a notar un marchitamiento, como consecuencia de la pudrición de las raíces por daños causados por hongos (Rhizoctonia).

Para controlar este problema se realizó ensayos en laboratorio con la finalidad de determinar que fungicida o producto químico podría ser compatible con la lluvia sólida. Inicialmente se probó el uso de sulfato de cobre (natural), el cual al ser mezclado y tener contacto con la lluvia sólida, provocaba una reacción química que evitaba la hidratación de la lluvia sólida. Al no conseguir el resultado esperado, se hizo otra prueba con sulfato de cobre pentahidratado, obteniéndose resultados positivos en los cultivos y al contacto con la lluvia sólida no se produjeron alteraciones.

V. EXPERIENCIAS PRÁCTICAS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

5.3.1- Aplicación de sulfato de cobre, para el control de hongos

A continuación, se detalla el procedimiento realizado:

a) Materiales usados:

- Lluvia sólida
- Agua
- Sulfato de cobre
- Vasos descartables

b) Procedimiento:

- 1- Mezclar 1gr de lluvia sólida en 200 ml de agua.
- 2- Agregar sulfato de cobre a la mezcla en las siguientes cantidades:
 - Testigo: 1gr de lluvia sólida más 200 ml de agua.
 - Tratamiento 1 (T1): 1gr de sulfato de cobre
 - Tratamiento 2 (T2): 2gr de sulfato de cobre
 - Tratamiento 3 (T3): 3 gr de sulfato de cobre
 - Tratamiento 4 (T4): 4 gr de sulfato de cobre
- 3- Observar cada 24 horas la reacción de la mezcla.

Observaciones:

- Después de 24 horas, se observó en los 4 tratamientos con aplicaciones de sulfato de cobre, que la lluvia sólida no se hidrató, precipitándose a la base de los recipientes.

Conclusiones:

- El sulfato de cobre no puede ser usado junto con la lluvia sólida.
- El cobre tiene mayor peso que el potasio, lo que hace que se precipite y no actúe de forma óptima en mezcla con la lluvia sólida.

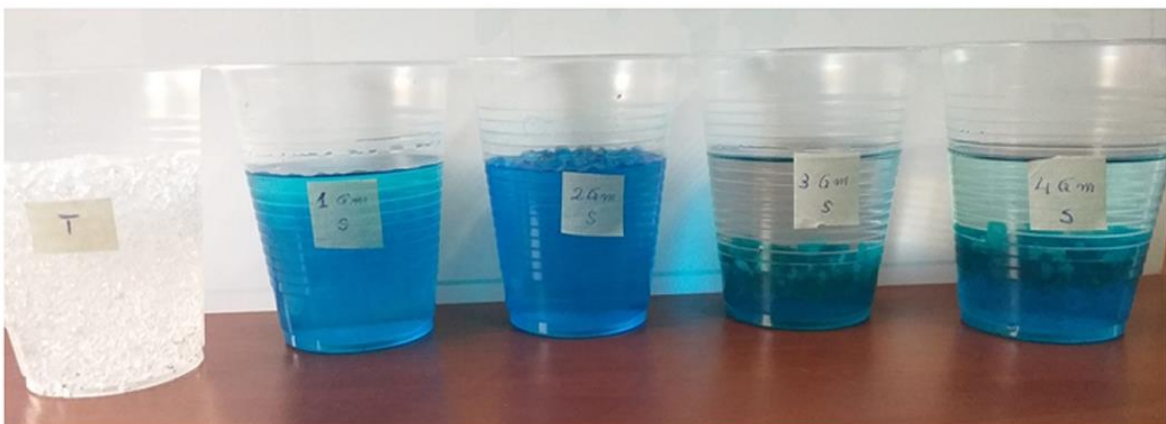


Foto 2.- Resultado del ensayo a 24 horas de su instalación, donde se observa la no hidratación de la lluvia sólida en los tratamientos, con el uso del sulfato de cobre.

V. EXPERIENCIAS PRÁCTICAS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

5.3.2- Aplicación de sulfato de cobre pentahidratado para el control de hongos

El sulfato de cobre pentahidratado, es un fungicida por excelencia que controla diversas enfermedades y que al ser usado en combinación con la lluvia sólida, actúa de forma eficiente, no alterándose ninguna de sus propiedades.

A continuación se detalla el procedimiento realizado:

a) Materiales usados:

- Lluvia sólida
- Agua
- Sulfato de cobre pentahidratado (Bio tech)
- Vasos descartables

b) Procedimiento:

- 1- Mezclar 2 gramos de lluvia sólida en 200 ml de agua.
- 2- Agregar Sulfato de cobre pentahidratado (Bio tech) de acuerdo con los siguientes tratamientos:
 - Testigo: 2gr de lluvia sólida más 200 mililitros de agua
 - Tratamiento 1 (T1): 2 ml de sulfato de cobre pentahidratado (Bio tech).
 - Tratamiento 2 (T2): 4 ml de sulfato de cobre pentahidratado (Bio tech.)
 - Tratamiento 3 (T3): 6 ml de sulfato de cobre pentahidratado (Bio tech).
 - Tratamiento 4 (T4): 8 ml de sulfato de cobre pentahidratado (Bio tech).

Observaciones:

- Después de 24 horas se observó en los 04 tratamientos, que con el uso de sulfato de cobre pentahidratado la lluvia sólida se hidrata.
- El volumen alcanzado en los 4 tratamientos, es igual al del testigo.

Conclusiones:

- El sulfato de cobre pentahidratado, si puede mezclarse con la lluvia sólida.
- El sulfato de cobre pentahidratado, solucionaría el ataque de enfermedades causadas por hongos, cuando los cultivos son conducidos con aplicaciones de lluvia sólida.



Foto 3.- Resultado del ensayo a 24 horas, donde se observa la hidratación de la lluvia sólida en los 04 tratamientos (incluido el testigo), con el uso de cobre pentahidratado.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

6.1- En leguminosas

6.1.1- Ensayo con aplicación de lluvia sólida en el cultivo de habas

Fecha de instalación: 24 de julio de 2018

Comunidad: Conchacalla (Anta-Cusco)

a) Objetivo

El objetivo del ensayo fue evaluar el comportamiento de 2 muestras de lluvia sólida, en el cultivo de habas.

Determinar el rendimiento de habas en verde (vainas) y sus características agronómicas como: altura de planta, longitud de vainas y la fenología de las plantas de habas (variedad amarilla) con 2 dosis de lluvia sólida (mexicana y china).

b) Actividades realizadas

Las actividades realizadas fueron las siguientes:

1. Hidratación de la lluvia sólida:

- Para determinar el uso adecuado de fertilizantes en el ensayo, se ha tomado en cuenta el análisis de suelo realizado en el campo. Así mismo se ha medido el pH de agua (7.2 ligeramente alcalina) y el pH del suelo (7.6).
- La fórmula de fertilización usada fue: 0-80-40 (N-P-K).
- La conductividad eléctrica (CE) del suelo, tomada el día del experimento fue de 1.8 S/m. Este valor se encuentra entre los parámetros normales para el cultivo de haba.
- La CE del agua, tomada el día del experimento fue 1.4 S/m. Este valor se encuentra dentro de los parámetros normales
- Se han preparado (02) dosis de lluvia sólida (de distintas procedencias) para proceder a hidratarla, de acuerdo con la teoría y sacando una media. Para la evaluación se ha considerado 7grs de lluvia sólida/litro de agua.
- Las muestras de lluvia sólida son de origen mexicano y chino. Se ha hidratado la lluvia sólida en 2 dosis diferentes: 70 y 100 kg/ha. Ambas muestras fueron preparadas con agua de riego existente en la zona.
- La primera muestra fue hidratada a las 11:00am y la segunda a las 15:50pm.

Tabla 4: Dosis de lluvia sólida para los tratamientos

DOSIS POR HECTAREA	LLUVIA SÓLIDA CHINA			LLUVIA SÓLIDA MEXICANA		
	DOSIS (Kg)	AGUA (L)	TIEMPO (H)	DOSIS (Kg)	AGUA (L)	TIEMPO (H)
"A" - 70 Kg /ha	0.336	50	1	0.336	60	1
"B" - 100 Kg/ha	0.42	62.5	1.67	0.42	80	1.17

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

2. Siembra

Durante la siembra, se utilizó el mismo sistema diseñado para el cultivo de haba, un bloque, 10 parcelas, cada una de 6 surcos y 138 golpes por parcela. Para todo el bloque se realizaron un total de 1,104 golpes. En los testigos no se utilizó lluvia sólida, pero si fertilizante en todas las parcelas del experimento.

Tabla 5: Dosis de lluvia sólida hidratado y sin hidratar para los tratamientos

MUESTRAS	POLÍMERO SIN HIDRATAR			LLUVIA SÓLIDA			RENDIMIENTO
	DOSIS PARA AMBOS POLÍMEROS			DOSIS OBTENIDA AMBOS POLÍMEROS			ADICIONAL
	DOSIS (g)	GOLPES	DOSIS/PARC	DOSIS (L)	GOLPES	DOSIS/PARC	PORCENTAJE
"A" - 70Kg/ha	294	138	2.13	50	138	0.362 cc/golpe	0.00%
"B" - 100 Kg/ha	442	138	3.20	65	138	0.471 cc/golpe	23.08%

En la dosis "A": Se ha colocado 2.13gr de lluvia sólida por golpe.

En la dosis "B": Se ha colocado 3.20gr de lluvia sólida por golpe.

En la dosis "A": Se ha colocado 362cc lluvia sólida por golpe.

En la dosis "B": Se ha colocado 471cc lluvia sólida por golpe.

c) Procedimiento

1. **Material biológico:** Semilla de habas de la Variedad Amarillo.

2. Materiales de campo y equipo

- Libreta de campo
- Cordel
- Estacas
- Wincha de 100m
- Picos
- Mantas de arpillera
- Cámara fotográfica
- Balanza de precisión
- Cronometro

3. Insumos utilizados

- Lluvia sólida mexicana
- Lluvia sólida china
- Fosfato di amónico
- Cloruro de potasio
- Agua

4. **Diseño:** El experimento se aplicó en 10 bloques con 2 testigos.

5. Preparación del terreno

El arado y rastrado se realizó con maquinaria agrícola. El surcado se realizó una semana antes del día de la siembra, y el distanciamiento entre surcos fue de 0.80 m. con una profundidad promedio de 0.30 m.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

6. Épocas de siembra

Las épocas de siembra varían de acuerdo con muchos factores: lugar, variedad a usarse y condiciones climáticas existentes. La humedad del suelo y el incremento de las temperaturas están relacionados con las precipitaciones pluviales y horas de sol, así como el período vegetativo que tengan las variedades a sembrarse. Lo cual es bueno resaltar, ya que el cultivo se sembrará en una época en que usualmente no se siembra en la zona.

7. Características del ensayo

● Dimensión de los bloques

Largo	:	37.50 m
Ancho	:	6.00 m
Área total	:	225 m ²
Ancho de calles	:	0.50 m
Nº de tratamientos/bloque	:	5

● Dimensión de los tratamientos

Largo	:	7.00 m
Ancho	:	6.00 m
Nº de surcos/tratamiento	:	6
Área total	:	42.80 m ²
Área de evaluación	:	9.6 m ² . Surcos centrales

● Dimensión de los surcos

Largo	:	7.00 m
Ancho	:	0.80 m
Área del surco	:	5,6 m ²

● De las plantas

Siembra de semillas	:	2 semillas por golpe
Plantas por metro lineal	:	6

Tabla 6: Tratamientos y clave asignada

	Tratamientos	Clave
1	Testigo sin lluvia hidratada	T
2	Lluvia sólida china sin hidratar	L .S. Ch. Sh.
3	Lluvia sólida china hidratada	L .S. Ch. H.
4	Lluvia sólida mexicana sin hidratar	L. S. Mx. H
5	Lluvia sólida mexicana hidratada	L. S. Mx. Sh.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

8. Trazado del campo experimental y siembra

El trazado del campo experimental se realizó tomando en cuenta el croquis previamente diseñado. Los tratamientos fueron distribuidos de forma aleatorizada, una vez culminado la preparación del terreno y surcado. Antes de efectuar la siembra, se procedió a replantear las dimensiones del campo experimental, para lo cual se utilizó, cinta métrica, cordel, estacas y materiales con los cuales fueron marcadas todas las unidades experimentales de acuerdo con el croquis.

Luego de haber culminado el replanteo en el terreno experimental se procedió a la siembra. El sistema de siembra empleado fue por golpes, incorporando poliacrilato de potasio, 2 semilla de habas por golpe y fertilizantes (mezcla de fosfato diamónico y cloruro de potasio). Luego se procedió al tapado de semilla de forma manual, con una capa de tierra a una profundidad promedio de 10 cm.

9. Aleatorización de tratamientos

Tabla 7: 1° BLOQUE 80 Kg/Ha	
T1	T
T2	L .S. Ch. Sh.
T3	L .S. Ch. H.
T4	L. S. Mx. H
T5	L. S. Mx. Sh.

Tabla 8: 2° BLOQUE 100 Kg/Ha	
T6	L .S. Ch. Sh.
T7	L .S. Ch. H.
T8	L. S. Mx. Sh.
T9	L. S. Mx. H
T10	T

d) Evaluaciones fenológicas

1) Germinación: Fecha de observación: 02 de agosto del 2018

- Se observó mayor elongación radicular en ambos testigos (T) (Bloque 1° y 2°).
- Se observó mayor incidencia de hongos en las raíces de los tratamientos con lluvia sólida china y mexicana hidratada, por exceso de humedad.

2) Emergencia: Fecha de observación: 09 de agosto del 2018

- La fecha del inicio de la emergencia de las plántulas, en todos los tratamientos fue el 09 de agosto del 2018.
- En los tratamientos con lluvia sólida china hidratada y sin hidratar hubo mortandad de plántulas en un 20 % aproximadamente.
- Hubo una emergencia de plántulas, en un 100% en ambos testigos (T) (Bloque 1° y 2°).

3) Primera aplicación fitosanitaria

- El 23 de agosto de 2018, se observó presencia de plagas como: trips (*Frankliniella occidentalis*), *piqui piqui* (*Epitrix* Spp) y *diabrotica* (*Diabrotica decolor*), en todos los tratamientos.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

- Se realizó la primera aplicación fitosanitaria, para el control de trips (*Frankliniella occidentalis*), piqui piqui (*Epitrix Spp.*) y diacrítica (*Diabrotica decolor*). Los cuales afectaron a todos los tratamientos. Fecha de aplicación: 24 de agosto del 2018.

4) Macollamiento

- El 31 de agosto (2018), se observó un desarrollo homogéneo de macollamiento en todos los tratamientos con presencia de las primeras ramificaciones basales.
- El tratamiento 6, tiene un menor desarrollo (altura de planta) con respecto a los demás tratamientos.
- Los tratamientos con lluvia sólida china, tienen un menor desarrollo y mayor incidencia de enfermedades fungosas.
- No se observan diferencias fenológicas (ramificación, floración) ni fenotípicas (tamaño de planta, diámetro de tallo) claras de desarrollo en ningún tratamiento. Fecha: 13 de setiembre del 2018.

e) Labores culturales

El 25 de setiembre (2018), se realizó el primer aporque y deshierbo, con la finalidad de controlar las malezas y dar mayor estabilidad a las plantas para evitar que el viento los derribe. Esta labor se realizó en forma manual utilizando como herramienta la lampa.

f) Floración

La floración inició el 12 de octubre, en todos los tratamientos y la formación de vainas se inició el 6 de noviembre, en todos los tratamientos.

g) Conclusiones

- La lluvia sólida de procedencia mexicana hidrata un 23.08% más que la lluvia sólida de procedencia china.
- La temperatura del ambiente y del agua, influyen directamente en el tiempo de hidratación de la lluvia sólida China, es decir a menor temperatura, mayor es la demora en la hidratación del polímero.
- No se observan diferencias fenológicas determinantes en ninguno de los tratamientos.
- En los tratamientos con lluvia sólida china hidratada y sin hidratar, hubo menor emergencia, menor tamaño de plantas y mayor ataque de enfermedades fungosas a nivel radicular y foliar.
- Hay una diferencia en la altura de las plantas en los tratamientos con lluvia sólida mexicana, siendo estas ligeramente más altas con respecto a los otros tratamientos.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA



Foto 4.- Vista panorámica de la unidad experimental en Cconchacalla. Anta – Cusco.



Foto 5.- La imagen muestra la lluvia sólida mexicana, el cual tiene una mayor hidratación.



Foto 6.- La imagen muestra la lluvia sólida china, el cual tiene una menor hidratación.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA



Foto 7.- Se muestra la siembra de haba, con lluvia sólida hidratada.



Foto 8.- Se muestra la siembra de haba, con lluvia sólida sin hidratar (granulado).



Foto 9.- Se muestra el inicio de la ramificación (macollamiento), a los 45 días de la siembra, con aplicación de lluvia sólida china.



Foto 10.- Se muestra el inicio de floración a los 60 días de la siembra, con aplicación de lluvia sólida china.



Foto 11.- Se muestra la pudrición radicular, con la aplicación de lluvia sólida china, como consecuencia de la excesiva humedad del suelo.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

6.1.2- Ensayo comparativo de cultivo de habas con lluvia sólida y sin lluvia sólida

a) Objetivo

El trabajo tiene como objetivo comparar en campo, el efecto en el rendimiento de haba en vaina, con tratamiento de lluvia sólida china y cultivos de haba sembrados de forma tradicional sin lluvia sólida, en 03 sectores del distrito de Anta, en la campaña 2019-2020.

b) Sectores de intervención

- Sector 01 Ancahuasi: Parcela de Micaela Ligas Cabrera
Fecha de instalación: 28 de diciembre del 2019
- Sector 02 Conchacalla: Parcela de Daniel Villa
Fecha de instalación: 28 de diciembre del 2019
- Sector 03 Huayllacocha : Parcela de Florentino Supa
Fecha de instalación: 05 de enero del 2020

c) Justificación

La lluvia sólida es un polímero que proporciona humedad constante al suelo y la falta de humedad provoca el aborto de las flores en las leguminosas. Lo que se pretende es conducir el cultivo de habas en las mejores condiciones de humedad, para la obtención de una mayor y mejor producción de habas en vaina.

d) Siembra

La siembra se realizó en parcelas de 4000 m² en los tres sectores, usando lluvia sólida china, en una dosis de 30 kg/ha. El desarrollo y producción de las plantas de estas parcelas, se compararon con las parcelas sembradas sin el uso de lluvia sólida china.

e) Aplicación de lluvia sólida

La aplicación de la lluvia sólida (granulado) fue a chorro continuo en el fondo del surco, previo a la siembra de las semillas.



Foto 12.- Se observa la aplicación de la lluvia sólida al fondo del surco.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

f) Evaluaciones fenológicas

La emergencia de las plántulas depende no solo de la humedad del suelo, sino también de la textura. En Ancahuasi, donde el suelo tiene una textura arenosa, con bastante material grueso (piedras pequeñas) la emergencia de las plántulas fue más rápida, en comparación con Huayllacocha y Conchacalla, donde la textura del suelo es bastante pesada (franco arcillosa).

1) Emergencia de las plántulas

- Sector 01 Ancahuasi : 13 de enero del 2020
- Sector 02 Conchacalla : 16 de enero del 2020
- Sector 03 Huayllacocha : 28 de enero del 2020

2) Evaluación de macollamiento

El macollamiento en los tres sectores se inició aproximadamente a los 37 días de la siembra, y la evaluación se realizó el 13 de febrero (2020).



Foto 13.- Se observa el estado de las plantas de haba, a los 37 días de la siembra (Conchacalla).

3) Evaluación de la floración

La floración en los tres sectores se dio a los 43 días del macollamiento. La evaluación se realizó el 29 de marzo (2020), donde las plantas en su totalidad se encontraban en promedio con 03 a 04 racimos de flores.



Foto 14.- Se observa el cultivo de habas en la comunidad de Huayllacocha.



Foto 15.- Se observa el cultivo de habas en la comunidad de Ancahuasi.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA



Foto 16.- Se observa el cultivo de habas en la comunidad de Conchacalla.



Foto 17.- Evaluación del tamaño de planta en el cultivo de habas.

4) Evaluación del tamaño y número de vainas por planta

Plantas con aplicación de lluvia sólida

Como se observa en la imagen, las plantas con tratamiento de lluvia sólida tienen una conformación más robusta, más compacta, las hojas son más grandes y de un color verde oscuro, lo cual indica que las plantas se encuentran bien nutridas. El número promedio de vainas por tallo fue de 08 a 10, al momento de la evaluación.



Foto 18.- Plantas de habas, con aplicación de lluvia sólida china.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

Plantas no tratadas con lluvia sólida: Como se puede observar en la imagen las plantas desarrolladas en terrenos sin lluvia sólida tienen una conformación bastante laxa, con menor cantidad de hojas, de un color verde claro moderadamente deshidratadas. El número promedio de vainas por tallo fue de 05 a 06. Posiblemente esto se deba a la caída de las flores por falta de humedad al momento de la floración o a la falta de fecundación de las flores.



Foto 19.- Plantas de habas, sin aplicación de lluvia sólida china.

g) Conclusiones

- La textura del suelo influye en el accionar de la lluvia sólida; es decir, en suelos sueltos (franco arenoso) y drenados, la lluvia sólida actúa mejor que en suelos pesados (arcilloso).
- La lluvia sólida proporciona humedad constante al suelo lo que influye directamente en la mejora de la producción de las plantas.

6.2- En cereales

6.2.1- Aplicación de lluvia sólida en el cultivo de cebada

a) Datos generales

- **Lugar:** Comunidad campesina de Ayarmaka – Pucyura - Anta
- **Cultivo:** Cebada
- **Área del Cultivo:** 1000 m²
- **Fecha de siembra:** 25 de Marzo del 2019

b) Tratamientos

- **T1:** Cebada si lluvia sólida **Área:** 500m²
- **T2:** Cebada con lluvia sólida **Área:** 500m²

c) Descripción de terreno

El terreno es de textura franco arcilloso (color rojizo), con una pendiente ligeramente inclinada.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

d) Siembra

En la siembra se empleó en forma conjunta la semilla y la lluvia sólida sin hidratar. No se incorporó ningún tipo de abonamiento.

En el momento de la siembra, la semilla se dispersó al voleo de manera uniforme en todo el campo (1000 m²). Se aplicó en 500 m² de terreno, 5kg de lluvia sólida sin hidratar al voleo y se dejó 500 m² de terreno sin lluvia sólida. Luego se procedió al tapado de las semillas, con una yunta en todo el campo.



Foto 20.- Se muestra el momento de la siembra de cebada, con aplicación de lluvia sólida china.

e) Evaluaciones realizadas

1) Evaluación en la germinación

Se realizó al 3er día de la instalación: Fecha: 28-03-2019.

Debemos indicar que un día antes ocurrió una lluvia moderada:

Tabla 9: Tamaño de raíz con lluvia sólida

Tabla 10: Tamaño de raíz sin lluvia sólida

Con lluvia sólida				Sin lluvia sólida			
Muestra	Semilla hidratada	Presenta raíz	Tamaño de raíz (cm)	Muestra	Semilla hidratada	Presenta raíz	Tamaño de raíz (cm)
1	Si	si	2.3	1	si	si	2.4
2	Si	si	2.2	2	si	si	2.3
3	Si	si	2.0	3	si	si	2.2
4	Si	si	2.1	4	si	si	2.4
5	Si	si	2.3	5	si	si	1.9
6	Si	si	2.2	6	si	si	2.3
7	Si	si	2.3	7	si	si	1.9
8	Si	si	2.3	8	si	si	2.5
9	Si	si	2.0	9	si	si	2.0
10	Si	si	1.9	10	si	si	1.8
		Promedio	2.16			Promedio	2.17
		Promedio	2.16			Promedio	2.17

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

Conclusiones

- Tratamiento con lluvia sólida: Se observó las semillas de cebada en proceso de turgencia o hidratación de semilla. El tamaño de la radícula fue en promedio 2.16 cm. Los gránulos de lluvia sólida se encontraron hidratados y tenían un diámetro de 1.60 cm, distribuidos a una profundidad de 1.00 cm hasta 15.00 cm de profundidad del suelo.
- Testigo: Se observó las semillas de cebada en proceso turgencia o hidratación de semilla y la emergencia de la radícula. El tamaño de la radícula fue en promedio 2.17 cm.
- De acuerdo a lo observado, no se encontró diferencia significativa en el desarrollo del cultivo. El campo recibió una precipitación al segundo día de la siembra, que puso en turgencia a las semillas y la emergencia de la radícula en todo el campo experimental (testigo y tratamiento).
- En cuanto a los gránulos de lluvia sólida, estos se encontraron hidratados en el campo en forma de gel, los cuales retuvieron el agua de lluvia por ser esta su primera hidratación y contacto con el agua.



Foto 21.- Se muestra la lluvia sólida hidratada, y la cebada con la radícula emergida.

2) Evaluación a la emergencia: Se realizó a los 15 días de la siembra

Tabla 11: Tamaño del coleóptilo con lluvia sólida **Tabla 12: Tamaño del coleóptilo sin lluvia sólida**

Con lluvia sólida		Sin lluvia sólida	
Muestra	Tamaño del coleóptilo (cm)	Muestra	Tamaño del coleóptilo (cm)
1	6.5	1	5.0
2	5.5	2	6.0
3	6.0	3	6.0
4	5.5	4	4.5
5	4.5	5	5.0
6	6.0	6	4.5
7	6.5	7	4.0
8	5.5	8	4.3
9	6.0	9	4.0
10	4.5	10	5.5
Promedio	5.65	Promedio	4.88

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

Conclusiones

- Tratamiento con lluvia sólida: Se observó la germinación de 10 plantas, obteniéndose un tamaño de coleóptilo de 5.65 cm en promedio.
- Testigo: Se observó la germinación en 10 plantas, obteniéndose un tamaño de coleóptilo de 4.88cm en promedio.
- De la lluvia sólida: Se realizó una pequeña calicata en el suelo, en 05 partes al azar a una profundidad de 10cm y un diámetro de 20cm. Se observó los gránulos de lluvia sólida hidratada. El máximo diámetro que se encontró fue de 0.9 cm.
- De acuerdo con lo observado, el tratamiento con lluvia sólida supera en el desarrollo de la emergencia del coleóptilo al testigo.
- En la segunda evaluación, se encontró que las partículas de lluvia sólida hidratada perdieron un 50% de su tamaño, en comparación con las encontradas en la primera evaluación. El suelo estaba en capacidad de campo (nivel óptimo de humedad) en ambos tratamientos.

3) Evaluación del tamaño de planta

Se realizó a los 34 días de siembra: Fecha: 29 de abril del 2019

Tabla 13: Tamaño de planta con lluvia sólida

Tabla 14: Tamaño de planta sin lluvia sólida

Con lluvia sólida		Sin lluvia sólida	
Plántula	Tamaño Planta (cm)	Muestra	Tamaño Planta (cm)
1	22	1	19
2	20	2	20
3	20	3	23
4	18	4	22
5	20	5	24
6	21	6	23
7	23	7	21
8	20	8	21
9	23	9	21
10	23	10	20
Promedio	21.0	Promedio	21.4

Conclusiones

- Tratamiento con lluvia sólida: Se observa que el tamaño promedio de las 10 plantas, es de 21 cm. El área foliar cubre en un 90 % al suelo.
- De la lluvia sólida: Se hizo una calicata en 5 partes al azar, a una profundidad de 15 cm y 20 cm diámetro, en las cuales no se encontró muestras de lluvia sólida hidratada.
- Testigo: Se observó que el tamaño promedio de las 10 plantas es de 21.4 cm. El terreno está cubierto en un 70% con las plantas de cebada.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

- De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir que no existen diferencias significativas en el tamaño de la planta, entre los tratamientos. Por otro lado, se ha observado en el campo, que las plantas con aplicación de lluvia sólida se encuentran más ramificadas y presentan mayor desarrollo del área foliar, en comparación al tratamiento sin lluvia sólida.



Foto 22.- Se observa el desarrollo de las plantas de cebada en campo tratado sin lluvia sólida. Se puede ver que el campo no está totalmente cubierto de las plantas.



Foto 23.- Se observa el desarrollo de las plantas de cebada en campo tratado con lluvia sólida. El campo se encuentra cubierto de las plantas de manera uniforme.

6.2.2- Ensayo con aplicación de lluvia sólida en el cultivo de maíz

a) Datos generales

El ensayo con aplicación de lluvia sólida en el cultivo del maíz, se realizó en el distrito de Cañete (Instituto Rural Valle Grande), y se evaluó la reducción de las frecuencias de riego en el cultivo.

Periodo del ensayo: diciembre 2018 a mayo 2019

- **Especie:** Maíz Amarillo, XB – 80 -10.
- **Distanciamiento:** Entre surcos: 0.90 m
Entre plantas: 0.20 m
- **Número de Parcelas:** 12.
- **Tamaño de cada Parcelas:** 2.80 m largo x 3.60 m ancho
- **Surcos/parcela:** 4
- **Plantas/surco/parcela:** 14
- **Plantas/parcela:** 56

b) Tratamientos

A: Lluvia Sólida

a1: Sin lluvia; **a2:** Lluvia origen mexicano; **a3:** Lluvia alternativa

B: Riego

b1: riego semanal; **b2:** riego intercalado (cada dos riegos).

c) Diseño Factorial

Diseño factorial: 3A x 2B

Número de Tratamientos: 6

Número de Repeticiones: 2

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

d) Denominación de lotes

La parcela se divide en 12 lotes que integran 2 repeticiones, dispuestos en 4 filas de 4 surcos paralelos, cada una:

Fila 1: b1a1 b1a3 b1a2 - marca roja : Todos los riegos

Fila 2: b2a2 b2a1 b2a3 - marca amarilla : Riegos intercalados

Fila 3: b1a3 b1a2 b1a1 - marca roja : Todos los riegos

Fila 4: b2a1 b2a3 b2a2 - marca amarilla : Riegos intercalados

Dirección del riego: izquierda a derecha

e) Procedimiento

1) Cálculo de la cantidad de lluvia sólida/parcela

- Se parte de la base de la aplicación de 80 kg de lluvia sólida/ha.
- Área de cada parcela: 4 surcos separados 0.90 m² y plantas separadas 0.20 m:
 $4 \times 0.90 \times 2.8 = 10.08 \text{ m}^2$
- Número de plantas surco: $(2.8/0.20) = 14$
- Número de plantas / parcela = 56
- Área por planta: 0.18 m²
- Peso (gr) de lluvia sólida por parcela: $(80 \text{ kg/Ha}) = (80000\text{g}/10000 \text{ m}^2) \times 10.08 \text{ m}^2 = 80.6 \text{ gr/parcela}$

2) Cálculo de la cantidad de fertilizante/parcela

- Fórmula: 200 – 0 – 0 (N-P-K)
1er abonamiento: Nitrato de Amonio (33 %, N).
- Número de surcos: 16
- Bordes : 2
- Total surcos : 18
- Largo del surco : 12 m
- Ancho del surco : 0.9 m
- Área del ensayo : $(18 \text{ m} \times 0.9 \text{ m}) \times 12 \text{ m} = 194.4 \text{ m}^2$
- Total Nitrato de Amonio: 5.87 kg
2do abonamiento: Urea (46 % N)
- Total Urea : 4.21 kg de Urea

3) Riegos

Los riegos se han realizado en intervalos de siete días en las parcelas sin aplicación de lluvia sólida y en intervalos de 15 días en las parcelas donde se ha sembrado con aplicación de lluvia sólida. La aplicación del riego se ha realizado en un surco angosto de la parcela, al nivel de las raíces.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

4) Labores culturales

Tabla 15: Labores culturales realizadas

Fecha	Labor cultural realizada
18/12/2018	Riego machaco
25/12/2018	Preparación del terreno: arado, gradeo y rayado
26/12/2018	Deshierbo de grama dulce y otros
27/12/2018	Siembra y riego de todos los surcos sembrados
31/12/2018	Riego adicional
02/01/2019	Resiembra de maíz
03/01/2019	Aplicación herbicida "Atrazina" para malezas de hoja ancha.
05/01/2019	Primera aplicación de insecticida "Skirla"
09/01/2019	Primer abonamiento. "Nitrato de Amonio"
10/01/2019	Segunda aplicación de insecticida. "Bronco + Skirla". Riego de toda la parcela.
14/01/2019	Se abre el surco para aplicación de la lluvia sólida
15/01/2019	Se abre el surco para aplicación de la lluvia sólida
21/01/2019	Medición y colocación de marcas: - Marcas rojas: Todos los riegos - Marcas amarillas: Cada dos riegos. Aplicación de la lluvia sólida PRE-HIDRATADA. (80 gr en 5.5 litros de agua y reposo hasta hidratación completa. Esta operación permite manipular la lluvia sin hidratar. Se tapa el surco al cual se le aplicó la lluvia sólida.
22/01/2019	Tercera aplicación de insecticida: Insecticida biológico "En Vivo".
27/01/2019	Riego de toda la parcela.
29/01/2019	Segundo abonamiento de "urea" en la mitad de la parcela y aporque.
30/01/2019	Segundo abonamiento de "urea" en el resto de la parcela y aporque.
31/01/2019	Cuarta aplicación de insecticida: Insecticida biológico "En Vivo".
03/02/2019	Riego de los sectores rojos, i.e. con marca roja
11/02/2019	Riego de todos los sectores.
17/02/2019	Aplicación contra pulgones. "Monofos + Lannate".
23/02/2019	Riego de los sectores rojos
03/03/2019	Riego de los sectores rojos
04/03/2019	Riego de los sectores rojos
12/03/2019	Aplicación del raticida Klerat
09/04/2019	Deschocado (cosecha de maíz) y puesta a secar de los choclos sobre cemento, con la misma clave que la del lote de procedencia.
02/05/2019	Los choclos pelados y secados son desgranados a máquina, concluyendo a mano. Los granos obtenidos son almacenados en bolsas marcadas con la clave del lote de procedencia.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

5) Filas y lotes

- Total de frutos y peso de grano en cada lote de maíz

Tabla 16: Peso de grano obtenido y total de frutos

	Peso grano 7.7 kg	Peso grano 9.9 kg	Peso grano 5.55 kg
1	b1 a1	b1 a3	b1 a2
	98 frutos	108 frutos	85 frutos
	Peso grano 10.75 kg	Peso grano 9.05 kg	Peso grano 11.25 kg
2	b2 a2	b2 a1	b2 a3
	119 frutos	86 frutos	119 frutos
	Peso grano 10.0 kg	Peso grano 9.10 kg	Peso grano 11.20 kg
3	b1 a3	b1 a2	b1 a1
	112 frutos	99 frutos	125 frutos
	Peso grano 9.48 kg	Peso grano 10.00 kg	Peso grano 9.60 kg
4	b2 a1	b2 a3	b2 a2
	99 frutos	85 frutos	114 frutos

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA



Foto 24.- Se muestra el desarrollo de las plantas de maíz.



Foto 25.- Panojas cosechadas y puestas a secar antes de proceder al despanque (deshoje).



Foto 26.- Se muestra maíz con aplicación de lluvia sólida china (dos mazorcas).



Foto 27.- Se muestra maíz sin aplicación de lluvia sólida (una mazorca).

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

f) Conclusiones

De acuerdo con el cuadro final, donde se aprecian los promedios del peso de grano por mazorca de maíz en el ensayo efectuado, se concluye que la lluvia sólida alternativa (mexicana) brinda mejores resultados que el uso de lluvia sólida china.

h) Recomendaciones

- Aplicar la lluvia sólida en campo, en forma hidratada y a nivel de la raíz de la planta.
- En el caso del maíz se han utilizado 80.6 gr de lluvia seca con 2.5 litros de agua para cada parcela, se recomienda 80 kilos por hectárea.
- Al cabo de 2 horas se obtiene la lluvia sólida hidratada, lista para su siembra en campo.

6.3- En granos andinos

6.3.1- Ensayo con aplicación de lluvia sólida en el cultivo de quinua

a) Conceptos generales

La quinua es una planta herbácea perteneciente a la subfamilia Chenopodioideae de las amarantáceas. Técnicamente se trata de un grano, pero se conoce y se clasifica como un grano integral nativo del territorio inca (grano andino).

b) Características y condiciones para la siembra del cultivo

- La quinua se desarrolla mejor en suelos francos, ricos en materia orgánica, donde las semillas germinan rápidamente si la humedad es óptima. La germinación de la semilla tarda menos de 24 horas y la emergencia de las plantas puede ser a los 2 o tres días de la siembra.
- Para un buen desarrollo del cultivo, la humedad ambiental no debe de ser más del 30%. Una humedad mayor acelera la proliferación de enfermedades como el Mildiu (*Peronospora farinosa*)
- El periodo vegetativo de una planta de quinua, es de 6 a 7 meses dependiendo de la variedad a sembrar. Generalmente se inicia la siembra en el mes de octubre y la cosecha se realiza en el mes de abril o mayo.
- Los granos de quinua cuando están en estado lechoso son muy susceptibles a las heladas y cuando completan su madurez fisiológica son susceptibles a la humedad. Por lo tanto es importante realizar la siembra en la época adecuada, de esta manera las plantas logren completar su madurez fisiológica.

c) Antecedentes

En la zona andina (en los últimos años) por efectos del cambio climático se producen fuertes sequías entre los meses de diciembre a enero, que afectan a la germinación o emergencia de las plantas, las cuales no culminan su ciclo vegetativo, por ende no logran la madurez fisiológica del grano.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

d) Objetivo

Comparar dos dosis (30kg/ha y 60kg/ha) de lluvia sólida en dos texturas diferentes de suelo en el cultivo de quinua, el cual permitirá completar su desarrollo fisiológico y mejorar la producción de grano.

e) Procedimiento

1) Datos generales

Tabla 17: Datos generales de las parcelas

Datos	Parcela 1	Parcela 2
Ubicación	Distrito de Ancahuasi Comunidad de San Martín	Distrito de Huarcocondo Comunidad de Huayllacocha
Fecha de siembra	29/10/2019	05/11/2019
Textura de suelo	Arenoso, pedregoso	Franco
Área de terreno	6000m ²	6000m ²
Fertilizante (N-P-K)	80-100-40	80-100-40
Semilla (kg/ha)	8kg/ha	8kg/ha
Variedad	Blanca de Junín	Blanca de Junín
Lluvia sólida (kg/ha)	60kg/ha	30kg/ha

2) Tratamientos

Tabla 18: Tratamientos con y sin lluvia sólida

Tratamientos	Parcela 1	Parcela 2
Sin lluvia sólida	Testigo 1	Testigo 2
Con lluvia sólida	Tratamiento 1: T1A	Tratamiento 2: T1B

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

3) Siembra

La siembra se realizó en surcos a chorro continuo, empleando 8 kg/ha. La cantidad de fertilizante usado fue de 130 kg de fosfato de amonio y 60 kg de cloruro de potasio en la siembra. En el aporque se usó urea como fuente de nitrógeno en una cantidad de 80 kg.

4) Aplicación de lluvia sólida

Parcela 01: La aplicación fue a chorro continuo y sin deshidratar. Para los 3000m², se usaron 18kg de lluvia sólida.

Parcela 02: La aplicación fue a chorro continuo y sin deshidratar. Para los 3000m², se usaron 9kg de lluvia sólida.

f) Evaluaciones

1) De la emergencia

La emergencia en ambas parcelas fue a los 4 a 5 días luego de realizada la siembra.

2) De las malezas

En la parcela 1, se observó que en el tratamiento con lluvia sólida (T1A), las malezas crecieron en mayor cantidad, comparado con el testigo 1. Esto se debe a una mayor y constante humedad en el tratamiento con lluvia sólida.

En la parcela 02, no hubo diferencias significativas en cuanto a la infestación de malezas, entre los dos tratamientos (con lluvia sólida y sin lluvia sólida).



Foto 28.- Se muestra el estado de las plantas sin lluvia sólida en la parcela 02, a los 60 días de la siembra.



Foto 29.- La imagen muestra el estado de las plantas de quinua del lote con lluvia sólida de la parcela 02, a los 60 días de la siembra.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

3) Del desarrollo de las plantas

En la parcela 01 y en la parcela 02, se observaron en los tratamientos donde se aplicó la lluvia sólida, una uniformidad del campo en cuanto al desarrollo de las plantas. En los tratamientos sin lluvia sólida se observó espacios sin plantas. El tamaño y la estructura de las plantas; fue mejor durante los tratamientos con lluvia sólida.

4) De la sanidad de las plantas

En los tratamientos con lluvia sólida, las plantas fueron atacadas por la enfermedad de mildiu (mayor incidencia que en los tratamientos sin lluvia sólida). Esto se debe a la constante humedad del suelo.



Foto 30.- La imagen muestra el lote sin lluvia sólida de la parcela 01.



Foto 31.- La imagen muestra el estado de las plantas en el lote sembrado con lluvia sólida de la parcela 02.

5) En la cosecha

De acuerdo con los resultados obtenidos (parcela 01 y 02), no se encontró diferencias significativas, en cuanto al tiempo de maduración de los granos. Esto se debe posiblemente, a las heladas que ayudaron a uniformizar el secado de las panojas, por lo que en la época de cosecha los resultados fueron similares durante los tratamientos con lluvia sólida y sin lluvia sólida.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

Tabla 19: Cuadro comparativo de cosecha, de las parcelas 1 y 2

	Parcela 01		Parcela 02	
	Sin lluvia sólida (testigo 1)	Con lluvia sólida (T1A)	Sin lluvia sólida (testigo 2)	Con lluvia sólida (T1B)
Cosecha/kilos	519	534	496	523
Peso hectolitro kl/hl	68	72	64	69
Peso 1000 semillas/gramos	2.81	3.11	2.73	3.07
Tamaño de grano	Desuniforme	Uniforme	Desuniforme	Uniforme
Humedad de grano %	15	15	14	14

g) Conclusiones

- La lluvia sólida en el cultivo de quinua se puede usar para lograr una humedad constante en el suelo durante todo el ciclo vegetativo del cultivo, de tal forma que al llegar la época de la cosecha se puede obtener un grano de mejor calidad, de mayor peso y con un tamaño más uniforme.
- El desarrollo de las plantas es más uniforme, con aplicación de lluvia sólida.

6.3.2- Ensayo con aplicación de lluvia sólida en el cultivo de Tarwi

a) Conceptos generales

El tarwi (*Lupinus mutabilis*) es un cultivo andino, que tiene un ciclo vegetativo anual. La planta es de crecimiento erecto y que puede alcanzar de 0.8m hasta más de 2m de altura. Es considerada una leguminosa, ya que sus raíces se asocian con bacterias llamadas *Rhizobium spp.*, que pueden fijar nitrógeno del aire y aportar entre 40 y 80 kg/ha de nitrógeno al año.

b) Características y condiciones para la siembra del cultivo

- Temperatura: El tarwi es un cultivo que se adapta a ambientes fríos (de Perú y Bolivia hasta una altura de más de 4000 m.s.n.m.), por lo que existen ecotipos que sobreviven a temperaturas por debajo a los - 9.5 °C.
- Humedad: Para una buena autopolinización, es indispensable contar con una mayor humedad atmosférica, que permitirá una óptima formación de granos. Es ideal que las lluvias disminuyan hacia finales del periodo vegetativo y que cesen del todo para la maduración, así también una reducción de la humedad atmosférica, ya que la humedad del aire tiene importantes efectos físicos y biológicos.
- El tarwi se adapta bien a suelos con textura gruesa, igualmente crece de manera óptima en suelos salinos de laderas y baja fertilidad. En suelos orgánicos el crecimiento se ve estimulado, retardándose la floración. En suelos arcillosos con poca aeración y mal drenaje, la asociación con *Rhizobium* se reduce. El tarwi requiere de un balance adecuado de nutrientes y no necesita elevados niveles de nitrógeno, pero sí la presencia de fósforo y potasio.
- El tarwi generalmente es sembrado en suelos marginales, donde no crece cultivo alguno, con la finalidad de mejorar la textura, estructura y fertilidad del terreno.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

c) Objetivo

El objetivo del presente ensayo es realizar una evaluación comparativa de dos tratamientos con aplicación y sin aplicación de lluvia sólida, en el cultivo de tarwi.

d) Procedimiento

1) Datos generales

Tabla 20: Datos generales de la parcela

Datos	Parcela
Ubicación	Comunidad Pancarhuaylla
Fecha de siembra	26/10/2019
Area de terreno	5000m ²
Textura de suelo	Franco arcilloso
Fertilizacion (N-P-K)	40 – 100 - 0
Semilla (kg/ha)	60kg/ha
Lluvia sólida (kg/ha)	30kg/ha

2) Tratamiento

Tabla 21: Tratamientos con y sin lluvia sólida

Tratamiento	Parcela
Sin lluvia sólida	Testigo
Con lluvia sólida	T1

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

3) Siembra

Para realizar la siembra se preparó el terreno realizando el arado, posteriormente el rastrado y el surcado al momento de la siembra. El ensayo se realizó en un área de 5000m², el cual se dividió en dos lotes de 2500m² cada uno. Uno con aplicación de lluvia sólida y el otro sin lluvia sólida

La siembra se realizó a golpes, a una distancia entre surcos de 0.90 m. El distanciamiento de los golpes fue de 0.50 m y en cada golpe se dejó un promedio de tres semillas. La cantidad de semilla usada fue de 60 kg/ha. Para el ensayo se usó un total de 30 kg de semilla.

4) Aplicación de lluvia sólida

Se usó 15kg de lluvia sólida (30 kg/ha), la cual fue colocada en el suelo en golpes, y a un costado de las semillas. Aproximadamente 3gr de lluvia sólida por golpe.

5) Fertilización

Al momento de la siembra se agregó al suelo 100kg de fosfato de amonio, el cual también se colocó en golpes.

6) Desmalezado

Se realizó a los 68 días de la siembra, se observó que no existía diferencias en cuanto a la cantidad de malezas en los dos tratamientos (con lluvia sólida y sin lluvia sólida).



Foto 32.- Se muestra las plantas de tarwi con aplicación de lluvia sólida en plena floración. Se puede observar que las plantas están vigorosas y con racimos de flores completos.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

7) Cosecha

Una vez que las vainas adquieren una coloración amarillenta, son cosechados para luego pasar al proceso de trillado. La cosecha se realiza cuando las vainas de la segunda floración están amarillas; además no se debe de esperar las demás floraciones, porque las heladas no dejan madurar a estas vainas y en consecuencia se produce un retraso en la cosecha. Del tratamiento con Lluvia sólida se logró obtener un total de 237 kg. Del tratamiento sin lluvia sólida se logró obtener un total de 189 kg de granos de tarwi.



Foto 33.- Se muestra que las plantas de tarwi sin tratamiento de lluvia sólida, se encuentran con estrés hídrico y los racimos florales han perdido muchas flores.

e) Conclusiones

- Se ha podido observar que en las plantas con aplicación de lluvia sólida, han tenido un mayor número de flores, en comparación con el tratamiento sin lluvia sólida, en el cual hubo un mayor número de flores abordadas.
- Las plantas con aplicación de lluvia sólida, han obtenido un mayor tamaño de vainas, con un promedio de 5 granos/vaina. Las plantas sin aplicación de lluvia sólida, han obtenido un mayor número de vainas inmaduras y con menor número de granos.
- Los granos del tratamiento con lluvia sólida, fueron de mayor tamaño y más uniformes, en comparación del tratamiento sin lluvia sólida.
- Con la aplicación de lluvia sólida se pudo obtener un 26% más de granos, en comparación de la parcela sin lluvia sólida.

6.4- En forrajes

6.4.1- Ensayo con aplicación de lluvia sólida en cultivos forrajeros

a) Objetivos

Los objetivos que se pretenden alcanzar son los siguientes:

- Incorporar tecnologías de riego mucho más eficientes.
- Introducción de nuevas especies de forrajes

b) Justificación

Es conocida la capacidad forrajera del cultivo de alfalfa y de su calidad nutritiva para la crianza de animales domésticos.

Se han registrado y estudiado diferentes cultivos (forestales, ornamentales y cereales) con lluvia sólida, pero la bibliografía científica ignora los ensayos para el cultivo de alfalfa con aplicación de hidrogeles.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

Existe la necesidad de conocer la variedad ideal de alfalfa que se desarrolle mejor en condiciones de altura, la dosis adecuada de lluvia sólida y la calidad y cantidad de lluvia sólida óptima para el cultivo de alfalfa, y así asegurar producción de forraje durante todo el año.

c) De la lluvia sólida

Para efectos de este ensayo se usarán lluvia sólida de tres procedencias, china, mexicana y alemana, mediante el cual se podrá también investigar las cualidades de cada muestra poliacrilato y determinar cuál de las tres es la de mejor calidad.

d) Variedades de alfalfa

- La alfalfa MOAPA 69, esta variedad es considerada para climas fríos, es de crecimiento erecto, frondosa y de precoz rebrote. Tiene un alto valor nutricional, palatabilidad y digestibilidad. No tolera suelos muy ácidos ni suelos mal drenados. Se adapta bien a alturas de 2.400 - 3.500 m.s.n.m. Puede ser usado al pastoreo, en corte y ensilaje.
- La alfalfa W350 es una variedad resistente tanto a las sequías como a heladas y es ideal para zonas alto andinas. Se ha demostrado que esta variedad de alfalfa se desarrolla con excelentes resultados entre los 2,600 y 4200 msnm, sola o en asociación con gramíneas y en terrenos con pH ideal de 5.5 a 6.8
Las especies seleccionadas, tienen un rápido crecimiento y toleran una gran variedad de suelos.

e) Variables a utilizar en la Prueba – Ensayo

El ensayo pretende conocer la respuesta de dos variedades de alfalfa, en condiciones de sequía y con aplicación del hidrogel, de distinta procedencia.

f) Factores que influyen en el crecimiento del cultivo y la aplicación de la lluvia sólida

Existen factores tales como: las características genéticas de la especie, la aplicación de la lluvia sólida, los factores ambientales (el clima, la variación de temperatura, la precipitación, el viento y la insolación), los factores del suelo (características físicas y químicas, humedad, microorganismos presentes y características topográficas como la pendiente, elevación) que influyen en el crecimiento del cultivo y la aplicación de la lluvia sólida

● Climáticos

- Temperaturas máximas y mínimas y su distribución anual.
- Precipitación total y régimen de lluvias.
- Humedad absoluta y relativa.
- Vientos, dirección, frecuencia y velocidad.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

- **Edáficos**

- Suelo, subsuelo, condiciones físicas y mecánicas.
- Profundidad y horizontes.
- Contenido en humedad, pH flora microbiana.
- Exposición, pendiente y altitud.

No debe dejar de considerarse, que los tipos de suelo y las condiciones topográficas son de primera importancia para el crecimiento. La productividad puede ser influenciada por las características físicas y químicas del suelo.

De otra parte, la capacidad de suministrar agua, aireación y profundidad del suelo parecen ser los factores ecológicos determinantes en la variación en la vegetación dentro de áreas de clima relativamente homogéneos. La luz es también un factor principal en el crecimiento vegetal.

- **Otros factores que influyen en el Crecimiento de la alfalfa**

- **Variedad a sembrar**

Es importante elegir la variedad de alfalfa a sembrar ya que de eso dependerá la producción potencial de forraje, la persistencia, grado de reposo, resistencia a plagas y enfermedades, número de cortes al año.

- **Cultivos antecesores**

Se debe considerar como cultivo antecesor, de preferencia trigo, avena o cebada y bajo ciertas circunstancias las habas, vicia o arvejas también puede ser un buen antecesor de alfalfa.

- **Época de siembra**

Sembrar en fecha adecuada es uno de los factores principales para lograr una buena implantación y posterior producción de forraje, teniendo en cuenta la temperatura, humedad del suelo y cantidad de horas sol.

Las mejores condiciones para nuestra región se dan durante los meses de noviembre y diciembre. Un retraso en la fecha de siembra haría que la alfalfa ingrese al invierno con escaso desarrollo radicular y menor capacidad para defenderse de condiciones climáticas adversas.

- **Densidad de siembra**

Para las variedades que proponemos cultivar en el ensayo, se recomienda el uso de 30 kilos de semilla/ha.

- **Desinfección de la semilla**

Es habitual que la semilla de alfalfa se compre curada. Con la desinfección se mejora la siembra protegiendo al cultivo del ataque de hongos, microorganismos patógenos y fungicidas. El curado con insecticidas permite proteger durante la emergencia de ataques de trips, plaga que puede provocar graves pérdidas en esta etapa.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

Pero también es recomendable la inoculación de las semillas con rhizobium específicos (*Synorhizobium meliloti*) y de buena calidad, capaces de formar abundantes nódulos de buen nivel de fijación biológica del nitrógeno, importante no solo para la alfalfa sino también para el sistema productivo.

- Fertilidad del suelo

Uno de los requisitos para la obtención de altos rendimientos en la producción de alfalfa son las condiciones de fertilidad y drenaje del suelo. Los elementos que la alfalfa requiere en mayor cantidad y que las obtiene del suelo son: el fósforo, el azufre, el calcio y el nitrógeno (éste último también puede obtenerlo del aire a través de la fijación que realiza una bacteria, por eso no es recomendable fertilizar con nitrógeno porque anulamos el trabajo de estas bacterias). En nuestra zona, algunos de ellos no se encuentran disponibles en cantidades suficientes. Por eso es indispensable realizar un análisis de suelo para conocer cuáles son los niveles de nutrientes y poder compararlos con valores mínimos que son: fósforo: 25 ppm, azufre: 10 ppm. Por debajo de estos valores obtendremos una muy buena respuesta a la fertilización.

Existe una alta asociación entre el N y el P, pues es conocido que la baja disponibilidad de P, afecta el número y tamaño de nódulos así como el proceso de fijación en sí, por lo tanto valores medios a bajos de N en planta, estarían explicados en parte por deficiencias de P.

- Sistema y profundidad de siembra

La profundidad de siembra de la semilla y el contacto de ésta con la humedad del suelo son los principales factores por considerar en el momento de la siembra. La profundidad de siembra más adecuada varía entre 1,5 y 2 cm, dependiendo de la textura del suelo (textura más gruesa, más profundidad). La compactación posterior a la colocación de la semilla restablece la capilaridad del suelo mejorando las condiciones de humedad en superficie.

- Manejo de plagas

El cultivo de alfalfa forma un microclima particular que por la densidad de plantas y la naturaleza perenne del cultivo, constituye un ambiente donde proliferan muchas especies de insectos y ácaros, entre los cuales es posible encontrar algunas que son plagas importantes del cultivo.

Los pulgones y trips están entre las plagas más relevantes en implantación. Estos últimos están provocando pérdidas de plántulas importantes. Es necesario monitorear frecuentemente para realizar aplicaciones con insecticida cuando se detecte la presencia de la plaga, aun cuando se haya sembrado semilla tratada, ya que pueden ocurrir reinfecciones. También es importante detectar la presencia de orugas defoliadoras, ya que estas pueden provocar daños económicos importantes.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

- Manejo de malezas

Como cualquier otro cultivo, uno de los principales problemas de la alfalfa es la presencia de malezas que nacen de manera conjunta o después del mismo. En lo posible, se debe evitar la siembra de alfalfa en lotes con mucha infestación de kikuyo (**Pennisetum clandestinum**) porque su presencia atenta contra la permanencia de la misma, aun cuando la maleza se encuentre controlada previamente. Una solución para lotes con problemas serios de malezas perennes que se destinarán en el futuro al cultivo de alfalfa, sería sembrarlos primero con algún tipo de cultivo en el cual se pueda usar algún herbicida selectivo para el cultivo asignado.

Además de las consideraciones ya mencionadas, se debe programar un adecuado control de malezas, siendo el momento más oportuno durante la implantación. Por consiguiente, se deben utilizar herbicidas de pre siembra, de preemergencia o de post emergencia temprana, tanto en labranza convencional como en siembra directa.

g) Tipo de investigación

Investigación tipo experimental. El diseño estadístico consiste en pequeñas unidades de terreno mediante bloques al azar.

h) Formulación de hipótesis

El cultivo de alfalfa con el uso de poliacrilato de potasio (lluvia sólida) tiene un desarrollo sostenible en el tiempo, mayor masa foliar, resistencia a las bajas de temperatura y a condiciones de sequías ambientales y de suelo.

i) Identificación de variables

- Tiempo de germinación: Definido como el tiempo que toma la especie desde el sembrío hasta su germinación.
- Crecimiento en altura: Crecimiento lineal permanente e irreversible
- Masa foliar: Desarrollo foliar por metro cuadrado a los 5 meses de instalado el cultivo.
- Resistencia a condiciones de sequía: Desarrollo foliar por metro cuadrado en los meses de sequía (no lluvia) mayo a octubre.
- Identificación de la variedad adecuada: Identificar la mejor variedad entre la Moapa 69 y laW350.
- Dosis adecuada de lluvia sólida: Identificar la mejor dosis de lluvia sólida (30 y 60 kg/ha).
- Identificación de la lluvia sólida adecuada: China, Mexicana y Alemana.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

j) Definiciones operacionales

- Tiempo de germinación: revisiones diarias.
- Crecimiento en altura: evaluación quincenal con Wincha.
- Desarrollo foliar: evaluación mensual con balanza de precisión.
- Ataque de enfermedades e insectos: evaluación quincenal.

k) Diseño de investigación

- El ensayo se realizó en un periodo de 09 meses.
- Para esta investigación se contó con 05 parcelas de 1000 m² cada una, en las cuales se realizó las diferentes evaluaciones de la investigación.
- Cada una de estas parcelas está dividida en 14 sub parcelas (Tratamientos), de la siguiente manera:

- 01: Testigo Variedad Moapa
- 02: Testigo Variedad W350
- 03: Variedad Moapa + 30 kilos de lluvia sólida + origen China.
- 04: Variedad Moapa + 30 kilos de lluvia sólida + origen México.
- 05: Variedad Moapa + 30 kilos de lluvia sólida + origen Alemania.
- 06: Variedad Moapa + 60 kilos de lluvia sólida + origen China,
- 07: Variedad Moapa + 60 kilos de lluvia sólida + origen México.
- 08: Variedad Moapa + 60 kilos de lluvia sólida + origen Alemania
- 09: Variedad W 350 + 30 kilos de lluvia sólida + origen China.
- 10: Variedad W 350 + 30 kilos de lluvia sólida + origen México.
- 11: Variedad W 350 + 30 kilos de lluvia sólida + origen Alemania
- 12: Variedad W 350 + 60 kilos de lluvia sólida + origen China,
- 13: Variedad W 350 + 60 kilos de lluvia sólida + origen México.
- 14: Variedad W 350 + 60 kilos de lluvia sólida + origen Alemania.

l) Del diseño experimental:

El diseño experimental será BCR (Block Completamente Randomizado) donde se tendrá 14 tratamientos con cuatro repeticiones.

Croquis del diseño experimental.

Tabla 22: Diseño experimental

Block	1	5	14	2	13	4	7	9	12	3	10	11	8	6
I	1	5	14	2	13	4	7	9	12	3	10	11	8	6
II	2	7	9	3	14	10	6	11	8	13	5	4	12	1
III	12	10	13	5	11	8	3	14	2	1	7	9	6	4
IV	3	14	4	1	6	2	12	7	10	5	9	11	13	8

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

m) Procedimiento

1) Cantidad de lluvia sólida a usar:

Para la dosis de 30 kg/ha, se usarán 230gr/parcela de 77m² (3gr/m²)

Para la dosis de 60 kg/ha, se usarán 460gr/parcela de 77m² (6 gr/m²)

2) Forma de aplicación de la lluvia sólida:

La aplicación de la lluvia sólida será al voleo, tratando de cubrir de forma uniforme toda el área de la parcela.

3) Sobre la cantidad de semilla a usar:

Se utilizará 30 kg/ha, aproximadamente 230gr/parcela de 77 m² (sub parcela).

4) Forma de aplicación de la semilla:

La aplicación de la semilla se realizará al voleo.

5) Sobre fertilización:

Se usará fosfato de amonio a una dosis de 200kg/ha, aproximadamente 1.5 kg/77m² (Sub parcela)

6) Sobre la forma de aplicación de los insumos:

Las semillas de alfalfa, la lluvia sólida y los fertilizantes, serán aplicados al voleo, procurando cubrir toda la extensión de las parcelas.

n) Población y muestra

1) Sobre la semilla de alfalfa:

Se utilizó 30 kg/ha, lo que representa a 230gr de semilla en 77 m² (sub parcela). La siembra realizó al voleo.

2) Sobre fertilización:

Se utilizó como fertilizante fosfato de amonio a una dosis de 200 kg/ha, lo que representa a 1.5 kg/77 m² (Sub parcela).

o) Instrumentos de colecta de datos

- Wincha
- Cinta diamétrica
- Libreta
- Estación portátil de medición.
- Cámara fotográfica digital

p) Evaluaciones a realizar

1) Germinación

Transcurrido el periodo de germinación las plantulas comienzan a emerger del suelo y se realizará el conteo del número de plantas emergidas en cada parcela.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

- En cada bloque se efectuarán tres mediciones del número de plantas que alcanzan el recinto de un cuadrado y a cada parcela se contemplan tres repeticiones.
- La experiencia comprende:
 - ➔ 5 zonas geográficas diferentes
 - ➔ 3 repeticiones de cada zona
 - ➔ 14 tratamientos en cada bloque
 - ➔ 3 repeticiones en las mediciones de cada bloque
- Los resultados se comprueban de los datos anotados y de los registros gráficos en el momento de las mediciones.

q) Siembra

La siembra se realizó en 05 parcelas, en las cuales se determinó en primer lugar las características del suelo de cada parcela. En el siguiente cuadro se detallan las características:

Tabla 23: Característica de las parcelas

CARACTERÍSTICAS	PARCELA 01	PARCELA 02	PARCELA 03	PARCELA 04	PARCELA 05
Sector	Saywapa mpa	Los pinos	Saiwapa mpa	Chacachi mpa	Ccotupujiopa mpa
Altitud	3765 msnm	3776 msnm.	3756 msnm.	3663 msnm.	3702 msnm.
Textura de suelo	Franco arcilloso	Franco	Franco Arcillo Limoso	Franco	Franco Arcilloso
Siembra	Asociado alfalfa avena	Asociado alfalfa avena	Asociado alfalfa y avena	Asociado alfalfa y avena	Asociado alfalfa y avena
Fecha de siembra	13 de enero	13 de enero	16 de enero	16 de enero	30 de enero
Resiembra	Asociado trébol y raigrás.	Asociado trébol y raigrás.			Asociado trébol y raigrás.
Fecha de resiembra	04 de marzo	04 de marzo			04 de marzo

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA



Foto 34.- Momento de la instalación de las parcelas (siembra).

r) Primera evaluación: Emergencia de las plantas

PARCELA 01

Sector: Saywapampa

Altitud: 3465 m s.n.m.

Cultivo: Asociado trébol y raigrás.

Conclusiones: Se concluye que las semillas de trébol han emergido con normalidad y se tiene una buena densidad de plantas. Por el tiempo de instalación no se puede observar diferencias en el crecimiento de las plantas. El suelo aparentemente tiene escasa humedad, pero las plantas se ven hidratadas y de un color verde característico.



Foto 35.- Vista panorámica de la parcela de trébol y raigrás



Foto 36.- Los círculos rojos muestran plantas de trébol y los círculos morados muestran plantas de raigrás.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

PARCELA 02

Sector: Los pinos

Altitud: 3476 m s.n.m.

Cultivo: Asociado trébol y raigrás.

Conclusiones: Las semillas de trébol han emergido con normalidad, la densidad de las plantas es buena. En esta parcela las plantas se ven hidratadas y de un color verde característico.



Foto 37.- Vista panorámica de la parcela de trébol y raigrás



Foto 38.- Se observa plantas de trébol (círculos rojos) y de raigrás (círculos morados).

PARCELA03

Sector: Saiwapampa

Altitud: 3456 m s.n.m.

Cultivo: Asociado alfalfa y avena.

Observaciones: En el mes de febrero (2020) se observó que las plantas fueron dañadas por palomas, lo que hizo que las plantas se vean sin hojas. Las plantas se recuperaron y han alcanzado una altura de 10 cm, y se ven hidratadas y de un color verde característico.



Foto 39.- Vista panorámica de la parcela de alfalfa y avena.



Foto 40.- Se observa que las plantas de alfalfa se han recuperado, y han comenzado a macollar. Tienen un tamaño promedio de 10 cm y el suelo es bastante pesado (arcilloso).

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

PARCELA 04

Sector: Chacachimpa.

Altitud: 3463 m s.n.m.

Cultivo: Asociado alfalfa y avena.

Observaciones: En esta parcela se observa que las plantas se están desarrollando bastante bien, no se manifiestan deficiencias nutricionales ni hídricas.



Foto 41.- Vista panorámica de la parcela de alfalfa y avena.



Foto 42.- Se observa que las plantas de alfalfa y avena tienen un buen macollamiento. Se han desarrollado bastante bien, el suelo es de textura franco arenoso con buen drenaje.

PARCELA 05

Sector: Ccotupujiopampa.

Altitud: 3402 m s.n.m.

Cultivo: Asociado trébol y raigrás.

Observaciones: En esta parcela se ha podido observar que la emergencia de las plantas ha sido normal, el suelo aparentemente tiene poca humedad, pero que no está influyendo en las plantas.



Foto 43.- Vista panorámica de la parcela de trébol y raigrás.



Foto 44.- Se observa en los círculos de rojo plantas de trébol y en los círculos morados plantas de raigrás.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

s) Resultados estadísticos de la germinación de alfalfa

Después de establecer las parcelas y de realizar la siembra de las variedades de alfalfa nativa andina: Moapa y W-350, enumeramos las parcelas como 1, 2, 3, 4 y 5 y se procedió al conteo de las plantas emergentes coincidiendo con un periodo de lluvias que facilitaron la emergencia.

Con los datos obtenidos en cada una de las parcelas y registradas en el cuaderno correspondiente se aplicó un programa de estadística con el objeto de obtener el significado de las comparaciones llevadas a cabo en esta primera etapa del ensayo. Las comparaciones de mayor significado determinan que la variedad Moapa de valor comercial contrastado tiene dificultad para germinar adecuadamente. Solo en una de las parcelas presenta un comportamiento adecuado. En valores porcentuales Moapa germina en 14% frente a W-350 que lo hace en 19,6% de media con extremos que van del 20,1 al 11,4

A nivel de la germinación de cada parcela se realizó el análisis de la Varianza (ANOVA) con medias para la variedad Moapa entre 15,3% en la parcela 1 y 9,9% para la parcela 5. Para la variedad W-350 estos valores extremos corresponden a 12,9% en la parcela 5 y 25% en la parcela 2.

Sobre la conveniencia de cada parcela para alcanzar mejor germinación de alfalfa destaca que la parcela 5 alcanza los peores resultados con una media de 11,4% y siendo la parcela 2 la de mejor comportamiento con 20,1% en dicha germinación. Los límites significativos para estas comparaciones oscilaron en 5,242 y las diferencias mayores fueron de 8,78 para el caso del contraste entre parcelas 2 y 5.

t) Observaciones del desarrollo de las plantas

A los 45 días de la siembra, se realizó la evaluación del desarrollo de las diferentes parcelas, donde se pudo observar que en las parcelas 01, 02 y 05, las plantas de alfalfa no se han desarrollado y prácticamente desaparecieron en por lo menos un 90%. Esto aparentemente se debe a la excesiva humedad del suelo, razón por la cual se tomó la decisión de realizar una resiembra en estas parcelas, sembrando plantas de trébol (trébol blanco a cambio de la alfalfa variedad Moapa y trébol rojo a cambio de la alfalfa variedad W- 350), siendo el diseño experimental el mismo.

u) Segunda Evaluación: Peso de forraje

La segunda evaluación que se realizó en el ensayo, consistió en determinar el peso de forraje en cada tratamiento, esta determinación se realizó de la siguiente manera:

- Se consideró el estado de madurez de las plantas. Esta evaluación se realizó el 16 de junio (2020).
- Para realizar la obtención del forraje se procedió al corte en un área de 1m² y en 03 repeticiones por tratamiento en cada bloque. Las plantas en esas parcelas habían alcanzado el estado de madurez.
- La evaluación se realizó en las parcelas 01, 02 y 04.
- La parcela 05 se perdió por acumulación excesiva de humedad en el campo.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

PARCELA 1

Al momento de la evaluación se observó que las plantas de trébol, se encuentran bastante pequeñas, de un color púrpura, lo que nos indica que las bajas temperaturas, están provocando cambios fisiológicos en las plantas, provocando que estas no se desarrollen bien.

Se observó que las plantas de avena que se sembraron en un primer momento en sociedad con semillas de alfalfa, se han desarrollado, soportando las bajas de temperatura, a pesar que también han tomado el color púrpura característico de la transformación de los azúcares en antocianinas, con lo cual las plantas se alteran fisiológicamente con la finalidad de que puedan soportar las bajas temperaturas.



Foto 45.- Momento de la toma de muestra del forraje, para luego ser pesada.



Foto 46.- Momento del pesaje de una de las muestras tomadas del forraje.

PARCELA 2:

En esta parcela se pudo observar que las plantas de trébol se encuentran pequeñas, con hojas de color púrpura. Las plantas de avena han alcanzado su madurez fisiológica, con un promedio de altura de 75 cm.



Foto 47.- Se muestra el tamaño que alcanzó las plantas de avena, al completar su estado de madurez fisiológica.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

PARCELA 3:

En esta parcela se pudo observar que las plantas de alfalfa, han alcanzado un tamaño de 10 cm en promedio y no se observan plantas de avena.

Esta parcela ha tenido dos problemas: (1) cuando las plantas de alfalfa comenzaron a emerger se encontró un fuerte ataque de aves silvestres (palomas) que defoliaron completamente las plantas provocando un estrés en su desarrollo. Posteriormente cuando las plantas pudieron enraizar, comenzó la etapa de macollamiento y se presentó otro problema (2) con el ataque de conejos silvestres, que cortaron las plantas de alfalfa a la altura del cuello de la raíz. A los 06 meses de la siembra, se pudo observar que las plantas de alfalfa tienen tallos gruesos, raíces profundas, que demuestra que las plantas vienen soportando las bajas de temperatura de la zona.



Foto 48. – Se muestra el estado de las plantas de alfalfa a 120 días de la siembra.

VI. ENSAYOS EN CULTIVOS CON APLICACIÓN DE LLUVIA SÓLIDA

PARCELA 04:

En esta parcela que pudo observar que tanto las plantas de avena y las plantas de alfalfa, se han desarrollado bastante bien superando el metro de altura, han macollado de una forma bastante óptima, han formado follaje de un color verde intenso y de buena calidad. Las plantas tanto de avena y alfalfa han tomado un color púrpura, lo que indica que la planta ha transformado los azúcares en antocianinas, con la finalidad de soportar las bajas de temperatura.



Foto 49.- Se muestra el momento del pesaje de una de las muestras.



Foto 50.- Se muestra el emparvado (juntado) del forraje cosechado, con la finalidad de orearlo y luego almacenarlo.

v) Resultados estadísticos al primer corte de alfalfa

Del corte de alfalfa en las tres primeras parcelas se deducen resultados diferentes en cada una de ellas.

La naturaleza de los suelos expresada en porcentajes de arena, arcilla y limo lleva a considerar suelos de textura arenosa en un caso y franco-arcillosa en los otros dos.

En el suelo arenoso, la incorporación de hidrogel facilita la retención del agua de lluvia y con ello el mejor desarrollo de germinación y del inicio del crecimiento de las plantas forrajeras.

De acuerdo con la evaluación realizada, se ha logrado obtener una masa foliar 3.2 kg/m^2 (de media) que supone el valor más destacado entre las tres parcelas. Siguen las otras dos parcelas con 1.4 y 1.1 kg/m^2 . Al realizar la evaluación de las tres parcelas, la de textura arenosa (parcela 4) supone un incremento del 220 por 100, sobre las de suelo arcilloso (parcela 1 y 2). En el caso de la parcela 2, el rendimiento está por debajo de la otra arcillosa en un 24 por 100.

VII. CONCLUSIONES

- La textura del suelo influye considerablemente en la actividad de la lluvia sólida en los cultivos. Los suelos pesados (arcillosos) pueden saturarse de humedad si la dosis de lluvia sólida no es la adecuada. Cuando se aplican dosis muy altas de lluvia sólida, es posible que se supere la capacidad de campo del suelo, lo que trae como consecuencia la aparición de enfermedades fungosas o bacterianas, que dañan a la planta a nivel del cuello o la raíz.
- La lluvia sólida actúa mejor en suelos de textura franca (arenosos) y permeables, y cuando la capacidad de campo del suelo es la adecuada. De acuerdo con los resultados obtenidos con aplicación de lluvia sólida, en este tipo de suelos, se puede lograr una cosecha en menos tiempo, con mejor calidad y cantidad.
- Se ha demostrado que con la aplicación de lluvia sólida en campos de leguminosas (habas), se puede lograr una buena producción de vainas, tanto en número como en calidad.
- Uno de los problemas en leguminosas, es que en temporadas de sequía o falta de humedad en el suelo, las flores y ocasionalmente las vainas se desprenden de los tallos influyendo directamente en la producción. Es recomendable entonces usar lluvia sólida en estos cultivos, para garantizar una humedad constante en el suelo, a lo largo del periodo vegetativo de las plantas y lograr así una buena producción.
- En el cultivo de maíz, con el uso de lluvia sólida y de acuerdo a los resultados obtenidos, se ha logrado mayor número de mazorcas por planta, así como una mejor calidad de grano.
- De acuerdo con las evaluaciones realizadas, podemos indicar que la lluvia sólida, ayuda a los cultivos tolerar bajas temperaturas. Esto se debe a la constante humedad del suelo, que favorece un microclima, que ayuda a tolerar a las plantas para que no sufran daños por heladas o friaje.
- El uso de lluvia sólida mejora la capacidad de retención de agua en el suelo, favoreciendo un mejor desarrollo de las plantas.
- La aplicación de lluvia sólida en el campo, mejora la estructura del suelo y la aireación del mismo, así como también mejora la utilización de los nutrientes por las plantas. Así, el uso de este tipo de polímeros permitiría, por ejemplo, la recuperación de zonas semiáridas o terrenos de cultivos abandonados y poco fértiles cuando se emplea de forma extensiva.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de sulfato de cobre pentahidratado, en combinación con la lluvia sólida, como preventivo para el control de enfermedades fungosas a nivel de la raíz y cuello de la planta.
- Es importante realizar previo a la siembra de un cultivo, el análisis del suelo para determinar su textura, puesto que se ha comprobado que la lluvia sólida actúa mejor en suelos francos y arenosos. Esta recomendación es principalmente para cultivos de leguminosas, por ser especies más susceptibles a la saturación de humedad en el suelo.
- Es recomendable el uso de lluvia sólida en los cultivos, para garantizar una humedad constante en el suelo, a lo largo del periodo vegetativo de las plantas y así lograr una buena producción.
- Se recomienda utilizar la lluvia sólida mezclándolos con abonos, en las diferentes especies cultivadas, porque garantiza la retención y la mejor absorción de los nutrientes.

IX. BIBLIOGRAFIA

- Estrada, A. (2006). Los Polímeros. Ponencia presentada en el II encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia. León. Guanajuato. México.
- Sergio Rico. Una lluvia sólida para el agro Guatemalteco. Octubre 2012.
- María Esperanza Hernández. Tesis: Efectos sinérgicos de Algaenzins y Poliacrilato de Potasio en las Variables Fisiológicas del Frijol (*Faseolus vulgaris* L.) y la retención de humedad de Cuatro Sustratos Bajo invernadero Santilla Coawila. México, Diciembre 2012.
- Agro Marquet productos agrícolas.
- Efecto del polímero (lluvia sólida) y frecuencias de riego en el rendimiento de maíz amarillo (mega híbrido), bajo condiciones de cambio climático, fundo "la pampa", c.u. Morrope, Lambayeque, 2016. Tesis: Ing. Mg. Luis Alberto Orbegoso Navarro.
- Orlando Choque Mamani. Tesis de maestría: Evaluación hidrodinámica del polímero de lluvia sólida en la estación experimental Patacamaya.
- Revista Unasam. Efectos del polímero "Lluvia sólida" y frecuencias de riego. 2017.
- Revista ingeniería agrícola, Instituto de investigaciones de ingeniería agrícola, volumen 08 – 2018. Chapingo, México.