



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA A OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.  
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

**1. Datos del Autor:**

Apellidos y Nombres: Menacho Vergara Miler Angel

Código de alumno: 132.0103.279

Teléfono: 965906182

Correo electrónico: [menacho12angel@gmail.com](mailto:menacho12angel@gmail.com) DNI O Extranjería: 72270509

**2. Modalidad de trabajo de investigación:**

Trabajo de investigación

Trabajo académico

Trabajo de suficiencia profesional

Tesis

**3. Título Profesional:**

Bachiller

Título

Segunda especialidad

Licenciado

Magister

Doctor

**4. Título del trabajo de investigación:**

"EVALUACIÓN DE LA PERFORMANCE DE LA SEMBRADORA DE PRECISIÓN COLE modelo 12MX Multiflex, PARA SIEMBRA DE MAÍZ AMARILLO DURO (*Zea mays* L.) Y APLICACIÓN DEL POLÍMERO POLIACRILATO DE POTASIO, EN CAÑASBAMBA, YUNGAY - ANCASH 2018"

**5. Facultad de:** Ciencias Agrarias

**6. Escuela, Carrera o Programa:** Agronomía

**7. Asesor:**

Apellidos y Nombres: Ph.D. Ayora Garagate Lorenzo Moisés

Teléfono: 943165050

Correo electrónico: [lorenzoayora@hotmail.com](mailto:lorenzoayora@hotmail.com)

DNI o Extranjería: 31678002

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: 

D.N.I.: 72270509

FECHA:

16 / 19 / 2020

**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**“EVALUACIÓN DE LA PERFORMANCE DE LA SEMBRADORA  
DE PRECISIÓN COLE modelo 12MX Multiflex, PARA SIEMBRA DE  
MAÍZ AMARILLO DURO (*Zea mays* L.) Y APLICACIÓN DEL  
POLÍMERO POLIACRILATO DE POTASIO, EN CAÑASBAMBA,  
YUNGAY - ANCASH 2018”**

**PRESENTADO POR:**

Bach. MENACHO VERGARA MILER ANGEL

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**ASESOR:**

Ph.D. AYORA GARAGATE LORENZO MOISÉS

**HUARAZ - ANCASH - PERÚ**

**2020**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

*"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"*

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



### ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la Tesis denominada: ***"EVALUACION DE LA PERFORMANCE DE LA SEMBRADORA DE PRECISION COLE MODELO 12 MX MULTIFLEX PARA SIEMBRA DE MAIZ AMARILLO DURO (Zea mays L.) Y APLICACIÓN DEL POLIMERO POLIACRILATO DE POTASIO, EN CAÑASBAMBA, YUNGAY – ANCASH 2018"***, presentado por el Bachiller en Ciencias Agronomía **MILER ANGEL MENACHO VERGARA**, y sustentada vía la plataforma virtual Microsoft Teams el día 02 de Setiembre del 2020, con **Resolución Decanatural N° 197-2020-UNASAM-FCA**, la declaramos **CONFORME**.

Huaraz, 02 de setiembre de 2020

Dr. FRANCISCO ESPINOZA MONTESINOS  
PRESIDENTE

Dr. WALTER JUAN VASQUEZ CRUZ  
SECRETARIO

Ing. CLAY EUSTERIO PAJUELO ROLDAN  
VOCAL

PhD. LORENZO MOISES AYORA GARAGATE  
PATROCINADOR





UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

*"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"*

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del Jurado de Tesis que suscriben, se reunieron a través de la plataforma virtual Microsoft Teams, para escuchar y evaluar la sustentación de la Tesis presentada por el Bachiller en Ciencias Agronomía **MILER ANGEL MENACHO VERGARA**, denominada: **"EVALUACION DE LA PERFORMANCE DE LA SEMBRADORA DE PRECISION COLE MODELO 12 MX MULTIFLEX PARA SIEMBRA DE MAIZ AMARILLO DURO (*Zea mays L.*) Y APLICACIÓN DEL POLIMERO POLIACRILATO DE POTASIO, EN CAÑASBAMBA, YUNGAY – ANCASH 2018"**, escuchada la sustentación, de manera virtual y las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADO CON DISTINCIÓN

CALIFICATIVO (\*)

DIEZ Y OCHO (18)

En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad de la Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título Profesional de **INGENIERO AGRONOMO**, de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 02 de Setiembre de 2020.

Dr. FRANCISCO ESPINOZA MONTESINOS  
PRESIDENTE

Dr. WALTER JUAN VASQUEZ CRUZ  
SECRETARIO

Ing. CLAY EUSTERIO PAJUELO ROLDAN  
VOCAL

Ph.D. LORENZO MOISÉS AYORA GARAGATE  
PATROCINADOR

(\*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, éstas deben ser calificadas con términos de: APROBADO CON EXCELENCIA (19-20), APROBADO CON DISTINCIÓN (17-18), APROBADO (14-16), DESAPROBADO (00-13).

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS:**

Por darme la vida, quien inspiro mi espíritu para la realización de este estudio, por darme salud y bendición para alcanzar mis metas como persona y como profesional.

### **A MIS PADRES:**

Santa y Hermogenes, quienes han sido la guía y el camino para poder llegar a este punto de mi carrera, que con su ejemplo, dedicación y palabras de aliento y por nunca bajaron los brazos para que yo tampoco lo haga aun cuando todo se complicaba.

### **A MIS TIOS Y ABUELITOS:**

Estuvieron a mi lado brindándome su apoyo, sus consejos y sus grandes manifestaciones para hacer de mí una mejor persona.

### **A TODOS MIS AMIGOS:**

Por compartir malos y buenos momentos en toda la vida universitaria.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios: Por haberme dado sabiduría y fuerza guiándome en el trayecto de mi vida y por las bendiciones que he recibido cada día de mi vida y las que recibo instante tras instante.

A mis padres: Queridos Papá y Mamá. Siempre han sido un ejemplo para mí. Gracias a ello estoy alcanzado mis metas con mucho orgullo. Les debo un eterno agradecimiento y mi retribución total por su gran amor.

A mi Alma Mater “Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo” por brindarme la oportunidad de culminar una carrera universitaria.

A mi patrocinador Ph. D. Lorenzo Ayora Gargate, por su apoyo esmerado e incondicional, durante el periodo de mi la ejecución de mi trabajo de investigación.

A todos los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, y en especial a los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía, por sus enseñanzas durante mi vida universitaria, por sus apoyos y contribuciones en el conocimiento que me dieron.

## LISTA DE CONTENIDOS

	Página
AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS	I
PORTADA	II
ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS	III
ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
LISTA DE CONTENIDOS	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS	XV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII

## ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. DESCRIPCIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	2
1.1.1. Formulación del problema	3
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
<b>II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>5</b>
2.1. ANTECEDENTES	5
2.1.1. Antecedentes de siembra mecanizada de Maíz	5
2.1.2. Antecedente de mecanismos de aplicación de Lluvia solida	6
2.2. BASES TEÓRICAS	7
2.2.1. Maquinaria para siembra	7
2.2.1.1. Condiciones que debe reunir una maquinaria sembradora	7
2.2.2. Tipo de sembradora para Maíz	8
2.2.2.1. Sembradoras a golpes y monograno (de precisión)	8
2.2.3. Clasificación de las sembradoras de precisión o de monograno	11
2.2.4. Elementos de trabajo de las sembradoras a golpes y monograno	12
2.2.4.1. Tolva receptora	13
2.2.4.2. Distribuidor	13
2.2.4.3. Elementos de apertura y cierre del surco	15
2.2.4.4. Sistema de unión al bastidor	16
2.2.5. Dinámica de trabajo de la sembradora de precisión (Monograno)	16
2.2.5.1. Operaciones que realiza la sembradora	17
2.2.6. Datos técnicos y rendimientos de la sembradora de precisión	18
2.2.7. Regulación de la sembradora monograno o de precisión	19
2.2.8. Características ideales de una buena siembra mecanizada	21
2.2.9. El cultivo de Maíz amarillo duro ( <i>Zae mays L.</i> )	23
2.2.9.1. Generalidad del Maíz	23
2.2.9.2. Morfología del Maíz	23
2.2.9.3. Requerimiento edáfico y climático del cultivo de Maíz	25

2.2.9.4.	Épocas de siembra	26
2.2.9.5.	Fertilización	26
2.2.10.	Formas de realizar la siembra de Maíz	26
2.2.10.1.	Siembra manual de Maíz amarillo duro	29
2.2.10.2.	Siembra mecanizada de Maíz amarillo duro	30
2.2.11.	Densidades de siembra para Maíz con sembradora de precisión	31
2.2.12.	Propiedades físicas y agrotécnicos de semillas de Maíz amarillo duro	31
2.2.13.	Tratamientos de las semillas antes de la siembra	34
2.2.14.	Prueba de germinación estándar y emergencia de maíz	34
2.2.15.	Lluvia sólida “Poliacrilato de Potasio”	35
2.2.15.1.	Ventajas del retenedor de agua en plantaciones	36
2.2.15.2.	Composición química	36
2.2.16.	Tipos de polímeros	37
2.2.17.	Lluvia sólida en la agricultura	37
2.2.17.1.	Formas de aplicación de Lluvia solida	38
2.2.18.	Propiedades y mecanismos de acción de Lluvia solida	39
2.2.19.	Degradación e impacto ambiental de Lluvia sólida	40
2.2.20.	Experiencias de investigación en Lluvia solida	41
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	42
2.4.	HIPÓTESIS	43
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>44</b>
3.1.	UBICACIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO	44
3.2.	MATERIALES Y EQUIPOS	47
3.2.1.	Materiales y equipos de campo y escritorio	47
3.2.2.	<i>Software</i>	47
3.2.3.	Insumos	48
3.2.4.	Maquinaria y equipos	48
3.3.	MÉTODOS	48
3.3.1.	Tipo de investigación	48
3.3.2.	Diseño experimental	48
3.3.2.1.	Tratamiento de estudio	49
3.3.2.2.	Modelo estadístico	49
3.3.2.3.	Aleatorización y croquis experimental	50
3.3.3.	Población o universo	53

3.3.4. Unidad de análisis y muestra	53
<b>3.4. PROCEDIMIENTOS</b>	<b>53</b>
3.4.1. Muestreo de suelos	53
3.4.2. Prueba de germinación estándar de semillas de Maíz amarillo duro	54
3.4.3. Preparación del terreno	55
3.4.4. Metodología de acondicionamiento y calibración de la sembradora de precisión cole modelo 12MX Multiflex	55
3.4.4.1. Mantenimiento y acondicionamiento de la sembradora	55
3.4.4.1.1. Limpieza y engrasado de elementos de transmisión	55
3.4.4.1.2. Adaptación de la sembradora a la barra transversal del bastidor de la reja	56
3.4.4.1.3. Implementación de rodamiento (rodajes)	56
3.4.4.2. Calibración de la sembradora de precisión mediante ensayos	57
3.4.4.2.1. Profundidad teórica y real de siembra	57
3.4.4.2.2. Distancia teórica de siembra	57
3.4.4.2.3. Densidad teórico o recomendada de siembra (Kg/ha)	60
3.4.4.2.4. Distancia teórico entre surcos o líneas de siembra	61
3.4.4.2.5. Dosis de Polímero “lluvia sólida” (Kg/ha)	61
3.4.5. Metodología de instalación experimental	62
3.4.6. Labores culturales complementarias	62
3.4.7. Evaluaciones con mediciones de campo	63
3.4.7.1. Densidad real de siembra de maíz amarillo duro (Kg/Ha)	64
3.4.7.2. Distancia real de siembra (plantas)	65
3.4.7.3. Distancia real entre líneas o surcos de siembra	66
3.4.7.4. Altura de planta	66
3.4.7.5. Diámetro del tallo	66
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>67</b>
4.1. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN DE LA SEMBRADORA DE PRECISIÓN, Y DISCUSIÓN	67
4.1.1. Profundidad teórico y real de siembra	67
4.1.2. Distancia teórico de siembra	68
4.1.2.1. Mediante fórmula matemática	68
4.1.2.2. Mediante ensayo con semillas	69
4.1.3. Densidad teórico o recomendada de siembra de MAD (Kg/ha)	70

4.1.4. Distancia teórico entre surcos o filas de siembra	71
4.1.5. Dosis del polímero “lluvia sólida” (Kg/ha)	71
4.2. RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES CON MEDICIONES EN CAMPO, Y DISCUSIÓN	72
4.2.1. Densidad real de siembra de Maíz amarillo duro (Kg/Ha)	72
4.2.2. Distancia real de siembra (plantas)	73
4.2.3. Distancia real entre líneas o surcos de siembra	75
4.2.4. Altura de planta	76
4.2.5. Diámetro del tallo	77
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>79</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>81</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>82</b>
<b>VIII. ANEXOS</b>	<b>85</b>
<b>IX. PANEL FOTOGRÁFICO</b>	<b>96</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N° 01 : Tiempo de trabajo medio para siembra	19
Tabla N° 02 : Densidades para siembra mecanizada de precisión	31
Tabla N° 03 : Propiedades físicas y datos agrotecnicos de diferentes simillas	33
Tabla N° 04 : Acceso al lugar de estudio	44
Tabla N° 05 : Tratamientos en estudio	49
Tabla N° 06 : Cuadro de análisis de varianza	50
Tabla N° 07 : Características de la sembradora de precisión	58
Tabla N° 08 : Profundidad teórica de siembra	67
Tabla N° 09 : Profundidad real de siembra para maíz amarillo duro	67
Tabla N° 10 : Distancias de siembra según la fórmula matemática	68
Tabla N° 11 : Distancias entre granos de semillas de maíz amarillo duro	69
Tabla N° 12 : Datos obtenidos de pesos de semilla de MAD en el ensayo	70
Tabla N° 13 : Densidad teórico de siembra de semilla de MAD (Kg/ha)	70
Tabla N° 14 : Pesos obtenidos de lluvia sólida en los ensayos	71
Tabla N° 15 : Dosis de lluvia sólida (Kg/ha)	72
Tabla N° 16 : Densidad real de siembra	72
Tabla N° 17 : Distancia real de siembra mediante fórmula matemática	73
Tabla N° 18 : Distancias corroboradas de entre plantas en campo	74
Tabla N° 19 : Distancias entre surcos o líneas de plantas de MAD	75
Tabla N° 20 : Análisis de varianza para altura de planta	76
Tabla N° 21 : Prueba de comparación de medidas de Tukey (Altura)	76
Tabla N° 22 : Análisis de varianza para diámetro del tallo	77
Tabla N° 23 : Prueba de comparación de medias de Tukey (Diámetro)	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura N° 01: Determinación de la posición del trazador de hulla	9
Figura N° 02: Sembradora monograno de plato distribuidor horizontal	14
Figura N° 03: Sembradora monograno de doble plato inclinado	14
Figura N° 04: Sembradora vertical de palto inclinado	15
Figura N° 05: Esquema de las operaciones que realiza una maquina sembradora	18
Figura N° 06: Diferentes formas de realizar la siembra	28
Figura N° 07: Formas de siembra según la superficie del terreno	29

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Grafico N° 01: Esquema del campo experimental	52
Grafico N° 02: Unidad de análisis y muestra	53
Grafico N° 03: Promedio de altura de planta (m)	77
Grafico N° 04: Promedio de diámetro del tallo (mm)	78

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo N° 01: Datos agrotecnicos de la semillas de maíz amarillo duro	85
Anexo N° 02: Resultado de la prueba de germinación de MAD	85
Anexo N° 03: Datos de la evaluación de nascencia de plantas en el campo	85
Anexo N° 04: Datos de altura de planta en metros	85
Anexo N° 05: Datos de diámetro del tallo de planta en milímetros	86
Anexo N° 06: Dosis de lluvia sólida en el área experimental neta (Kg/m <sup>2</sup> )	86
Anexo N° 07: Densidad (dosis) de MAD en el área experimental neta (Kg/m <sup>2</sup> )	86
Anexo N° 08: Población de plantas en área experimental y por hectárea	86
Anexo N° 09: Partes de la sembradora Cole modelo 12 MX Multiflex	87
Anexo N° 10: Mecanismo de siembra de la sembradora de precisión	88
Anexo N° 11: Modelo del diseño de las abrazaderas	89
Anexo N° 12: Procedimiento de adaptación de los cuerpos de la sembradora de precisión a la barra transversal del bastidor de la reja	90
Anexo N° 13: Proceso de selección e incorporación de discos e implementación de los rodamientos (rodajes) a los cuerpos de la sembradora	91
Anexo N° 14: Costos de producción de MAD “sin sembradora” (Ha)	92
Anexo N° 15: Costos de producción de MAD “con sembrado” (Ha)	93
Anexo N° 16: Reporte de análisis de fertilidad de suelo	94
Anexo N° 17: Reporte de análisis de propiedades físicas de suelo	95

## RESUMEN

El presente estudio es de carácter experimental, describe la evaluación del desempeño mecánico de la sembradora de precisión en siembra de maíz amarillo duro y aplicación del polímero Poliacrilato de Potasio “lluvia sólida” en la localidad de Cañasbamba, debido que en el área de estudio, la población se dedica a las actividades agrícolas en especial a la producción del cultivo de Maíz, para choclo y grano, donde afrontan muchas dificultades en la producción del cultivo de Maíz. La metodología consistió en la calibración inicial óptima de la sembradora para siembra y aplicación de lluvia sólida simultáneamente y finalmente en evaluar la performance y eficiencia para determinar el desempeño mecánico y la calibración más productiva bajo diferentes condiciones de trabajo, para lo cual se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 3 bloques y 3 tratamientos; T1 (50 Kg/Ha de maíz amarillo duro y 30 Kg/Ha de lluvia sólida), T2 (50 Kg/Ha de maíz amarillo duro y 40 Kg/Ha de lluvia solida) y T3 (50 Kg/Ha de maíz amarillo duro y 50 Kg/Ha de lluvia solida). Se determinó la distancia real calculado con fórmula matemática con y sin porcentaje de emergencia o nascencia que varía de 12.24 a 10.41 cm y con datos corroborados se tiene una distancia promedio de 16.12 cm entre plantas, la cual varia debido a que la sembradora no se adecua al 100% a las sinuosidades del terreno, la distancia promedio entre filas o surcos de 0.825 m, la profundidad de siembra teórico de 7 cm y profundidad real promedio de 5.83 cm y finalmente se obtuvo la calibración más productiva para siembra mecanizada de maíz amarillo duro y aplicación del polímero “lluvia sólida” simultáneamente con el tratamiento T3 (50 Kg/ha de maíz amarillo duro y 50 Kg/ha de lluvia sólida) debido a que hubo mejor desarrollo morfológico de maíz amarillo, teniendo una altura promedio de planta de 1.57 m y diámetro promedio del tallo de 24.88 mm.

**Palabras clave:** Calibración, desempeño mecánico, eficiencia, lluvia sólida, hidrogel.

## ABSTRACT

The present study is experimental in nature, it describes the evaluation of the mechanical performance of the precision planter in seeding hard yellow corn and the application of the Polyacrylate Potassium polymer “solid rain” in the town of Cañasbamba, because in the study area, the population dedicates itself to agricultural activities, especially to the production of the corn crop, for corn and grain, where they face many difficulties in the production of the corn crop. The methodology consisted of the optimal initial calibration of the planter for the sowing and the application of solid rain simultaneously and finally in evaluating the performance and the efficiency to determine the mechanical performance and the most productive calibration in different working conditions, for which used complete randomized block design (DBCA) with 3 blocks and 3 treatments; T1 (50 Kg / Ha of hard yellow corn and 30 Kg / Ha of solid rain), T2 (50 Kg / Ha of hard yellow corn and 40 Kg / Ha of solid rain) and T3 (50 Kg / Ha of hard yellow corn and 50 Kg / Ha of solid rain). The real distance calculated with a mathematical formula with and without percentage of emergence or nascence that varies from 12.24 to 10.41 cm was determined and with corroborated data, there is an average distance of 16.12 cm between plants, which varies due to the fact that the planter is not suitable 100% to the sinuosities of the terrain, the average distance between rows or furrows of 0.825 m, the theoretical planting depth of 7 cm and average real depth of 5.83 cm and finally the most productive calibration was obtained for mechanized planting of hard yellow corn and application of the “solid rain” polymer simultaneously with the T3 treatment (50 Kg / ha of hard yellow corn and 50 Kg / ha of solid rain) because there was better morphological development of yellow corn, having an average plant height of 1.57 m and average stem diameter of 24.88 mm.

**Keywords:** Calibration, mechanical performance, efficiency, solid rain, hydrogel.

## I. INTRODUCCIÓN

La agricultura moderna se desarrolla con un importante aporte energético proveniente del uso de máquina y equipos agrícolas, que permiten la realización oportuna y eficiente de las distintas operaciones implícitas en el proceso de producción (**González, 1995**), este nivel de mecanización permite una agricultura más intensiva, una expansión de la superficie de cultivo, una mayor precisión y un aumento de la tempestividad de las intervenciones de cultivo y un alivio de los atascos de mano de obra (**FAO, 1992**).

La mecanización agrícola es la aplicación de tecnología mecánica y mayor potencia a la agricultura, lo que posibilita mejorar la productividad y contribuye al desarrollo de la economía de los países (**IFPRI, 2018**), el uso de procesos de mecanización adecuados en la producción agrícola han sido factores decisivos para la modernización y obtención de mayores logros en algunos de los países de Latinoamérica.

Las maquinas sembradoras tienen la misión de colocar en el terreno (en diferentes condiciones) la más diversas clases de semillas sin dañarlas; en general, la siembra la realizan en líneas, a una profundidad uniforme, pero diferente para cada semillas y condiciones distintas (normalmente, entre 1 y 8 cm) (**Ortiz, 1995**).

En los procesos productivos de los cultivos, están presentes las operaciones agrícolas mecanizadas y por tanto es necesario conocer los rendimientos de las máquinas sembradoras de precisión o monograno, bajo diferentes condiciones de trabajo y sollicitaciones de carga; para presupuestar y programar su uso eficiente y oportuno, para realizar la siembra (depositar los granos uno a uno y a distancias precisas) de las semillas de maíz y otras semillas.

Debido a las dificultades en la producción del cultivo de maíz, para choclo y grano, en el Callejón de Huaylas desde la siembra del cultivo de maíz hasta la cosecha y a la vez no se cuenta con suficiente agua para riego de los cultivos, debido a estas problemáticas el presente estudio tiene por finalidad proponer alternativas de solución y dar una respuesta en cuanto al sistema de siembra y aplicación de lluvia sólida de forma mecanizada.

Para el aprovechamiento del manejo de sistemas de siembra para una agricultura sostenible en la localidad de Cañasbamba y en el Callejón de Huaylas Provincia de Yungay – Ancash.

Los polímeros sintéticos “lluvia sólida” especialmente el Poliacrilato de Potasio, en la actualidad está siendo utilizado con mayor frecuencia en el ámbito de la agricultura (en varios cultivos temporales y definitivos) como en el Maíz, en sus distintas variedades, así como a nivel de frutales, tanto a nivel del Perú; costa norte, central y en la sierra, debido a que permite almacenar agua y nutrientes disueltos, para ser liberados posteriormente a la planta cuando este lo necesite.

Es por ello, que se plantea el presente investigación a nivel experimental de tal manera que se pueda evaluar el desempeño mecanico de la sembradora de precisión Cole modelo 12MX multiflex, en siembra y aplicación de lluvia sólida, buscando la calibración más productiva, debido a que no existe una receta fija por lo se presenta un reto a investigación.

## **1.1. DESCRIPCIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA**

Los productores del callejón de Huaylas se dedican a las actividades agrícolas en especial a la producción del cultivo de Maíz, para choclo y grano, donde afrontan muchas dificultades en la producción del cultivo de Maíz. Los pobladores de Cañasbamba y del callejón de Huaylas, sustentan su economía familiar en el desarrollo de las actividades agrícolas y pecuarias de subsistencia, donde las diferentes actividades agrícolas que se dedican en la zona son estacionales y permanentes, las actividades estacionales se cultivan con conocimientos hereditarios de los padres y/o abuelos.

A esto se suma la falta de conocimiento en cuanto a uso de maquinarias, para realizar una agricultura mecanizada, ahorrando tiempo y economía en mano de obra y la utilización inadecuada del recurso agua – suelo en la agricultura que generan perdida de la fertilidad de suelos, en consecuencia bajos niveles de producción y productividad, generando la pobreza y la migración a las zonas urbanas por falta de rentabilidad de la producción agrícola.

### **1.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál será la performance y eficiencia de la sembradora de precisión COLE modelo 12MX Multiflex, que obtendremos para siembra de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) y aplicación del polímero poliacrilato de potasio?

### **1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO**

El presente estudio de investigación sirve como aporte al ámbito de estudio (Cañasbamba y al callejón de Huaylas) en mejorar conocimientos y experiencias en cuanto a implementación de tecnologías del sistema de siembra mecanizada, con uso de maquinarias agrícolas y sembradora de precisión, para siembra monograno del cultivo de maíz amarillo duro y aplicación del polímero “lluvia sólida”, para ahorrar tiempo y economía en gastos de mano de obra, con la finalidad y con el propósito de mejorar un desarrollo económico, social y ambiental de la localidad de Cañasbamba, a través de la optimización del uso maquinaria agrícola para siembra mecanizada y manejo adecuado de suministro agua – suelo, evitando pérdida de fertilidad de suelos. La importancia del sistema de siembra mecanizada radica en que se puede uniformizar las distancias de siembra entre plantas y surcos, fertilización y otras actividades que se pueden realizar con uso de sembradoras mecánicas.

Para acondicionar y luego evaluar el desempeño de la sembradora de precisión para siembra de maíz amarillo duro y aplicación del polímero poliacrilato de potasio en la zona de estudio, primeramente se estudió los atributos o características de la sembradora con la que se trabajó y algunas características del suelo del ámbito de estudio.

En este sentido la información generada en el presente estudio podrá ser utilizada por las instituciones nacionales y/o regionales para incentivar el uso de maquinaria agrícola para siembra monograno del cultivo de maíz, así mejorar en la producción del cultivo y la calidad de vida del agricultor.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el desempeño de la sembradora Cole modelo 12 MX Multiflex, en siembra de maíz amarillo duro y la aplicación simultánea del polímero poliacrilato de potasio.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Adecuar y acondicionar la sembradora Cole modelo 12 MX Multiflex, para siembra monograno en líneas de maíz amarillo duro.
- Medir el desempeño mecánico de la sembradora Cole modelo 12 MX Multiflex, en siembra y aplicación del polímero poliacrilato de potasio simultáneamente.
- Determinar la calibración más productiva de siembra y aplicación del polímero “lluvia sólida”.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. ANTECEDENTES

#### 2.1.1. ANTECEDENTES DE SIEMBRA MECANIZADA DE MAÍZ

**Vargas (2017)** menciona para maíz que, en dos experimentos realizados, uno con granos de plano grande sembrados a 5 cm y a 15 cm de profundidad y en el segundo experimento a similares profundidades, se sembraron granos de maíz plano chico. Al finalizar los experimentos se encontró que: en las siembras realizadas a 5 cm de profundidad se pudo obtener mejor nacencia y desarrollo de las plantas dentro de los primeros 20 días seguidos a la siembra, y más tardado en la siembra hecha a 15 cm de profundidad, con cualquiera que allá sido el tamaño de semilla sembrada. Situación que obedece al tamaño más grande de la semilla puesto que esta dispone de mayor cantidad de nutrientes como reserva almacenada, lo cual se refleja en una nacencia más rápida de pantas vigorosas.

**González (1995)** conceptualiza que las sembradoras de precisión han evolucionado en su diseño y construcción hacia el concepto de unidades de siembra individuales, cuyo número es igual al número de hileras a sembrar en un solo pase de a máquina, las cuales pueden colocarse a lo largo de una barra porta implemento con el espaciamiento deseado entre hileras. En las sembradoras modernas las unidades de siembra pueden desplazarse verticalmente en relación con la barra porta implementos mediante una articulación en paralelogramo y, así mismo, se puede variar a voluntad la distancia entre líneas de siembra.

**Paliwal & Nations (2001)** definen que, en algunos ambientes, por ejemplo en las tierras altas de México, la semilla se coloca normalmente a una profundidad de 12 a 15 cm a fin de tener niveles adecuados de humedad

para la germinación. En estos ambientes los genotipos de Maíz con un mesocotilo de fuerte y rápida elongación representan una ventaja.

### **2.1.2. ANTECEDENTES DE MECANISMOS DE APLICACIÓN DE LLUVIA SOLIDA**

**Bórquez et al (2013) citado por Orbegoso (2016)** hace referencia que son pocas las investigaciones de estos hidrogeles, además, la mayoría se han realizado en sustratos, siendo solo la investigación de Bórquez et al (2013) la única probada en campo; dejando desconocido la cantidad adecuada a emplear para justificar la inversión.

**Tecnologica (1997)** hace mención que se efectuó un experimento preliminar para determinar la capacidad de retención de agua del hidrogel incorporando en el suelo. Se hidrataron, con agua destilada, 2, 4, 6, 8 y 10g/maceta y se colocaron a 2 cm de profundidad en el suelo de las macetas. Se determinó que no había gran diferencia en cuanto a la dosificación del hidrogel.

El polímero de potasio es un polímero absorbente que debe hidratarse con agua y dejarlo entre 15 a 20 minutos para que absorba el agua al tenerlo hidratado, se procede a aplicar la dosis recomendada es de 10 g/metro lineal (133.33 Kg/Ha a un distanciamiento de 0.75 m. entre surcos) la aplicación debe realizarse antes de sembrar la semilla, a una profundidad entre 7 cm. a 12 cm. y tapar con tierra dicha aplicación, posteriormente se realiza la siembra tradicional de la semilla (**Rodríguez, 2014**).

**Vamot Agro (1999) citado por Nolasco Jacinto (2019, p.6)** indica que en su Informe de Evaluación Cultivo de Fresa (*Fragaria x ananassa*) Parcela 279 – El Pedregal Proyecto Majes Arequipa: En un trabajo comparativo entre mayo a setiembre de 1999. La primera cosecha dio un rendimiento de 8 t/ha de fresas para el testigo y 15 t/ha de fresas para el tratamiento con el Hidrosorb Agro. El riego utilizado en el proyecto es por aspersión ahorrando hasta 50% de agua en el tratamiento debido a la propiedad

hidroabsorbente de Hidrosorb Agro. La dosis utilizada de Hidrosorb Agro fue de 60 kg/ha.

**Estrada (2006) citado por Orbegoso (2016)** menciona que el uso de polímeros en forma extensiva permite la recuperación de zonas semiáridas o terrenos de cultivo abandonados y poco fértiles. También se han utilizado, mezclándolos con abonos, en campañas de reforestación, donde proporcionan a los plántones una reserva de agua para las primeras fases (las más críticas) de su adaptación al terreno, permitiendo una disminución en la cantidad de agua empleada en el riego o bien, un mayor espaciado de los mismos, con el consiguiente ahorro de agua y dinero que ello supone.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. MAQUINARIA PARA SIEMBRA**

Las sembradoras parecen ser de origen, por ser empleadas en la agricultura china desde tiempos remotos. En Europa aparecen por primera vez en el norte de España, en el siglo XVII, pudiéndose citar como la primera máquina agrícola del mundo la del español José Locatelli, que en 1636 realizó una prueba en Viena de una sembradora consistente en un eje con un distribuidor de cucharilla. Posteriormente en Inglaterra, en el siglo XVIII fueron introducidos por Jerthro Tull.

El desarrollo de las sembradoras fue lento, pues no presentaba una economía en la ejecución el trabajo, sino que este en general, era más caro; en vez de un solo operario o dos, si va otro labrando detrás para enterar la semilla, se emplea un maquina con su medio de tracción, y un operario o dos. Pero la operación se muestra ventajosa cuando se considera la economía de semilla por hectárea y la regularidad obtenida. (**Ortiz & Hernanz, 1988**).

#### **2.2.1.1. Condiciones que debe reunir una maquinaria sembradora**

- Poder variar la cantidad de semilla por hectárea.
- Regulación de la profundidad de siembra.

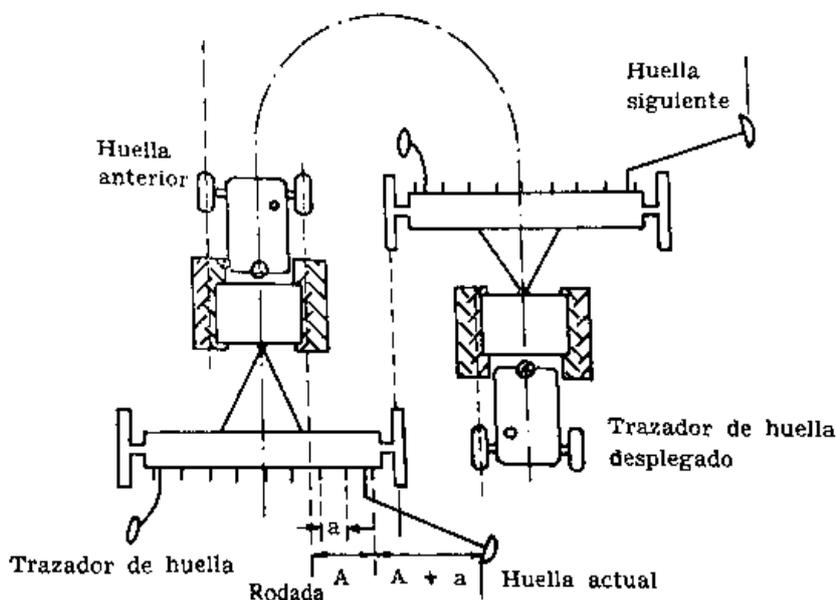
- Siembra uniforme, aunque la velocidad de trabajo varié.
- No producir daños a las semillas.
- Poseer la suficiente autonomía para reducir el mínimo los tiempos muertos en la carga de la tolva.
- Polivalencia para distintos tipos de semillas.
- Adaptación al relieve del terreno.
- Visibilidad para el control de su funcionamiento.
- Facilidad para el llenado y vaciado de la misma así como de mantenimiento.
- Facilidad de transporte.

## **2.2.2. TIPO DE SEMBRADORA PARA MAÍZ**

### **2.2.2.1. Sembradoras a golpes y monograno (de precisión)**

No existe una diferenciación clara entre las sembradoras a golpes y las monograno. La siembra a golpes consiste en dejar sobre el suelo grupos de dos a tres semillas a distancias más o menos regulares; estas semillas son de tipo grueso (maíz, algodón, etc...). El objetivo en la siembra a golpes es asegurar la nascencia de al menos una de las semillas en cada golpe, si bien en el caso de que nazcan más es preciso realizar el aclareo. En relación a la maquina a utilizar, tanto si es monograno como a golpes, los elementos de trabajo son prácticamente los mismos, lo único que las diferencia es el tamaño de las celdas del plato distribuidor respecto de las semillas, mayor en las de golpes (**Ortiz & Hernanz, 1988**).

**Fig. N° 01: Determinación de la posición del trazador de huella:**  
*a*, distancia entre líneas de siembra: *A*, Distancia entre huella y la línea de siembra extrema.



**Fuente:** Ortiz & Hernanz (1988).

Ortiz (1989) menciona que las sembradoras monograno o de precisión deben depositar los granos uno a uno y a distancia precisas. Trabajan siempre en una sola línea, por lo que en su montaje ha de guardarse una distancia entre líneas adyacentes de al menos 25 cm. para distancias menores han de montarse los cuerpos en dos filas.

La colocación exacta de las semillas (de maíz, remolacha y hortalizas, que requieren una densidad de plantas por hectárea entre 40.000 a 150.000) es exigida por las siguientes razones:

- Disminución de la cantidad de semilla a aplicar.
- Mayor facilidad de las labores de cultivo mecanizadas.
- Exactitud en la superficie unitaria de las plantas para una productividad óptima.

- Disminución de la necesidades de mano de obra (aclareo manual), haciendo posible el aclareo mecánico.
- Siembra a distancia definitiva (necesidad de semilla monogermen en el caso de la remolacha).
- Óptimas condiciones para la recolección.

**Ortiz & Hernanz (1988)** mencionan que las condiciones que se debe reunir para que una siembra pueda denominarse de precisión, son los siguientes:

1. Las semillas deben ser de tamaño uniforme.
2. Los alveolos de los platos distribuidores deben ser del tamaño correspondiente a la semilla.
3. Las semillas deben tener tiempo suficiente para entrar en los alveolos, para lo cual es importante la velocidad periférica del plato.
4. Debe haber un buen gatillo o “cepillo”, con objeto de evitar siembras múltiples y barrer las semillas mal colocadas con objeto de que no se partan o deterioren.
5. Debe existir un sistema positivo de eyección de las semillas, de modo que las fuerce a caer por el tubo de salida.
6. El tubo de caída debe ser de pequeño diámetro, liso, recto y debe terminar en la proximidad del fondo del surco, con objeto de que se retarse la semillas durante la caída.

Así, sembrando a la velocidad de 5 km/h con un esparcimiento de 5 cm, si una semilla se retrasa 1/30 s al caer, será alcanzada por la semilla siguiente.

7. Las semillas deben situarse a la profundidad adecuada y no deben desviarse apreciablemente por rebote o por rodar en el surco.

### 2.2.3. CLASIFICACIÓN DE LAS SEMBRADORAS DE PRECISIÓN O DE MONOGRANO

Según, Ortiz (1995);

#### a) El principio de funcionamiento: mecánicas y neumáticas

La mayoría de las sembradoras eran antes de tipo mecánico. El elemento de siembra puede ser un disco perforado o llevar en su periferia unos alveolos o escotaduras. Las perforaciones o escotaduras de los discos se adaptan al tamaño y forma de las semillas a emplear, así como a la distancia de siembra. Son siempre más exactas las sembradoras con platos distribuidores de gran diámetro, de velocidad periférica pequeña, y si es posible, con velocidad relativa nula respecto al suelo. La velocidad de avance de estas sembradoras influye también sobre su precisión: al aumentar, esta disminuye. Lo usual, es de 3 a 6 (llegando hasta 8) km/h para remolacha y hasta 7 km/h para maíz.

La semilla entra en la de siembra a través de un orificio, A, procedente de la tolva. La semilla se descarga detrás del rodillo de enrase.

Las sembradoras neumáticas utilizan un sistema de aspiración de aire para el llenado de las celdillas, las cuales deben ser obligadamente de menor tamaño que las semillas. Por medio de esta aspiración quedan varias semillas adheridas a un alveolo, permaneciendo posteriormente una sola pegada a él mediante la acción de un dispositivo engrasador hasta que al llegar a una zona en que no existe dicha depresión (parte inferior de la sembradora), cae libremente al fondo del surco.

#### b) La posición del elemento distribuidor

Puede ser vertical, horizontal o inclinada. Según dicha posición, la altura de caída de la semilla es distinta, interesando que esta sea lo más reducida posible, ya que así se consigue una colocación de las semillas a distancias más exactas. La menor altura se consigue con el

disco vertical, aumentando generalmente en el caso de disco inclinado y más aún cuando este es horizontal.

**c) El tipo de accionamiento**

La forma de accionamiento hasta ahora más generalizada es la individual para cada elemento. Este sistema tiene la ventaja de que se pueden montar tantos elementos como se desee y a cualquier distancia. Sin embargo, en terrenos no demasiado bien preparados y trabajando a velocidades altas (caso de la siembra de maíz), pueden producirse diferentes de resbalamiento entre las ruedas de accionamiento de los distintos elementos; además, si ha de corregirse la distancia de siembra frecuentemente, resulta trabajoso. Esto se resuelve por medio del accionamiento combinado, que consiste en la conexión de dos o más ruedas por medio de un eje articulado. El accionamiento central es el más seguro: unas ruedas grandes de apoyo transmiten el movimiento a través de un eje a todos los órganos de siembra. Con un solo dispositivo se vería fácilmente la distancia de siembra de todos los elementos.

Como elementos accesorios se utilizan casi siempre pulverizadores para el tratamiento herbicida de la banda de siembra o de las bandas laterales, y en el caso del maíz, una abonadora-localizadora para el abonado de fondo. Son necesarios también los trazadores de cultivo de la banda de siembra, así como una pasadera para un operario.

**2.2.4. ELEMENTOS DE TRABAJO DE SEMBRADORAS A GOLPES Y MONOGRANO**

Estas máquinas trabajan en hileras mediante una serie de unidades llamadas cuerpos de siembra, que se unen al bastidor de fijación y este a su vez al enganche del tractor con la posibilidad de desplazamiento lateral e intercambiabilidad (**Ortiz & Hernanz, 1988**).

Los elementos principales de un cuerpo de siembra son los siguientes:

#### 2.2.4.1. Tolva receptora

Es el recipiente que contiene las semillas, cuyo volumen oscila entre 4 y 18 l, siendo las capacidades menores para las semillas pequeñas de tipo hortícola.

Con respecto a la situación del plato distribuidor respecto de la tolva nos encontramos con dos casos:

- a) **Bajo carga:** Este se sitúa bajo la tolva alimentándose por gravedad.
- b) **Desplazado:** La alimentación se produce desde un lateral, es característico de los equipos neumáticos.

#### 2.2.4.2. Distribuidor

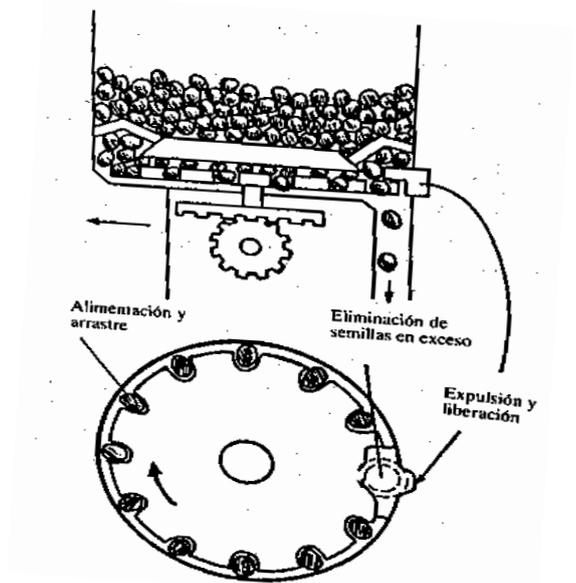
Es el dispositivo donde se alojan las semillas, que son transportadas, y liberadas en la zona de descarga, cayendo sobre el terreno preparado. Respecto a los sistemas y modalidades de distribución nos encontramos en los siguientes tipos:

##### **Distribución de alimentación mecánica de plato**

Consiste en un plato circular que en su periferia, o próximo a ella, lleva una serie de alveolos o escotaduras. Dicho plato va dotado de un movimiento de rotación sincronizado con el avance de la máquina. Donde de este grupo nos encontramos con los siguientes tipos:

- a. **Horizontal:** Es el que más se utiliza para semillas de grueso calibre, tipo maíz, garbanzo, etc...ya que la precisión de siembra en estos casos, puede considerarse aceptables. La altura de la caída de las semillas en la mayor parte de los casos no es inferior a los 30 cm. Su diámetro oscila entre 20 y 30 cm.

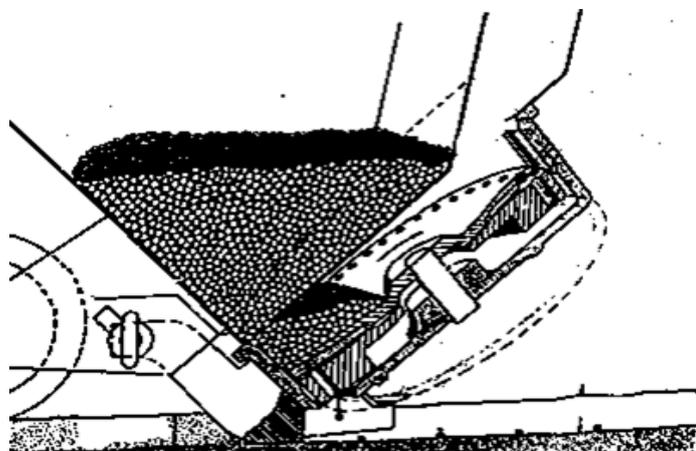
**Fig. N° 02: Sembradora monograno de plato distribuidor horizontal**



**Fuente:** *Ortiz & Hernanz (1988).*

- b. Inclinado:** La alimentación es lateral donde las semillas se recogen desde la parte inferior de la tolva siendo descargables bien por la parte superior, o bien en un segundo plato paralelo al anterior que as conduce justo hasta la zona de descarga situada bajo la tolva. La altura de caída varía entre 10 y 30 cm, según si la descarga es por abajo o por arriba.

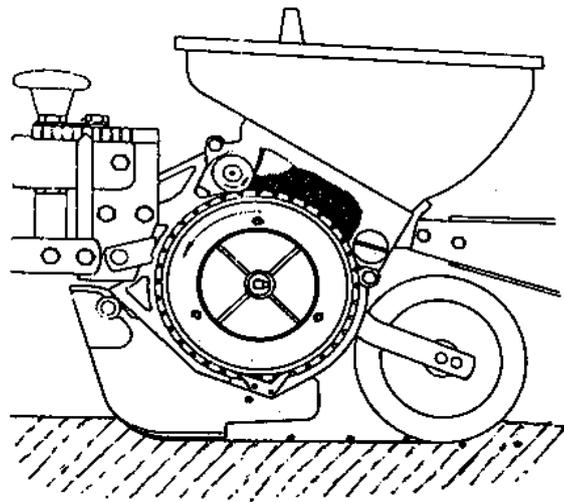
**Fig. N° 03: Sembradora monograno de doble plato inclinado**



**Fuente:** *Ortiz & Hernanz (1988).*

- c. **Vertical:** Mejor que el disco cabría hablar de tambor estrecho, de 2 a 4 cm de grosor, en cuyo lomo se disponen los alojamientos de las semillas. Dada la reducida altura de descarga, menor de 10 cm, se mejora notablemente la precisión, sin embrago, son más caras que las anteriormente mencionadas. El diámetro de los platos puede llegar a los 50 cm.

**Fig. N° 04:** *Sembradora vertical de plato inclinado*



**Fuente:** *Ortiz & Hernanz (1988).*

#### **2.2.4.3. Elementos de apertura y cierre del surco**

Tan importante como la dosificación es conseguir que las semillas queden enterradas a la profundidad requerida, según su tamaño, tipo de suelo y pluviometría de la zona. Las sembradoras monograno disponen de los elementos intercambiables de apertura y cierre el surco de siembra, según tipo de semilla.

##### **♣ Dispositivos para semillas de maíz**

No dispone de la rueda compactadora allanadora, ni en algunos casos de la reja separadora de terrones. Por otro lado la reja de siembra es de mayor tamaño al tener que depositar las semillas a una mayor profundidad.

#### **2.2.4.4. Sistema de unión al bastidor**

El sistema de unión al bastidor se compone de un cuadrilátero articulado en cuya biela se montan los elementos del cuerpo de siembra. Los brazos balancines permiten desplazar dichos elementos en sentido vertical con la finalidad de adaptar la siembra a las ondulaciones del terreno, así como para remontar pequeños obstáculos.

#### **2.2.5. DINÁMICA DE TRABAJO DE LA SEMBRADORA DE PRECISIÓN (MONOGRANO)**

**Vargas (2017)** menciona que para poseer mecanismos dosificadores de semilla de dosis definidas independientes de las condiciones de trabajo (velocidad, residuos, etc.); ajustes y calibraciones simples y rápidas, etc. Sembradoras grandes y de tiro son ideales para terrenos planos extensos e inadecuados para suelos irregulares y predios pequeños. En las áreas de minifundio y de topografía accidentada, las sembradoras de alce hidráulico pueden ser más eficientes.

La regulación de la profundidad de la semilla depende del cultivo a establecer y de la calidad de la semilla a ser empleada (vigor y germinación). En la siembra de semillas de tamaño mayor, la profundidad debe estar alrededor de 5 cm.

#### **Mecanismos de medición**

Estas sembradoras difieren, por tener dispositivos que miden una sola semilla. Estos mecanismos en ocasiones deben seleccionar hasta 5 000 semillas por minuto de diferentes tamaños y formas. Se requiere que el daño mecánico ocasionado por la manipulación de las semillas sea el mínimo para no afectar la germinación y por tanto obtener la densidad de siembra deseable.

Los mecanismos medidores pueden ser de dos tipos básicos: los mecánicos y los neumáticos. El dispositivo mecánico convencional, de plato horizontal con celdas, va colocado en el fondo o base de la tolva de

semillas y esta acoplado a ella por medio de un perno que ocupa la parte central y sirve de eje para otras piezas móviles. Los platos son de formas muy diversas. Unos llevan orificios circulares y otras escotaduras periféricas en los cuales deben entrar exactamente el número de semillas para el cual se preseleccionan. Se debe entonces emplear en estos casos semillas clasificadas, de tamaño homogéneo (**González, 1995**).

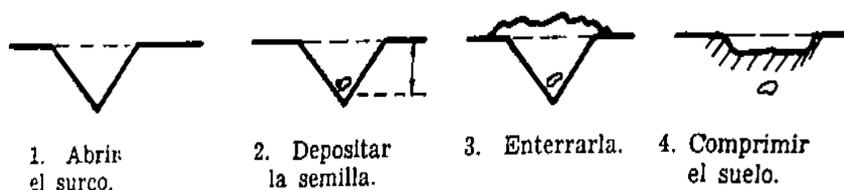
#### **2.2.5.1. Operaciones que realiza la sembradora**

*Según, Ortiz (1995);*

- a) Abrir el surco: El sitio donde se va a depositar la semilla se adecua por promedio de los distintos tipos de herramientas como son;
  - Rejas surcadoras. Encargadas de abrir el suelo siendo depositada la semilla en el fondo del surco inmediatamente detrás, cayendo de nuevo la tierra sobre la semilla.
  - Cuchillas circulares. Pueden ser una cuchilla circular o dos discos planos. Estos tipos de abridores trabajan satisfactoriamente en toda clase de condices de suelo, y mejora pulverizando el terreno en líneas.
- b) Dosificar y depositar la semilla en el surco: Se realiza por medio de los distribuidores y de los tubos de caídas.
- c) Enterrar la semilla: La propia reja surcadora crea efecto de enterrado, aunque pueden existir rejas adyacentes, cadenas rastras, etc.
- d) Compactar la tierra a lo largo y ancho del pequeño surco de siembra.

La tolva se la semilla debe ser de fácil llenado, vaciado y limpieza. Desde la tolva, la semilla desciende desde el mecanismo dosificador por las conducciones y las rejas hasta el suelo.

**Fig. N° 05: Esquema de las operaciones que realiza una maquina sembradora.**



**Fuente:** Ortiz (1995).

### 2.2.6. DATOS TÉCNICOS Y RENDIMIENTOS DE LA SEMBRADORA DE PRECISIÓN

La siembra se realiza hasta ahora generalmente como un proceso separado de las demás labores, sobre el terreno ya perfectamente preparado y empleando un solo operario. La necesidad media de potencia es, para el tractor, de 5 a 7.5 kW (8-10 CV) por metro de anchura.

En la tendencia a la simplificación de las labores aumenta el interés de la combinación de la siembra con otras labores (arado, fresa, grada y abonadora), así como la siembra directa (**Ortiz, 1989**).

La capacidad de la tolva de las sembradoras de precisión es:

- De plato vertical: 4-8 l
- De plato inclinado: 8-15 l
- De plato horizontal: 15-18 l

Para la siembra de remolacha y hortícolas es una capacidad más que suficiente. Sin embargo, en el caso de maíz, capacidades de menos de 10 litros hacen aumentar mucho los tiempos accesorios de llenado de la tolva.

Con un litro de semilla pueden sembrarse aproximadamente:

- ✓ Semilla de remolacha monogermen mecánica: 1400 m<sup>2</sup> (0.07 ha, para calles de 0.5 m).
- ✓ Semilla de remolacha monogermen empiladora: 1000 m<sup>2</sup> (0.05 ha).

- ✓ Maíz: 400 m<sup>2</sup> (0.03 ha, para calles de 75 cm). Tiempos de trabajo medio para siembra por los distintos procedimientos se resumen en el cuadro siguiente:

**Tabla N° 01: Tiempo de trabajo medio para siembra**

Tipo de siembra	Anchura (m)	hTH/ha, con un solo operario
Siembra en líneas, a chorrillo	2	2.1
	3	1.3
Siembra de precisión, de remolacha	2.5	2
Siembra a golpes, de maíz	3	1.7

**Fuente:** Ortiz (1989).

### 2.2.7. REGULACIONES DE LA SEMBRADORA MONOGRANO O DE PRECISIÓN

- a) **Regulación de la distancia de siembra. Se basa en dos magnitudes variables:**

- Número de alveolos del disco de siembra;
- Relación de transmisión entre la rueda de apoyo y el disco.

La relación (i) de transmisión entre la rueda de apoyo motriz y el disco accionado es:

$$i = \frac{nm \text{ (n.º vueltas rueda motriz)}}{nd \text{ (n.º vueltas plato distribuidor)}}$$

La distancia (l) recorrida por la rueda de radio efectivo (bajo carga) sobre el suelo en una vuelta es:

$$l = 2 \cdot \pi \cdot R = 6.28 \cdot R$$

Siendo: d, distancia de siembra, y k, número de alveolos del plato y, por tanto, de semillas en una vuelta completa del mismo. Para una vuelta del plato distribuidor, el número de vueltas de la rueda motriz

será «i», es decir, la maquina habrá avanzado la distancia i.l. Luego podremos igualar:  $k.d = i.l = i.2. \pi.R$ .

La distancia teórica de siembra será:

$$d = \frac{2 \pi \cdot R}{k} \cdot i$$

Conociendo esta relación y las relaciones de transmisión para cada conjunto de piñones, puede calcularse la distancia teórica de siembra para cualquier número de alveolos del plato distribuidor.

El *cambio de las distancias de siembra* se realiza cambiando los piñones y el cambio del plato distribuidor, desmontando la tolva, en cuya base se encuentra.

#### **b) Regulación de la profundidad de siembra**

La distancia vertical entre las ruedas de apoyo de la sembradora y las rejas abridoras determina, la profundidad de siembra. Así por medio de mecanismo (mecánico o hidráulico) de elevación se ajusta la profundidad. Este ajuste puede no ser suficiente en los casos de terrenos muy secos y/o duros. En estos casos ha de actuarse sobre el resorte de presión de que suele ir provista cada una de las rejas surcadoras.

Se regula por la altura de la reja abridora y, en su caso, por la de las ruedas de apoyo.

#### **c) La regulación de la distancia entre filas de siembra**

Requiere el posicionamiento adecuado de cada uno de los cuerpos de siembra, a lo largo de la barra transversal del bastidor, estas deben ser trasladables a lo largo de sus soportes transversales en el bastidor, en general por medio de abrazaderas y tornillos, con posicionamiento continuo o discontinuo.

#### **d) Densidad de siembra**

Finalmente, existen dos aspectos que condicionan la densidad de plantas real obtenida tras la siembra, que son:

- ✓ El porcentaje o coeficiente de emergencia de la semilla: si este fuera bajo, debe aumentarse proporcionalmente la dosis superficial de siembra.
- ✓ El resbalamiento o deslizamiento de las ruedas motrices, que viene determinado tanto por las condiciones del terreno como por la resistencia al giro de los elementos distribuidores de la máquina. Viene dado también por un porcentaje que influye en la dosis y en la distancia de siembra (aumentándola) en el mismo sentido que el coeficiente de germinación.

### **2.2.8. CARACTERISTICAS IDEALES DE UNA BUENA SIEMBRA MECANIZADA**

Según, **Soto (1994)**;

#### **1. Condiciones de suelo**

- Debe procurarse una buena preparación del suelo para tener una superficie mullida que reciba la semilla. La nivelación deberá ser lo más perfecta posible.
- La humedad del suelo tiene que ser óptima.
- Es necesario un buen drenaje para obtener resultados favorables en los riegos.

#### **2. Condiciones del medio ambiente**

- El tipo de siembra (cama, fondo o lomo de surco) estará en relación con la estación del año (principalmente con las lluvias), para evitar la formación de costras duras que impidan la germinación.

- Para obtener una buena germinación, la profundidad de siembra será la adecuada al tipo de semilla y la temperatura media del suelo y humedad.

### **3. Condiciones de la semilla**

- Se debe comprobar el porcentaje de germinación para basar correctamente la dosificación.
- Es necesario emplear, de preferencia, semillas certificadas, de tamaño uniforme y libre de impurezas.
- La semilla se debe tratar con fungicidas para asegurar una correcta nacencia.

### **4. De la sembradora**

- Conviene emplear la reja abridora de surcos que mejor se adapte a la variedad que se sembrara.
- Se recomienda usar el plato semillero que evita rotura de semillas, y que dosifique la densidad que recomiendan los campos experimentales de la región.
- Para su distribución uniforme de la semilla en el suelo es pertinente emplear el plato semillero y mecanismo de siembra probado antes de iniciar la operación.
- Es necesario depositar la semilla a la profundidad requerida, ajustando correctamente los tapadores.
- El abridor de cama de semilla deberá trabajar sobre suelo más o menos firme para que la semilla sea depositada en tierra suelta y poca turronada.
- Se debe buscar el correcto grado de compresión del suelo alrededor de la semilla.

## **2.2.9. EL CULTIVO DE MAÍZ AMARILLO DURO (*Zea mays* L.)**

### **2.2.9.1. Generalidades del Maíz**

“OIA-MINAG (2000) menciona que el maíz amarillo duro, es el principal componente (53%) de los alimentos balanceados que se producen en el país, de los cuales el 64.24% es utilizado para aves de carne, 26.52 % para aves de postura, 3.09% para porcinos y 1.86% para engorde de ganado; un menos porcentaje se utilizada en la alimentación humana, en la forma de harinas, hojuelas, entre otros.” (Díaz Cerón, P., 2011).

OIA-MINAG (2000) citado por Díaz Cerón, P. (2011) indica que en la costa y selva se produce el maíz amarillo duro, cuyo grano presenta endospermo cristalino. En la sierra se produce maíz con diferentes tipos de grano, siendo más frecuentes los maíces amiláceos constituidos por endospermo harinoso y opaco, y los maíces morochos, que se caracterizan por presentar una porción cristalina en el centro del grano rodeado por endospermo amiláceo.

### **2.2.9.2. Morfología del Maíz**

#### **a) La Planta**

“León (1986) menciona que *Zea mays* es un planta anual, monoica; sus eflorescencias masculinas y femeninas se encuentra en la misma planta, con un tallo erguido, rígido y sólido” (Yépez Chilo, 2011).

#### **b) Tallo**

“León (1986) manifiesta que el tallo se compone de: Una epidermis exterior, impermeable y transparente, una pared por donde circulan las sustancias alimentarias y una medula de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias, en especial azucares” (Yépez Chilo, 2011).

La importancia de medir la altura de la planta se debe a que es un parámetro que determina el grado de desarrollo de la área foliar y el tamaño de la planta.

**c) Hojas**

Toman una forma alargada íntimamente arrollada al tallo, del cual también nacen las espigas o mazorcas. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes (**DRA-IV, 1981**).

**d) Mazorcas**

Cada mazorca consiste en un tronco, tusa u olote que está cubierta por fila de graos, la parte comestible de la planta (**DRA-IV, 1981**).

**e) Raíz**

El maíz tiene un sistema radicular bien definido: al germinar emergen las raíces embrionarias, que nacen en el primer nudo, las raíces permanentes nacen el segundo nudo y las raíces adventicias emergen de los nudos basales (**DRA-IV, 1981**).

**f) Flores**

“**León (1986)** menciona que el maíz es una planta de flores unisexuales, con diferencias muy notorias entre la masculina y la femenina. La flor masculina, productoras de polen, está la parte terminal de la planta llamada panoja, panícula o espiga se estima que una espiguita tiene entre 10 y 25 millones de granos de polen” (**Yépez Chilo, 2011**).

Las flores femeninas (pistilos) emergen de la tusa, que se halla insertado en la parte intermedia del tallo, estas contienen un ovario, ovulo y un estilo muy largo (pelo del choclo),

además está cubierta de brácteas que cubrirán la futura mazorca.

### **2.2.9.3. Requerimientos edáfico y climático del cultivo de maíz**

**Según; Llaque, M y Riveros, H. (2004)**

El cultivo de maíz se adapta a todas las altitudes, las óptimas son 1000 msnm y hasta los 3000 msnm. La condición ideal para que se desarrolle el maíz es el estado de capacidad de campo, 500 a 700 mm. de agua bien distribuidas durante todo el ciclo del cultivo, con clima cálido.

#### **a. Temperatura**

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30°C. Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo.

Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20°C. El maíz llega soportar temperaturas mínimas de hasta 8°C y a partir de 30°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para el fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32°C.

#### **b. Pluviometría**

Las aguas en forma de lluvia son muy necesarias en periodos de crecimiento en unos contenidos de 40 a 65 cm.

#### **c. Exigencias de suelo**

Los mejores suelos para maíz y otros cultivos son los que tienen una proporción equilibrada de partículas finas, medianas y gruesas (suelos francos).

En los terrenos escogidos para cultivar maíz, el suelo no debe ser menos profundo de 45 centímetros, puestos que es la profundidad promedia a que llegan sus raíces; sin embargo en

suelos de alta capacidad de retención de agua y ricos en nutriente, la profundidad podría ser menos

**García (2005) citado por Solis & Rene (2019)** mencionan que el maíz se adapta muy bien a todos tipos de suelo pero suelos con pH entre 6 a 7 son a los que mejor se adaptan. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular.

#### **2.2.9.4. Épocas de siembra**

La época de siembra juega un papel importante en la población de maíz, pues aquellas realizadas fuera de época, dan como resultado bajos rendimientos. Para condiciones de secano se deben sembrar tan pronto como inicien las lluvias (**Llaque, M y Riveros, H., 2004**).

#### **2.2.9.5. Fertilización**

**García (2005) citado por Solis & Rene (2019)** manifiestan que la fertilización es importante para el cultivo de maíz, ya que es un claro indicador de las deficiencias de nutrientes del suelo, especialmente de Nitrógeno, sin descuidar el Fosforo y Potasio; también se debe considerar el Calcio, Magnesio y Azufre.

#### **2.2.10. FORMAS DE REALIZAR LA SIEMBRA DE MAÍZ**

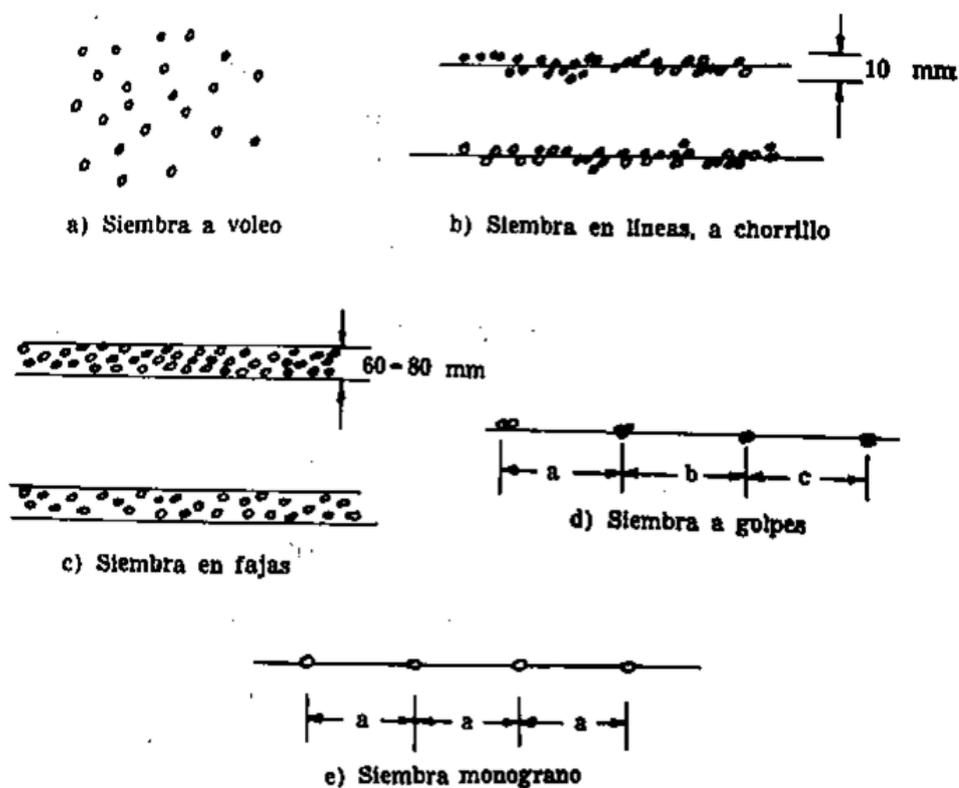
El maíz se siembra normalmente a una profundidad de 5 a 8 cm si las condiciones de humedad son adecuadas. Esto da lugar a una emergencia de las plántulas rápida y uniforme, en cuatro a cinco días después de la siembra; ese tiempo aumenta al aumentar la profundidad de siembra (**Paliwal & Nations, 2001**). Un factor decisivo es el tamaño de la semilla

para la más alta eficiencia en la nacencia de las plantas cultivadas (Vargas, 2017).

**Ortiz (1995)**, menciona que la siembra consiste en la colocación en el terreno de cultivo de las semillas, en las condiciones requeridas para su desarrollo. Dentro de estas condiciones existen distintos sistemas de siembra y, por lo tanto, de cultivo:

- **Cultivo en toda la superficie:** Se realiza cuando no es necesario dar labores durante toda o la mayor parte del tiempo de desarrollo de las plantas.
- **Cultivos en líneas:** Las plantas quedan colocadas en hileras, con el fin de dejar zonas libres para el paso de maquinaria.
- **Al voleo** (distribución al azar de las semillas sobre toda la superficie del terreno).
- **En líneas o a chorrillo** (colocación aleatoria de las semillas a distancias definidas, en líneas).
- **A golpes** (colocación de grupos de semillas a distancias definidas, en líneas).
- **Monograno** (colocación precisa de semillas individuales a distancias definidas, en líneas). Este tipo de sembradora se puede predominar “de precisión”, si supieran el nivel establecido en el correspondiente ensayo.

Fig. N° 06: *Diferentes formas de realizar la siembra*



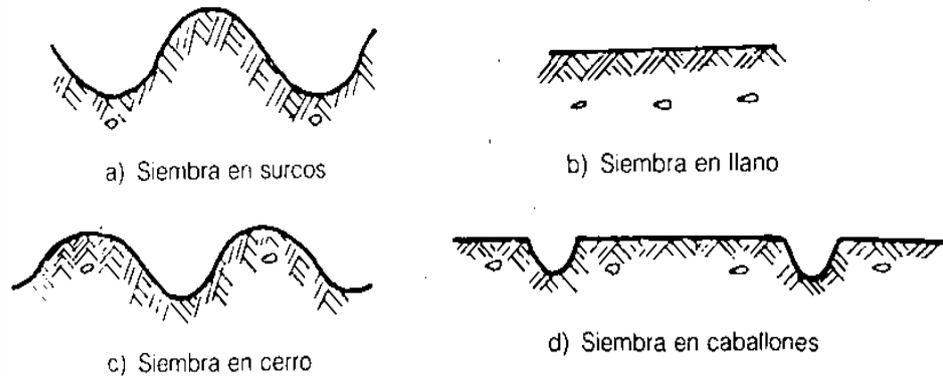
Fuente: *Ortiz (1995)*.

La finalidad en todos los casos es establecer una densidad superficial de plantas óptima, y el espaciamiento adecuado, desde los puntos de vista agronómico y económico. La densidad de plantas y el espaciamiento vienen definidos principalmente por:

- Clase de cultivo
- Tipo de suelo
- Fertilidad del suelo
- Humedad disponible (eventualmente, riego)
- Efecto del espaciamiento en la línea y entre líneas sobre la facilidad y el coste de las operaciones: Aclareo, control de malas hierbas, cultivo y recolección.

Según la forma de la superficie del terreno, puede distinguirse la siembra:

**Fig. N° 07: Formas de siembra según la superficie del terreno**



**Fuente:** Ortiz (1995).

#### **2.2.10.1. Siembra manual de Maíz amarillo duro**

Es la predominante y se realiza a lampa. Se practica colocando a semilla en sitios o “golpes” distanciados en el surco. Requiere de mucha habilidad del sembrador, especialmente para enterrar la semilla a una profundidad uniforme y recomendada (5-7cm).

La siembra de maíz amarillo duro se efectúa generalmente sobre un suelo con humedad de remojo y que ha tenido una preparación promedio de por lo menos 2 pasadas de arado o rastra, y nivelación final (**Molina, s. f.**).

Después del rayado (trazo) de los surcos a la distancia convenida (cm) y previo a la siembra propiamente dicha se debe proceder a “entablar” el campo disponiéndolo para los riegos posteriores por surcos. El levantamiento de bordos, acequias y contra acequias, facilitara el sistema de riego y lo volverá tan eficiente cuanto más se regule su volumen, el ancho y longitud de los surcos considerando la pendiente del campo, la textura y fertilidad natural del suelo (**Rica, 1984**).

### 2.2.10.2. Siembra mecanizada de maíz amarillo duro

Las maquinas sembradoras tienen la misión de colocar en el terreno (en diferentes condiciones) la más diversas clases de semillas sin dañarlas; en general, la siembra la realizan en líneas, a una profundidad uniforme, pero diferente para cada semillas y condiciones distintas (normalmente, entre 1 y 8 cm). Debe ser posible la regulación de las diferentes cantidad de siembra (2 a 250 kg/ha) con la mínima variabilidad, tanto entre zonas dentro de la línea como entre las líneas. Para determinados cultivos, con una densidad de plantas definitiva entre 70 000 a 150 000 por hectárea (remolacha, maíz, hortícolas), se exige la siembra de precisión, a una distancia entre 2 y 15 cm. Se exige también a las maquinas sembradoras gran velocidad, así como su enganche y utilización por una sola persona (**Ortiz, 1995**).

**Luis (s. f.)** Menciona que la siembra mecanizada se debe calibrar la sembradora para en una hilera de 10 m, dejar caer 50 a 60 semillas. La cantidad de semilla requerida para ocupar una hectárea de terreno es de 16 kg. Las distancias de siembra más utilizadas entre hileras y entre golpes o sitios son 0.90 m x 0.20 m y 0.90 m x 0.40 m, sembrando una y dos semillas por golpe, respectivamente.

Se practica en forma limitada. Se reconoce la eficiencia del sistema por la rapidez y uniformidad en la distribución y enterramiento de la semilla, así como por la facilidad del abonamiento simultaneo.

La siembra a máquina requiere sin embargo, que el suelo este muy bien preparado, mullido y nivelado. En caso contrario, en alguno sectores del campo la semilla podría quedar en la superficie o enterrada a profundidad no deseada.

### 2.2.11. DENSIDADES DE SIEMBRA PARA MAÍZ CON SEMBRADORA DE PRECISIÓN

**Tabla N° 02: Densidades para siembra mecanizada de precisión**

Distancia entre surcos (cm )	Distancias entre matas o golpes (cm)	
	Con 1 planta por golpe	Con 2 plantas por golpe
65	29	58
70	27	54
75	25	50
80	24	48
85	22	44
90	21	42
95	20	40
100	19	38

**Fuente:** *Morales (s.f.).*

### 2.2.12. PROPIEDADES FÍSICAS Y AGROTÉCNICOS DE SEMILLAS DE MAÍZ AMARILLO DURO

Las semillas son de muy distintas formas y dimensiones, variando asimismo su densidad y la rugosidad de la superficie.

**Llaque, M. y Riveros, H. (2004)** mencionan que es importante conocer la calidad de una semilla, la cual viene determinado por su pureza, su poder germinativo, la integridad de los granos y la carencia de daños externos. Por ello hay que tener en cuenta los siguientes factores:

#### **a. Grado de pureza**

Viene disminuyendo por el porcentaje en peso de materias extrañas que contiene.

#### **b. Poder germinativo**

Indica el tanto por ciento de los granos que germinan debidamente en los ensayos que se realizan para determinar este índice.

#### **c. Velocidad de germinación**

Expresa cuantos gérmenes se han desarrollado en una determinada fecha.

**d. Vigor germinativo**

Representa la aptitud del germen para atravesar la cubierta de tierra que sobre el reposa.

Para que las maquinas sembradoras trabajen adecuadamente es necesario que las semillas presenten uniformidad en forma y tamaño. Ellos se consigue mediante el cribado de la semilla, con lo que se logra, además, mejorar su calidad, al separar las fracciones donde se más probable que haya un poder germinativo menor.

**Tabla N° 03: Propiedades físicas y datos agrotécnicos de diferentes semillas**

Dimensiones tipo de semilla	Longitud (mm)	anchura (mm)	Espesor (mm)	Masa de 1.000 gramos (g)	Densidad (kg/dm <sup>3</sup> )	Número de gramos por litro	Angulo de rozamiento interno	Densidad de siembra (kg/ha)	Distancia en la línea (cm)	Profundidad de siembra (cm)
Trigo (*)	5 - 8.6 (6.80)	1.6 - 4.6 (3.1)	1.5 - 3.5 (2.5)	25 - 50 (37.5)	0.72 - 0.80 (0.76)	17.4 - 22.2 (20)	30 - 33 (35)	100 - 200	10 - 15	2.5 - 5
Cebada	7 - 13.5 (10.2)	2.5 - 5 (3.8)	1.5 - 3 (2.3)	24 - 48 (38)	0.58 - 0.68 (0.64)	14.5 - 17.8 (16)	34 - 40 (37)	110 - 160	10 - 15	3 - 5
Avena	8.5 - 20 (14.3)	2 - 3.5 (2.8)	1 - 2.6 (1.8)	14 - 34 (24)	0.4 - 0.5 (0.45)	17 - 20 (18.5)	34 - 43 (38)	140 - 180	10 - 15	3 - 5
Centeno	5 - 10 (7.5)	1.5 - 3.5 (2.5)	1.5 - 3 (2.3)	26 - 50 (38)	0.68 - 0.74 (0.71)	17.7 - 22.8 (21)	32 - 36 (34)	100 - 180	10 - 15	2 - 3
Judías	10 - 18	8 - 12	5 - 12	300 - 1200	0.75 - 0.84		32			
Guisantes	6.6 - 8.6	5.6 - 7.9	4.7 - 7.3	78 - 560	0.74 - 0.84	8 - 12	28 - 34	120 - 280	20 - 35	3 - 8
Maíz	10 - 20	5 - 12	2 - 5	100 - 200	0.65 - 0.75	4.3	31	50 - 80	60 - 70	4 - 8
Alfalfa	1.7 - 2.8	1.2 - 2	0.8 - 2.8	1.4 - 2.8	0.8	430	33	6 - 25	15 - 30	1 - 2
Glomérulo de remolacha	6.5 - 8.5	5.5 - 8	5 - 7	15 - 30	0.65	5 - 10	45	20 - 30	40 - 50	1.5 - 4

**Fuente:** Ortiz (1995).

(\*) Los números entre paréntesis son valores de medición

### **2.2.13. TRATAMIENTOS DE LAS SEMILLAS ANTES DE LA SIEMBRA**

Antes de la siembra, la semilla deberá ser tratada con una insecticida que la proteja de daños por insectos del suelo (gusano de tierra) y de este modo se asegure la germinación y emergencia de las plántulas. La necesidad de ese tratamiento es mucho mayor cuando se tiene antecedentes sobre este tipo de plaga en el suelo a sembrar o también cuando se ha de sembrar el maíz después de un cultivo **(Napoleon, s. f.)**.

La semilla es la parte esencial, que permite obtener una mayor eficiencia de los factores de producción. En términos simples, el suelo más fértil, el agua abundante, los mejores productos fitosanitarios, pierden valor en ausencia de una buena semilla

### **2.2.14. PRUEBA DE GERMINACIÓN ESTÁNDAR Y EMERGENCIA DE MAÍZ**

Las pruebas de germinación e semillas de maíz muchas veces no reflejan el verdadero poder germinativo de las semillas en condiciones reales de campo, por lo que las empresas que solicitan pruebas para medir la calidad, exigen ensayos más adecuados **(Martínez Solís et al., 2010)**. Si bien la evaluación de la germinación se ha considerado como uno de los aspectos más importantes que debe ser evaluado para determinar la calidad de un lote de semillas, es insuficiente para clasificarlos, por ello es necesario complementar los resultados de la prueba de germinación con otras evaluaciones como las pruebas de vigor. Estas pruebas establecen el comportamiento de las semillas a través de diversas propiedades, tales como la performance bajo condiciones adversas y la habilidad de germinar después del almacenamiento.

La germinación es el desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad de las semillas para producir una planta normal bajo condiciones favorables **(Díaz Cerón, 2011)**.

**Herrera et al, (2006) citado por Chacón Rubio (2018)** menciona que la germinación incorpora aquellos eventos que se inician con la absorción de agua por la semilla seca y terminan con la elongación del eje embrionario. El proceso concluye cuando la radícula penetra y atraviesa las estructuras que rodean al embrión, lo que frecuentemente se conoce como germinación visible

$$\% \text{ Germinación} = \frac{\text{Numero de semillas germinadas}}{\text{Numero total de semillas sembradas}} \times 100$$

**CIMMYT (1998) citado por Chacón Rubio (2018)** indica que el vigor de una semilla abarca todas las propiedades que posee la misma semilla o un lote de ellas, y mediante las cuales se puede determinar un potencial de emergencia rápida y uniforme, así mismo el desarrollo de las plántulas normales bajo diferentes condiciones de campo

#### **2.2.15. LLUVIA SÓLIDA “Poliacrilato de Potasio”**

La lluvia sólida, también conocido como “silos de agua” es un producto ecológico muy parecido físicamente a los granos de azúcar, compuesto por polímeros de potasio en forma granular que cambian sus propiedades físicas y químicas cuando se combinan con el agua, es decir, pasan de ser sólidos a conformar una sustancia gelatinosa (**Ortega Gaucin, 2012**).

**Ortega Gaucin (2012)** menciona que debido a sus propiedades moleculares, estos granos pueden absorber hasta 300 veces su peso en agua. Por ello, cuando se mezclan con el suelo y se aplican a las raíces de las plantas, ayudan a retener la humedad evitando pérdidas por evaporación e infiltración.

**Navarrete (s. f.)**, manifiesta que en la actualidad su uso es creciente, al punto que ya se considera de uso rutinario en plantaciones de zonas secas. Estos hidrogeles se aplican en el suelo o en cualquier otro medio de crecimiento.

### **2.2.15.1. Ventajas del retenedor de agua en plantaciones**

1. A permite un mejor crecimiento de la planta en regiones de escasas lluvias.
2. Permite el cultivo de la tierra bajo condiciones extremas de clima y suelo.
3. Provee a las plantas de un suplemento regular de humedad.
4. Reduce los ciclos de irrigación y las cantidades de agua utilizada.
5. Reduce al menos un tercio la pérdida de nutrientes en el suelo.
6. Incrementa las reservas de agua de los suelos. (5 en promedio)
7. Mejora la ventilación de aquellos suelos compactos, dado que al hidratarse mejora la circulación de aire.
8. Mejora la retención de humedad en suelos arenosos o en sustratos.
9. El fertilizante está más tiempo disponible para la planta gracias a un efecto retardado de liberación.

### **2.2.15.2. Composición química**

De acuerdo con el inventor del producto (el ingeniero Jesús Rico Velasco, nominado al Premio Mundial del Agua 2012), esta sustancia sólida contiene 97 % de agua pura y 3% de una tecnología molecular patentada. La solidificación del agua no se ve afectada por la luz solar y/o las temperaturas dentro del rango de -3 a 100 °C. Una sola instalación tiene una duración de hasta 10 años en condiciones normales de tierra. El producto es conveniente para una amplia gama de aplicaciones y es ideal para la siembra en las zonas áridas lejos de suministro de agua o zonas que sufren escasez extrema de agua. La cantidad necesaria el producto depende de varios factores como son el tipo el suelo, el clima y el tipo de cultivo donde se utilice (**Ortega Gaucin, 2012**).

### 2.2.16. TIPOS DE POLÍMEROS

**Ríos (2010) citado por Orbegoso (2018)** hace referencia que no existe una clasificación única para los polímeros, esto se debe a las distintas propiedades que poseen. Una de las tipificaciones más sencillas para lograr distinguidamente se encuentra en su origen.

- **Naturales:** Son aquellos procedentes directamente del reino vegetal o animal, así como la seda, lona, algodón, celulosa, almidón, proteínas, caucho natural (látex o hule), ácidos nucleicos, como el ADN, entre otros.
- **Sintéticos:** Son los transformados o “creados” por el hombre. Están aquí todos los plásticos, los más conocidos en la vida cotidiana son los nylon, el polietileno, el poli cloruro de vinilo (PVC), etc.
- **Semi sintéticos:** Son aquellos que se obtienen por transformación de polímeros naturales. Por ejemplo, el nitro celulosa, caucho, llantas de automóviles o el caucho vulcanizado.

De esta forma, la variedad de proteínas físicas y químicas de estos compuestos permiten aplicarlos en construcción, embalaje, industria automotriz, aeronáutica, electrónica, agricultura y medicina.

### 2.2.17. LLUVIA SÓLIDA EN LA AGRICULTURA

**Rodríguez (2008)** indica que las aportaciones de los hidrogeles se pueden observar en dos niveles: por un lado la modificación del suelo, ya que al incorporar el agua incrementa el volumen hasta 100 veces y al desprenderse de ella el hidrogel se contrae, este efecto acordeón provoca un aireado del suelo y la aparición de poros de tamaño considerable. Por otro lado, las características del riego cambian considerablemente, puesto que la eficiencia de la utilización del agua es mayor y el suministro se mantiene, durante el tiempo que se va requiriendo, por las condiciones ecológicas del suelo, con lo que el aprovechamiento del agua se optimiza y la repercusión es que la frecuencia del riego disminuye. Otra ventaja adicional está relacionado con la dosificación de los fertilizantes, que se

acomoda a las necesidades de la demanda del cultivo con lo que, además, se puede conseguir una menor contaminación de las corrientes de agua por lixiviación.

**Gasque (2006)** menciona que la aplicación que está cobrando interés en la actualidad es el empleo de estos polímeros en el campo de la agricultura, para aumentar la capacidad de retención de agua del suelo, favoreciendo por tanto el desarrollo de las plantas. Al mezclar el hidrogel con el suelo se logra, por un lado, aprovechar mejor el agua de lluvia o riego al perderse menor cantidad de agua por filtración, y por otro lado, también se consigue disminuir la evaporación de la misma. Estos factores son suficientes para mejorar la actividad biológica y aumentar la producción del suelo.

#### **2.2.17.1. Formas de aplicación de Lluvia solida**

**Navarrete (s. f.)**, manifiesta que los retenedores de agua pueden ser aplicados secos o hidratados, siempre en la zona de la raíz ya que su aplicación superficial no tiene ningún efecto. En plantaciones se aplican de 2 a 2.5g. Dependiendo del tipo de suelo, el tamaño del oyó, la precipitación del sitio, la temperatura y el tamaño de árbol.

Es necesario supervisar la cantidad y la aplicación del retenedor de agua, cantidades mayores a las recomendaciones pueden ser contraproducentes debido a que con la hidratación del producto crece y puede provocar la salida del árbol del hueco.

**Teorema ambiental (2002) citado por Choque (2016)** indica que la lluvia sólida debe aplicarse preferentemente durante la siembra de la semilla o en el transporte de los árboles en forma de polvo que es su presentación original, con el objeto de que sean lluvias o el riego los que lo hidraten. Si no se cuenta con lluvias próximas ni con sistemas de riego, se puede hidratar. Si no se cuenta con lluvias próximas ni con sistemas de riego, se puede hidratar previamente y depositarlo con la semilla, permitiendo una rápida germinación.

## 2.2.18. PROPIEDADES Y MECANISMOS DE ACCIÓN DE LLUVIA SOLIDA

**Gasque (2006)** indica que el mecanismo por el cual los polímeros son capaces de absorber tanto volumen de soluciones acuosas no es solamente físico, sino que depende de la naturaleza química del polímero. Las fuerzas que contribuyen al hinchamiento de los hidrogeles son la energía libre de mezcla y la respuesta elástica del entrecruzamiento.

**Bures (1997)** explica que el grado de hinchamiento viene determinado por la naturaleza de las cadenas de polímeros y la densidad de los enlaces transversales. Estos poseen un carácter hidrófilo debido a la presencia en su estructura molecular de grupos afines al agua (-oh, -cooh, -conh<sub>2</sub>, -conh, -s03h), la existencia de una red polimérica los hace insolubles en agua, y su suavidad y elasticidad se asocian con la hidroficidad de los monómeros y la densidad de entrecruzamiento. Cuando los hidrogeles se secan, la red hinchada se colapsa debido a la tensión superficial del agua, por lo que el gel seco (xerogel) es de tamaño mucho menor al del gel hinchado (hidrogel).

**Ramírez (2013) citado por Granados Agüero (2015)** menciona que dicho producto tiene la capacidad de absorber agua hasta 500 veces su peso. Esto significa, al aplicar en la tierra un kilogramo del polímero, se retienen en el suelo 500 kilogramos de agua. Este polímero permite la captura y retención del agua sin que ésta sufra cambios estructurales o de pH.

"La formulación del polímero es seca, es un granulado que absorbe y de esta manera evita que se pierda el agua por evaporación, la captura y la ubica muy cerca de sus raíces". La composición del polímero súper-absorbente se basa en una fórmula de poliacrilato de potasio con una composición de:

- 90% Policrilamina
- 10% Aditivos (acrilatos de potasio y silicatos de aluminio)

### 2.2.19. DEGRADACIÓN E IMPACTO AMBIENTAL DE LA LLUVIA SÓLIDA

**Larraga (2018)** menciona que el poliacrilato de Potasio es un compuesto fotosensible, debido a la acción de los rayos ultravioleta se genera la ruptura de enlaces provocando una segmentación del polímero. De esta forma se obtienen moléculas más pequeñas, las cuales son mucho más sensibles a la degradación microbológica. Los elementos resultantes de la degradación del polímero son: Carbono, Potasio y agua.

**Rodríguez (2014)** manifiesta que el polímero es muy sensible a la acción de los rayos ultravioletas que transforman los polímeros en oligómeros (moléculas de menor tamaño). Por lo tanto, es muy sensible a los procesos aeróbicos y anaeróbicos de la degradación microbológica. Poliacrilato de potasio, por lo tanto, se degrada naturalmente en el suelo (hasta un 10% - 15% por año) en agua, dióxido de carbono y compuestos de nitrógeno.

En general los hidrogeles:

- No contaminan el suelo, agua y organismos ecológicamente benéficos.
- Poseen pH neutro.
- En su descomposición no dejan residuos peligrosos.
- Son biodegradables.
- No son tóxicos, ni volátiles.

La degradación del hidrogel se da en intervalos de 10% por año como resultado de procesos y reacciones físicas, químicas, biológicas y fotoquímicas.

**Ackerman et al (2012) citado por Orbegoso (2016)** manifiesta que la propiedad del hidrogel, de ser biodegradable, es una innovación tecnológica en el desarrollo de este tipo de polímeros, ya que los hidrogeles actuales no son biodegradables y al terminar su vida útil hay que retirarlos de la tierra. El hacer que el hidrogel sea biodegradable resuelve el problema de tener que retirarlo de la tierra cuando termina su

vida útil, ya que gracias a esta propiedad e reincorpora a la tierra y tiene, en ella, la función de composta.

#### **2.2.20. EXPERIENCIAS DE INVESTIGACIÓN EN LLUVIA SÓLIDA**

**Orbegoso (2016)** menciona que para la preparación e instalación de dosis de poliacrilato de potasio, tomó 10 gr de polímero “lluvia sólida” para 800 ml de agua, donde se instaló manualmente a la profundidad de 30 cm de la superficie del surco y recomienda replicar experimentos, utilizando maquinaria agrícola para la instalación del polímero “lluvia sólida” a las profundidades de: 25 y 30 cm., bajo las mismas condiciones para obtener resultados concluyentes.

**Choque (2016)** recomienda que para la aplicación del polímero lluvia sólida se debe hacer el cálculo de cantidad a usarse en base a cantidad de plantas y la evapotranspiración del cultivo a usarse.

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Polímero:** Bron et al., (2004) citado por Granados Aguedo (2015, p. 13) menciona que la palabra polímero se deriva del griego “poli” que significa mucho y de la palabra “meros” que significa partes, es decir, son macromoléculas o moléculas gigantes constituidas por una gran cantidad de unidades monoméricas. Son sustancias de elevado peso molecular, desde miles a millones de granos, y están constituidas por unidades idénticas de un compuesto sencillo (monómero).

**Poliacrilato de potasio (silos de agua o lluvia sólida):** Rodríguez (2014) indica que es un polímero fabricado con acrilatos súper absorbentes, tiene la capacidad de absorber hasta 500 veces su peso en agua y mantener la humedad y los nutrientes hasta por espacio de 9 meses en función de la calidad del agua y del suelo; después de ese tiempo los acrilatos vuelven a su estado original y son capaces de absorber nuevas aguas de riego o de lluvia, sin modificar la estructura química de la misma, teniendo como resultado agua de lluvia en pequeños pedazos.

**Hidrogel:** Davis (1998) citado por Granados Aguedo (2015, p. 14) comenta que se conocen comúnmente como hidrogeles o superabsorbentes a los polímeros hidrofílicos o absorbentes. Los hidrogeles se pueden definir como materiales poliméricos entrecruzadas en forma de red tridimensional de origen natural o sintético, que se hinchan en contacto con el agua formando materiales blancos y elásticos, y que retienen una fracción significativa de la misma en su estructura sin disolverse.

**Lluvia sólida:** Gabriela (2012) citado por Granados Aguedo (2015, p. 16) manifiesta que a la lluvia sólida también se le conoce como hidrogel superabsorbente. El producto es un polvo granulado conformado por acrilato de potasio, sustancia biodegradable no tóxica capaz de absorber hasta 500 veces su peso en agua, es posible capturar el agua de lluvia y almacenarla en costales, debido a que el producto se convierte en un gel sólido, que retiene en su interior el agua, y que al sembrarlo va liberando la humedad paulatinamente, según los requerimientos del cultivo o sembrío.

## **2.4. HIPÓTESIS**

La sembradora de precisión Cole modelo 12 MX Multiflex, calibrada adecuadamente proporciona una densidad de siembra y dosis óptima de polímero poliacrilato de potasio (Lluvia sólida), en la siembra mecanizada de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el centro de Investigación y Experimentación Cañasbamba CIyE - UNASAM.

##### A. Ubicación política

- Departamento : Ancash
- Provincia : Yungay
- Distrito : Yungay
- CIyE - UNASAM : Cañasbamba

##### B. Ubicación geográfica

- Altitud : 1942.00 m.s.n.m.
- Longitud : W 77° 46' 13.14"
- Latitud : S 09° 05' 50.76"

##### C. Acceso al área de estudio

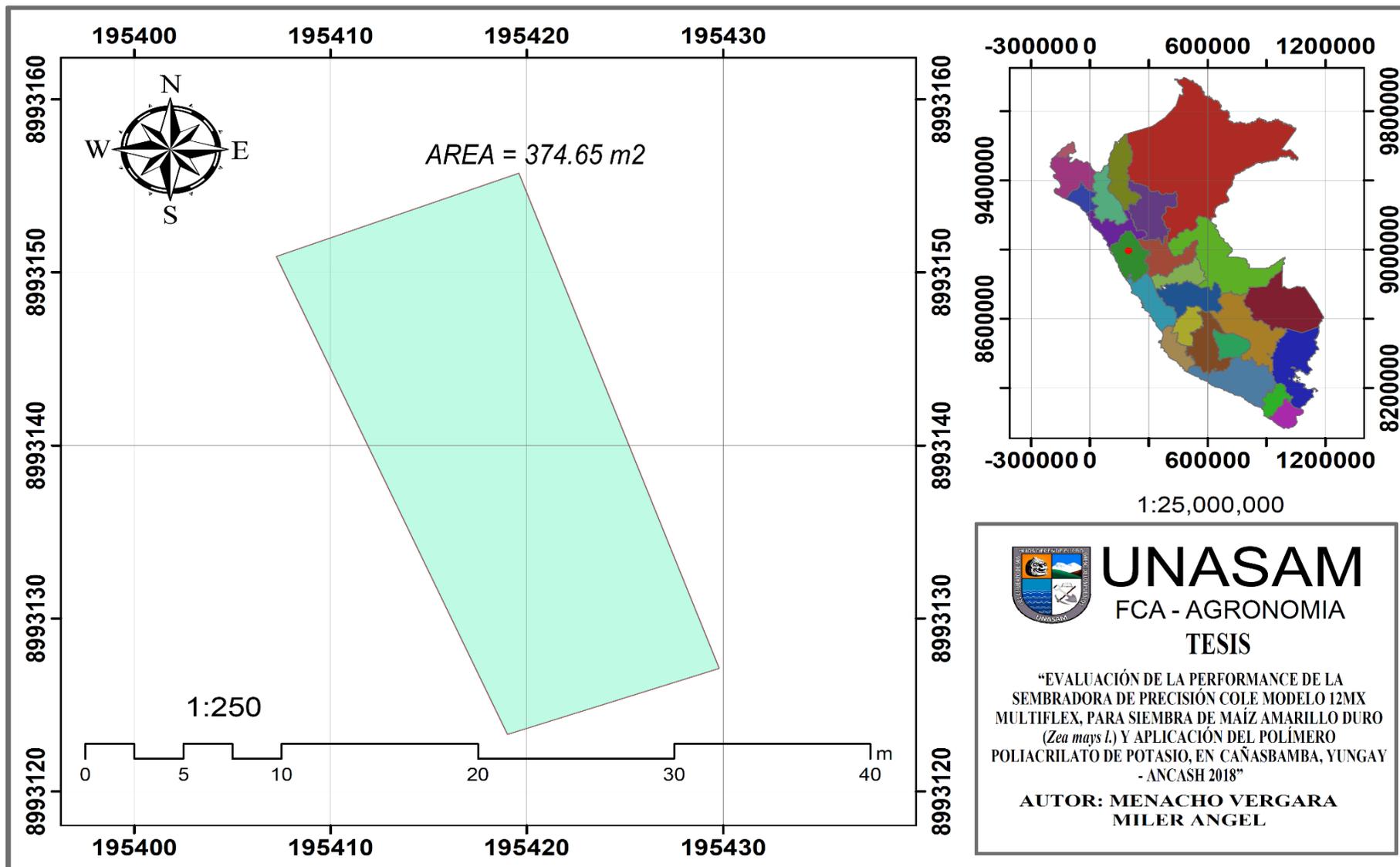
Partiendo desde la ciudad de Huaraz, se debe recorrer la carretera central asfaltada Huaraz – Caraz hasta llegar al CIyE Cañasbamba, que se encuentra al lado de la carretera.

**Tabla N° 04: Acceso al lugar de estudio**

Tramo	Tipo de vía	Distancia (km.)	Tiempo
Huaraz - CIyE Cañasbamba	Asfaltada	61.7	1 h y 22 min

**Fuente:** *Elaboración propia (2020).*

### PLANO DE UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO



## REFERENCIA CARTOGRÁFICA DEL ÁREA EXPERIMENTAL



## **3.2. MATERIALES Y EQUIPOS**

### **3.2.1. MATERIALES Y EQUIPOS DE CAMPO Y ESCRITORIO**

- Una computadora personal
- Impresora
- Balanza analítica
- Libreta de campo
- Wincha Stanley de 5 y 50 m.
- Vernier.
- Cámara fotográfica
- Regla de escritorio
- Pico, Barreta, Pala recta y pala inclinada.
- Bomba mochila de 20 Litros.
- Calculadora.
- Letreros y/o Cartel (para tratamientos y bloques)
- Bolsas Plásticas
- Cordel de 50 m.
- Estacas de madera.
- Bandeja de Tecnopor.
- Papel toalla (3 unidades)
- Hojas bond.
- Plumón Lapiceros y lápiz.

### **3.2.2. SOFTWARE**

- Microsoft Office (Word y Excel)
- Civil 3D
- ArcGis 10.3
- Google Earth Pro
- Minitab 2018 y SAS System.

### **3.2.3. INSUMOS**

- Polímero poliacrilato de potasio (lluvia sólida)
- Semilla de maíz amarillo duro Var. Mega Híbrido (Tratada)
- Pesticidas (Insecticidas y herbicida selectiva para Maíz)
- Fertilizantes
- Una bolsa de yeso.

### **3.2.4. MAQUINARIA Y EQUIPOS**

- Tractor agrícola JHON DEERE con serie 5725 tipo universal de mediana potencia y la barra transversal de la reja.
- Tres cuerpos de sembradora de Precisión Cole modelo 12 MX Multiflex.
- Platos distribuidores de la sembradora.
- Tres (3) abrazaderas con sus implementos (pernos y tuercas)

## **3.3. MÉTODOS**

### **3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Es una investigación experimental, de tipo aplicada. Donde los resultados obtenidos nos permiten conocer la calibración adecuada de la sembradora para siembra monograno de maíz y aplicación del polímero poliacrilato de potasio simultáneamente.

### **3.3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL**

El diseño experimental utilizado fue el diseño de bloques completos al azar simple (DBCA). El análisis estadístico comprende la prueba de análisis de varianza (ANVA) para las observaciones experimentales, con la valoración de la distribución de Fisher ( $\alpha = 0.05$ ), así como la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) (**Roselló & Gorostiza, 1986**).

### 3.3.2.1. Tratamientos en estudio

Tabla N° 05: *Tratamientos en estudio*

Clave	TRATAMIENTOS	
	Maíz amarillo duro	Lluvia solida
T1	50 Kg/Ha.	30 Kg/Ha.
T2	50 Kg/Ha.	40 Kg/Ha.
T3	50 Kg/Ha.	50 Kg/Ha.

### 3.3.2.2. Modelo estadístico

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA), donde se tuvo 3 tratamientos y 3 bloques. El estudio se realizará con la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

#### a) Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, \dots, t \quad j = 1, \dots, b$$

Donde:

$Y_{ij}$  : Es el valor o rendimiento observado en el  $i$ -ésimo tratamiento,  $j$ -ésimo bloque.

$\mu$  : Es el efecto de la media general.

$\tau_i$  : Es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$\beta_j$  : Es el efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$\varepsilon_{ij}$  : Es el efecto del error experimental en el  $i$ -ésimo tratamiento,  $j$ -ésimo bloque.

$t$  : Es el número de tratamientos

$b$  : Es el número de bloques

#### b) Análisis de varianza (ANVA)

En este modelo la variabilidad total se descompone en tres fuentes de variación, la explicada por los tratamientos, la explicada por los bloques y la explicada por el error.

**Tabla N° 06: Cuadro de analisis de varianza**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.cal</b>
Tratamientos	t - 1	SC(Trat)	$\frac{SC(Trat)}{GL(Error)}$	$\frac{CM(Trat)}{CM(Error)}$
Bloques	b - 1	SC(Bloques)	$\frac{SC(Trat)}{GL(Error)}$	$\frac{CM(Trat)}{CM(Error)}$
Error	(t-1)(b-1)	SC(error)		
Total	tb - 1	SC(Total)		

**c) Coeficiente de variabilidad**

$$C.V. (\%) = \frac{\sqrt{CM\ Error}}{x} * 100$$

**3.3.2.3. Aleatorización y croquis experimental**

En este diseño los tratamientos fueron asignados en forma aleatoria dentro de cada bloque. Cada bloque contiene todas las variedades del ensayo, las cuales se colocan unas adosadas a las otras.

**a) Características del campo experimental**

- Número de bloques : 3
- Número de tratamientos : 3
- Número de repeticiones : 3
- Ancho entre surcos : 0.8 m
- Área neta de los tratamientos : 172. 80 m<sup>2</sup>
- Área de unidad de muestreo : 6.4 m<sup>2</sup>
- Área total de muestreo : 57.6 m<sup>2</sup>
- Área total de experimento : 374. 65 m<sup>2</sup>

**TRATAMIENTO:**

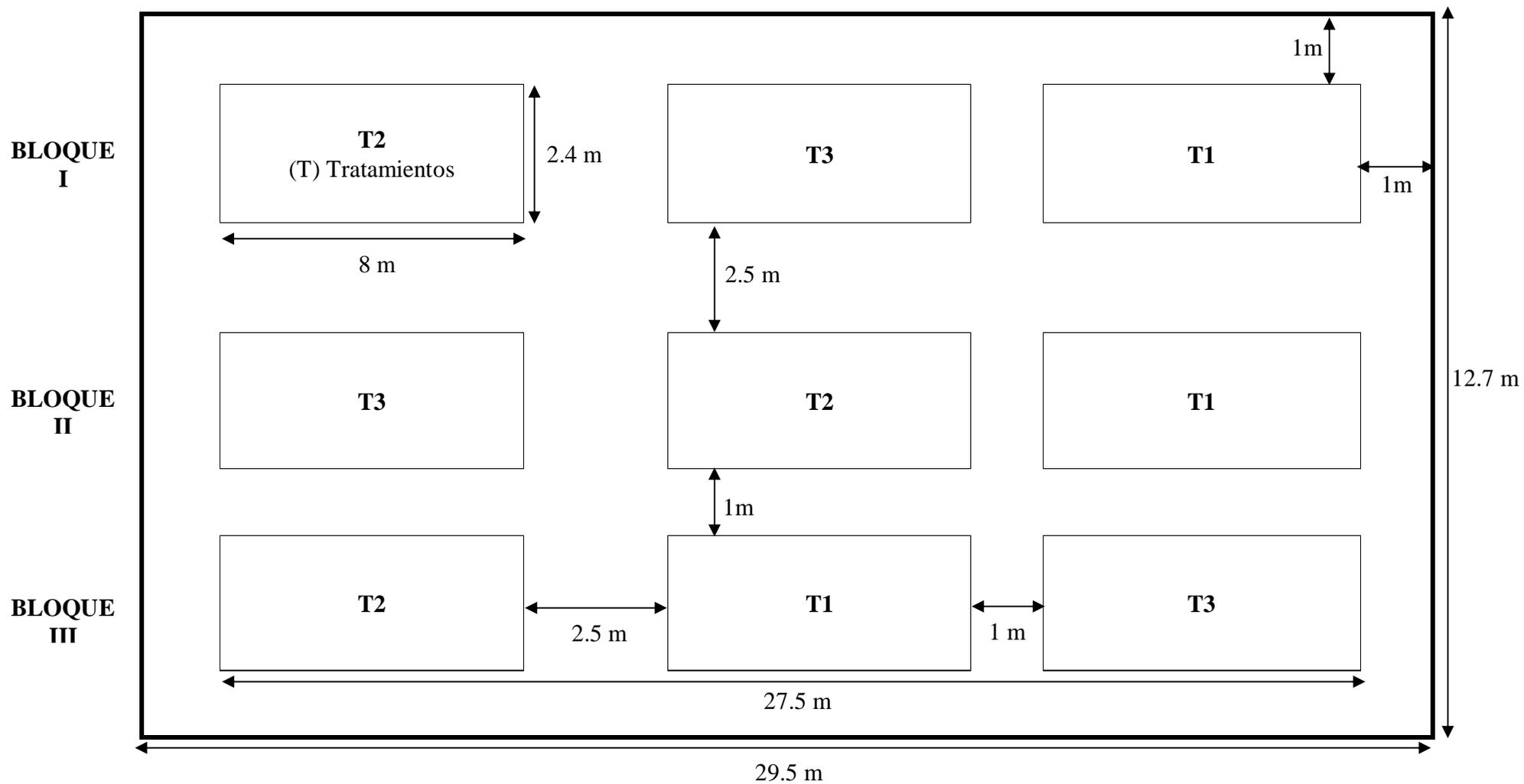
- ✓ Longitud : 8.0 m
- ✓ Ancho : 2.4 m
- ✓ Área/1 tratamiento : 19.2 m<sup>2</sup>

- ✓ N° de surcos/tratamiento : 3
- ✓ N° de tratamientos/bloque : 3
- ✓ Distancia entre tratamientos : 1 y 2.5 m

**BLOQUE:**

- ✓ Longitud : 24.0 m
- ✓ Ancho : 2.4 m
- ✓ Área/1 bloque : 57.6 m<sup>2</sup>
- ✓ Área total de bloques : 172.80 m<sup>2</sup>
- ✓ Número de surcos/bloque : 9
- ✓ Distanciamiento entre bloques : 1 y 2.5 m

**GRAFICO N° 01: ESQUEMA DEL CAMPO EXPERIMENTAL**



### 3.3.3. POBLACIÓN O UNIVERSO

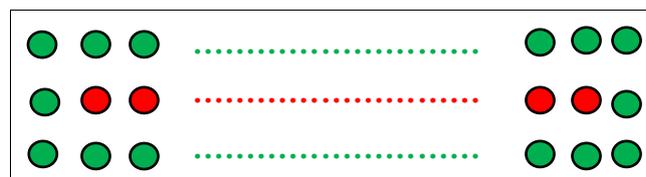
El marco poblacional o universo, son las aplicaciones de los 3 tratamientos (T1; 50 Kg/Ha de maíz amarillo duro y 30 Kg/Ha de lluvia sólida, T2; 50 Kg/Ha de maíz amarillo duro y 40 Kg/Ha de lluvia sólida y T3; 50 Kg/Ha de maíz amarillo duro y 50 Kg/Ha de lluvia solida), 3 bloques y 3 repeticiones por tratamiento, que se evaluaron en la población del experimento.

### 3.3.4. UNIDAD DE ANÁLISIS Y MUESTRA

Siendo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), la unidad de análisis fue representada por una planta de maíz amarillo duro y la muestra fue constituida diez plantas del surco central de cada tratamiento, donde se midió y evaluó las variables que se investigó.

En el siguiente Ilustración se muestra los tratamientos de maíz amarillo duro con tres surcos, donde las plantas de cabecera y de los surcos laterales se consideraron efectos de borde.

**GRAFICO N° 02: Unidad de análisis y muestra**



Donde:

- : Efecto de borde (Fueron descartados para la evaluación)
- : Planta útil para la evaluación

## 3.4. PROCEDIMIENTOS

### 3.4.1. MUESTREO DE SUELOS

El muestreo de suelo se realizó en dos oportunidades, la primera antes de la preparación del terreno y la otra al momento de la instalación de las

unidades experimentales en base a criterios técnicos de muestreo de suelos, para fines de manejo agronómico del cultivo de maíz amarillo duro y conocer las características físicas de terreno.

### **Análisis de suelo**

Luego de obtener las muestras de suelo, se llevó al laboratorio de suelos y Aguas de la Facultad de Ciencia Agrarias de la UNASAM, para determinar los análisis correspondientes del suelo; Análisis de Fertilidad y análisis físico de suelos.

### **3.4.2. PRUEBA DE GERMINACIÓN ESTÁNDAR DE SEMILLAS DE MAÍZ AMARILLO DURO**

La semilla de Maíz amarillo duro, se adquirió ya tratada con una insecticida que la proteja de daños por insectos del suelo (Gusano de tierra) y de este nodo asegura la germinación y emergencia, a la cual se le hizo la prueba de poder germinativo para ver la calidad de la semilla.

- Se tomó un grupo de 100 semillas al azar.
- Se humedeció el papel toalla y se colocó sobre la bandeja de Tecnopor, usando dos laminas en la base, extendiéndose una sobre la otra y procurando que no se formen arrugas.
- Sobre las láminas de papel toalla humedecida se colocó 4 grupos de 25 semillas asegurando espaciamiento adecuado entre semillas.
- Se cubrieron las semillas holgadamente con oro papel toalla humedecido.

El ensayo de prueba de germinación se realizó en un ambiente con condiciones favorables de luz, humedad, temperatura, etc. para determinar el porcentaje de germinación de la semilla de Maíz amarillo duro.

$$\% \text{ Germinación} = \frac{\text{Numero de semillas germinadas}}{\text{Numero total de semillas sembradas}} \times 100$$

**Nota:** Esta prueba se realizó previo a los ensayos de calibración de la sembradora y a la instalación de unidades experimentales con la finalidad de conocer el poder germinativo de la semilla de MAD.

### **3.4.3. PREPARACIÓN DEL TERRENO**

La preparación del suelo es una de las labores previas a la siembra; labor importante para acondicionar al suelo de factores favorables que le permite a la semilla y a la planta que puedan desarrollarse eficientemente. Esta práctica se realizó con tractor agrícola modelo JHON DEERE con serie 5725 de mediana potencia que cuenta el CIyE - Cañasbamba.

- a) **Limpieza:** Se eliminó todo tipo de malezas, piedras y otros materiales existentes de las cosechas anteriores del terreno experimental.
- b) **Aradura (Barbecho y cruza):** Esta actividad consistió en voltear la capa arable de la tierra y la cruza con Tractor agrícola modelo JHON DEERE con serie 5725 tipo universal.
- c) **Rastra (Desterronado y/o mullido) y nivelación:** Se realizó pasando rastra con tractor agrícola.

### **3.4.4. METODOLOGÍA DE ACONDICIONAMIENTO Y CALIBRACIÓN DE LA SEMBRADORA DE PRESIÓN COLE modelo 12MX Multiflex**

Se realizó el acondicionamiento y la calibración de la sembradora Cole modelo 12MX Multiflex, para siembra monograno en líneas o surcos de Maíz amarillo duro y aplicación del Polímero Poliácrlato de potasio simultáneamente.

#### **3.4.4.1. Mantenimiento y acondicionamiento de la sembradora**

##### **3.4.4.1.1. Limpieza y engrasado de elementos de transmisión**

Consistió en realizar una limpieza general y retirar los óxidos de los tres (03) cuerpos de la sembradora. Posterior a ello se realizó

en engrasado de los elementos de transmisión (engranajes) para cada conjunto de piñones, así garantizar un funcionamiento mecánico óptimo.

#### **3.4.4.1.2. Adaptación de la sembradora a la barra transversal del bastidor de la reja**

Debido a que no se contaba con la barra del bastidor o toolbar de la sembradora, se adecuó a la barra transversal de la reja que tiene CIyE – Cañasbamba. Cabe señalar que la barra transversal de la reja tiene una sección romboide, por ello se mandó diseñar con un cerrajero tres abrazaderas (con todos sus implementos) para que se adapte a la barra de sección romboide, donde una parte de la abrazadera fue saldada al soporte de fijación de la sembradora y la otra parte quedo libre (**Anexo N° 11**).

Con la parte libre de la abrazadera se aseguró cada uno de los cuerpos de la sembradora en la barra transversal del bastidor, con pernos (Rosca fina y forma de U) y tuercas (hexagonales) para su funcionamiento.

#### **3.4.4.1.3. Implementación de rodamientos axiales (rodajes)**

En la prueba de funcionamiento de la sembradora de precisión antes de la calibración se observó que el seguro del plato distribuidor se autoajustaba, en relación (al movimiento) de transmisión entre plato distribuidor y la rueda motriz de la sembradora, haciendo que en un corto tiempo el plato distribuidor dejaba de girar por completo, por consecuente dejaba de distribuir la semilla para la siembra. Por esta razón se incorporó rodamientos en los tres cuerpos de la sembradora por debajo del seguro del disco o plato distribuidor (**Anexo N° 13**), para evitar que se siga ajustando y/o asegurándose.

### **3.4.4.2. Calibración de la sembradora de presión mediante ensayos**

#### **3.4.4.2.1. Profundidad teórica y real de siembra**

La reja abridora presenta cuatro posiciones de regulación. Para calcular la profundidad teórica de siembra se midió en tamaño de la reja abridora en las cuatro posiciones y para regular la profundidad real de siembra adecuada y/o óptima para maíz, se realizó ensayos con las 4 posiciones de regulación, para las cuales se iba cambiando las posiciones de regulación de la altura de la reja abridora.

El ensayo se realizó cuatro veces con dos repeticiones (ida y vuelta) en una longitud de 10 m. lineales que fue marcado con estacas, donde se hizo recorrer la sembradora de forma manual.

Para medir la profundidad de siembra se escarbó la tierra del surco o la línea de recorrido por al sembradora hasta encontrar la semilla de maíz enterada, enseguida se procedió medir las profundidades con una regla. Se hizo 5 excavaciones al azar por cada 10 m.

La semilla de maíz con la que se realizó el ensayo fue la misma que se instaló posteriormente en las unidades experimentales.

#### **3.4.4.2.2. Distancia teórico de siembra**

##### ***A. Mediante fórmula matemática***

Es necesario precisar que la sembradora cuenta con cuatro platos distribuidores o discos de siembra, todos ellos tienen un solo medida de diámetro de 21 cm y trabajan con una posición inclinada.

**Tabla N° 07: Características de la sembradora de precisión**

N° Discos	N° alveolos (k)	Radio de la rueda motriz (R)	Diámetro de disco (ø)	Rel. transmisión de rueda motriz y disco (i = nm/nd)
<b>D1</b>	8	21 cm.	20 cm.	4
<b>D2</b>	12	21 cm.	20 cm.	4
<b>D3</b>	16	21 cm.	20 cm.	4
<b>D4</b>	42	21 cm.	20 cm.	4

**Fuente:** *Elaboración propia (2020).*

***La regulación de la distancia de siembra se basa en dos magnitudes variables:***

- Número de alveolos del disco de siembra.
- Relación de transmisión entre la rueda de apoyo y el disco.

***La distancia teórica de siembra se calcula de la siguiente forma:***

Primero se calcula la relación (i) de transmisión entre la rueda de apoyo motriz y el disco accionado.

$$i = \frac{nm \text{ (n.º vueltas rueda motriz)}}{nd \text{ (n.º vueltas plato distribuidor)}}$$

**Nota:** Para calcular (i), se marcó el punto inicio de la rueda motriz y el plato distribuidor, posteriormente se hizo recorrer la sembradora de forma manual, donde se observó que por cada 4 vueltas de la rueda motriz el plato distribuidor da una vuelta.

La distancia (l) recorrida por la rueda de radio efectivo (bajo carga) sobre el suelo en una vuelta es:

$$l = 2 \cdot \pi \cdot R = 6.28 \cdot R$$

Siendo: distancia de siembra (d) y número de alveolos (k) del plato y, por tanto, de semillas en una vuelta completa del

mismo. Para una vuelta del plato distribuidor, el número de vueltas de la rueda motriz será «i», es decir, la maquina habrá avanzado la distancia i.l. Luego podremos igualar:  $k.d = i.l = i.2. \pi.R$ .

***La distancia teórica de siembra será:***

$$d = \frac{2 \pi \cdot R}{k} \cdot i$$

***Nota:*** El *cambio de las distancias de siembra* se realiza cambiando los platos distribuidores, desmontando la tolva, en cuya base se encuentra.

### ***B. Mediante ensayo con semillas***

Para determinar la distancia entre golpes o granos de semillas, Se realizaron ensayos marcando 10 metros lineales con apoyo de estacas, donde se hizo recorrer la sembradora de ida y vuelta de forma manual sin que la reja abridora entre contacto con el suelo haciendo que solo la rueda motriz quede en contacto con el suelo. Las distancias entre granos o goles de semillas que iba dejando la sembradora, se midieron con una wincha repetidas veces.

***Ensayos realizados con los platos distribuidores:***

La semilla de maíz con la que se hizo los ensayos fue la misma que se instaló posteriormente en las unidades experimentales. De cada uno de los ensayos se pudo observar lo siguiente:

**a) Ensayo 1 (Primer disco):** Los alveolos del disco son muy grandes, donde cada alveolo recibe mayor a un (1) grano de semillas de maíz amarillo duro y la distancia entre granos de semillas es muy espaciado.

- b) **Ensayo 2 (segundo disco):** El grano de maíz encajo en forma exacta en cada alveolo del disco y la distancia entre granos de semillas es un poco espaciado.
- c) **Ensayo 3 (tercer disco):** El grano de semilla de maíz no encajo en los alveolos del plato distribuidor debido a que son más grandes en relación al tamaño de los alveolos, por lo que tampoco se pudo comprobar las distancias entre granos.
- d) **Ensayo 4 (cuarto disco):** Los granos de maíz amarillo duro encajaron de manera exacta en cada uno de los alveolos de disco o plato distribuidor, se observó también que hubo casos donde los granos de maíz se superponían en los alveolos, dejando caer dos (2) granos por golpe y la distancia entre granos de semillas es pequeño.

#### **3.4.4.2.3. Densidad teórico o recomendada de siembra (Kg/ha)**

La calcular la densidad de siembra de amarillo duro, primero tenía que escogerse del plato distribuir del ensayo realizado de; *distancia teórico de siembra*, de la cual se optó por trabajar con el *cuarto plato distribuidor* que presenta las características más óptima para la siembra de presión en comparación con el resto de los platos distribuidores o disco con que se realizó el ensayo.

Los ensayos se realizaron marcando 10 metros lineales con apoyo de estacas, donde al tubo de descarga que se encuentra por debajo de la zona de descarga de la tolva de maíz se le sujeto una bolsa de plástico para que no caiga la semilla al suelo, solo quede depositado en la bolsa. Posteriormente se hizo recorrer la sembradora de ida y vuelta, logrando tener la cantidad de semilla de ida y vuelta por separado a las cuales se pesaron para calcular la densidad de siembra (Kg/Ha) en relación a la distancia de surcos o líneas.

#### **3.4.4.2.4. Distancia teórica entre surcos o líneas de siembra**

Se manipulo el posicionamiento adecuado de cada uno de los cuerpos de la sembradora, a lo largo de la barra transversal del bastidor, estas fueron trasladables a lo largo de sus soportes transversales en el bastidor, en general por medio de abrazaderas y tornillos se fijaron y aseguraron a los cuerpos de la sembradora, con posicionamiento continuo o discontinuo.

Para regular la distancia de surcos o filas de plantas, solo se manipulo los cuerpos de las sembradoras en el toolbar, midiendo la distancia entre los cuerpos de la sembradora con apoyo de una wincha.

#### **3.4.4.2.5. Dosis de Polímero “lluvia sólida” (Kg/ha)**

Para calcular las dosis del polímero se realizó (n) ensayos donde se iba cambiando y/o regulaba las posiciones del dosificador hasta llegar calcular las posiciones exactas de suministro de 30, 40 y 50 kg/ha. de lluvia sólida.

Los ensayos se realizaron marcando 10 metros lineales con apoyo de estacas, donde al tubo de descarga que se encuentra por debajo de la zona de descarga de la tolva de lluvia sólida se le sujeto una bolsa de plástico para que no caiga el polímero al suelo, solo quede depositado en la bolsa. Posteriormente se hizo recorrer la sembradora de ida y vuelta, logrando tener la cantidad de polímero de ida y vuelta por separado a las cuales se pesaron para calcular la dosis del polímero.

Este procedimiento se realizó hasta encontrar las posiciones exactas del suministro de las dosis de lluvia sólida anteriormente mencionado, donde a la primera posición encontrado se le denomino ( $P_0$ ), al segundo ( $P_1$ ) y a la tercera posición ( $P_2$ ).

### 3.4.5. METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN EXPERIMENTAL

Consistió en la instalación de unidades experimentales (Tratamientos), según el diseño de bloques completos al azar, habiendo realizado el acondicionamiento y la calibración de la sembradora Cole modelo 12MX Multiflex.

- a) **Replanteo:** Se realizó el replanteo del esquema del campo experimental (**Grafico N° 01**) en la parcela con ayuda de una wincha, estacas, cordel, y yeso.
- b) **Surcado:** El surcado del terreno se hizo pasando reja con tractor agrícola, a una distancia entre surcos de 0.80 m. con tres surcos por unidad experimental, dejando listo para la siembra de Maíz amarillo duro y Aplicación del Poliacrilato de Potasio.
- c) **Instalación de los tratamientos:** Conociendo que la semilla de Maíz amarillo duro adquirido ya era tratada y que presenta un poder germinativo de 100 % y que la parcela experimental se encuentra en capacidad de campo, se procedió hacer la instalación.

La instalación del experimento se realizó con la Sembradora de Presión Cole Modelo 12MX Multiflex, haciendo la siembra en líneas o surcos de Maíz amarillo duro y aplicación del Polímero Poliacrilato de potasio simultáneamente de acuerdo a los tratamientos establecidos (**Tabla N° 05**).

### 3.4.6. LABORES CULTURALES COMPLEMENTARIAS

Las labores culturales necesarias, que se realizaron durante la medición y el análisis de variables que se investigó en la etapa fenológica del cultivo de maíz amarillo duro fueron:

- a) **Control de plagas:** El control se realizó para combatir diferentes insecto plagas para disminuir o/y evitar daños y mortandad de plantas, principales plagas que se combatieron fueron; gusanos de cortadores o

de tierra (*Copitarsia turbata*), (*Agrotis ipsilon*.) y el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Para la cual se utilizó los productos químicos; Spermex y Lorban (40ml/20Lts) y Famoos (20ml/20Lts).

- b) **Control de malezas:** Es una labor que se realizó con la finalidad de eliminar las malezas existentes en el cultivo, para reducir la competencia de luz, agua, nutrientes y espacio. Esta actividad se realizó con el control químico en las primeras etapas de desarrollo, utilizando un herbicida sistémico de nombre comercial Rayo (150 ml/20Lts) y también se realizó de forma manual al momento de aporque.
- c) **Fertilización:** El abonamiento se realizó para su normal crecimiento y desarrollo de la planta. La primera fertilización se realizó con Nitratado de Amonio cuando la planta presentaba 5 a 8 hojas y la segunda fertilización se realizó con un fertilizante compuesto (20-20-20) al momento del aporque. Se tuvo como referencia a las fertilizaciones que realizan en la localidad.
- d) **Riegos:** Se realizó para que el suelo se encuentre en capacidad de campo y que la planta no entre en estrés hídrico. Los riegos se realizaron forma moderada por haber realizado la aplicación de lluvia sólida simultáneamente con la siembra y en periodos de lluvia se realizó riegos esporádicos.
- e) **Aporque:** Consistió en el amontonamiento de tierra al pie de planta, con la finalidad de dar aireación, crecimiento de radicular y además es una forma de eliminar las malezas. Actividad que se realizó con ayuda de una lampa de aporcar a los 40 días de siembra, cuando la planta tenía aproximadamente 40 cm de altura.

### 3.4.7. EVALUACIONES CON MEDICIONES DE CAMPO

Para evaluar el desempeño mecánico de la sembradora Cole modelo 12 MX Multiflex en siembra de maíz amarillo duro y para determinar la

calibración más productiva de siembra y aplicación del polímero (lluvia sólida), las evaluaciones se hicieron desde el acondicionamiento y calibración de la sembradora hasta las evaluaciones en las unidades experimentales, donde de cada unidad experimental solo se evaluó el curso central y el resto fue descartado por efecto de borde (**Grafico N° 02**).

Las evaluaciones en campo experimental, se realizaron desde la siembra en líneas o surcos y aplicación del polímero (lluvia sólida), hasta llegar a la etapa de panojamiento (VT) de maíz amarillo duro, los parámetros evaluados en campo fueron los siguientes:

#### **3.4.7.1. Densidad real de siembra de maíz amarillo duro (Kg/Ha)**

Para determinar de la densidad real de siembra, se basó en dos aspectos que condicionan la densidad de plantas real obtenida tras la siembra, que son:

##### **✓ *El porcentaje o coeficiente de emergencia de la semilla***

Para determinar y/o estimar el % de emergencia o nascencia, se hizo el conteo del número de plantas emergidas en las unidades de muestreo en ciertas condiciones desfavorables de campo después de cinco semanas de haber sido sembradas de forma mecanizada. Para ver las causas de las fallas de emergencia, se desenterró los tramos con fallas para verificar el motivo de las fallas de nascencia.

$$\% \text{ Emergencia} = \frac{\text{Numero de semillas ermergidas o nascencia}}{\text{Numero total de semillas sembradas}} \times 100$$

**Nota:** Para calcular n°. de semillas sembradas, se dividió la longitud del surco con la distancia de siembra en la calibración obtenida.

Teniendo la estimación (% de emergencia o nascencia) de la población de plantas logradas, se pasó a calcular la dosis de siembra en campo.

$$\text{Dosis de siembra en campo} = \frac{\text{Densidad recomendado (Kg/Ha)}}{\% \text{ de emergencia o nascencia}}$$

✓ ***El resbalamiento o deslizamiento (Patinamiento) de las ruedas motrices***

El resbalamiento es determinado por las condiciones del terreno como por la resistencia al giro de los elementos distribuidores de la máquina y viene dado también por un porcentaje que influye en la dosis (aumentándola) en el coeficiente o porcentaje de germinación.

**Armando A. C. (2004)**, indica que el resbalamiento es una sembradora de precisión (monograno y golpes) varía entre 2 a 6 %, debido a la sinuosidad del terreno.

Teniendo el resbalamiento y dosis de siembra en campo, se procedió calcular la dosis real de siembra.

$$\text{Dosis de real} = \frac{\text{Dosis de siembra en campo (Kg/Ha)}}{\% \text{ de resbalamiento o deslizamiento}}$$

Teniendo la dosis real se podrá fijar una densidad teórica de siembra de maíz amarillo duro.

### **3.4.7.2. Distancia real de siembra (plantas)**

La distancia real de siembra se determinó mediante el resbalamiento o deslizamiento de las ruedas motrices por las condiciones del terreno como por la resistencia al giro de los elementos distribuidores de la máquina, donde influye en la

distancia de siembra disminuyendo un porcentaje en la distancia teórica calibrado. Para determinar la distancia real se empleó las siguientes formulas.

$$\text{Dist. Real} = (\text{Dist. Teórico}) (\% \text{ emergencia o nascencia}) (\text{patinamiento})$$
$$Y$$
$$\text{Dist. Real} = \text{Dist. Teórico} - \text{Dist. Peridida.}$$

Para corroborar la distancia real de siembra calculada mediante la fórmula matemática, se realizó mediciones en campo de las distancias entre plantas de maíz amarillo duro con ayuda de una wincha (5m) para corroborar los datos.

#### **3.4.7.3. Distancia real entre líneas o surcos de siembra**

Para determinar la distancia real entre surcos de siembra, se realizó las mediciones correspondientes en campo con ayuda de una Wincha (5m) de las distancias entre filas o surcos de las plantas de maíz amarillo duro.

#### **3.4.7.4. Altura de planta**

La evaluación de altura de planta del cultivo de maíz amarillo duro, se realizó con la ayuda de un wincha (5m), donde midió la altura de diez plantas (se trabajó con el promedio de las alturas). Las mediciones se tomaron desde la base del tallo (a nivel del suelo) hasta la inserción de la hoja bandera.

#### **3.4.7.5. Diámetro del tallo**

La evaluación de diámetro del tallo de las diez plantas de maíz amarillo duro, se realizó con apoyo de un vernier para tener medidas exactas en mm. (Se trabajó con el promedio de los diámetros). Las mediciones se tomaron a la altura del cuello o base de la planta.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN DE LA SEMBRADORA DE PRECISIÓN, Y DISCUSIÓN

#### 4.1.1. Profundidad teórico y real de siembra

Se determinó la posición de regulación más óptima de la reja abridora para siembra de maíz amarillo duro.

**Tabla N° 08: Profundidad teórica de siembra**

Ensayo	Posición	Tamaño de reja abridora (cm)	Profundidad teórica (cm)
E	P <sub>1</sub>	5	5
	P <sub>2</sub>	7	7
	P <sub>3</sub>	9	9
	P <sub>4</sub>	11	11

**Fuente:** *Elaboración propia (2020).*

La Tabla N° 08 muestra las profundidades teóricas que presenta la sembradora de precisión Cole modelo 12 MX Multiflex.

**Tabla N° 09: Profundidad real de siembra de maíz amarillo duro**

Ens.	Posici.	Rep.	L.E. (m)	Prof. depositado (cm)					Prom. (cm)	P.F (cm)
				1	2	3	4	5		
E <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	Ida	10	4.5	3.8	3.1	4.2	4.3	3.98	3.78
		vuelta	10	3.6	4.8	3.7	3.0	2.8	3.58	
E <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	Ida	10	6.2	5.5	6.4	5.5	5.4	5.80	5.83
		vuelta	10	5.9	6.4	5.7	6.1	5.2	5.86	
E <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	Ida	10	8.9	8.4	7.8	7.8	8.5	8.28	8.18
		vuelta	10	7.5	8.0	7.9	8.6	8.4	8.08	
E <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	Ida	10	10.2	9.9	10.2	10.3	9.7	10.06	10.34
		vuelta	10	9.8	10.1	10.0	10.0	10.5	10.08	

**Fuente:** *Elaboración propia (2020).*

En la Tabla N° 09, se observa las profundidades reales de siembra, observándose que la Posición 2 (P<sub>2</sub>) presenta una profundidad de siembra óptimo según los datos agrotecnicos (Tabla N° 03) y **Paliwal & Nations (2001)** que indica que el maíz se siembra a una profundidad de 5 a 8 cm si las condiciones son adecuadas

Comparando las Tablas N° 08 y 09, vemos que la profundidad teórica varía en cuanto a la profundidad real, debido diversas sinuosidades del terreno.

**Según Ortiz (1995)** menciona que la siembra mecanizada se realiza en líneas, a una profundidad uniforme, pero diferente para cada semilla y condiciones distintas (normalmente entre, 4 a 8 cm) y **Vargas (2017)** manifiesta que la regulación de la profundidad de la semilla depende del cultivo a establecer y de la calidad de la semilla a ser empleada (vigor y germinación), en la siembra de semillas de tamaño mayor, la profundidad debe estar alrededor de 5 cm.

#### 4.1.2. Distancia teórico de siembra

##### 4.1.2.1. Mediante fórmula matemática

En lo que respecta de las regulaciones de la distancia teórico de siembra realizada con los cuatro discos o platos distribuidores para determinar la distancia teórica de siembra se tiene los siguientes resultados.

**Tabla N° 10: Distancias de siembra según la fórmula matemática**

N°. discos	R (cm)	K	i	Dist. Rec. Rueda de radio efectiva ( $l = 2\pi R$ ) (cm).	Dist. Teórica $d = \left(\frac{2\pi \cdot R}{k} \cdot i\right)$
D <sub>1</sub>	21	8	4	131.95	66 cm.
D <sub>2</sub>	21	12	4	131.95	44 cm.
D <sub>3</sub>	21	16	4	131.95	33 cm.
D <sub>4</sub>	21	42	4	131.95	13 cm.

**Fuente:** *Elaboración propia (2020).*

La Tabla N° 10 muestra las distancias teóricas de siembra que presenta la sembradora de precisión Cole modelo 12 MX Multiflex con los cuatro (4) discos.

#### 4.1.2.2. Mediante ensayos con semillas

En lo que respecta a los ensayos realizados con los platos distribuidores para determinar la distancia entre golpes o plantas se tiene los siguientes resultados.

**Tabla N° 11: Distancias entre granos de semillas de maíz amarillo duro**

Ens.	Discos	Rep.	L. ens. (m)	Distancias/granos					Prom.	P.F.
				1	2	3	4	5		
E <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	Ida	10	62.0	64.0	66.0	63.8	67.0	64.56	63.9
		vuelta	10	61.8	62.9	63.5	64.0	64.3	63.30	
E <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	Ida	10	43.9	44.0	43.9	44.3	42.0	43.62	43.1
		vuelta	10	42.2	41.9	42.9	43.7	42.5	42.64	
E <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	Los granos de las semillas de maíz son grandes en relación al tamaño de los alveolos de disco.								
E <sub>4</sub>	D <sub>4</sub>	Ida	10	11.9	12.4	13.0	12.9	12.5	12.54	12.5
		vuelta	10	12.6	12.5	13.2	11.8	12.7	12.56	

**Fuente:** *Elaboración propia (2020).*

La Tabla N° 11 muestra los resultados de los ensayos de distancia entre granos (golpes) de semillas de maíz amarillo duro.

De las Tablas N° 10 y 11, podemos concluir que el Disco 4 (D<sub>4</sub>) presenta una distancia de siembra de 13 y 12.5 cm. que se ajusta más a la siembra monograno o precisión según a los datos agrotecnicos y Según indica **Ortiz (1995)** que la siembra de precisión exige una distancia entre 2 y 15 cm, se exige también a las maquinas a las maquinas sembradoras gran velocidad, así como su enganche y utilización por una sola persona.

**Según Luis (s.f.)**, las distancias de siembra más utilizadas entre hileras y entre golpes o sitios son 0.90 m x 0.20 m y 0.90 m x 0.40 m, sembrando una y dos semillas por golpe, respectivamente.

#### 4.1.3. Densidad teórico o recomendado de siembra de MAD (Kg/Ha)

Resultado de densidad de maíz amarillo duro de los ensayos realizados con *cuarto disco o plato distribuidor* anteriormente elegido a trabajar.

**Tabla N° 12: Datos obtenidos de pesos de semillas de MAD en el ensayo**

Ens	Rep.	Long. ensayo (m)	Peso de semillas (gr)	Prom. (gr)	Peso final semilla (gr)
E <sub>1</sub>	ida	10	40.18	40.07	39.56
	vuelta	10	41.22		
E <sub>2</sub>	ida	10	37.60		
	vuelta	10	40.60		

**Fuente:** *Elaboración propia (2020).*

La Tabla N° 12 muestra que un cuerpo de la sembradora con el cuarto plato distribuidor en una longitud de 10 metros nos distribuye 39.56 gramos en promedio de semilla.

**Tabla N° 13: Densidad teórico de siembra de semilla de MAD (Kg/Ha)**

Dist./surcos (m)	Long. ensayo (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Peso de semilla (gr)	Densidad de MAD (Kg/ha)	
				Calculado	Recomendado
0.7	10	7	39.56	56.51	50
0.75	10	7.5	39.56	52.74	50
0.8	10	8	39.56	49.55	50
0.85	10	8.5	39.56	46.54	50
0.9	10	9	39.56	43.96	50

**Fuente:** *Elaboración propia (2020).*

La Tabla N° 13, muestra las densidades de siembra (dosis de MAD) de maíz amarillo duro por Hectárea (Ha) en base a distancias entre surcos o filas de siembra, donde se observa que a una distancia de 0.8 m entre filas se llega a tener densidad de siembra recomendado de 50 Kg/ha.

**Según Ortiz (1995)** debe ser posible la regulación de diferentes cantidades de siembra (2 a 250 Kg/ha) con la mínima variabilidad, tanto entre zonas dentro de la línea como entre las líneas. Para determinados cultivos, con

una densidad de plantas definitiva entre 70000 a 150000 por hectárea (remolacha, maíz, hortícolas).

**Según Luis (s.f.)** las distancias de siembra más utilizadas entre hileras y entre golpes o sitios son 0.90 m x 0.20 m y 0.90 m x 0.40 m, sembrando una y dos semillas por golpe, respectivamente.

#### 4.1.4. Distancia teórico entre surcos o filas de siembra

La distancia entre surcos o filas de siembra, se obtuvo del ensayo de dosis de semilla, donde se observa que la distancia de surcos es de 80 cm. para una densidad recomendado de 50 Kg/ha. de siembra; por tanto el posicionamiento de los cuerpos de la sembradora se hizo a una distancia de 80 cm. entre ellos a lo largo de la barra transversal del bastidor.

#### 4.1.5. Dosis del polímero “lluvia sólida” (Kg/ha)

De los ensayos realizados para el suministro recomendado de las dosis de lluvia sólida, se tiene los siguientes resultados.

**Tabla N° 14: Pesos obtenidos de lluvia sólida en los ensayos**

Ens	Posic.	Rep.	Long. ensayo (m)	Peso de polímero (gr)	Promedio (gr)
	Po	ida	10	27.30	25.21
		vuelta	10	23.12	
En	P <sub>1</sub>	ida	10	33.19	33.04
		vuelta	10	32.89	
	P <sub>2</sub>	ida	10	39.60	40.67
		vuelta	10	41.74	

**Fuente:** *Elaboración propia (2020).*

La Tabla N° 14 muestra los pesos promedios (en gramos) de posiciones dosificadores encontrados en los ensayos.

**Tabla N° 15: Dosis de lluvia sólida (Kg/Ha)**

Posición	Dist./surcos (m)	Long. ensayo (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Peso de polímero (gr)	Dosis de L.S. (Kg/ha)	
					Calculado	Requerido
P <sub>0</sub>	0.8	10	8	25.21	31.51	30
P <sub>1</sub>	0.8	10	8	33.04	41.30	40
P <sub>2</sub>	0.8	10	8	40.67	50.84	50

**Fuente:** *Elaboración propia (2020).*

La Tabla N° 14 muestra los pesos promedios (en gramos) de posiciones dosificadores encontrados en los ensayos.

La Tabla N° 15, muestra las dosis de lluvia sólida por hectárea (Ha) en base a distancias entre surcos o filas de siembra (anteriormente encontrado), donde se observa que las posiciones para una distancia de 0.8 m. entre filas, se tienen las dosis de 30, 40 y 50 Kg/ha.

## 4.2. RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES CON MEDICIONES EN CAMPO, Y DISCUSIÓN

### 4.2.1. Densidad real de siembra de Maíz amarillo duro (Kg/Ha)

De las evaluaciones realizadas en el campo experimental, se tiene los resultados de la densidad real de siembra mecanizada para maíz amarillo duro.

**Tabla N° 16: Densidad real de siembra**

n°. semillas sembradas por surco	n° total semillas sembradas	P. plantas (n° S. emergidas o nascencia)	Densidad recomendado	Patinamiento (%)	% emergencia o nascencia	Dosis de siembra en campo (kg/ha)	Dosis real (Kg/ha)
$\frac{800}{12.55}$	63.74 * 9	$\sum_{i=1}^9 xi$	50 Kg/Ha	2 – 6	$\frac{491}{574} * 100$	$\frac{50}{0.86}$	$\frac{58.14}{0.96}$
63.74	573.66	491		4	85.5	58.14	60.56

**Fuente:** *Elaboración propia (2020).*

La Tabla N° 16 muestra la densidad real de siembra (dosis de semilla) de MAD, de donde se concluye que la densidad teórica o recomendado de siembra mecanizada de maíz amarillo duro posteriormente para la siembra será de 60. 56 Kg/ha. La densidad real varía en función al patinamiento y el % de nacencia (emergencia) de las plantas.

También en la Tabla N° 16 se observa que no se tuvo el 100 % de nascencia de las plantas (emergencia prevista) establecidas según la densidad de siembra, solo se obtuvo 85.5% de nascencia, de donde puede concluir que hubo fallas y/o deficiencias en la nascencia de las plantas (semillas) previstas según la densidad programada y debido a la pérdida de plantas, y si aún está perdida se incrementa hasta la cosecha por “n” motivos, se vería reflejado al rendimiento de la producción, generando pérdidas económicas.

#### 4.2.2. Distancia real de siembra (plantas)

De las evaluaciones realizadas en el campo experimental, para determinar la distancia real de siembra (uniformidad de distribución) se tienen los siguientes resultados.

**Tabla N° 17: Distancia real de siembra mediante fórmula matemática**

Dist. teórico (cm)	Patinamiento (4%)	Dist. de perdida (cm)	Distancia (cm) (100 % emerg.)	% Emergencia o nascencia	Distancia real (cm) (Dt*Pat.*% Emerg.)
12.5	0.04	0.5	12.00	0.855	10.2
13.0	0.04	0.52	12.48	0.855	10.61
	Prom.		12.24		10.41

**Fuente:** *Elaboración propia (2020).*

La Tabla N° 17 muestra los resultados de las evaluaciones de nascencia de plantas, de donde se tiene la distancia promedio de 10.41 cm. entre plantas considerando los factores de resbalamiento o patinamiento y el % de emergencia o nascencia.

**Tabla N° 18: Distancias corroboradas de entre plantas en campo**

Rep.	Distancia promedio entre plantas (cm)															Prom.
	T1					T2					T3					
I	10.0	10.3	12.2	15.0	22.0	30.0	11.0	9.90	10.5	10.3	20.3	19.8	30.2	10.4	12.1	15.60
II	11.2	10.4	20.0	19.5	21.0	10.5	11.2	20.3	10.3	11.0	10.2	10.5	10.6	11.0	22.0	13.89
III	11.3	9.90	29.0	30.2	10.4	10.2	18.9	30.0	20.1	10.3	11.3	19.5	20.9	40.4	10.9	18.87
	Promedio final															16.12

**Fuente:** *Elaboración propia (2020).*

La Tabla N° 18 muestra las mediciones de distancias entre plantas realizadas en campo experimental, donde se observa que la distancia promedio es de 16.12 cm entre plantas.

La Tabla N° 18 muestra fuertes variaciones de distancias entre plantas en relación a la Tabla N° 17, que presenta una distancia promedio de 10.41 cm calculado mediante los factores de patinamiento y % de germinación o nascencia.

Según los resultados que nos muestran las **Tablas N° 16 y 19; densidad real de siembra y la distancia corroborados de entre plantas en campo**, se concluye que la sembradora no se adecua al 100 % a las sinuosidades del terreno, pudiendo haber sembrado las semillas mal ubicadas; muy superficial (semilla seca) y/o profundo (mucha humedad, difícil emergencia) debido a que el terreno no estuvo tan nivelado a pesar que se realizó las calibraciones correspondientes, también se puede concluir el ataque de plagas (aves, gusanos cortadores o roedores) pudo afectar en la germinación y emergencia de la semilla (condiciones desfavorables), así como el riego de enseño deficiente y/o la mala aplicación de herbicida. Todo esto hace que la población de plantas disminuya y que las distancias entre plantas incrementen.

Según **Luis (s.f.)** indica que en la práctica de la siembra a máquina de forma limitada, se reconoce la eficiencia del sistema por la rapidez y uniformidad de la distribución y enterramiento de la semilla. Para la siembra a máquina se requiere que el suelo este muy bien preparado, mullido y nivelado, en caso contrario, en algunos sectores del campo de

semilla podría quedar en la superficie o enterrada a profundidad no deseada.

Según **Vargas (2017)** menciona que las sembradoras grandes de tiro son ideales para terrenos planos extensos e inadecuados para suelos irregulares y predios pequeños. En las áreas de minifundio y de topografía accidentada, las sembradoras de alcance hidráulico pueden ser más eficientes.

Según **González (1995)** indica que se requiere que el daño mecánico ocasionado por la manipulación de las semillas sea el mínimo para no afectar la germinación y por tanto obtener la densidad de siembra deseable.

#### **4.2.3. Distancia real entre líneas o surcos de siembra**

Para determinar la distancia entre surcos, se hizo mediciones en campo de donde se tiene los siguientes resultados.

**Tabla N° 19: Distancias entre surcos o líneas de plantas de MAD**

Item	Distancia promedio entre surcos (m)			Promedio
1	0.85	0.78	0.84	0.82
	0.82	0.85	0.81	0.83
	Promedio final			0.825

**Fuente:** *Elaboración propia (2020).*

De la Tabla N° 19 se observa muestra los resultados de las distancias entre surcos o filas de plantas medidos en campo, donde se observa que las distancias son homogéneos teniendo como promedio 0.825 m. de la cual decir que mantiene la regulación inicial de distancia teórica calibrada de 0.80 m.

#### **4.2.4. Altura de planta**

De las evaluaciones con mediciones en campo para altura de planta se tiene los siguientes resultados.

**Tabla N° 20: Análisis de varianza para altura de planta**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.cal</b>	<b>F.tab</b>	<b>Sig.</b>
Tratamiento	2	0.218171	0.109085	186.87	6.94	*
Bloques	2	0.014455	0.007226	12.38	6.94	*
Error	4	0.002337	0.000584			
Total	8	0.234961				

C.V. (%) = 1.78

En la Tabla N° 20, se observa que existen diferencias estadísticas para los bloques, la cual nos indica que no existe homogeneidad entre bloques. También se observa que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con un nivel de confianza de 95%, de donde concluye que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que los tratamientos producen diferencia en la altura de la planta, para ello se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey para altura de planta.

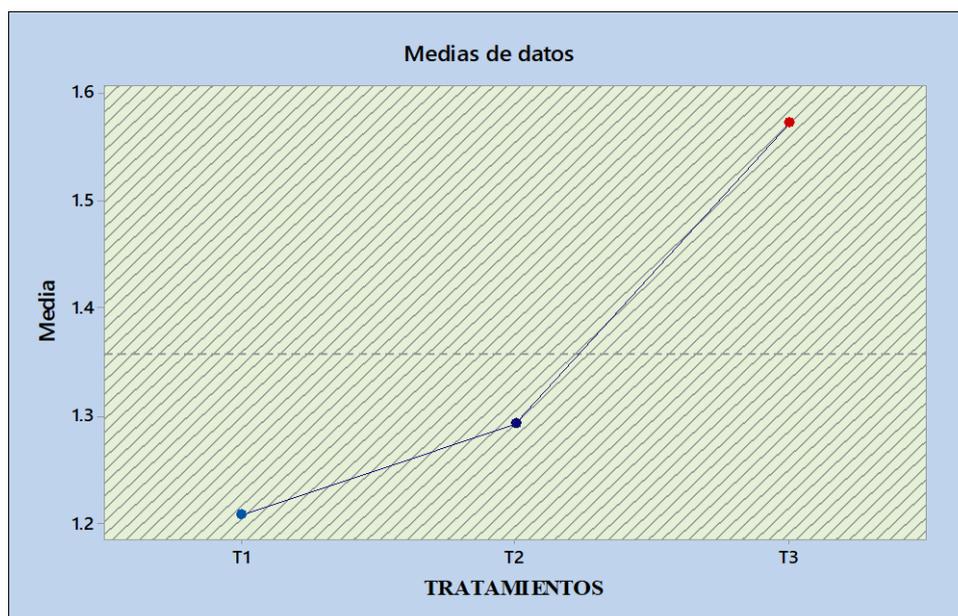
**Tabla N° 21: Prueba de comparación de medias de Tukey (Altura)**

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
T3	1.57133	A
T2	1.29167	B
T1	1.20693	C

La prueba en la Tabla N° 21 nos indica que el tratamiento T3 (50 Kg/Ha de maíz amarillo duro y 50 Kg/Ha de Lluvia sólida) es el mejor tratamiento, con el que la planta consiguió un crecimiento promedio de 1.57 m. y el tratamiento T1 la planta logró menor crecimiento promedio de 1.21 m.

**Toyer y Brown (1976)** mencionan que en algunos casos el mayor tamaño de una planta es más importante que la duración del periodo de llenado de grano en la determinación del rendimiento.

**Grafico N° 03: Promedio de altura de planta (m)**



En el Grafico N° 03, se observa el promedio de altura de planta en relación a los tratamientos.

#### 4.2.5. Diámetro del tallo

De las evaluaciones con mediciones en campo para diámetro de tallo de maíz amarillo duro, se tiene los siguientes resultados.

**Tabla N° 22: Análisis de varianza para diámetro del tallo**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.cal	F.tab	Sig.
Bloque	2	1.564	0.7822	1.50	6.94	n.s
Tratamiento	2	14.038	7.0191	13.47	6.94	*
Error	4	2.084	0.5209			
Total	8	17.686				

C.V. (%) = 3.06

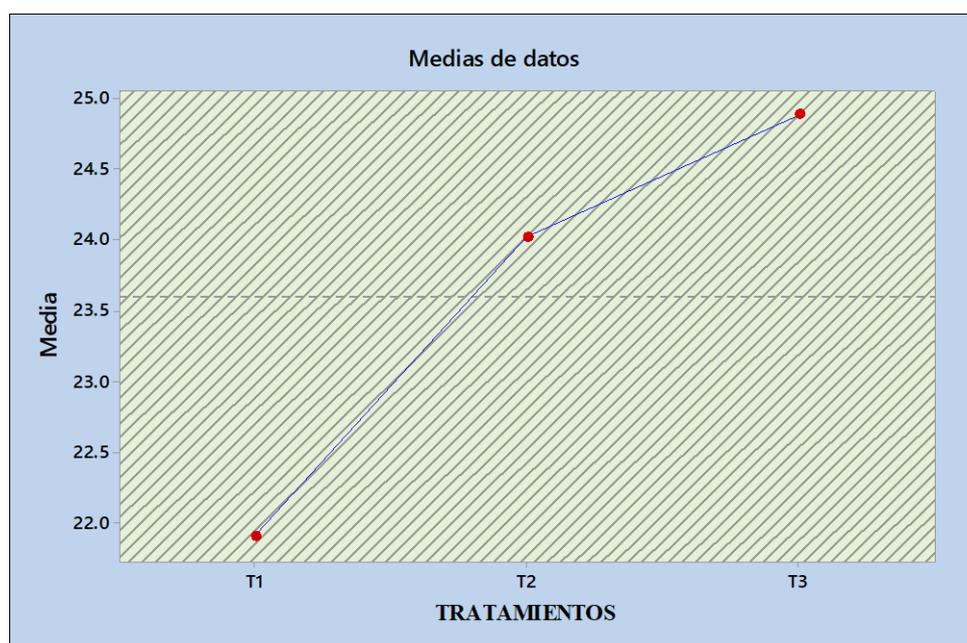
En la Tabla N° 22, se observa que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con un nivel de confianza de 95%, de donde concluye que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que los tratamientos producen diferencia en la altura de la planta, para ello se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey para diámetro del tallo.

**Tabla N° 23: Prueba de comparación de medias de Tukey (Diámetro)**

Tratamiento	Media	Agrupación
T3	24.8767	A
T2	24.0133	A
T1	21.9033	B

La prueba en la Tabla N° 23 nos indica que el tratamiento T3 (50 Kg/Ha de maíz amarillo duro y 50 Kg/Ha de Lluvia sólida) y T2 (50 Kg/Ha de maíz amarillo duro y 40 Kg/Ha de Lluvia sólida) no muestran diferencias significativas entre ambos. Con el tratamiento T3 y T2 la planta consiguió tener un diámetro de tallo promedio de 24.88 y 24.01 mm.

**Grafico N° 04: Promedio de diámetro del tallo (mm)**



En el Grafico N° 04, se observa el promedio de diámetro del tallo en relación a los tratamientos, donde se ve que T3 resulto mejor y como alternativa se tiene al tratamiento T2, y el T1 ocupa el último lugar la cual no es recomendable.

## V. CONCLUSIONES

- ✓ Se logró el adecuamiento y el acondicionamiento de la sembradora Cole modelo 12 MX Multiflex para su funcionamiento mecánico óptimo, desde limpieza y engrasado de elementos de transmisión (sistema de engranajes), adaptación a la barra transversal de la reja e implementación de rodamientos en cada cuerpo de la sembradora para evitar el auto ajustamiento del plato distribuidor.
- ✓ Se determinó la calibración óptima para cada condición de ensayo; la profundidad teórico y la profundidad real promedio de siembra encontrándose en la posición dos (P<sub>2</sub>); 7 y 5.83 cm, distancia teórico entre granos (golpes) calculado con fórmula matemática y mediante ensayos con semillas se encontró en el disco cuatro (D<sub>4</sub>); 13 y 12.5 cm, densidad recomendado de 50 (Kg/ha) se encontró con el disco cuatro a una distancia teórico o entre filas o surcos de 0.8.m.
- ✓ Se cuantifico la dosificación mecánica de Poliacrilato de Potasio “lluvia sólida” por hectárea (Ha) en base a distancia entre filas o surcos, donde las posiciones P<sub>0</sub>; P<sub>1</sub> y P<sub>2</sub> nos suministran 31.51; 41.30 y 50.84 Kg de Poliacrilato de Potasio por Ha.
- ✓ Se determinó el desempeño mecánico de la sembradora de precisión para siembra de Maíz amarillo duro donde se obtuvo; una densidad real de siembra mecanizada de 60.56 Kg/ha, incrementado en 10.56 Kg/ha a la dosis teórica calibrada en los ensayos (50 Kg/ha), la distancia real calculado con fórmula matemática con y sin % de emergencia o nascencia varia de 12.24 a 10.41 cm y con datos corroborados una distancia promedio de 16.12 cm entre plantas, la cual varia debido a que la sembradora no adecua al 100% a las sinuosidades del terreno y la distancia promedio entre filas o surcos de 0.825 m.
- ✓ Se obtuvo el mejor desarrollo morfológico de maíz amarillo duro con el tratamiento T<sub>3</sub> (50 Kg/ha de MAD y 50 Kg/ha de lluvia sólida), teniendo una altura promedio de planta de 1.57 m y diámetro promedio del tallo de 24.88 mm, seguido por el

tratamiento T<sub>2</sub> (50 Kg/ha de Maíz amarillo duro y 40 Kg/ha de lluvia sólida) y tratamiento T<sub>3</sub> no presento menor grado de desarrollo en cuanto a altura de planta y diámetro o grosor de tallo.

- ✓ El desempeño mecánico más productiva para siembra mecanizada de maíz amarillo duro y aplicación del polímero “lluvia sólida” simultáneamente fue con el Tratamiento T3 (50 Kg/ha de Maíz amarillo duro y 50 Kg/ha de lluvia sólida).

## VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Para realizar una buena calibración de la sembradora, es necesario conocer las propiedades físicas y datos agrotecnicos de las semillas, para evitar algunos problemas posteriores. A ello sumar la prueba de germinación de las semillas debido a que se considera un factor muy importante para determinar la calidad de semilla, más aun en una siembra de monograno, si es necesario complementar los resultados de la prueba de germinación con otras evoluciones como las pruebas de vigor. La semilla en lo posible debe ser certificada y tratada.
- ✓ Se recomienda adquirir mayor cantidad de platos distribuidores con diversidad de número de alveolos para probar diferentes distanciamientos de siembra para diferentes tipos de semillas (cereales, hortalizas, etc).
- ✓ Para determinar el cálculo de la dosis real de siembra debe tenerse en cuenta el porcentaje de germinación (nascencia).
- ✓ Se recomienda realizar trabajos de investigación fomentando o promoviendo una agricultura mecanizada, así lograr una agricultura sostenible en la región con bajos costos de producción.
- ✓ Realizar investigaciones probando otras densidades de siembra de maíz y dosis de lluvia sólida, con la finalidad de alargamiento de frecuencia de riego por disponer humedad en el perfil del suelo, así buscando una rentabilidad en la producción del cultivo de maíz en el callejón de Huaylas.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armando Alvarado Chaves. (2004). *Maquinaria Y Mecanización Agrícola* (1<sup>ra</sup> Edición). EUNED.
- BURES, S. 1997. Sustratos. Ediciones agrotecnias. Madrid, España, pp. 281-284.
- Chacón Rubio, Milagros J. (2018). Pruebas de vigor en semillas de maíz (*Zea mays* L.). (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Choque Mamani, O. (2016). Evaluación hidrodinámica del polímero de lluvia sólida en la estación experimental Patacamaya. (Tesis de maestría). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Díaz Cerón, R. (2011). Pruebas de viabilidad y vigor en semillas de maíz (*Zea mays* L.) y su correlación con la emergencia en campo. *Universidad Nacional Agraria de la Selva*. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/94>
- DRA-IV. (1981). *Curso Sobre Manejo de la Producción Agraria en Laderas*. IICA Biblioteca Venezuela.
- FAO. (1992). La ingeniería agraria en el desarrollo: Programas de capacitación y educación en recursos humanos. Food & Agricultura Org.
- Gasque, B. (2006). Los hidrogeles poliméricos como potenciales reservorios de agua y su aplicación en la germinación de semillas de tomate en diferentes tipos de suelos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 7, 199-210.
- González, F. G. (1995). Energía y mecanización en la agricultura. CDCH UCV.
- Granados Aguedo (2015). Producción de plántulas de pino (*Pinus radiata*) en mezclas de sustrato con hidrogel y tres niveles de riego, bajo condiciones de invernadero. (Tesis de grado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz, Perú.
- IFPRI. (2018). *La mecanización agrícola en América Latina*. [https://books.google.com/books/about/La\\_mecanizaci%C3%B3n\\_agr%C3%ADcola\\_en\\_Am%C3%A9rica\\_L.html?id=rrVoDwAAQBAJ](https://books.google.com/books/about/La_mecanizaci%C3%B3n_agr%C3%ADcola_en_Am%C3%A9rica_L.html?id=rrVoDwAAQBAJ)

- Larraga Espinoza, R. F. (2018). Eficiencia del hidrogel en la germinación de semilla de tomate de mesa en la parroquia San Antonio de Ibarra, cantón Ibarra, provincia de Imbabura (Bachelor's thesis, El Ángel, 2018).
- Llaque, M. y Riveros, H. (2004). *FORTALECIMIENTO DE LA CADENA MAIZ-AVICULTURA EN EL VALLE DE HUAURA - PERU Lecciones Aprendidas Lima, Julio 2004*. Bib. Orton IICA / CATIE.
- Luis, V. P., Zambrano Jose. (s. f.). Guía para la producción de maíz amarillo duro, en la zona central del litoral ecuatoriano. INIAP Archivo Histórico.
- Martínez Solís, J., Virgen Vargas, J., Peña Ortega, M. G., & Santiago Romero, A. (2010). Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(3), 289-304.
- Molina, R. (s. f.). Evaluación de Seis Híbridos de Maíz Amarillo Duro. INIAP Archivo Histórico.
- Napoleón, C. E. (s. f.). La producción de maíz duro del Litoral ecuatoriano posee buenas perspectivas en el mercado nacional y un gran potencial en el mercado Andino: EPDF-UUG-K6CY. INIAP Archivo Histórico.
- Navarrete, E. T. (s. f.). GUIA DE REFORESTACION. El semillero SAS.
- Nolasco Jacinto, B.B. (2019). Efecto del polímero “lluvia sólida” en el rendimiento del cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*), bajo condiciones de invernadero en Huaraz, 2017. (Trabajo de grado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Perú.
- Orbegoso Navarro, L.A. (2016). Efecto del polímero (lluvia solida) y frecuencias de riego en el rendimiento de maíz amarillo (mega híbrido), bajo condiciones de cambio climático. (Trabajo de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Ortega Gaucin, D. (2012). Sequía en Nuevo León: Vulnerabilidad, Impactos Y Estrategias de Mitigación. Instituto Del Agua De N.l.
- Ortiz, C. J. (1995). Las maquina agrícola y su aplicación. 5ª ed. Madrid, España: Mundi - prensa.
- Ortiz, C. J. (1989). Las máquinas agrícolas y su aplicación. Madrid, España: Mundi - Prensa.

- Ortiz, C. J. & Hernanz, J. L. (1988). Técnica de la mecanización agraria. 3ª ed. Madrid: Mundi - Prensa.
- Paliwal, R. L., & Nations, F. and A. O. of the U. (2001). El Maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. Food & Agriculture Org.
- Rica, C. A. T. D. I. Y. E. (Turrialba, Costa. (1984). Alternativa de manejo para el sistema maíz-frijol (la Esperanza, Honduras). Bib. Orton IICA / CATIE.
- Rodríguez, A. R. (2008). Tríadas. Nuevas Lecturas en Ciencia y Tecnología. Netbiblo.
- Rodríguez Hernández, C. H. (2014). Evaluación del poliacrilato de potasio y de materiales genéticos de *Zea mays* L. en dos épocas climáticas del año en La Máquina, Cuyotenango, Suchitepéquez.
- Rosselló, J. M. E., & Gorostiza, M. F. de. (1986). Guía técnica para ensayos de variedades en campo. Food & Agriculture Org.
- Solis, M., & Rene, N. (2019). Efecto de tres densidades de siembra en el rendimiento de cuatro híbridos de maíz (*Zea mays* L.), bajo condiciones de Pueblo Nuevo. *Repositorio Institucional - UNAS*.  
<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1651>
- Soto, M. S. (1994). Introducción al estudio de maquinaria agrícola. México: Trillas.
- Tecnológica, C. de I. (1997). Información Tecnológica. Centro de Información Tecnológica.
- Vargas, I. A. A. (2017). Centro De Apoyo Mecanizado a Cultivos Agrícolas. Palibrio.
- Yépez Chilo, E. (2011). Caracterización morfológica y evaluación fenológica de sesenta y cinco entradas de maíz (*Zea maíz* L.) del Banco de Germoplasma del CICA - K'ayra—Cusco. *Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*.  
<http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/971>

## VIII. ANEXOS

### **Anexo N° 01: Datos agrotécnicos de las semillas de maíz amarillo duro**

Prom. n° de semillas en 10 m.	Ancho (mm)	Longitud (mm)	Espesor (mm)	Peso de 100 semillas (gr)	Peso prom. de una semilla (gr)
85	7.2 – 8.0	8.0 – 9.5	4.5 - 5.0	44.2	0.442

### **Anexo N° 02: Resultado de la prueba de germinación de MAD**

N° total de semillas evaluadas	N° semillas germinadas	% Germinación
100	100	$\% G = (100/100)*100 = 100\%$

### **Anexo N° 03: Datos de la evaluación de nascencia de plantas en el campo**

Bloq.	Datos teóricos			Área experimental “Población real de plantas”						Perdida de plantas (semillas) por Ha.	
	N° semillas siembra prom. /1 Surco/Trat. (800/12.55)	3 Trat. / 1 surco	E.S. (%)	T1	T2	T3	Plantas perdidas (57.6 m <sup>2</sup> )			N° plantas	Peso (kg)
							N° plantas	%	Peso (gr)		
I	64	192	100	51	46	66	29	5.00	12.82	14,757	6.52
II	64	192		48	57	52	35	6.08	15.47		
III	64	192		60	52	59	21	3.65	9.28		
Total		576	100	491			85	14.73	37.57		

### **Anexo N° 04: Datos de altura de planta en metros**

Bloque	Tratamiento		
	T1	T2	T3
I	1.20	1.28	1.55
II	1.19	1.25	1.51
III	1.23	1.35	1.65
Promedio	1.21	1.29	1.57

### **Anexo N° 05: Datos de diámetro del tallo de planta en milímetros**

Bloque	Tratamiento		
	T1	T2	T3
I	21.10	23.15	24.97
II	21.58	24.81	24.49
III	23.03	24.08	25.17
Promedio	21.90	24.01	24.88

**Anexo N° 06: Dosis de lluvia en el área experimental neta (Kg/m<sup>2</sup>)**

Trat.	Peso L. sólida calibrado/ 8m <sup>2</sup>	L. surco/ trat. (m)	Ancho surco/ Trat. (m)	N° Repet.	Área neta/ Trat. (m <sup>2</sup> )	Lluvia sólida/área neta (m <sup>2</sup> )/Trat. (gr)	L. sólida (Kg)
<b>T<sub>1</sub></b>	25.21	8	2.4	3	57.60	181.512	0.182
<b>T<sub>2</sub></b>	33.04	8	2.4	3	57.60	237.888	0.238
<b>T<sub>3</sub></b>	40.67	8	2.4	3	57.60	292.824	0.293
Total				9	172.80	712.224	0.713

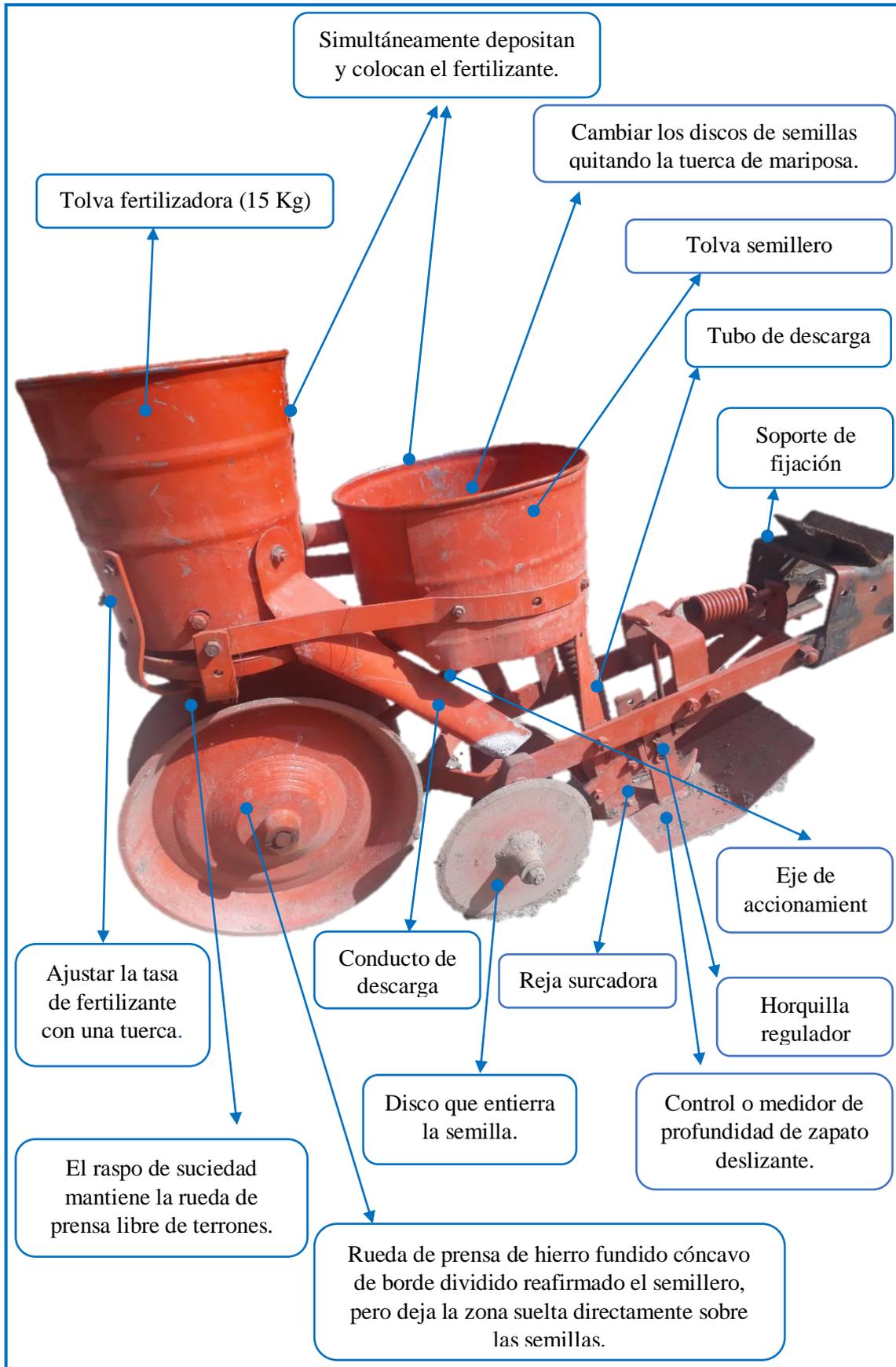
**Anexo N° 07: Densidad de MAD en el área experimental neta (Kg/m<sup>2</sup>)**

Dosis MAD (Kg/ha)	1 Ha. (m <sup>2</sup> )	Área neta del experimento (m <sup>2</sup> )	Dosis MAD/Área neta de experimento (Kg/172.8 m <sup>2</sup> )	Dosis Promedio (Kg/172.8 m <sup>2</sup> )
50	10000	172.80	0.864	1.00

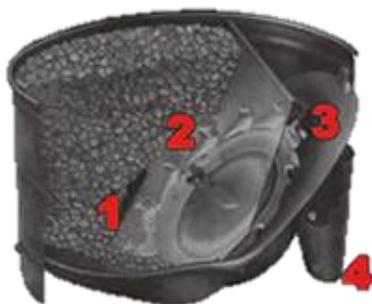
**Anexo N° 08: Población de plantas en área experimental y por hectárea**

	Distancia de Surco (m)	Distancia entre Plantas (m)	Área (m <sup>2</sup> )	1 Ha. (m <sup>2</sup> )	Área experimental (m <sup>2</sup> )	N° Plantas/Área Exper.	N° Plantas/Ha.
Teórico	0.80	0.125 – 0.130	0.100	10000	172.80	1,728.0	100,000.0
Real	0.83	0.104 – 0.161	0.120	10000	172.80	1,440.0	83,333.0

**Anexo N° 09: Partes de la sembradora Cole modelo 12MX Multiflex**

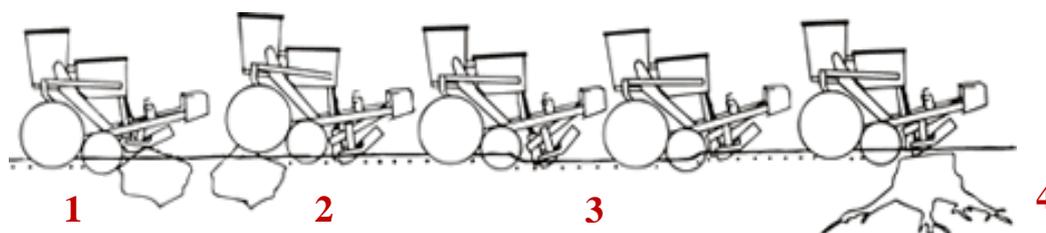
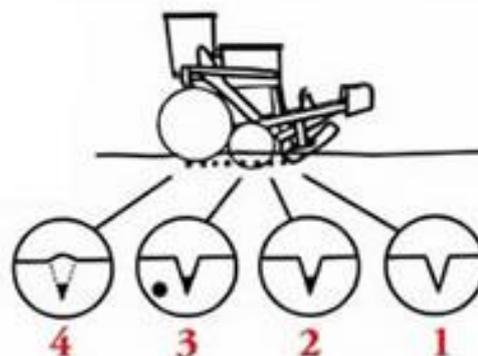


## Anexo N° 10: Mecanismo de siembra de la sembradora de precisión



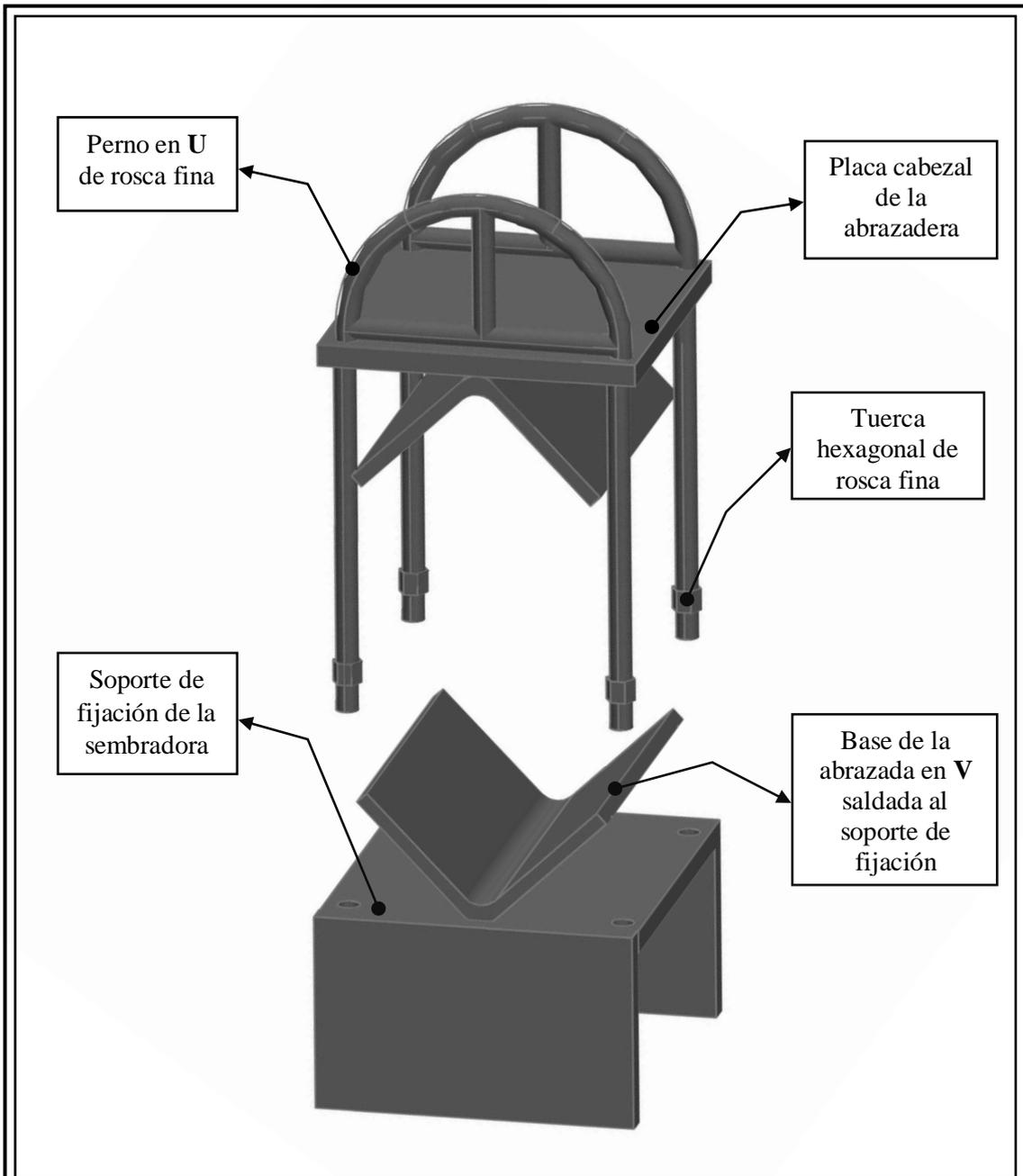
1. Las semillas se alimentan bajo la participación de las mismas semillas.
2. Semillas recogidas a medida que gira el plato de semillas; el exceso de semillas retrocede.
3. Las semillas caen a través de la abertura con una suave acción de gravedad. Sin cepillos, aldabas o dedos para dañar las semillas.
4. La boquilla entrega semillas dosificadas con precisión de una en una a la reja abridor para su colocación.

1. La reja abridora o surcadora corta una zanja de semillas lisa y uniforme y atrae la humedad al lecho de semillas. La reja en la parte inferior de la zanja tiene una forma y profundidad uniforme.
2. Las semillas se colocan a una profundidad uniforme porque las semillas quedan atrapadas a la misma profundidad de la reja.
3. La lluvia sólida y/o el fertilizante se coloca al lado del semillero donde las raíces jóvenes encontrarán alimento temprano y humedad, pero no antes de que sean lo suficiente vigorosas como soportar el fertilizante.
4. La rueda de presión reafirma el suelo alrededor de las semillas, pero deja una zona suelta directamente sobre la semilla para facilitar la emergencia. El aire se elimina del semillero.



1. La reja abridor de semillas se desplaza sobre rocas sin dañar el abridor a velocidades normales, y sin levantar la rueda de la prensa del suelo.
2. Mantiene la profundidad uniforme de siembra de semillas excepto en el área de la roca, y mantiene una buena medición de semillas ya que la rueda de la prensa no cierra la pista.
3. La sembradora obtiene un a profundidad precisa se siembra incluso cuando el abresurcos corre hacia una depresión.
4. Los obstáculos debajo del suelo, como lugares duros, rocas y tocones, no interfieren con la plantación más allá de su extensión.

**Anexo N° 11: Modelo del diseño de las abrazaderas**



**UNASAM**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS – AGRONOMÍA**

**TESIS**

“EVALUACIÓN DE LA PERFORMANCE DE LA SEMBRADORA DE PRECISIÓN COLE modelo 12 MX Multiflex, PARA SIEMBRA DE MAÍZ AMARILLO DURO (*Zea mays*) Y APLICACION DEL POLÍMERO POLIACRILATO DE POTASIO, EN CAÑASBAMBA, YUNGAY - ANCASH 2018”

PATROCINADOR	TESISTA
Ph.D. Ayora Garagate Lorenzo	Bach. Menacho Vergara Miler

**Anexo N° 12: Procedimiento de adaptación de los cuerpos de la sembradora de precisión a la barra transversal del bastidor de la reja**

1



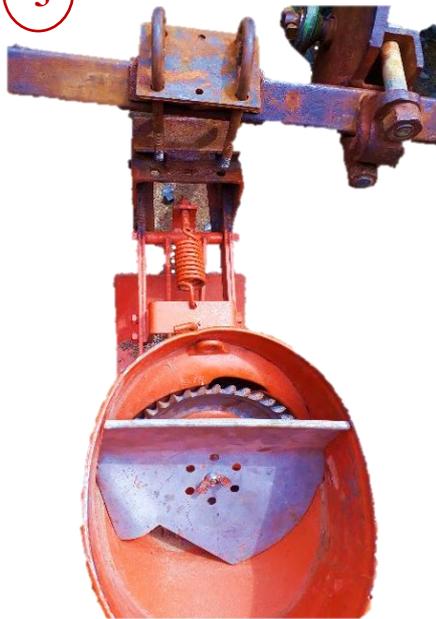
1. Tractor agrícola JHON DEERE con serie 5725 tipo universal de mediana potencia y la barra transversal de la reja.

2



2. Adaptación de la sembradora de precisión Cole 12 MX Multiflex a la barra trasversal del bastidor de la reja con las abrazaderas diseñadas.

3



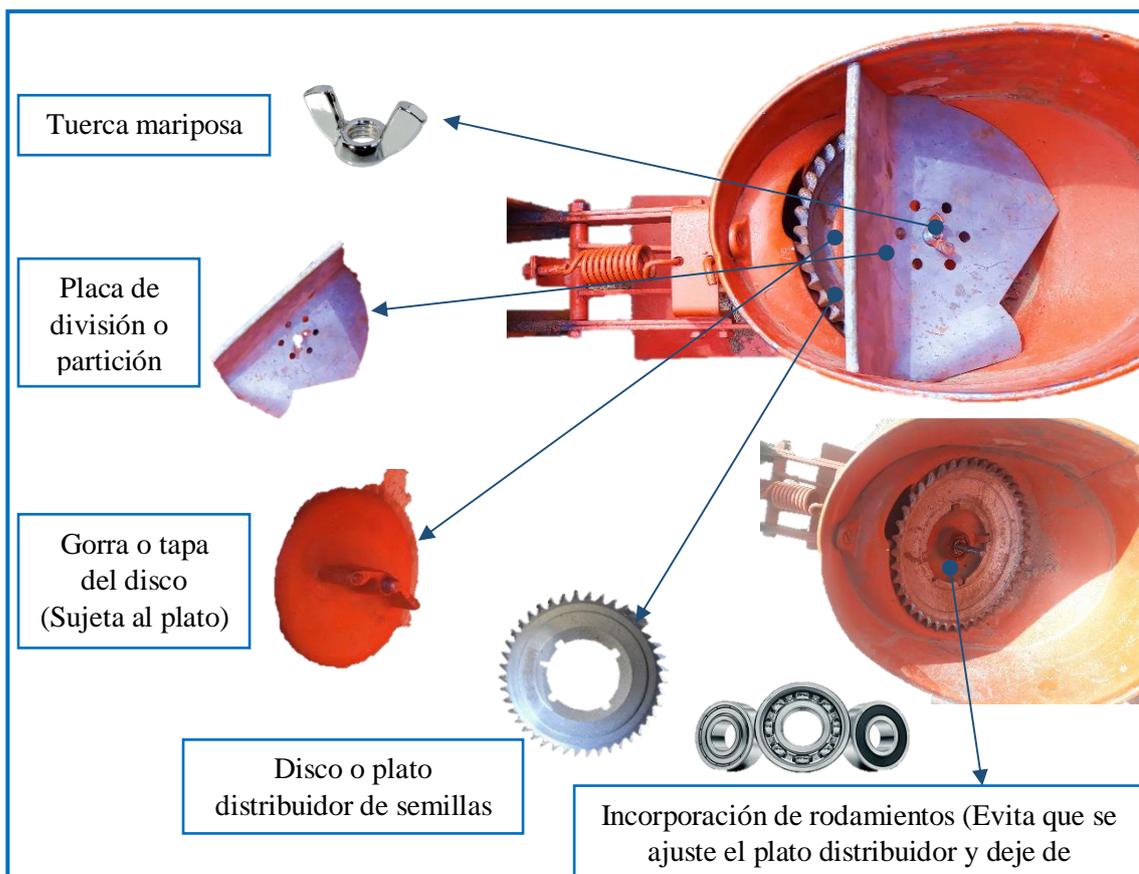
3. Terminado final de la adaptación de los cuerpos de las sembradoras a la barra transversal del bastidor de la reja.



Enganche de tres puntos 12 MX unidades disponibles para cat. 1 tractores. El bastidor es el montaje resistente que evita que las sembradoras no puedan retorcerse o balancearse, y asegurar filas rectas.

Los soportes de montaje son bloques resistentes y pernos en U. Evitan que la sembradora se balancee o se incline, y asegurar filas rectas.

### Anexo N° 13: *Proceso de selección e incorporación de discos e implementación de rodamientos (rodajes) a los cuerpos de la sembradora*



#### ***Operación de seleccionar e instalar disco o plato distribuidor de semillas***

- 1.** Quitar la tuerca de mariposa.
- 2.** Retire la placa de división o partición.
- 3.** Retirar la tapa.
- 4.** Retirar el disco anterior de semillas y reemplácela con el disco que va a utilizar. Asegúrese de que las cuatro muescas en la placa de semillas estén firmemente enganchadas con los cuatro pasadores elevados en el engranaje impulsor debajo de la tierra.
- 5.** Volver a colocar la tapa y gírela hasta que quede ajustada. No apriete demasiado.
- 6.** Reemplace la partición, asegurándose de que uno de los orificios de la pieza se ajuste sobre el pasador rallado en la parte superior de la tapa.
- 7.** Reemplace la tuerca de mariposa.
- 8.** Levante la sembradora del suelo, gire la rueda para asegurarse de que la placa de semillas girará libremente y no lo hace.

El ajuste entre el disco o plato distribuidor y la tolva se puede ajustar girando la tapa hacia la derecha o hacia la izquierda. Al reemplazar la partición, asegúrese de que el espárrago de la tapa esté alineado con un orificio en la partición para que la configuración se incorpore. Si las células de las placas son demasiado pequeñas para las semillas, habrá una distancia de semillas irregular. Las células de placa de sedimento demasiado largas para el sedimento se sobrecargan y causan una mayor población de plantas aumentando la densidad de siembra.

**Anexo N° 14: Costos de producción de maíz amarillo duro “sin sembradora” (Ha)**

ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD (Q)	COSTO UNITARIO S/. (P)	COSTO TOTAL S/. (PXQ)
<b>I. COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>1. PREPARACIÓN DE TERRENO</b>				<b>975.00</b>
- Limpieza	Jornal	4	35.00	140.00
- Arreglo de surcos y acequias	Jornal	2	35.00	70.00
- Riego de remojo	Jornal	3	30.00	90.00
- Aradura, rastra y cruza	H/M	4	90.00	360.00
- Gradeo y nivelación	H/M	2	90.00	180.00
- Surqueo o surcado	H/M	1.5	90.00	135.00
<b>2. SIEMBRA MANUAL</b>				<b>630.00</b>
- Aplicación de lluvia solida	Jornal	10	35.00	350
- Siembra de Maíz amarillo duro	Jornal	8	35.00	280
<b>3. LABORES CULTURALES</b>				<b>1185.00</b>
- 1er y 2da Abonamiento y aporque	Jornal	16	35.00	560.00
- Deshierbo (control de malezas)	Jornal	3	35.00	105.00
- Control fitosanitario	Jornal	8	35.00	280.00
- Riegos	Jornal	8	30.00	240.00
<b>4. INSUMOS</b>				<b>5267.80</b>
- Semillas (Básica)	Kg	50	30	1500.00
- Poliacrilato de potasio	Kg	50	45	2250.00
- Fertilizantes				
• Urea/Nitrato de amonio	Kg	300	2.00	600.00
• Fosfato diamonico	Kg	200	1.84	368.00
• Cloruro de potasio	Kg	167	1.90	317.30
- Pesticida				
• Rayo (herbicida)	Litros	2	20.00	40.00
• Sipermax	Litros	2	35.00	70.00
• Famoos	Litros	1.5	35.00	52.50
• Lorsban	Litros	2	35.00	70.00
<b>5. COSECHA</b>				<b>700.00</b>
Cosecha	Jornal	20	35.00	700.00
<b>6. IMPREVISTOS</b>				<b>437.89</b>
			5.00 %	
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>				<b>9195.69</b>
<b>II. COSTOS INDIRECTOS</b>				
1. COSTOS ADMINISTRATIVOS		5.00 %		459.7845
2. ASISTENCIA TECNICA		5.00 %		459.7845
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>919.5690</b>
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>				<b>10115.2590</b>

**Análisis de rentabilidad**

DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR
Costo de producción	S/.	10115.2590
Rendimiento Promedio Ha.	TM	15.00
Precio esperado por TM.	S/.	1200.00
Valor Bruto de cosecha	S/.	18000.00
Utilidad Neta	S/.	7884.741
Relación B/C.		1.78

**Fuente:** Elaboración propia (2020).

**Anexo N° 15: Costos de producción de maíz amarillo duro “con sembradora” (Ha)**

ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD (Q)	COSTO UNITARIO S/. (P)	COSTO TOTAL S/. (PXQ)
<b>I. COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>1. PREPARACIÓN DE TERRENO</b>				<b>975.00</b>
- Limpieza	Jornal	4	35.00	140.00
- Arreglo de surcos y acequias	Jornal	2	35.00	70.00
- Riego de remojo	Jornal	3	30.00	90.00
- Aradura, rastra y cruza	H/M	4	90.00	360.00
- Gradeo y nivelación	H/M	2	90.00	180.00
- Surqueo o surcado	H/M	1.5	90.00	135.00
<b>2. SIEMBRA MECANIZADA</b>				<b>105.00</b>
- Aplicación de lluvia solida	H/M	1.5	70.00	105.00
- Siembra de Maíz amarillo duro				
<b>3. LABORES CULTURALES</b>				<b>1185.00</b>
- 1er y 2da Abonamiento y aporque	Jornal	16	35.00	560.00
- Deshierbo (control de malezas)	Jornal	3	35.00	105.00
- Control fitosanitario	Jornal	8	35.00	280.00
- Riegos	Jornal	8	30.00	240.00
<b>4. INSUMOS</b>				<b>5267.80</b>
- Semillas (Básica)	Kg	50	30	1500.00
- Poliacrilato de potasio	Kg	50	45	2250.00
- Fertilizantes				
• Urea/Nitrato de amonio	Kg	300	2.00	600.00
• Fosfato diamonico	Kg	200	1.84	368.00
• Cloruro de potasio	Kg	167	1.90	317.30
- Pesticida				
• Rayo (herbicida)	Litros	2	20.00	40.00
• Spermex	Litros	2	35.00	70.00
• Famoos	Litros	1.5	35.00	52.50
• Lorsban	Litros	2	35.00	70.00
<b>5. COSECHA</b>				<b>700.00</b>
Cosecha	Jornal	20	35.00	700.00
<b>6. IMPREVISTOS</b>				<b>411.64</b>
			5.00 %	
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>				<b>8644.44</b>
<b>II. COSTOS INDIRECTOS</b>				
1. COSTOS ADMINISTRATIVOS		5.00 %		432.222
2. ASISTENCIA TECNICA		5.00 %		432.222
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>864.444</b>
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>9508.884</b>

**Análisis de rentabilidad**

DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR
Costo de producción	S/.	9508.884
Rendimiento Promedio Ha.	TM	15.00
Precio esperado por TM.	S/.	1200.00
Valor Bruto de cosecha	S/.	18000.00
Utilidad Neta	S/.	8491.116
Relación B/C.		1.89

**Fuente:** Elaboración propia (2020).

## Anexo N° 16: Reporte de análisis de fertilidad de suelo



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“Santiago Antúnez de Mayolo”**  
**“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN**  
Telefax. 043-426588 - 106  
**HUARAZ – REGIÓN ANCASH**



### RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FERTILIDAD

**SOLICITANTE:** Menacho Vergara Miler - tesista

**MUESTRA** : M - 01.

**UBICACIÓN** : CIPA Cañasbamba – Yungay - Ancash

Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	pH	M.O%	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.
	Arena	Limo	Arcilla							
042	66	20	14	Franco arenoso	6.43	1.084	0.054	13	89	0.617

#### **RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:**

La muestra es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción ligeramente ácida, pobre en materia orgánica y en nitrógeno, rico en fósforo y pobre en potasio, no tiene problemas de salinidad.

Huaraz, 10 de Diciembre del 2019.



*[Signature]*  
Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero  
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS

Anexo N° 17: Reporte de análisis de propiedades físicas de suelo



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“Santiago Antúnez de Mayolo”**  
**“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN**  
Telefax. 043-426588 - 106  
**HUARAZ – REGIÓN ANCASH**



**RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO DE SUELOS**

SOLICITANTE: Menacho Vergara Miler - tesista

MUESTRA : M - 01.

UBICACIÓN : CIPA Cañasbamba – Yungay - Ancash

Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	Da. g/cm <sup>3</sup>	Dr. g/cm <sup>3</sup>	P. %
	Arena	Limo	Arcilla				
042	66	20	14	Franco arenoso	1.48	2.73	45.79

Donde :

- Da = densidad Aparente
- Dr = densidad Real
- P = porosidad

Huaraz, 08 de Enero del 2020.



  
Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero  
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS

## IX. PANEL FOTOGRÁFICO



**Fotografía N° 01: Muestreo de suelo**



**Fotografía N° 02: Prueba de germinación estándar de Semilla de maíz amarillo duro  
Var. Mega Híbrido (Tratada)**



**Fotografía N° 03: Selección de los cuerpos de la sembradora de precisión**



**Fotografía N° 04: Limpieza y engrase de los elementos de transmisión**



**Fotografía N° 05:** *Adaptación de los cuerpos de la sembradora a la barra transversal del bastidor de la reja mediante abrazaderas la cual se mandó diseñar*



**Fotografía N° 06:** *Tractor implementado con la sembradora listo para los ensayos*



**Fotografía N° 07: Prueba de funcionamiento de la sembradora de precisión antes de la calibración**



**Fotografía N° 08: Implementación de rodamientos (rodajes) a la sembradora**



**Fotografía N° 09: Calibración de la sembradora**  
*(Profundidad teórica y real de siembra)*



**Fotografía N° 10: Platos distribuidores para calibración**  
*(Distancia teórica de siembra)*



**Fotografía N° 11:** *Calibración de la sembradora (Distancia teórica de siembra)*



**Fotografía N° 12:** *Calibración de la sembradora (Distancia entre surcos o líneas)*



**Fotografía N° 13: *Ensayo de densidad de siembra***



**Fotografía N° 14: *Ensayo de dosis de lluvia solida***



**Fotografía N° 15: *Replanteo del croquis experimental***



**Fotografía N° 16: *Surcado en la parcela experimental***



**Fotografía N° 17:** *Llenando la semilla de maíz amarillo duro en la tolva, para iniciar la instalación de los tratamientos*



**Fotografía N° 18:** *Mostrando maíz amarillo duro y lluvia sólida en área experimental al momento de instalación de los tratamientos*



**Fotografía N° 19:** *Instalación del trabajo de investigación*



**Fotografía N° 20:** *Instalación de los tratamientos en las unidades experimentales*



**Fotografía N° 21:** *Supervisión y asesoramiento del patrocinador Ph.D. Lorenzo Ayora Garagate, durante la instalación del trabajo de investigación*



**Fotografía N° 22:** *Terminando la instalación de los tratamientos*



**Fotografía N° 23: *Labores culturales (aplicación e herbicida e insecticida)***



**Fotografía N° 24: *Labores culturales (Riego)***



**Fotografía N° 25:** *Evaluación de distancia real de siembra*



**Fotografía N° 26:** *Evaluación de distancia real entre surcos o líneas de siembra*



**Fotografía N° 27: Evaluación de altura de planta**



**Fotografía N° 28: Evaluación de diámetro de tallo**



**Fotografía N° 29: Evaluación de la población de las plantas**



**Fotografía N° 30: Cálculos de pesos de maíz amarillo duro y lluvia solida**