

Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"

División de Ingeniería



Determinación de la relación del tamaño de agregados en la cama de siembra
en germinación y emergencia de avena bajo condiciones de laboratorio

Por:

José López Cruz

Tesis

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

Ingeniero Mecánico Agrícola

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Abril de 2003

Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"

División de Ingeniería

Determinación de la relación del tamaño de agregados en la cama de siembra
en germinación y emergencia de avena bajo condiciones de laboratorio

Por:

José López Cruz

TESIS

Que somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial
para obtener el título de:

Ingeniero Mecánico Agrícola

Aprobada por el comité de tesis

Asesor Principal

Dr. Martín Cadena Zapata

Sinodal

Sinodal

Ing. Tomás Gaytán Muñiz

Dr. Santos Gabriel Campos Magaña

Coordinador de la División de Ingeniería

M.C. Luis Edmundo Ramírez Ramos

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México. Abril de 2003

AGRADECIMIENTOS

A Dios Padre

Por darme el don de la vida y ser la
guía de mi camino, gracias por tu
amor con el que llenas nuestros
corazones de dicha y felicidad.

A mi Alma Mater:

Universidad Autónoma Agraria "Antonio "Narro"

A esta magna casa de estudios que me acogió en su seno, y gracias a ella pude culminar mis estudios profesionales, Institución a la que representaré con orgullo.

A mi jurado:

Dr. Martín Cadena Zapata

Ing. Tomás Gaytán Muñiz

Dr. Santos Gabriel Campos Magaña

Así como a todos los catedráticos y personal que laboran en el Departamento de Maquinaria Agrícola, por todo el apoyo, conocimientos y experiencias transmitidas.

Al siguiente personal de apoyo:

Lic. Norma E. Sánchez García

Lic. Guadalupe Lucía Barrera Valdés

Q.F.B. María Alejandra Torres Tapia

T.L.Q. Sandra Luz García Valdés

Para ellas mil gracias y mi reconocimiento por la amable ayuda y cooperación que me brindaron desde el inicio hasta la culminación de este trabajo de investigación.

A todos mis compañeros de la generación XCIV, en especial a **Leticia, Carlos, Antonio, Teófilo, Manuel, Jaudiel, Alfredo, Jose Manuel y Ramiro**, por su amistad, sus consejos y por haberme dado la oportunidad de convivir con ellos durante toda la carrera.

A las siguientes familias:

González Sifuentes

Valdés Márquez

Zavala Ortiz

Mil gracias por todo su cariño, apoyo y confianza brindados en todo momento, pero sobre todo por los bonitos momentos que me han permitido pasar a su lado.

A mis amigos y profesores:

Lic. José de Jesús Guadalupe González Rangel

M.C. Miguel Cano Rosas

Por su confianza y apoyo, pero sobre todo por su amistad y por todos sus consejos.

A todos mis compañeros y amigos que formaron parte del equipo de **Futbol Americano de 1998 al 2002**, en especial al **Ing. Juan Javier "Brujo" González** y a **Raúl Betancourt Corvera** por su confianza, apoyo y sus consejos.

A todas aquellas personas que me brindaron de su confianza y apoyo en todo momento, en especial a **María del Carmen, Magda, Liliana, Héctor Hugo, Roberto, Heriberto** y demás, ya que sin sus consejos y apoyo esto no hubiera sido posible.

Al COECYT:

Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología

Gracias por ese apoyo que recibí durante la realización de este trabajo de investigación.

DEDICATORIAS

A mis Padres:

Sra. Cirila Cruz López

Gracias a tí por ese gran amor de madre, por darme la vida, por tus desvelos, atenciones y preocupaciones, te dedico este trabajo con mucho amor y cariño.

Sr. Hilario López Adrián

Te agradezco padre todo lo que me has brindado, por tus consejos, sobre todo por ese gran amor a la agronomía, disciplina que siempre me inculcaste, con respeto y admiración te dedico esta tesis.

A mis hermanos:

María Guadalupe

Jesús

Angélica

Luz Adriana

Berenice

Beatriz

Ana María

Porque gracias a ustedes pude escalar un peldaño más y haber hecho esto posible, por el apoyo que siempre me brindaron, por sus consejos, por la comprensión de haberme alejado de ustedes y de toda la familia.

A **Hilda Márquez**, por todo su amor, cariño, confianza, paciencia y apoyo brindados, pero sobre todo por existir en mi vida y por darme la oportunidad de existir en la suya y pasar bonitos momentos a su lado.

A mis amigos **Antonio, Carlos y Teófilo** por haberme brindado de su tiempo y ayuda para realizar este trabajo, y por la amistad que nos une.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. IMPORTANCIA DE LA PREPARACIÓN DE LA CAMA DE SIEMBRA.....	2
1.2. PROBLEMÁTICA RELACIONADA CON LA CAMA DE SIEMBRA.....	3
1.3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1. ESTRUCTURA QUE SE REQUIERE PARA UN ESTABLECIMIENTO ÓPTIMO DE CULTIVOS	7
2.2. FACTORES QUE AFECTAN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS Y EMERGENCIA DE PLÁNTULAS	9
2.3. FUNCIÓN DE CADA TIPO DE IMPLEMENTO DE LABRANZA PARA PREPARACIÓN DE CAMAS DE SIEMBRA.....	14
2.3.1. LABRANZA PRIMARIA	14
2.3.2. LABRANZA SECUNDARIA	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA SEMILLA.....	22
3.2. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	33
3.3. DETERMINACIÓN DE LA GERMINACIÓN-EMERGENCIA DE LA AVENA EN LOS DIFERENTES TAMAÑOS DE AGREGADOS	42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49

	Página
4.1. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA SEMILLA.....	49
4.2. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	52
4.3. DETERMINACIÓN DE LA GERMINACIÓN-EMERGENCIA DE LA AVENA EN LOS DIFERENTES TAMAÑOS DE AGREGADOS	53
V. CONCLUSIONES.....	66
5.1. RECOMENDACIONES.....	67
VI. BIBLIOGRAFÍA	68
VII. ANEXOS	73
7.1. PESOS VOLUMÉTRICOS DE SEMILLAS	74
7.2. TRIÁNGULO DE CLASES TEXTURALES	76
7.3. FACTORES CONTENIDOS EN EL SUELO CON LABRANZA TRADICIONAL.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
2.1. TEMPERATURAS CARDINALES PARA LA GERMINACIÓN DE AVENA, CEBADA Y TRIGO.....	11
4.1. PARÁMETROS DEL TAMAÑO DE LA SEMILLA (mm)	54
4.2. PORCENTAJE DE EMERGENCIA EN SUELO CON LABRANZA CONVENCIONAL.....	54
4.3. PORCENTAJE DE EMERGENCIA DE PLÁNTULAS NORMALES EN AGREGADOS DE TAMAÑO UNIFORME	56
4.4. PORCENTAJE TOTAL DE EMERGENCIA DE PLÁNTULAS EN AGREGADOS DE TAMAÑO UNIFORME	57
4.5. PORCENTAJE DE PLÁNTULAS NORMALES EMERGIDAS EN MEZCLA DE AGREGADOS.....	59
4.6. PORCENTAJE TOTAL DE EMERGENCIA DE PLÁNTULAS EN MEZCLA DE AGREGADOS.....	60
4.7. PORCENTAJES TOTALES DE EMERGENCIA DE PLÁNTULAS EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.....	62
4.8. JERARQUIZACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN RELACIÓN A LA MEJOR GERMINACIÓN-EMERGENCIA DESPUÉS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA Y DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
3.1. ESQUEMA DE LOS DIFERENTES PARÁMETROS MEDIDOS EN LA SEMILLA	43
3.2. CRIBAS UTILIZADAS EN LA OBTENCIÓN DE AGREGADOS	44
3.3. AGREGADOS DE DIFERENTE TAMAÑO UNIFORME	44
4.1. TACO ABIERTO DE UNA DE LAS PRUEBAS DE GERMINACIÓN ESTÁNDAR	51
4.2. TACO ABIERTO DE UNA PRUEBA PARA EVALUAR VIGOR.....	51
4.3. GERMINACIÓN-EMERGENCIA DE AVENA EN SUELO CON LABRANZA CONVENCIONAL	55
4.4. CHAROLA CON 94% DE EMERGENCIA DE PLÁNTULAS ...	58
4.5. CHAROLA CON 58% DE EMERGENCIA DE PLÁNTULAS ...	58
4.6. CHAROLA CON 92% DE EMERGENCIA DE PLÁNTULAS ...	60
4.7. CHAROLA CON 87% DE EMERGENCIA TOTAL.....	61
4.8. MÁXIMA EMERGENCIA DE PLÁNTULAS EN AGREGADOS DE TAMAÑO UNIFORME Y EN MEZCLAS	63

RESUMEN

Actualmente existe un grave problema en la producción de granos en México, debido principalmente a la mala preparación de las camas de siembra, lo que resulta de la inadecuada selección y/o uso de implementos agrícolas, es por eso que ha surgido la necesidad de realizar pruebas de germinación-emergencia de avena en agregados con tamaño uniforme, con suelo preparado en forma tradicional y con mezclas de diferentes tamaños de agregados, todo esto se ha realizado con el propósito de determinar cuál es el tamaño de agregados por los que debiera estar formada una cama de siembra, o en su defecto el rango de éstos, ya que es imposible que las labores realizadas proporcionen agregados de un solo tamaño, esto se realizó mediante la tamización de suelo preparado tradicionalmente, para obtener los diferentes tamaños de agregados y realizar las pruebas correspondientes, se combinó una mezcla de agregados cuyos porcentajes fueron óptimos con cada uno de aquellos en los que fueron subóptimos, se realizaron pruebas en suelo preparado en forma tradicional, así como en cámaras germinadoras (germinación estándar y vigor) que cuentan con las condiciones óptimas para obtener resultados cercanos al 100%. De las pruebas realizadas se obtuvieron resultados favorables, ya que en las pruebas de laboratorio el porcentaje mínimo obtenido fue de 95%, lo que nos indica que la semilla con que se trabajo fue de buena calidad, asimismo en las pruebas realizadas en suelo se obtuvieron resultados favorables, ya que los agregados de dos y cuatro mm de diámetro dieron porcentajes superiores al 90% de emergencia, además de existir dos resultados favorables en las pruebas que se realizaron con mezclas, esto para los rangos de 1-7.93 mm (90%) y en un rango de 1-12.7 mm (91.4%). Por lo que se llegó a la conclusión de que las camas de siembra deben estar formadas por un rango de agregados de 1-12.7 mm de diámetro, para así obtener porcentajes superiores al 90% de emergencia de plántulas, que comparados con los resultados del suelo labrado en forma tradicional, estadísticamente no tienen diferencia significativa al 0.05.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Importancia de la preparación de la cama de siembra

La preparación del suelo es una de las labores que tiene mayor influencia en la producción de cultivos. Una buena cama de siembra resulta de fundamental importancia para la obtención de rendimientos adecuados a cada situación. A pesar de que se trata de una de las tareas más antiguas que utiliza la agricultura, no siempre corresponde a tecnologías derivadas del estudio específico de un problema, sino a costumbres heredadas de generaciones anteriores (Ibañez, 1994; citado por Lobato, 2001). Sin embargo, no se puede justificar ninguna operación de cultivo, basándose solamente en costumbres y tradiciones. Una buena preparación del suelo requiere la participación de equipos apropiados y de metodología de uso, adecuada a las condiciones del medio. Lo que principalmente se busca en el manejo de suelos para la agricultura es crear condiciones físicas del suelo favorables para el buen crecimiento de los cultivos, la germinación de las semillas, la emergencia de las plantas jóvenes, el crecimiento de las raíces para el desarrollo de las plantas así como el control de las malezas, controlar la erosión, la humedad y el intercambio gaseoso (Boliggs, 1997).

El solo hecho de contar con equipos agrícolas no basta para garantizar el éxito de un cultivo mecanizado, puesto que se requiere, además, poseer un amplio conocimiento de las técnicas de uso, operación, mantenimiento y conservación de ellos. La labranza del suelo es hecha con el propósito de alterar las propiedades físicas del suelo y posibilitar a las plantas la expresión

de todo su potencial (Boliggs, 1997). Además de que el suelo es un medio de soporte para las plantas, constituye uno de los factores que afectan de manera importante en el desarrollo y producción de muchos cultivos, esto se debe en gran parte al arreglo, tamaño y distribución espacial de partículas y agregados, los cuales definen en gran parte a la proporción de macro y microporos responsables de la aireación, infiltración de agua, retención de humedad y flujo de calor en el suelo (Malagón, 1976; citado por Ohep, <http://www.redpav-fpolar.info.ve/venesuel/v021/v021a020.html>)

Cuando el suelo posee buenas condiciones físicas permite un adecuado suministro de agua y aire, facilita la absorción de nutrimentos por las plantas y constituye un medio que garantiza el desarrollo de las raíces, sin embargo, cuando esas condiciones son inadecuadas se presenta como un impedimento mecánico que se resiste a la penetración de las raíces, con baja macroporosidad, lo que ocasiona un exceso de humedad y un déficit de oxígeno, que afectan el desarrollo y producción de cultivos (Claudharry *et al.*, 1975; citado por Ohep, <http://www.redpav-fpolar.info.ve/venesuel/v021/v021a020.html>). Un tamaño inadecuado de agregados provoca que no logren germinar todas las semillas y no exista un buen número de emergencia de plantas jóvenes, ya que de acuerdo con estudios realizados por diferentes investigadores (Edwards 1957a,b, 1958; Thow, 1963) indican que en muchas ocasiones sólo el 80% de las semillas sembradas en un plantío logran germinar y emerger las plántulas.

1.2. Problemática relacionada con la cama de siembra

Existen evidencias de que debido a mal manejo o preparación del suelo agrícola no se obtiene una buena producción de granos, y esto es porque con la deficiente preparación del suelo no se logra obtener una buena cama de siembra. Lo anterior ocasiona que no todas las semillas logren germinar, y de este modo se tienen considerables pérdidas por baja densidad de emergencia y

en la cantidad de semilla que se siembra y de la cual no se obtiene ningún resultado favorable, este problema se ve reflejado en el aspecto económico del cual toma parte el alto costo de las labores. La mala calidad de la cama de siembra se debe principalmente al mal uso y/o selección de implementos para el manejo del suelo agrícola, lo que da como resultado un tamaño inadecuado de los agregados que cubren la semilla, ya que debido a la mala proporción de estos o al tamaño no equilibrado según el tipo y tamaño de la semilla, ésta no logra tener un buen contacto con el suelo, lo que provoca que la semilla no logre absorber la suficiente agua para iniciar su germinación, y se dice que los responsables de esto son los agregados, ya que son los encargados de transferir humedad para que la germinación se lleve a cabo (Hadas y Russo, 1974; Tisdall y Adem, 1986b).

Además existen otros factores que afectan de manera importante el proceso del establecimiento del cultivo, pero estos dependen directamente de la calidad del trabajo que se realice al labrar un suelo destinado para la agricultura, uno de estos factores es el viento, y este afecta de tal forma que si no existe una buena compactación o estructura de los agregados, estos suelen ser transportados fácilmente dejando al descubierto la semilla que después también puede ser transportada por el mismo viento. Otro de los factores que afectan a los cultivos por una mala preparación del terreno es el agua, y aquí podría pasar el mismo proceso, ya que debido a la mala estructura o solidificación de los agregados estos pueden deslavarse fácilmente dejando de esta manera las semillas al descubierto como en el caso del viento, y después las semillas serán transportadas por el agua, o pueden morir por falta de hidratación.

Para lograr una buena cama de siembra, la aplicación de la maquinaria agrícola presenta variaciones en su operación según el tipo de suelo y el estado de humedad que este presente, ya que esto influye en las condiciones físicas del suelo que resulten de la labranza del mismo. Una de estas condiciones es el

tamaño de agregados, de los cuales existe muy poca información a cerca de los rangos óptimos que deben resultar de la aplicación de las labores para el cultivo de la avena.

En México, según Robles (1986) se cultivan de 90,000 a 130,000 hectáreas de avena, de las cuales el 90% son de temporal, considerándose a Chihuahua como la zona avenera del país, ya que se siembran de 80,000 a 100,000 hectáreas a una altitud de entre los 1,600 y 2,000 msnm con una precipitación anual de 350-500 mm, teniendo a Durango y al Estado de México en 2° y 3^{er} lugar, respectivamente. Tomando en consideración todo lo anterior se planteó el presente trabajo de investigación, con la finalidad de reunir información referente a la determinación del tamaño adecuado de agregados para una óptima germinación de semillas y una buena emergencia de plántulas de avena, de tal manera que se precise cual es el resultado que se debe obtener con la labor para realizar la aplicación de la maquinaria que está dirigida hacia este fin.

1.3. Objetivos e hipótesis

a. Objetivo general

El principal objetivo que se plantea para esta investigación es determinar el porcentaje de semillas germinadas, así como la emergencia de plántulas o plantas jóvenes, esto en función del tamaño del grano (en este caso de avena) comparado con el tamaño de los agregados que cubren a la semilla.

b. Objetivos específicos

Determinar el porcentaje de emergencia de avena en ocho tamaños uniformes de agregados.

Determinar el porcentaje de emergencia de avena en la combinación de mezclas de agregados de tamaño uniforme con mayor porcentaje de emergencia, con los de menor porcentaje de emergencia.

c. Hipótesis


Como hipótesis se espera que una germinación cercana al 100% ocurra cuando el tamaño del agregado tenga un rango de entre la mitad y el mismo tamaño de la semilla.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Estructura que se requiere para un establecimiento óptimo de cultivos (tamaño óptimo de agregados)

Para el establecimiento óptimo de cualquier cultivo existen parámetros que se deben de cumplir o que son los que se requieren para que pueda existir una buena producción de los cultivos, dentro de estos parámetros existe uno muy importante, que es el establecimiento de la cama de siembra, y una buena estructura de ésta depende del tamaño de los agregados que la conforman y la distribución de estos. Russell (1973) menciona que las condiciones ideales para una cama de siembra son producidas por agregados de no menos de 0.5-1 mm y de no mas de 5-6 mm, sin embargo, Hadas y Russo (1974) sugieren que para maximizar el contacto suelo-semilla, los agregados en la cama de semillas deben de tener un tamaño que se encuentre entre un quinto y un décimo del tamaño de la semilla, aunque para determinar el diámetro promedio de los agregados contenidos en un suelo existe una fórmula general, con la que se puede saber cuál es la composición de una cama de siembra (CENEMA, 2002).

Las mejores condiciones de emergencia ocurren cuando una alta proporción de agregados en la cama de siembra tienen un rango de 0.5-6.0 mm, y cuando la fracción de agregados mayor a 20 mm es mínima (Njøs, 1979; Hakanson y von Polgar, 1976, 1977). Dojarenko (1924) y Kvasnikov (1928) encontraron que la máxima producción de cereales fue obtenida con camas de siembra que se encontraban formadas por agregados de 1-2 mm y 2-3 mm

respectivamente. Jaggi *et al.* (1972) llegó a la conclusión de que en una cama de siembra con agregados de 1-2 mm con una densidad aparente de 1.2-1.3 g/cm³, se obtienen los mejores granos de trigo sobre un campo de suelo arcilloso, esto es porque con un tamaño grande de agregados se restringe el movimiento del agua por las raíces, lo que limita mucho el crecimiento de las plantas. Los mejores resultados de emergencia en el cultivo del trigo  obtuvieron en un rango intermedio de agregados de entre 1-2 mm, que en los agregados más grandes (>4 mm), esto para un suelo limoso (Braunack y Dexter, 1988).

La emergencia de avena fue estudiada por Thow (1963) en varios experimentos de campo, usando suelos arcilloso y arenoso. En los campos experimentales donde los tamaños de los agregados no fueron definidos, los más finos incrementaron la emergencia en el suelo arcilloso, en cambio en el suelo arenoso, la máxima emergencia ocurrió con un tamaño intermedio, de los resultados obtenidos en los experimentos se postuló que las semillas fueron cubiertas por más del 25% por agregados de entre 0.76-6.36 mm, y no más del 40% por agregados de 32-57 mm, obteniéndose un resultado del 80% de emergencia.

Estudios acerca del mejor ambiente para germinación de semillas de varios cultivos han sido realizados en un diámetro medio de agregados de 5 mm en la cama de siembra fue sugerido como el más adecuado para el crecimiento del maíz (Larson, 1964). La tasa más alta de emergencia de maíz sobre un suelo arcilloso, casi siempre, resulta cuando el 30% del suelo pasa de 2.54 mm de diámetro (Johnson y Taylor, 1960). Taylor (1974) encontró que una cama de siembra con un límite más bajo de tamaño de 2 mm fue bueno para la emergencia de maíz y sorgo sobre un suelo arcillo-limoso. La emergencia del sorgo ocurre mejor a los cuatro días con tamaños de agregados de 1-2, 2-4 y 4-6 mm de un suelo arcilloso, que en tamaños más pequeños que 1 mm (Baligar y Nash, 1978). Tisdall y Adem (1986b) determinaron que el maíz emerge más

rápido y tiene un buen porcentaje de emergencia sobre camas de siembra con una alta proporción de agregados de 0.5-10 mm. Esto fue atribuido para mejorar el contacto suelo-semilla comparado con camas de siembra gruesas. En consideración a los requerimientos para una óptima cama de siembra para caña de azúcar, Jain y Agrawal (1970) encontraron que los agregados con un rango de 3.2-6.4 mm sobre un suelo franco arenoso dan un alto porcentaje de emergencia.

La emergencia de algodón, sobre un suelo arcilloso, es más rápida cuando la mitad de los agregados de la cama de siembra están entre 3.2 y 6.4 mm y la otra mitad a menos de 3.2 mm (Yoder, 1937) estas camas de siembra siempre dan los más altos rendimientos. Ryzhov y Slesareva (1977) casi siempre encontraron que una cama de siembra con un rango de agregados de 0.25-1 mm, y en particular 0.25-0.5 mm, producen el más grande rendimiento y crecimiento de raíces de algodón sobre un suelo franco arcilloso.

En el frijol de soya la emergencia ocurre a los cuatro días sobre agregados de 1-2 y 2-4 mm que en aquellos tamaños más pequeños o más grandes con un suelo arcilloso (Nash y Baligar, 1974).

2.2. Factores que afectan la germinación de semillas y emergencia de plántulas

Dentro del establecimiento de cualquier cultivo existen factores que afectan o limitan el buen desarrollo de las etapas por las que tiene que pasar la semilla desde que ésta es sembrada hasta el momento en que ocurre la germinación de ésta, y posteriormente la emergencia de plántulas, para así después convertirse en una planta y ésta sea capaz de producir un grano que después pueda ser cosechado y se obtenga una buena producción del cultivo establecido. A continuación se describen algunos de estos factores que afectan

estos procesos dentro del establecimiento de un cultivo cualquiera que éste sea.

a) Humedad

El agua es un requerimiento básico para la germinación de las semillas debido a que reactiva los procesos de digestión, traslocación y asimilación de sustancias de reserva necesarias para el crecimiento del embrión y el posterior desarrollo de la plántula, la cantidad de agua requerida por la semilla varía de acuerdo con la especie (Krugman *et al.*, 1974; Copeland, 1976; citado por Lara, 1996). Los cereales, en particular el trigo, la cebada y la avena requieren entre 400 y 1300 mm de agua por año, una alta humedad del aire y altas temperaturas limitan el cultivo de los cereales porque estas condiciones propician el desarrollo de enfermedades (SEP, 1987).

b) Temperatura

Después de la humedad la temperatura es uno de los factores ambientales que mayormente afectan la germinación de semillas, ya que el efecto de la temperatura en la germinación se puede apreciar a través de las temperaturas cardinales de germinación (Tabla 2.1.) para cada clase de semillas existe una temperatura mínima y máxima en la que ocurre la germinación. Además, dentro del rango de temperatura mínima-máxima, existe un punto en el que se obtiene la máxima germinación y ésta ocurre más rápidamente; este punto corresponde a la temperatura óptima (Besnier, 1990; Barnett, 1979; citados por webmaster@lamolina.edu.pe ; Lara, 1996). La temperatura adecuada para el cultivo de cereales varía de entre 15 y 31°C, la óptima depende de la etapa del desarrollo, variedad y el tipo de plantas (SEP, 1987). Las semillas y las plántulas de cereales de invierno soportan las temperaturas

mínimas, en este caso el trigo es el cereal que más resiste, tanto las temperaturas bajas como las altas.

Tabla 2.1. Temperaturas cardinales para la germinación de avena, cebada y trigo

CULTIVO	T° MÍNIMA	T° ÓPTIMA	T° MÁXIMA
AVENA	4-5°C	25-31°C	31-37°C
CEBADA	3-4°C	28-40°C	40-50°C
TRIGO	2-4°C	25-31°C	31-43°C

FUENTE: SEP, 1987.

c) Luz

Bajo condiciones naturales las semillas germinan en ausencia de luz, debido a que se encuentran cubiertas por el suelo a determinada profundidad; sin embargo, la luz estimula la germinación de algunos cultivos (Niembro, 1990; citado por Lara, 1996). Se dice que la luz no es un factor limitante en el desarrollo de un cultivo, sin embargo, si este es denso, ya estando en la etapa de emergencia y desarrollo de las plantas, las hojas inferiores reciben poca luz, por lo que la eficiencia fotosintética es baja. El factor luz es importante ya en lo que es el desarrollo de la planta, en este caso de los cereales, se requieren periodos con días largos en la época de crecimiento y floración, es decir, con días de más de 12 horas de luz, ya que cuando la duración del día no es suficiente en la época de la floración, ésta se tardará o las plantas no florecerán (SEP, 1987).

d) Oxígeno

La cantidad de oxígeno que se requiere para la germinación de semillas varía de acuerdo con la especie, ya que las semillas de algunos cultivos son más tolerantes a las deficiencias de oxígeno que otras, sin embargo, la mayoría de las semillas no germinan en un ambiente extremadamente húmedo y/o compacto cuando se siembran a una profundidad mayor de la debida, este factor es muy importante desde el momento en que la semilla es depositada en la cama, ya que de esta cantidad depende la velocidad de germinación de la semilla, ya que si la cantidad es mayor la semilla podrá no germinar por deshidratación, ya que con el exceso de oxígeno la humedad desaparecerá muy rápido del suelo, lo que es contrario si el oxígeno existente es deficiente, la semilla puede morir por pudrición, debido al exceso de agua existente en el suelo (Moreno, 1996).

e) Suelo

La germinación de las semillas se ve notablemente influenciada por las características físico-químicas del suelo en el que se establece el cultivo, es aquí donde los factores del oxígeno interaccionan entre sí, para dar numerosas condiciones ambientales, algunas de las cuales desfavorecen y otras favorecen tanto a la germinación como al crecimiento y desarrollo de las plántulas, ya que los suelos oscuros absorben una mayor cantidad de energía térmica, calentando el medio de germinación muchas veces más de lo debido, en cambio los suelos claros pueden perder rápidamente la temperatura (Lara, 1996).

Los suelos formados por partículas pequeñas o diminutas retienen mayor cantidad de agua y lo hacen por un tiempo mayor, lo que dificulta el intercambio gaseoso, y los suelos constituidos por partículas gruesas se secan

rápidamente, afectando de esta forma a la germinación de las semillas (Niembro, 1990; citado por Lara, 1996).

f) Materia orgánica (M.O)

La materia orgánica ejerce gran influencia sobre las propiedades físicas del suelo tales como la estructura, la penetración y retención del agua y la composición. Durante los procesos de descomposición de la materia orgánica, se supone que sustancias como los compuestos urónicos, junto con las gomas y resinas, son los agentes que unen las partículas del suelo para formar agregados. La materia orgánica es el adhesivo que une las partículas minerales del suelo, éstas al unirse entre sí forman terrones, disminuye la densidad aparente del suelo, contribuye a la estabilidad de los agregados, mejora la tasa de infiltración y la capacidad de retención de agua. Las partículas de cortezas, corcho o las fibras vegetales tienen células en su interior que contribuyen a aumentar la porosidad del suelo sin aumentar el volumen total del suelo. La reducción del porcentaje de materia orgánica afecta la estabilidad del suelo, aumenta los riesgos de erosión y disminuye la fertilidad química (agroconinfo@agroconnection.com.ar; Gavande, 1982).

En todos los suelos en general favorece la estructura agregada que limita el arrastre de partículas de suelo, canalizando a la vez el paso del agua a través del mismo. Además, los residuos orgánicos fácilmente descomponibles dan lugar a la síntesis de compuestos orgánicos complejos que actúan ligando las partículas del suelo favoreciendo la formación de agregados, lo que repercute en una mejora de la aireación y retención de agua, también tiene efectos importantes sobre la temperatura del suelo, tiene una conductividad térmica más baja que la materia mineral, mientras que las diferencias en la capacidad calorífica son bajas porque dependen del contenido de humedad. Al tener una

conductividad térmica baja, la materia orgánica mantiene las temperaturas constantes en el tiempo (agroconinfo@agroconnection.com.ar).

2.3. Función de cada tipo de implemento de labranza para preparación de camas de siembra

Las labores culturales tienen el principal objetivo de desmenuzar el suelo para mejorar el almacenamiento y circulación del agua, facilitar la aireación, contribuir a la destrucción de las malezas y ciertos insectos, acelerar la mineralización de la materia orgánica e incorporar los residuos de los cultivos al mismo tiempo que otros abonos orgánicos y minerales. En definitiva, todo esto no hace más que preparar el terreno para una buena germinación y obtener un buen crecimiento del vegetal, especialmente de sus raíces (Delorit y Ahlgren, 1983). La profundidad de las labranzas está en relación con la planta que se cultiva, o sea que debe ser mayor para los cultivos de escarda y superficial para cereales y leguminosas. Si bien los arados profundos aumentan la capacidad del suelo de almacenar agua, también pueden llevar a la superficie capas pobres tanto en humus como en microorganismos y nutrientes. Esta es la razón por la cual se debe de hacer una buena selección del implemento a utilizar en determinada labor según el cultivo a establecer (Barreira, 1978).

2.3.1. Labranza primaria

La labranza primaria o principal se refiere a la primera rotura del suelo principalmente con el arado, la profundidad de la arada normalmente varía entre 15-30 cm, dependiendo del tipo de arado usado, su modo de tracción y el mismo suelo (Leonard, 1981). El objetivo principal de esta operación es mejorar mecánicamente la estructura del suelo, eliminar compactaciones superficiales, abrir el suelo y crear una estructura grumosa para acumular agua y muchas

veces también incorporar, a través de la arada, plagas, malezas y semillas de malezas (Boliggs, 1997).

a) Subsoladores

El subsolador es un implemento de laboreo subsuperficial, de sólida construcción que rompe y pulveriza el suelo pero sin invertirlo, su empleo permite la fisuración del suelo en profundidad, previniendo la erosión, mejorando el drenaje interno y eliminando el piso de arada que pudiera haberse formado en el perfil, esto a causa de una labranza continua a la misma profundidad. El paso de esta herramienta tipo escarificador, deja un surco en "V" con el vértice de la punta de la reja del subsolador (Berlijn, 1974; citado por Lobato, 2001). La labranza del subsuelo, por debajo del fondo del surco, se aplica fundamentalmente en condiciones donde existen grandes diferencias entre la capa arable y el subsuelo. El subsuelo puede presentar características de baja permeabilidad, dificultades para la penetración de las raíces y condiciones estructurales o químicas adversas, la labranza del subsuelo debe efectuarse bajo condiciones friables, para evitar daños a la estructura natural del subsuelo, aunque es importante mencionar que debido al gran esfuerzo de tracción es sumamente importante y por lo tanto, costoso (SEP, 1987).

b) Arados de cincel

Este tipo de arado se usa principalmente para efectuar labores primarias en varios tipos de suelos, mezclando el material orgánico superficialmente con el suelo, pero sin taparlo enteramente, también sirve para la labranza secundaria en aquellos cultivos que requieren ambiente suelto en profundidad (Berlijn, 1974; citado por Lobato, 2001). Al introducir el cincel al suelo causa la compresión de éste, el suelo escapa hacia arriba dejando una zona de rotura

que parte de la punta del cincel aproximadamente en un ángulo de 45° en suelos secos, por lo tanto, el cincel sirve para roturar el suelo, aunque se recomienda que para el uso de cinceles en la labranza primaria hacer al menos dos pases cruzados para emparejar el perfil (Boliggs, 1997).

Aplicando velocidades altas el suelo es movido hacia los lados, esta acción puede ser apoyada por ciertos tipos de punta del cincel, por esta razón los arados de cinceles para tractores usados a velocidades alrededor de 10-12 km/h tienen una buena acción mezcladora. Las fuerzas que actúan sobre un cincel en el suelo dependen mucho de la forma y sobre todo del ángulo de ataque, y si éste es agudo se mejora la penetración y se reduce la fuerza de tracción, el impacto del cincel sobre los grumos y los terrones lleva a una buena pulverización del suelo, sin embargo, este efecto no es pronunciado en suelos sueltos, por lo tanto, la repetición de un pase de cincel en suelos sueltos no lleva a una mayor pulverización del suelo (Boliggs, 1997).

c) Arados de rejas y vertederas

Los arados de reja y vertedera son implementos de labranza básica que se componen de superficies combadas con bordes afilados que cortan, levantan y remueven una franja de tierra, y al realizar esta acción entierran el rastrojo y otros residuos de la cosecha anterior, airean el suelo, controlan las malezas, insectos y enfermedades de la cosecha, incorporan fertilizantes al suelo, proporcionan buenas camas de semillas para una mejor germinación (Berlijn, 1974; citado por Lobato, 2001). Este implemento fue desarrollado de tal manera que corta un prisma de suelo horizontalmente, después de esto el prisma es levantado y volteado aproximadamente a unos 130° , éste es el implemento más indicado para voltear el prisma de tierra mientras que su acción mezcladora es muy limitada, el trabajo con este implemento es más completo, más uniforme y más adecuado, pero hay condiciones en las que no se puede trabajar con este

tipo de arado, y esto ocurre en terrenos donde existen raíces grandes y piedras, así como en terrenos duros y secos, pedregosos o rocosos (Bolggs, 1997).

d) Arados de discos

La construcción de los arados de discos es similar a la de los arados de rejas y vertederas, se diferencian en los elementos operativos que son una serie de discos rotatorios montados individualmente, soportados por una armazón, cóncavos, con la profundidad de trabajo controlada por una o más ruedas, o por los sistemas hidráulicos del tractor (Berlijn, 1974; citado por Lobato, 2001). Este tipo de arados corta la tierra en forma de un arco elíptico, por lo que el fondo del surco es menos uniforme, ya que queda con crestas, además de que no invierte tanto la tierra, sino que más bien la mezcla, el ancho del prisma no guarda una relación adecuada con la profundidad, por lo que el volumen de aire es menor que en el caso de la aradura con rejas.

Este tipo de arados se usa para preparar terrenos difíciles, secos, duros o pegajosos que ofrecen resistencia a la penetración de un arado de vertederas, suelos pedregosos, rocosos, abrasivos y suelos de arcilla compacta, para suelos con rastros o grandes raíces, o en aquellos donde es conveniente una arada profunda (SEP, 1987).

2.3.2. Labranza secundaria

Este tipo de labranza se refiere a cualquier operación de labrado entre la aradura y la siembra para romper los terrones, matar las malezas, cortar basura y para establecer la cama de siembra, el objetivo principal de esta operación es la creación de una cama superficial con una estructura adecuada para la germinación de las semillas, ya que estas requieren una cama con una relación

aire-agua más estrecha y partículas más finas para obtener un contacto adecuado entre ellas y la tierra (SEP, 1987).

a) Rastras de discos

Este implemento está diseñado para crear una cama superficial, muy fina para la germinación de las semillas. La rastra de discos corta los terrones y agregados de la tierra con el borde cortante de sus discos, estos discos van montados sobre un eje, estos se mueven a través de la tierra en forma inclinada, es por ello que desplazan la tierra lateralmente, al mismo tiempo que la invierten ligeramente, el resultado del trabajo con este implemento es la pulverización de la tierra, por lo que la estabilidad de la estructura se debilita, bajo condiciones de tierras secas, húmedas y de tierras con escasez de materia orgánica el trabajo con este implemento trae consigo una destrucción de la estructura de la tierra (SEP, 1987).

Se mencionó que este implemento está formado por discos montados sobre un eje, a este conjunto de discos se le nombra cuerpo, y todo este cuerpo o implemento en conjunto es usado principalmente en labores de labranza secundaria para preparar la tierra y camas de semillas bien mullidas y uniformes, para la labranza de rastros, su corte y desmenuzamiento, mezclar y airear el suelo, aunque también es usada para la preparación y mantenimiento de fajas cortas (Berlijn, 1974; citado por Lobato, 2001).

b) Rastras de dientes

Este tipo de rastra consiste en un chasis formado de bastidores, estos pueden ser de diferentes formas y construcción, aunque son muy comunes las que tienen el chasis en forma de zig-zag. La profundidad del trabajo de este

implemento depende en gran medida del peso que actúa sobre cada diente, además de su forma y longitud de estos (SEP, 1987). Al igual que la rastra de discos, ésta está diseñada para crear una cama superficial fina para la germinación de las semillas, para trabajos de emparejamiento de campos, desterronamiento del suelo a regular profundidad para evitar la evapotranspiración excesiva, evitan la erosión creando una superficie tosca, mezclan semillas y fertilizantes, sacan a la superficie raíces y malezas para su secado posterior, se utilizan para controlar malezas en campos cultivados y reducen el número de plantas en cultivos demasiado tupidos o con una sobrepoblación de plantas, aunque existen algunos factores que afectan el resultado del trabajo de este tipo de rastras, y entre estos factores se encuentran el número de dientes y peso de la rastra, así como el peso de cada diente, el ángulo de los dientes, que puede ser vertical, inclinado hacia adelante o hacia atrás, la longitud y forma de los dientes, esto sólo por mencionar algunos de ellos (Berlijn, 1974; citado por Lobato, 2001), además permite el reacomodo de los agregados, desplazando los de mayor tamaño hacia los perfiles superiores.

c) Vibrocultivadores

Estos se usan para preparar una cama de semillas fina y uniforme, la acción vibratoria de los brazos permite un eficaz control de malezas, los rodillos desterronadores aseguran una buena retención de humedad, disminuyendo de esta manera los riesgos de erosión, mientras que emparejan el suelo y lo nivelan (Berlijn, 1974; citado por Lobato, 2001).

La labranza con este tipo de implemento se hace a altas velocidades, que van de 8-12 km/h, esto es para optimizar las vibraciones que sueltan las malezas y desmenuzan los terrones grandes, la acción vibratoria deja los terrones grandes en la superficie, que resiste mejor la formación de costras,

dejando agregados más pequeños en la parte inferior, lo que facilita la germinación de las semillas. Es recomendable realizar dos pasadas del vibrocultivador, ya que del número de éstas depende el control de las malezas y el tamaño de los terrones.

Para obtener una cama de siembra adecuada en suelos livianos a medianos, los terrones deberán tener un tamaño de 6-8 cm de diámetro; en cambio en suelos pesados es necesario reducir el tamaño de los terrones hasta 4 o 5 cm de diámetro, de este modo se obtiene una buena cama de siembra que reduce los riesgos de encostramiento y facilitará la germinación (Boliggs, 1997).

d) Rotocultores / Fresadoras

Estos implementos se conocen y utilizan desde hace mucho tiempo, acoplados a los motocultores, con el nombre de "fresadoras", girocultores o motoazadas. Son máquinas que cortan la tierra mediante cuchillas montadas sobre un rotor, el cuál gira por medio de un mando, por la toma de fuerza del tractor, o mediante un motor auxiliar. La parte operadora de este tipo de implementos consta de un rotor, con un número de bridas equipadas con cuchillas derechas e izquierdas, la velocidad del rotor se puede ajustar de acuerdo con las condiciones de aproximadamente 120 hasta 180 rpm, el sistema de mando del rotor se actúa mediante la toma de fuerza del tractor; consta de toma de fuerza, caja de cambios de la velocidad del rotor y transmisión por cadena, caja de cambios de engranajes para elegir la velocidad apropiada del rotor, ajuste de la profundidad de trabajo del lado izquierdo de la máquina, del derecho está provista de un patín de soporte, cuya altura se ajusta conforme a la profundidad de trabajo, sistema de enganche de tres puntos, mediante el sistema hidráulico del tractor, el operador puede levantar y bajar la máquina. El trabajo de este implemento depende principalmente de la velocidad

de avance de la máquina y de la velocidad del rotor (Candelón, 1971; SEP, 1987).

Para obtener un trabajo intenso de desmenuzamiento de la tierra el operador elige una marcha lenta del tractor y hace girar el rotor a una velocidad alta; para obtener una capa de tierra medio gruesa, se puede aumentar la velocidad de avance, pero no la del rotor; y para obtener una capa de tierra gruesa se baja tanto la velocidad de avance como la del rotor (SEP, 1987). Una ventaja es que este tipo de implementos permite efectuar un mullido sumamente perfecto del suelo con una sola pasada, pero también tiene desventajas, una de las más importantes es que tienen un precio elevado y son de mantenimiento y empleo costoso, debido al alto precio de las palas o cuchillas, las cuales se rompen con frecuencia en terrenos pedregosos y se desgastan rápidamente en los silíceos (Candelón, 1971).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Análisis de las características de la semilla

La finalidad de este trabajo fué determinar la relación entre el tamaño de agregados y la germinación, por lo que para asegurar que la calidad de la semilla era la mejor, fue necesario caracterizar la misma primero en laboratorio. Los procedimientos que se siguieron para poder determinar los parámetros de calidad de la semilla son los empleados por el Laboratorio de Tecnología de Semillas de la UAAAN, y por Moreno (1996).

a) Por ciento de humedad (por el método Motomco)

Materiales

- Muestra de envío (1 Kg).
- Determinador de humedad Motomco.
- Balanza granataria
- Homogeneizador de semillas tipo Boerner.

Procedimiento

1. La muestra de envío se homogeneizó y se tomó una muestra de trabajo de 200 gr.
2. El determinador de humedad se calibró a un valor de 63.
3. Se colocó la muestra de trabajo en el contenedor del determinador y se giró el botón de operación (opr).

4. Se tomó la lectura del determinador de humedad y con el la lectura tomada se determinó el porciento de humedad de la semilla por medio de tablas estándares.

b) Pureza Física (método manual)

Definición de términos

Pureza física, esta se realizó con el objetivo de determinar la identidad de las distintas especies de semillas contaminantes y de las partículas de materia inerte constituyentes de la muestra, o mejor dicho, de los componentes de la muestra (semillas puras, otras semillas y materia inerte) (Fundeadro, 1990; citado por webmaster@lamolina.edu.pe).

Semilla, en términos agronómicos y comerciales se conoce como semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas que se emplean en las siembras agrícolas. Desde el punto de vista de la botánica, una semilla verdadera es un embrión en estado latente, acompañado o no de tejido nutricio y protegido por el episperma (Moreno, 1996).

Semilla pura, este tipo de semillas comprenderá las indicadas por el expedidor o encontradas como predominantes en el análisis, incluyendo todas las variedades botánicas de dicha especie. Se considera pura, a las semillas normales o intactas, las maduras, las de tamaño inferior al normal, arrugadas, enfermas o germinadas, siempre que puedan ser identificadas como pertenecientes a la especie analizada. También se considera semilla pura, a los fragmentos de semillas resultantes de roturas, cuyo tamaño sea superior a la mitad de su tamaño inicial. No obstante, las semillas de leguminosas con el tegumento o testa totalmente desprendido se consideran materia inerte. (Fundeadro, 1990; citado por webmaster@lamolina.edu.pe).

Otras semillas, en esta clase se incluyen las semillas y pseudosemillas de cualquier especie distinta a la de la semilla pura, aquí se incluyen semillas de otros cultivos, así como semillas de malezas o de hierbas (Moreno, 1996; Fundeagro, 1990; citado por webmaster@lamolina.edu.pe)

Materia inerte, aquí se incluyen materiales como piedras, partículas de suelo, granos de arena, tallos, pedazos de hoja, raíces, glumas, glumelas y otros fragmentos de plantas o de semillas de plantas silvestres o cultivadas que estén dentro de las siguientes condiciones:

- a. Semillas de especies o variedades consideradas como de otras plantas, quebradas o dañadas, cuyos fragmentos sean iguales o inferiores a la mitad del tamaño original de la semilla.
- b. Semillas que se encuentren enteramente desprovistas de su testa o tegumentos.
- c. Aquellas que han sido transformadas por los hongos en esclerocios, masas esporíferas de caries o agallas de nemátodos (Besnier, 1990; citado por webmaster@lamolina.edu.pe)

Materiales

- 1000 gr de semilla de avena (muestra de envío).
- Homogeneizador.
- Balanzas.
- Lupas.
- Pinzas.
- Tarjetas de registros.

Procedimiento

1. La muestra que se llevó al laboratorio (muestra de envío), se homogeneizó y después se redujo al peso mínimo para obtener la muestra de trabajo (120 gr).

2. Después de pesada la muestra de trabajo, con ayuda de las lupas y pinzas se clasificó en sus diferentes componentes (semilla pura, semillas de otros cultivos y materia inerte).
3. Enseguida se procedió a pesar la materia inerte y las semillas de otros cultivos, se anotaron los resultados en las tarjetas de registros del laboratorio. El peso de la semilla pura se determinó por diferencia de peso por medio de la siguiente fórmula:

$$P_{sp} = P_{mt} - (P_{mi} + P_{soc})$$

Dónde:

- P_{sp} = peso de semilla pura
- P_{mt} = peso de la muestra de trabajo
- P_{mi} = Peso de la materia inerte
- P_{soc} = Peso de la semilla de otros cultivos

4. Una vez obtenidos los pesos se prosiguió a determinar el porcentaje de cada uno de los componentes, mediante las siguientes fórmulas:

$$\%S.P. = \frac{P_{sp}}{P_{mt}} * 100 \quad \text{porcentaje de semilla pura}$$

$$\%S.O.C. = \frac{P_{soc}}{P_{mt}} * 100 \quad \text{porcentaje de semilla de otros cultivos}$$

$$\%M.I. = \frac{P_{mi}}{P_{mt}} * 100 \quad \text{porcentaje de materia inerte}$$

c) Peso volumétrico

Materiales

- Vasos de precipitados.
- Porción de semilla de la muestra de envío.
- Balanzas.
- Regla.

Procedimiento

1. El vaso de precipitados se llenó por método gravitacional de la semilla de envío, el volumen del vaso es de 164 ml.
2. Con ayuda de la regla se eliminó el excedente del vaso, para que éste quedara lleno de semilla hasta el ras.
3. La semilla que quedó contenida en el vaso se pesó, esto en gramos.
4. Este procedimiento se llevó a cabo por tres ocasiones, después se sacó el promedio del peso de las muestras, usando la siguiente fórmula:

$$Pm = P_1 + P_2 + P_3$$

Dónde: Pm = peso medio (gr)

$P_{(1, 2, 3)}$ = peso 1, 2 y 3 respectivamente (gr)

5. Del promedio en gramos del peso de las muestras se convirtió a kilogramos empleando la siguiente fórmula:

Conversión de gramos a kilogramos:

$$1000 \text{ gr} - 1 \text{ Kg}$$

$$Pm \text{ (gr)} - X_1 \text{ Kg}$$

Dónde: Pm = peso medio en gr

X_1 = la resultante de la conversión, pero en Kg

6. Una vez obtenido el resultado de la conversión, se convirtieron los mililitros (ml) de la capacidad volumétrica del vaso a litros (lt):

Conversión de mililitros (ml) a litros (lt).

$$1000 \text{ ml} - 1 \text{ lt}$$

$$164 \text{ ml} - X_2 \text{ lt}$$

Dónde: 164 ml = capacidad volumétrica del vaso de precipitados (cte)

X_2 = resultante de convertir los ml a litros.

7. Una vez obtenido el resultado en litros, se convirtió a hectolitros (hl) de la siguiente manera:

Conversión de lt a hl:

$$100 \text{ lt} = 1 \text{ hl}$$

$$X_2 \text{ lt} = X_3 \text{ hl}$$

Dónde: X_3 = resultante de convertir los lt a hl

8. Ya teniendo estos dos resultados (Kg y hl), se utilizó la siguiente fórmula para determinar el peso volumétrico de la muestra, que se mide en kg/hl.

$$P.V. = \frac{X_1}{X_3}$$

d) Peso de mil semillas

Objetivo

El objetivo de esta prueba es determinar el peso de mil semillas de una muestra (Moreno, 1996).

Materiales

- Porción de semilla pura.
- Balanza.
- Pinzas.

Procedimiento

1. Con ayuda de las pinzas, de la porción de semilla pura se tomaron 8 muestras de 100 semillas cada una.
2. Se pesaron cada una de las 8 muestras, esto en gramos y se obtuvo el peso promedio de las repeticiones pesadas, haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$P_m = \left(\frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8}{8} \right) \quad P = \text{peso de cada muestra}$$

3. Haciendo uso de las siguientes fórmulas estadísticas se determinó la varianza (S^2), la desviación típica (S) y el coeficiente de variación (C.V.).

$$\text{Varianza: } S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

$$\text{Desviación típica: } S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$\text{Coeficiente de variación: } C.V. = \frac{S}{\bar{X}} * 100$$

Nota: si el C.V. da como resultado un valor mayor a 6.0 y menor a 4.0, se deben de contar y pesar otras 8 repeticiones, y calcular cada una de las incógnitas antes mencionadas (Moreno, 1996).

e) Germinación estándar (G.E.) o viabilidad

Definición de términos

Germinación, para estos propósitos se define a este término como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables (Moreno, 1996).

Emergencia, se define como la aparición de la plántula por encima de la superficie del suelo, o la formación de al menos una figura en forma de candado (Harper, 1977; citado por Moreno, 1996).

Plántula normal, son consideradas aquéllas que poseen las estructuras esenciales para producir en suelo de buena calidad preparado en el laboratorio, plántulas normales en condiciones favorables de agua, luz y temperatura.

Características:

Raíz: por lo menos con una raíz seminal vigorosa, pero de preferencia con dos o tres.

Plúmula:

- a) Hoja verde vigorosa, no muy dividida y extendiéndose más allá de la mitad del coleóptilo, el cual puede o no estar dividido.
- b) Plúmula espiral, doblada o torcida, siempre que su color sea verde, su crecimiento normal y no esté dañado por heladas.

Plántulas anormales, las que no se pueden clasificar como normales por tener alguna deficiencia en alguna de sus estructuras esenciales, lo que les impide su desarrollo normal en suelo preparado y en condiciones favorables de agua, luz y temperatura.

Características:

Raíz:

- a) Sin raíces.
- b) Solamente una o dos raíces seminales cortas o no uniformes.

Plúmula:

- a) Sin hoja verde, solamente coleóptilo incoloro.
- b) La hoja extendiéndose a menos de la mitad dentro del coleóptilo.
- c) Hoja muy fragmentada o dividida longitudinalmente (el coleóptilo puede o no estar dividido).
- d) Plúmulas muy dañadas por heladas, dobladas en espiral o torcidas, fragmentadas y con pérdida de vigor.
- e) Plúmula pálida, delgada y en forma de huso (generalmente asociadas con el deterioro del grano).
- f) Plúmula deteriorada en el punto de unión con el grano, considerando que esto no es resultado de condiciones de pruebas inadecuadas (escutelo generalmente deteriorado) (Moreno, 1996).

Semillas sin germinar, son también llamadas semillas muertas. Se definen como aquellas semillas que no germinan, esto puede deberse a que no absorben agua porque tienen cubierta impermeable (Moreno, 1996).

Materiales

- Semilla pura.
- Agua destilada.
- Ligas.
- Hojas de papel anchor de germinación.
- Cámaras de germinación (germinadoras).
- Tarjetas de registros.
- Charolas.
- Bolsas de plástico.
- Pinzas.

Procedimiento

1. De la porción de semilla pura obtenida y con ayuda de las pinzas se separaron 4 muestras de 100 semillas cada una.
2. Se colocó agua destilada en las charolas y se colocaron las hojas de papel germinación para humedecerlo.
3. Una vez humedecido el papel, sobre una hoja se colocaron 100 semillas de avena en arreglos de 10x10, enseguida se cubrieron con otra hoja de papel previamente humedecido.
4. Una vez cubiertas las semillas se enrollaron las hojas (se hizo un taco) cuidando de que no se salieran las semillas, ya hecho el taco se amarraron ambos extremos del mismo con ligas.
5. Este procedimiento se realizó 4 veces.
6. Después de esto en las etiquetas se anotó el número de repetición del 1 al 4 respectivamente y la fecha, estas se colocaron en cada una de las bolsas que contenían los tacos.
7. Se depositaron en forma vertical cada una de las bolsas que contenían los tacos con su respectiva etiqueta de identificación dentro de la cámara germinadora, el proceso tuvo una duración de 10 días a 25°C.
8. A los 5 días posteriores a la siembra de las semillas se realizó el primer conteo o primera evaluación de las plántulas normales (PN) y anormales (PA)

emergidas, asimismo se checo la humedad de los tacos, los datos se registraron en una tabla con el siguiente arreglo, la cuál se completó con la segunda evaluación.

Param. evaluar	R-1		R-2		R-3		R-4	
	1° EVAL	2° EVAL	1° EVAL	2° EVAL	1° EVAL	2° EVAL	1° EVAL	2° EVAL
PN								
PA								
SSG								

9. A los 10 días posteriores a la siembra se realizó la segunda y última evaluación de las plántulas normales y anormales germinadas, así como las semillas sin germinar (SSG).
10. Ya teniendo los números correspondientes de cada uno de los tipos de plántulas (1^{ra} evaluación + 2^{da} evaluación), así como de las SSG, se prosiguió a determinar el porcentaje de cada una de estas en cada repetición, y después el promedio de las cuatro repeticiones para obtener el porcentaje final, esto mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:

El porcentaje de cada parámetro evaluado se determinó por conteo directo, ya que las repeticiones fueron de 100 semillas cada una.

$$\%mcpe = \frac{\%pe(R_1 + R_2 + R_3 + R_4)}{4}$$

Dónde: %mcpe = porcentaje promedio de cada parámetro evaluado (PN, PA y SSG).

f) Análisis de vigor (prueba de envejecimiento acelerado)

Definición de términos

Vigor, se define como la suma total de todos los atributos de la semilla que favorecen el establecimiento rápido y uniforme de plántulas en el campo (Fundeoagro, 1990; citado por webmaster@lamolina.edu.pe)

Materiales

- Semilla pura.
- Hojas de papel anchor de germinación.
- Fungicida (captán).
- Cámaras germinadoras.
- Charolas.
- Bolsas de plástico.
- Pinzas.
- Agua destilada.
- Vasos de precipitados.
- Cámaras de envejecimiento acelerado.
- Tubos y mallas de soporte.
- Ligas.
- Tapas de plástico.
- Tarjetas de registros.

Procedimiento

1. De la porción de semilla pura y con la ayuda de las pinzas se tomaron cuatro muestras de 100 semillas cada una.
2. Se colocó cada una de las muestras de semillas sobre cada una de las mallas.
3. La semilla fue tratada previamente con el fungicida para la prevención de hongos durante la prueba.

4. A cada vaso de precipitados se le agregó agua, se colocó dentro de cada uno de estos un tubo de malla, y sobre éste se puso la malla que contenía las semillas.
5. Con el plástico se taparon los vasos, sujetándolos con las ligas.
6. En las tarjetas de registro se anotaron la fecha, hora y número de repetición.
7. Se colocaron los cuatro vasos dentro de la cámara de envejecimiento acelerado con el propósito de someter a un estrés a las semillas, esto fue por un periodo de 48 horas a 43°C.
8. Después de este proceso se sacaron los vasos de la cámara y con las semillas se llevo a cabo el proceso de germinación estándar antes mencionado.

3.2. Análisis de las características del suelo

Los métodos que se utilizaron en la determinación de los siguientes análisis son los empleados por el Laboratorio de Física de Suelos, perteneciente al Departamento de Suelos de la UAAAN.

a) Determinación de textura (método del hidrómetro)

Definición de términos

La textura del suelo es un indicador de la proporción relativa de arena (A), limo (L) y arcilla (R) que lo constituyen, y su nombre indica la clase textural a la que pertenece de acuerdo a las clases que se encuentran en el triángulo de texturas (Sánchez, <http://mx.geocities.com/mforrajes/1.html>; Narro, 1994).

Materiales

- Suelo tamizado a 2 mm.
- Criba o tamiz de 2 mm.

- Estufa de secado.
- Cronómetro.
- Solución dispersora (Hexametáfosfato de sodio).
- Cilindro de sedimentación y varilla metálica.
- Agua destilada.
- Hidrómetro.
- Vaso de precipitados.
- Vaso agitador.
- Termómetro.
- Balanza.

Procedimiento

1. Calibración del hidrómetro: se toman 50ml de la solución dispersora, se pasan al cilindro de sedimentación y se afora a 1000 ml con agua, mezclar con la varilla metálica, luego se introduce el hidrómetro y se toma la lectura R_c y la temperatura.
2. Se pesaron 40 gr de suelo tamizado a 2 mm secado en la estufa a 110°C , se transfirió a un vaso de precipitados, se agregaron 50 ml de solución dispersora y agua, se pasaron al vaso agitador y se agita por 5 minutos. Luego se pasaron la solución al cilindro de sedimentación y se aforó a 1000 ml, se agitó con la varilla metálica y a los 30 seg se introdujo el hidrómetro, y a los 40 segundos se tomó la lectura y temperatura. Se dejó reposar por un tiempo de 2 hr y transcurrido éste se tomó una segunda lectura y temperatura.

NOTA: el cilindro de sedimentación se colocó en un lugar fijo.

3. El cálculo de los valores porcentuales de cada uno de los componentes del suelo se realizó mediante los siguientes cálculos y fórmulas:

$$\% = \frac{(R + \Delta R) - (R_c + \Delta R)}{W} * 100$$

$$^{\circ}\text{F} = 1.8 (^{\circ}\text{C}) + 32$$

$$\Delta R_c$$

$$\Delta R = (T - 68^{\circ}\text{F}) \times 0.2$$

$$\Delta R = (T - 20) \times 0.36$$

Dónde: R = lectura del hidrómetro en la solución dispersora.

ΔR = corrección por temperatura en el cilindro de sedimentación.

Rc = lectura del hidrómetro en solución dispersora.

ΔR_c = corrección por temperatura en el cilindro de sedimentación con solución dispersora.

W = peso de la muestra de suelo.

1a lectura = %limo + arcilla

arena = 100 - (% de limo + arcilla)

2a lectura = % de arcilla

limo = (% de limo + arcilla) - (% de arcilla)

Una vez que se obtuvieron los valores se consultó el triángulo de clasificación de texturas.

b) Densidad real (Ds) (método del picnómetro)

Definición de términos

La densidad real del suelo se considera como la relación de la masa de las partículas sólidas y el volumen que ocupan, en este concepto se excluye el volumen del espacio poroso que existe entre las partículas sólidas (Gavande, 1982; Sánchez, <http://mx.geocities.com/mforrajes/1.html>).

Materiales

- Picnómetro y tapón capilar.
- Balanza analítica.
- Desecador.

- Tamiz de 2 mm.
- Piceta.
- Estufa.
- Suelo seco cribado a 2 mm.
- Agua destilada previamente ebulida.
- Termómetro.
- Parrilla eléctrica

Procedimiento

1. Se pesó el picnómetro con su tapón, de volumen conocido.
2. Se introdujeron al picnómetro 10 gr de suelo secado a la estufa se pesó.
3. Se añadió una pequeña cantidad de agua destilada a temperatura ambiente, hasta que aproximadamente se llenó la mitad del picnómetro.
4. Se calentó ligeramente el picnómetro en la parrilla.
5. Después se pasó al desecador para que se enfriara.
6. Se llenó al máximo el picnómetro con agua destilada.
7. Se introdujo el tapón, se secó y se pesó.
8. Para determinar el valor se utilizaron las siguientes fórmulas para realizar los cálculos correspondientes:

$$\begin{aligned}
 (P.Pic. + M) - P.Pic. &= P.muestra \\
 (P.Pic. + M + agua) - (P.Pic. + M) &= Vol. Agua \\
 V.Pic. - V. Agua &= V. Muestra \\
 Dr &= \frac{P}{V} = \frac{P.Muestra}{V.Muestra} = \frac{gr}{cm^3}
 \end{aligned}$$

c) Densidad aparente (Da) (método de la probeta)

Definición de términos

La densidad aparente del suelo se define como la relación de la masa de los sólidos y el volumen total que estos ocupan, cabe mencionar que aquí sí se

incluye el espacio poroso que existe entre las partículas sólidas (Sánchez, <http://mx.geocities.com/mforrajes/1.html>; Gavande, 1982).

Materiales

- Probeta de 100 ml.
- Tapón.
- Tamiz de 2 mm.
- Suelo tamizado a 2mm y secado al aire.
- Franela.
- Balanza.

Procedimiento

1. Se agregó suelo tamizado hasta aproximadamente un volumen de 50 ml de la probeta y se tapó.
2. Se colocó la franela previamente humedecida y con varios dobleces, sobre la mesa de trabajo.
3. Se compactó el suelo contenido en la probeta, se golpeó 30 veces con una frecuencia de un golpe por segundo en una trayectoria vertical de 20-30 cm.
4. Se tomó la lectura del volumen final de la probeta y se prosiguió a determinar la densidad aparente haciendo uso de las siguientes fórmulas:

$$(P. Pr ob. + M) - (P. Pr ob.) = P. Muestra$$

$$D = \frac{M}{V} = \frac{P. Muestra}{V. Muestra}$$

$$Da = \frac{Ms}{Vt}$$

$$Vt = Vs + Vporos$$

d) Porcentaje de materia orgánica (% M.O.) (método de Kalkley Black)

Definición de términos

La materia orgánica es el adhesivo que une las partículas minerales del suelo, al unirse entre sí forman terrones, la reducción de su porcentaje en el suelo

afecta la estabilidad de este, aumenta los riesgos de erosión y disminuye la fertilidad química (agroconinfo@agroconnection.com.ar) . La materia orgánica tiene efecto agregante en el suelo, se hace mayor a medida que decrece el contenido de arcilla y ayuda a estabilizar la estructura del suelo (Gavande, 1982).

Materiales

- Suelo secado al aire y cribado.
- Tamiz de 2 mm.
- Matraz Erlenmeyer de 500 ml.
- Dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$ 1N).
- Acido sulfúrico concentrado (H_2SO_4).
- Agua destilada.
- Indicador ferroin (ortofenantrolina).
- Sulfato ferroso ($FeSO_4$ 1N).

Procedimiento

1. Se pesó 1 gr de suelo secado y cribado y se colocó en el matraz erlenmeyer de 500 ml.
2. Se le agregaron 10 ml de dicromato de potasio, luego se agregaron 20 ml de ácido sulfúrico concentrado.
3. Se dejó enfriar y se agregaron 200 ml de agua destilada y cuatro gotas del indicador ferroín.
4. Se tomó en consideración que el dicromato de potasio es 1N y que el sulfato ferroso varía su concentración, por lo que se procedió a correr un testigo sin suelo para así poder obtener la normalidad del sulfato ferroso.

Vire = Verde - Marrón (cambio de color)

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

$$N_1 = \frac{(N_2V_2)}{V_1}$$

Dónde: N_1 = normalidad del sulfato ferroso
 V_1 = volúmen del sulfato ferroso gastado al titular
 N_2 = normalidad del dicromato de potasio
 V_2 = volúmen del dicromato de potasio

5. Por último se utilizó la siguiente fórmula para realizar el cálculo correspondiente:

$$\%M.O. = (K_2Cr_2O_7 * N) - (FeSO_4 * N) * 0.68$$

e) Determinación del potencial Hidrógeno (pH) (método del potenciómetro)

Objetivo

La determinación del pH de los suelos se determinó mediante el uso del método del potenciómetro. La lectura obtenida nos indicó el tipo de suelo en cuanto a su acidez o basicidad, de acuerdo a la clasificación.

Materiales

- Potenciómetro.
- Suelo tamizado.
- Tamiz de 2mm.
- Solución buffer.
- Termómetro.
- Balanza.
- Vasos de precipitados.
- Agitador de vidrio.
- Piceta.
- Agua destilada.

Procedimiento

1. Se realizó la estandarización del potenciómetro de la siguiente forma: se ajustó a pH 7 con la solución buffer, sumergiendo el electrodo, se tomó la temperatura.
2. Se colocaron 10 gr de suelo secado al aire y tamizado en un vaso de precipitados.
3. Se le agregaron 20 ml de agua destilada y se agitó manualmente durante 10 min.
4. Para tomar la lectura de la muestra se sumergió el electrodo y se pasa el botón a "reed", y se prosiguió a tomar la lectura y a realizar la clasificación.

NOTA: el potenciómetro siempre se debe de apagar al sacar los electrodos, se lavan y se secan antes de introducirlos en otra muestra.

f) Conductividad hidráulica (K) (método del permeámetro)

Objetivo

Esta prueba se realiza a los suelos para determinar la cantidad de agua que un suelo puede absorber en un tiempo determinado, sus valores se dan en cm/hr (Narro, 1994).

Materiales

- Muestra de suelo secado al aire.
- Cilindro de diámetro conocido (embudo).
- Probeta graduada de 100cm³
- Papel filtro.
- Tamiz de 2 mm.
- Cronómetro.
- Regla.
- Sifón.
- Soporte para el cilindro.

Procedimiento

1. La muestra de suelo se cribó y se secó al aire.
2. Se determinó la sección transversal del cilindro que se utilizó.
3. En la parte inferior del cilindro se colocó una capa delgada de papel filtro.
4. Se agregó cuidadosamente al cilindro una cantidad determinada de suelo, de modo que alcanzara una altura de 6 cm y se reacomodó.
5. Una vez empacado el suelo en el cilindro, se colocó sobre la superficie del suelo un papel filtro para que el agua aplicada posteriormente formara una capa uniforme.
6. Se cuidó de que la capa de agua en la parte superior del suelo siempre tuviera una altura constante, lo cual se logró por medio del sifón.
7. Se colocó el cilindro con el suelo y agua sobre el soporte y en el orificio de salida se colocó la probeta para recolectar el agua drenada.
8. Se tomó el tiempo a partir de que cayó la primera gota a la probeta y se esperó a que se tuviera un volúmen conocido.
9. Se registró el tiempo que se tardó en obtenerse el volúmen conocido.
10. En la misma muestra y siguiendo el procedimiento anterior se repitió hasta que se obtuvo un tiempo constante en obtener el mismo volumen (en total se tomaron tres lecturas de tiempo).
11. Con la regla se tomaron las medidas verticales de la capacidad del cilindro, así como la del suelo contenido, y la del diámetro del mismo.
12. Los cálculos se obtuvieron utilizando las siguientes fórmulas.

$$K = \frac{V}{At} \left[\frac{\Delta X}{\Delta \phi} \right]$$

Dónde: K = conductividad hidráulica (cm/hr).

V = volumen recolectado de agua.

A = área del cilindro (πr^2).

t = tiempo.

Δx = altura de la columna de suelo.

$$\Delta\emptyset = \text{altura del cilindro} \quad (L_2 + L)$$

$L_2 = \text{carga de agua.}$
 $L = \text{altura de suelo.}$

3.3. Determinación de la germinación - emergencia de la avena en los diferentes tamaños de agregados

Cabe mencionar que para cada prueba de germinación en los diferentes tamaños de agregados se realizaron cinco repeticiones. En los materiales de las pruebas se enlista "porción de semilla", esta porción equivale a 100 unidades de semilla pura de avena.

a) Medición de la semilla

El objetivo de la medición del tamaño de las semillas fue establecer una referencia para determinar el tamaño de agregados (más pequeño o más grande que la semilla) con el que se realizaría el trabajo.

Materiales

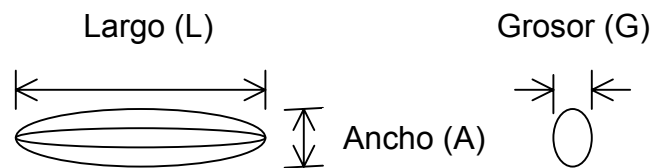
- Muestra de semilla pura previamente homogeneizada.
- Vernier digital.
- Hojas de registro.

Procedimiento

1. De la muestra de semilla pura, se tomó una muestra de trabajo que contenía 500 semillas de avena, las cuales se separaron en grupos de 100.
2. Con ayuda del vernier se tomaron las diferentes medidas de cada una de las semillas de avena (largo, ancho y espesor) (Fig. 3.1.) esto se realizó para los cinco grupos de semillas.

3. Una vez que se realizaron las medidas se prosiguió a sacar la media de cada una de las medidas, esto para cada grupo.
4. Con los resultados obtenidos se formuló la hipótesis en base a cual sería el tamaño de agregados uniforme en el que se obtendría un mayor porcentaje de emergencia de plántulas al momento de realizar las pruebas correspondientes.

Figura 3.1. Esquema de los diferentes parámetros medidos en la semilla



b) Obtención de agregados de suelo de tamaño uniforme

Objetivo

El objetivo de realizar este procedimiento fue para obtener una cantidad suficiente de diferentes agregados de suelo a un tamaño uniforme.

Materiales

- Suelo "natural" (suelo con labranza convencional o tradicional).
- Tamices o cribas con diferente abertura de malla (1, 2, 4, 4.76, 6.35, 7.93, 12.7 y 15.9 mm respectivamente).
- Tractor, pala y remolque para acarrear el suelo.
- Contenedores para recolectar suelo tamizado.
- Tarjetas de identificación.

Procedimiento

1. El tractor, el remolque y la pala se utilizaron para transportar suelo agrícola del bajío al Depto. de Maquinaria Agrícola.
2. Después de acarrear el suelo se tamizó con las cribas de diferente abertura de malla.

3. El suelo tamizado se colocó en cada uno de los contenedores, a los cuales se les colocó una tarjeta de identificación en las que se registró el diámetro de los agregados que contenían cada uno de ellos.
4. Se tamizó suelo hasta obtener la cantidad necesaria de cada uno de los diferentes tamaños de agregados (0.02024 m^3).

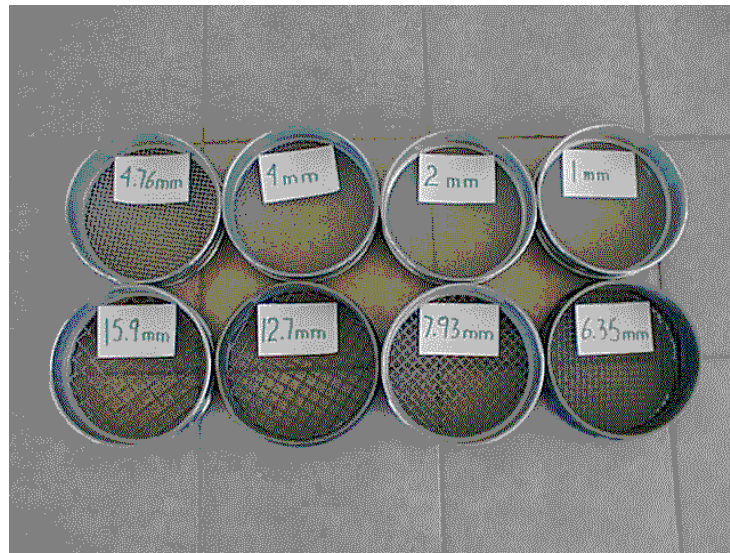


Fig. 3.2. Cribas utilizadas en la obtención de agregados

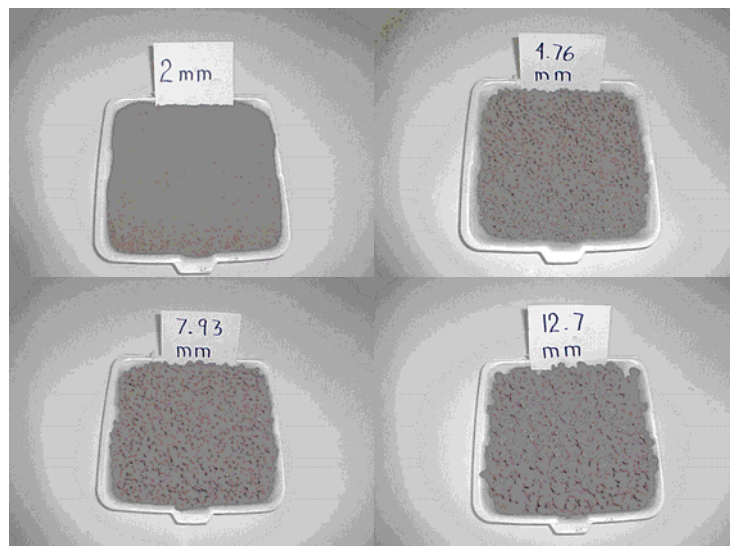


Fig. 3.3. Agregados de diferente tamaño uniforme

c) Germinación en suelo con labranza convencional con heterogeneidad de tamaños de agregados

Objetivo

Esta prueba de germinación se realizó con suelo con una heterogeneidad de agregados tal y como se obtuvo de la parcela, para tener una referencia con la cuál se pudieran comparar los resultados que se obtuvieron en las pruebas de germinación que se realizaron en suelo tamizado a tamaños de agregados homogéneos. Para calificar las diferencias entre los diferentes tratamientos se tomó como referencia la germinación-emergencia en las cámaras de germinación, el diseño estadístico fué el de bloques al azar, para determinar el de análisis de varianza con un contraste de medias mediante la prueba de la diferencia mínima significativa al 0.05. Aquí se empleo la fórmula propuesta por el CENEMA (2002) para determinar el diámetro medio de agregados (mm) contenidos en el suelo.

Materiales

- Suelo con labranza convencional.
- Balanza.
- Porción de semilla pura.
- Charolas.
- Agua.
- Tarjetas de identificación y hojas de registro.

Procedimiento

1. Se colocó una capa de 3 cm aproximadamente de suelo con labranza convencional en cada una de las charolas.
2. Se colocó una porción de semillas en cada charola en arreglos de 10x10 a una distancia de 1 cm entre semilla y semilla.
3. Posteriormente se cubrieron las semillas con una capa de 2 cm de espesor.

4. En seguida se humedeció el suelo por capilaridad hasta saturación y luego se dejó drenar hasta capacidad de campo (CC) para proveer de humedad necesaria a las semillas.
5. A cada charola se le colocó una tarjeta de identificación en la que se anotó el número de repetición (del uno al cinco respectivamente).
6. Se cuidó de que el suelo siempre estuviera a CC, que tuviera la suficiente luz, aireación y que la temperatura no fuera menor a 10°C.
7. Se prosiguió a la evaluación o el conteo de la plántulas emergidas en cada charola a los 12 días posteriores a la siembra, se contabilizaron PN, PA y SSG, estos datos se anotaron en las hojas de registro, en cuadros similares a los empleados en la germinación en cámaras.
8. Para la determinación del diámetro medio de agregados contenido en el suelo con labranza convencional se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$D = \frac{5(21k + 19j + 17i + 15h + 13g + 11f + 9e + 7d + 5c + 3b + a)}{W}$$

- Dónde:
- D = diámetro promedio de los agregados (mm).
 - W = masa total de la muestra (kg).
 - k = peso de los agregados con diámetro >100 mm.
 - j = peso de los agregados con diámetro >90 <100 mm.
 - i = peso de los agregados con diámetro >80 <90 mm.
 - h = peso de los agregados con diámetro >70 <80 mm.
 - g = peso de los agregados con diámetro >60 <70 mm.
 - f = peso de los agregados con diámetro >50 <60 mm.
 - e = peso de los agregados con diámetro >40 <50 mm.
 - d = peso de los agregados con diámetro >30 <40 mm.
 - c = peso de los agregados con diámetro >20 <30 mm.
 - b = peso de los agregados con diámetro >10 <20 mm.
 - a = peso de los agregados con diámetro <10 mm.

d) Germinación en agregados de tamaño uniforme

Objetivo

Esta prueba se realizó para poder determinar en que tamaño uniforme de agregados existe un mayor porcentaje de plántulas germinadas-emergidas.

Materiales

Los materiales que se emplearon en esta prueba son los mismos que se emplearon en la prueba del suelo con labranza convencional, a excepción desde luego, del suelo, ya que en esta prueba se utilizaron agregados de suelo de tamaño homogéneo previamente tamizado con las diferentes cribas.

Procedimiento

Para esta prueba se siguieron los mismos pasos que en el caso de la prueba en suelo con labranza convencional, a excepción del primer paso, ya que se utilizó suelo tamizado de agregados uniformes de 1.00, 2.00, 4.00, 4.76, 6.35, 7.93, 12.7 y 15.9 mm, respectivamente; al igual que en la prueba anterior se realizaron cinco repeticiones para cada uno de los ocho tamaños de agregados.

e) Germinación en mezcla de tamaños de agregados

Objetivo

La realización de esta prueba se hace con el fin de tratar de aumentar la germinación y la emergencia de los tamaños de agregados homogéneos donde resultaron bajos los porcentajes, para esto se mezclan con los agregados donde se obtuvieron las más altas tasas de germinación y emergencia.

Materiales

Los materiales son los mismos que en las pruebas anteriores, sólo que en ésta se empleo una mezcla de agregados que se define de acuerdo a los resultados, esto se realiza para tratar de aumentar los porcentajes que se

obtuvieron al momento de realizar la germinación en un tamaño de agregados uniforme, pero al mismo tiempo para ver de que forma influye esta combinación de agregados en la germinación-emergencia de las plántulas de avena.

Procedimiento

Después de haber realizado las combinaciones de acuerdo a los resultados se sigue el mismo procedimiento que en las dos pruebas descritas anteriormente.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de las características de la semilla

Aquí se muestran los resultados de las características de la semilla con la que se realizaron las diferentes pruebas de germinación, en estas pruebas se encontró que fué de buena calidad y se asegura que la germinación que se obtenga en el suelo no sea afectada por la calidad de la semilla.

a) Porcentaje de humedad

En este análisis se tomaron dos lecturas y se sacó el promedio, lo que dió como resultado un promedio de humedad de 9.14%, según tablas de referencia del laboratorio de semillas de la UAAAN la humedad de la semilla se clasifica como aceptable.

b) Pureza física

La muestra de trabajo de 120 gr se analizó y dió como resultado un 98.45% de semilla pura, 0.0166% de semillas de otros cultivos y finalmente en la materia inerte un valor de 1.533%, lo cual indica que se tiene una semilla con un porcentaje de pureza aceptable, lo que quiere decir que es de buena calidad, ya que según Moreno (1996) así como la Fundeagro (1990; citado por

webmaster@lamolina.edu.pe) una semilla de buena calidad es aquella en la que se tiene una germinación igual o superior al 95%.

c) **Peso volumétrico**

El resultado del peso volumétrico de la semilla fué de 49.268 kg/hl y se considera aceptable, ya que según tablas indicadoras (Anexo 7.1.) el valor que se le designa a la avena para este análisis es de 50 (Moreno, 1996).

d) **Peso de mil semillas**

El resultado que se obtuvo en esta prueba nos indica que la muestra es buena, esto significa que hay homogeneidad, y el resultado que se obtuvo en las variables evaluadas son los siguientes:

Varianza (S^2)	Desv. Típica (S)	Coef. de Var. (C.V.)
0.0429	0.2072	5.3715

e) **Germinación estándar (G.E.)**

Los resultados obtenidos en esta prueba fueron en promedio en plántulas normales un 98%, anormales 0.75% y en las semillas sin germinar un valor del 1.25%, estos valores nos indican un porcentaje bastante bueno en esta prueba, ya que la emergencia total de plántulas es de 98.75 % (PN + PA).



Fig. 4.1. Taco abierto de una de las pruebas de germinación estándar

f) Vigor (envejecimiento acelerado)

Estos resultados nos indican que aún en la germinación en suelo se podrían esperar buenos resultados de emergencia total de plántulas, ya que dió como resultado de la evaluación un valor de 96.75% de plántulas normales, 0.75% de plántulas anormales, así como 2.50% de semillas sin germinar.



Fig. 4.2. Taco abierto de una prueba para evaluar vigor

4.2. Análisis de las características del suelo

En este apartado se muestran los resultados obtenidos de las diferentes características del suelo que fueron evaluadas y determinadas en el laboratorio de Física de suelos.

a) Textura

Los resultados porcentuales de los diferentes componentes del suelo fueron de arena un 10%, limo 39.3% y finalmente la arcilla con un valor de 50.7%, y según el triángulo de clasificación de texturas (Anexo 7.2.) el suelo se clasifica como un suelo arcilloso, lo anterior puede indicar que con este suelo se tienen problemas de labranza, mal drenaje y una capacidad de intercambio catiónico (CIC) elevada.

b) Densidad real (Ds)

El resultado que se obtuvo de este análisis fue el siguiente:

$D_r = 2.35 \text{ gr/cm}^3$; el cuál es un valor aceptable, ya que el rango para que un suelo pueda considerarse agrícola es de $2.2 - 3.0 \text{ gr/cm}^3$ (Gavande, 1982; Narro, 1994).

c) Densidad aparente (Da)

El valor obtenido para esta densidad fue el siguiente:

$D_a = 1.10 \text{ gr/cm}^3$; se clasifica como un valor aceptable según el rango determinado en tablas que es de $0.8 - 1.99 \text{ gr/cm}^3$ (Gavande, 1982; Narro, 1994; Sánchez, <http://mx.geocities.com/mforrajés/1.html>).

d) Porcentaje de materia orgánica (% M.O.)

El resultado obtenido fué: % M.O. = 3.12 %, lo que según tablas de clasificación se encuentra clasificado como un suelo rico en M.O. (Sánchez, <http://mx.geocities.com/mforrajes/1.html>).

e) Potencial hidrógeno (pH)

El valor obtenido nos indica que el suelo es considerado como un suelo con alcalinidad media, según clasificación de tablas (Sánchez, <http://mx.geocities.com/mforrajes/1.html>) el resultado fue de pH = 7.78.

f) Conductividad hidráulica (K)

El resultado obtenido nos indica que es un suelo con problemas de drenaje, ya que debido al alto porcentaje de arcilla contenido el agua fluye muy lento. El resultado fue de $K = 0.2620$ cm/hr.

4.3. Determinación de la germinación - emergencia de la avena en los diferentes tamaños de agregados

En esta sección se presentan los resultados de las diferentes pruebas de germinación que se realizaron con la semilla en los diferentes tamaños de agregados que se especificaron en el capítulo anterior.

a) Medición de las semillas

Tabla 4.1. Parámetros del tamaño de la semilla (mm)

Parámetro	Desv. Est.	Coef. de var. (%)	Promedio (mm)
Largo (L)	0.33	2.33	14.21
Ancho (A)	0.06	1.84	3.08
Grosor (G)	0.02	1.05	2.37

Después de haber medido las semillas se formuló una hipótesis de que en los agregados de suelo en los que se iba a obtener el mayor número de plántulas emergidas iba a estar entre los de 2 y 4 mm respectivamente, ya que el promedio de lo que es el ancho y grosor de las semillas se encuentran en este parámetro (Tabla 4.1.).

b) Germinación en suelo con labranza convencional

Los resultados que se obtuvieron en esta prueba se muestran en la siguiente tabla, clasificados según el tipo de plántula, así como las semillas sin germinar. El resultado de la determinación del diámetro promedio de agregados contenidos en el suelo con labranza tradicional fué de 8.4 mm (Datos en anexo 7.3.).

Tabla 4.2. Porcentaje de emergencia en suelo con labranza convencional

Tipo de plántulas*	Desv. Est.	Coef. de var. (%)	Promedio (%)
PN	10.24	12.55	81.6
PA	1.67	64.36	2.6
SSG	7.26	45.95	15.8
% de ET	8.64	10.26	84.2

* PN (Plántulas normales), PA (Plántulas anormales) y ET (Emergencia total).

En esta tabla se muestran los resultados de lo que fue una prueba de germinación-emergencia en suelo con labranza convencional, o suelo sin tamizar, en él se puede apreciar que los porcentajes de plántulas normales y emergencia total son superiores al 80%, pero en ambos casos los porcentajes son inferiores al 95%, obtenido como referencia en el laboratorio de semillas. Por lo que no son considerados como resultados óptimos, se considera que el bajo porcentaje de germinación se debe al gran número de agregados grandes que contiene el suelo.



Fig. 4.3. Germinación-emergencia de avena en suelo con labranza convencional

c) Germinación en agregados de tamaño uniforme

En esta prueba se indican los porcentajes de las plántulas emergidas durante el proceso. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 4.3. Porcentaje de emergencia de plántulas normales en agregados de tamaño uniforme

Tamaño de agregados	Desv. Est.	Coef. de var. (%)	Promedio (%)	*
4 mm	5.03	5.43	92.6	A
2 mm	6.39	7.07	90.4	A
1 mm	8.11	9.61	84.4	AB
4.76 mm	12.28	15.01	81.8	AB
7.93 mm	14.45	18.96	76.2	AB
6.35 mm	13.01	18.22	71.4	B
12.7 mm	90.4	12.69	71.2	B
15.9 mm	26.92	56.08	48.0	C

* Tratamientos con la misma letra no tienen diferencia significativa al 0.05

En la tabla 4.3. se muestran los resultados de las plántulas normales emergidas en la prueba que se realizó de germinación de semillas en los diferentes tamaños de agregados, se puede apreciar que los mejores resultados se obtuvieron en los tamaños de agregados que corresponden a 2 y 4 mm respectivamente, obteniendo en el promedio de las repeticiones de cada uno de los diferentes tamaños de agregados establecidos resultados superiores al 90 %; y en el promedio de las repeticiones de los tamaños de agregados restantes se obtuvieron resultados inferiores al 90 %, lo que nos indica a simple vista que los agregados de 2 y 4 mm son el mejor tamaño de estos por los que debe de estar formada la cama de siembra para una buena germinación - emergencia, de avena en este caso.

Tabla 4.4. Porcentaje total de emergencia de plántulas en agregados de tamaño uniforme

Tamaño de agregados	Desv. Est.	Coef. de var. (%)	Promedio (%)	*
4 mm	4.74	5.05	94	A
2 mm	4.18	4.50	93.0	A
1 mm	7.16	8.19	87.4	AB
4.76 mm	11.11	12.92	86.0	AB
7.93 mm	11.31	13.97	81.0	AB
12.7 mm	8.04	10.29	78.2	AB
6.35 mm	11.67	15.48	75.4	B
15.9 mm	26.70	49.99	53.4	C

* Tratamientos con la misma letra no tienen diferencia significativa al 0.05

En esta tabla se presentan los valores de la germinación total de plántulas, aquí se contemplan las plántulas anormales y normales, y se puede apreciar que en los tamaños de agregados de 2 y 4 (Fig. 4.4.) mm respectivamente se obtuvieron valores superiores al 90%, esto es en promedio de las cinco repeticiones que se realizaron en cada uno de los diferentes tamaños de agregados establecidos para la realización de estas pruebas.

De los resultados que se obtuvieron en esta primera prueba de germinación-emergencia con agregados de tamaño uniforme se tomaron como resultados buenos aquellos en los que el porcentaje promedio de plántulas normales fue mayor o igual al 80%, que es lo que señala Thow (1963) como el mayor porcentaje de emergencia en campo; como en la prueba anterior se obtuvieron resultados bajos en los cuatro tamaños de agregados más grandes, se optó por realizar una mezcla de los agregados pequeños y combinarlos con cada uno de los diferentes tamaños de agregados más grandes. La mezcla se obtuvo mediante la combinación de volúmenes iguales de cada uno de los agregados más pequeños (1.00, 2.00, 4.00 y 4.65 mm respectivamente). Se mezclaron bien

y después se combinaron en volúmenes iguales la mezcla y cada uno de los agregados más grandes, que fue en donde se obtuvieron resultados bajos, esta última combinación se hizo para cada uno de los cuatro tamaños más grandes de agregados.



Fig. 4.4. Charola con 94% de emergencia de plántulas



Fig. 4.5. Charola con 58% de emergencia de plántulas

d) Germinación en mezcla de agregados

Al igual que en las dos pruebas anteriores se muestran los resultados en tablas, también se incluyen los porcentajes de la emergencia de plántulas normales, así como la tabla en la que se indica la emergencia total, en la que ya se incluyen las plántulas anormales.

Tabla 4.5. Porcentaje de plántulas normales emergidas en mezcla de agregados

Mezcla + agregado	Desv. Est.	Coef. de var. (%)	Promedio (%)	*
M+12.7 mm	7.27	8.13	89.4	A
M+7.93 mm	6.58	7.536	87.4	A
M+6.35 mm	7.94	9.12	87.0	A
M+15.9 mm	19.30	29.69	65.0	B

* Tratamientos con la misma letra no tienen diferencia significativa al 0.05

En las tablas de la prueba de germinación-emergencia con mezclas de agregados se puede apreciar que los valores promedio de los porcentajes aumentó considerablemente, ya que en la primera prueba se habían obtenido promedios inferiores al 80% de emergencia de plántulas normales, y en esta segunda prueba que se realizó con la mezcla, en tres de las diferentes combinaciones se han obtenido promedios superiores al 85%, lo que es considerado como un buen porcentaje de emergencia, considerando heterogeneidad en el tamaño de agregados, y en la otra prueba se obtuvieron resultados inferiores al 80% (Fig. 4.5.).

Tabla 4.6. Porcentaje total de emergencia de plántulas en mezcla de agregados

Mezcla + agregado	Desv. Est.	Coef. de var. (%)	Promedio (%)	*
M+12.7 mm	6.99	7.64	91.4	A
M+7.93 mm	5.83	6.48	90.0	A
M+6.35 mm	7.31	8.31	88.0	A
M+15.9 mm	17.56	24.94	70.4	B

* Tratamientos con la misma letra no tienen diferencia significativa al 0.05

En esta tabla se puede apreciar que los porcentajes totales en promedio de la emergencia total de plántulas tuvo un aumento notable, ya que en tres de las pruebas se tienen porcentajes promedio que oscilan alrededor del 90%.



Fig. 4.6. Charola con 92% de emergencia de plántulas



Fig. 4.7. Charola con 87% de emergencia total

e) Porcentajes totales de emergencia en las diferentes evaluaciones de germinación-emergencia

En la tabla que a continuación se presenta se muestran todos los valores porcentuales de las diferentes pruebas de germinación-emergencia que se realizaron.

Tabla 4.7. Porcentajes totales de emergencia de plántulas en los diferentes tratamientos

Tamaño de agregados	Desv. Est.	Coef. de var. (%)	Promedio (%)	*
4 mm	4.74	5.05	<u>94.0</u>	A
2 mm	4.18	4.50	<u>93.0</u>	A
M+12.7 mm	6.99	7.64	<u>91.4</u>	AB
M+7.93 mm	5.83	6.48	<u>90.0</u>	ABC
M+6.35 mm	7.31	8.31	88.0	ABC
1 mm	7.16	8.19	87.4	ABC
4.76 mm	11.11	12.92	86.0	ABC
Suelo "natural"	8.64	10.26	84.2	ABCD
7.93 mm	11.31	13.97	81.0	ABCD
12.7 mm	8.04	10.29	78.2	BCD
6.35 mm	11.67	15.48	75.4	CD
M+15.9 mm	17.56	25.08	70.4	D
15.9 mm	26.70	49.99	53.4	E

* Tratamientos con la misma letra no tienen diferencia significativa al 0.05

En esta tabla se presentan los resultados de los porcentajes promedio del total de emergencia de plántulas en las pruebas realizadas, tanto en suelo natural como en los diferentes tamaños de agregados establecidos, así como también aquellos que se obtuvieron en las pruebas que se realizaron con la combinación de la mezcla de agregados con cada uno de los que dieron resultados subóptimos, y de acuerdo a estos resultados se han clasificado como sigue:

< 80% - resultados malos

> = 80% ; < 90% - resultados buenos

> = 90% - resultados óptimos



Fig. 4.8. Máxima emergencia de plántulas en agregados de tamaño uniforme y en mezclas

Tabla 4.8. Jerarquización de los tratamientos en relación a la mejor germinación-emergencia después del análisis de varianza y diferencia mínima significativa

Agregado (mm)	Media (%)	*
4.00	94.0	A
2.00	93.0	A
M+12.7	91.4	AB
M+7.93	90.0	ABC
M+6.35	88.0	ABC
1.00	87.4	ABC
4.76	86.0	ABC
S.N.	84.2	ABCD
7.93	81.0	ABCD
12.7	78.2	BCD
6.35	75.4	CD
M+15.9	70.4	D
15.9	53.4	E

* Tratamientos con la misma letra no tienen diferencia significativa al 0.05

En la tabla anterior se aprecia la clasificación y análisis de los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos realizados, éstos están analizados de acuerdo al análisis de varianza y a la diferencia mínima significativa con un nivel de significancia = 0.05, en lo que se puede observar que los mejores resultados se obtuvieron en agregados de cuatro y dos milímetros de diámetro, con porcentajes de 94 y 93 % respectivamente, estos se consideran como óptimos, ya que son los resultados que más se aproximan a los resultados obtenidos en las cámaras germinadoras, donde el valor mínimo obtenido fue de 95%, y se toma como referencia; ya que según la Fundeagro (1990; citado por webmaster@lamolina.edu.pe) y Moreno (1996) una semilla certificada debe de dar resultados superiores al 95% de emergencia al producir en campo.

Asimismo se consideran como agregados buenos aquellos en los que la emergencia promedio fue superior al 85% e inferior al 93%, como regulares se tomaron aquellos con promedios superiores a 80% pero inferiores a 85%, y finalmente se consideran como malos aquellos en los que los resultados son inferiores al 80%.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y considerando los objetivos planteados, la clasificación y análisis que se realizó se concluye que las mejores camas de siembra deben estar formadas por agregados con un rango de dos a cuatro mm respectivamente, ya que es donde se obtuvieron los porcentajes más elevados de emergencia de plántulas (>93%).

Al tratar de elevar el porcentaje de germinación-emergencia mezclando agregados, los mejores resultados se obtuvieron en la combinación de la mezcla con agregados de 1-7.93 mm (90% de emergencia), así como de 1-12.7 mm de diámetro (91.4% de emergencia), que comparados con el testigo (suelo con labranza tradicional) estadísticamente no tienen diferencia significativa, y en las otras dos combinaciones que se realizaron se obtuvieron resultados inferiores al 90% de emergencia de plántulas, para esto se concluye que las camas de siembra deben estar formadas por una combinación de agregados con un rango de 1-12.7 mm de diámetro (rango en el que se encuentra el suelo labrado en forma tradicional, que fue el que se tomó como testigo para las comparaciones) con lo que se obtendría un mayor número de emergencia de plántulas. Cabe mencionar que los resultados son numéricamente diferentes, pero estadísticamente son iguales, ya que no tienen diferencia significativa, como se menciona en la tabla 4.8.

Sin embargo, y considerando que actualmente en campo solo se pueden obtener mezclas de agregados, se consideran como resultados buenos todos aquellos en los que existen resultados superiores al 80% de emergencia, ya que Thow (1963) al obtener este porcentaje como máxima emergencia de

plántulas de avena en campo y tomando en consideración esto, se hace la conclusión de que todos los porcentajes superiores al 80% son óptimos para producir en campo.

Tomando en cuenta la clasificación de Thow (1963) se concluye que la preparación de camas de siembra en forma tradicional es óptima, ya que el porcentaje de emergencia obtenido fue de 84.2%, cabe mencionar que el suelo preparado con labranza tradicional está formado en su mayoría por una mezcla de agregados de entre 1 y 20 mm, en el que el promedio de agregados contenidos tienen un tamaño de 8.4 mm de diámetro.

A todo lo anterior se concluye que los resultados obtenidos solo son referencias de tamaños de agregados que se debieran tratar de obtener al realizar la cama de siembra para avena en este caso, y es solo un óptimo al que debería de estar encaminado el desarrollo de implementos y/o sistemas de labranza, ya que la diferencia entre la emergencia actual en campo (alrededor del 80%) y lo que se espera de emergencia en una semilla certificada (95%) significa una pérdida de hasta 1 170 ton/año de semilla, de acuerdo a la superficie sembrada de avena en México.

5.1. RECOMENDACIONES

Lo que se pretende hacer como un trabajo a futuro es realizar pruebas de maquinaria para la preparación de camas de siembra, en este caso avena, para tratar de obtener el tamaño de agregados en los que existió el mayor número de germinación-emergencia, aunque no existe gran diferencia significativa con lo que se obtiene actualmente con la labranza tradicional, o la posible combinación de implementos para lograrlo, o en determinado caso el rediseño de los implementos existentes en el mercado, para así poder lograr los objetivos que se persiguen en la producción de granos en el país.

VI. BIBLIOGRAFIA

1. agroconinfo@agroconnection.com.ar "Clasificación del suelo". (Doc. Web) 2003. <http://www.agroconection.com/secciones/maquinaria/labranza/S026A00011.htm> 24 de Enero de 2003
2. Baligar, V.C. and Nash, V.E. 1978. Sorghum root growth as influenced by soil physical properties. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 9: 583-594.
3. Barreira, E.A. 1978. *Fundamentos de Edafología*. 1ª Edición. Buenos Aires Argentina. p. 102-103.
4. Bolggs, J. "Conceptos y objetivos de la labranza en una agricultura conservacionista". (Doc. Web). 1997. http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita/C4.htm 23 de Julio de 2002
5. Bolggs, J. "Efecto de la labranza sobre las características físicas del suelo". (Doc. Web). 1997. http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita/C7.htm 23 de Julio de 2002
6. Bolggs, J. "Implementos de labranza" (Doc. Web). 1997. http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita/C5.htm 23 de Julio de 2002
7. Bolggs, J. "Los principales tipos de labranza". (Doc. Web). 1997. http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita/C8.htm 23 de Julio de 2002
8. Bolggs, J. "Principios generales para el desarrollo de estrategias para el manejo de suelos". (Doc. Web). 1997. http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita/C3.htm 23 de Julio de 2002
9. Braunack, M.V. and Dexter, A.R. 1988. The effect of aggregate size in seedbed on surface crusting and growth and yield of wheat (*Triticum aestivum*, L. cv. Halberd) under dryland conditions. *Soil Tillage Res.* 11: 133-145.

10. Braunack, M.V. and Dexter, A.R. 1989. Soil aggregation in the seedbed: a review. II. Effect of aggregate sizes on plant growth. *Soil & Tillage Research*. 14: 281-289
11. Candelón, P. 1971. *Las máquinas agrícolas*. Ediciones Mundi-Prensa. España. p. 95-101
12. Delorit, J.R. y Ahlgren, L.H. 1983. *Producción Agrícola*. 7ª Impresión. CECSA. México.
13. Dojarenko, A.G. 1924. The study of soil structure from the ratio of non-capillary and capillary porosity, and its significance in soil fertility. *Russ. J. Agric. Sci.* 1: 451-474.
14. Edwards, R.S. 1957a. Studies of the growth of cereals on seedbeds prepared by dry-sieving of the soil. *Emp. J. Exp. Agric.* 25: 167-184.
15. Edwards, R.S. 1957b. Studies of the growth of cereals on seedbeds prepared by dry-sieving of the soil. II Post-emergence survival and development. *Emp. J. Exp. Agric.* 25: 304-320.
16. Edwards, R.S. 1958. Studies of the growth of cereals on seedbeds prepared by dry-sieving of the soil. III The yields of grain and straw. *Emp. J. Exp. Agric.* 26: 323-343.
17. Gavande, S.A. 1982. *Física de suelos: principios y aplicaciones*. Editorial Limusa. México.
18. Hadas, A. and Russo, D. 1974. Water uptake by seeds as affected by water stress, capillary conductivity, and seed-soil water contact. II Analysis of experimental data. *Agron. J.* 66: 647-652.
19. Hakanson, I. and von Polgar, J. 1976. Model experiments into the function of the seedbed. I. The seedbed as a protective layer against drought. Agricultural collage of Sweden, Uppsala, Reports from the Division of Soil Management. Nr. 46.
20. Hakanson, I. and von Polgar, J. 1977. Model experiments into the function of the seedbed. II. Experiments with stratified and unstratified seedbeds. Swedish Univ. of Agricultural Sciences, Uppsala, Reports from the Division of Soil Management. Nr. 53.

21. Jaggi, I.K., Gorantiwar, S.M. and Khanna, S.S. 1972. Effect of bulk density and aggregate size on wheat growth. J. Indian Soc. Soil Sci. 20: 421-423.
22. Jain, N.K. and Agrawal, J.P. 1970. Effect of clod size in the seedbed on development and yield of sugar cane. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 34: 795-797.
23. Johnson, W.H. and Taylor, G.S. 1960. Tillage treatments for corn on clay soils. Trans. ASAE. 3: 4-7, 10.
24. Kvasnikov, V.V. 1928. The structure of the soil and yields. Russ. J. Agric. Sci. 5: 459-482.
25. Lara, R.D. 1996. Prueba de germinación y sobrevivencia en *Pinus cembroides* zucc. sobre cuatro sustratos diferentes en etapa de vivero. Tesis. Licenciatura. UAAAN. México. p. 12-18.
26. Larson, W.E. 1964. Soil parameters for evaluating tillage methods and operations. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29: 118-122.
27. Leonard, D. "La preparación de la tierra para el cultivo" (Doc. Web). 1981. <http://mng-unix1.marasconewton.com/peacecorps/Documents/M0035/m0035s/m0035s0d.htm> 23 de Julio de 2002
28. Lobato, V. "Preparación de suelos para la instalación del cultivo" (Texto). 2001. http://www.fagro.edu.uy/talleres/cebada/Materiales/Mec1/Apuntes_del_curso.html 24 de Enero de 2003
29. Moreno, M.E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. UNAM. México.
30. Narro, F.E. 1994. Física de suelos con enfoque agrícola. 1ª Edición. UAAAN. Trillas. México.
31. Nash, V.E. and Baligar, V.C. 1974. The growth of soybean (*Glycine max*, L.) roots in relation to soil micromorphology. Plant Soil. 41: 81-89.
32. Njøs, A. 1979. Aggregate size distribution in the seedbed. Effects on soil temperature, matric suction, and emergence of barley (*Hoedeum Vulgare* L.) A review of some research on clayey soils in south eastern Norway. Yhe 8th Conf. of the Int. Soil Tillage Research Org. ISTRO, Hohenheim 1: 121-129.

33. Norma Mexicana para arados. 2002. Manual de pruebas y evaluación de arados. CENEMA. Texcoco, Estado de México.
34. Ohep, C.A., Marcano, F. "Relaciones entre algunas propiedades físicas del suelo y la producción del pimentón (*Capsicum annum* L.)" (Doc. Web). <http://www.redpav-fpolar.info.ve/venesuel/v021/v021a020.html> 22 de Enero de 2003
35. Robles, S.R. 1986. Producción de granos y forrajes. Segunda reimpresión. Editorial Limusa. México.
36. Russell, E.W. 1973. Soil Conditions and Plant Growth, 10th edn. Longmans, London. 849 pp.
37. Ryzhov, S.N. and Slesareva, L.N. 1977. Effect of the structure of irrigated Sierozems on the development of the root system of cotton. Sov. Soil Sci. 9: 477-490.
38. Sánchez, R.H., Alvarado, C.A. y Chincoya, O.F. "2Suelos". (Doc. Web) <http://mx.geocities.com/mforrajes/1.html> 24 de Enero de 2003
39. Secretaría de Educación Pública. 1987. Manuales para educación agropecuaria. Mecanización Agrícola (40). Labranza secundaria. Ed. Trillas. 4a reimpresión. México. 64 pp.
40. Secretaría de Educación Pública. 1987. Manuales para educación agropecuaria. Mecanización Agrícola (38). Preparación de tierras agrícolas. Ed. Trillas. 5a reimpresión. México. 53 pp.
41. Secretaría de Educación Pública. 1987. Manuales para educación agropecuaria. Producción Vegetal (9). Trigo, Cebada, Avena. Trillas. México.
42. Taylor, M.S. 1974. The effect of soil aggregate size on seedling emergence and early growth. East Afr. Agric. For. J. 40: 204-213.
43. Thow, R.F. 1963. The effect of tilth on the emergence of springs oats. J. Agric. Sci. 60: 291-295.
44. Tisdall, J.M. and Adem, H.H. 1986b. The effect of reduced tillage of an irrigated silty soil and of a mulch on seedling emergence, growth and yield of maize (*Zea mays*) harvested for silage. Soil Tillage Res. 6: 365-375.

45. webmaster@lamolina.edu.pe "Métodos de análisis de semillas". (Doc. Web).
<http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/Agronomía/horticultura/propagación/reprodusexual/elena.doc> 22 de Enero de 2003
46. Yoder, R.E. 1937. The significance of soil structure in relation to the tilth problem. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 2: 21-33.

VII. ANEXOS

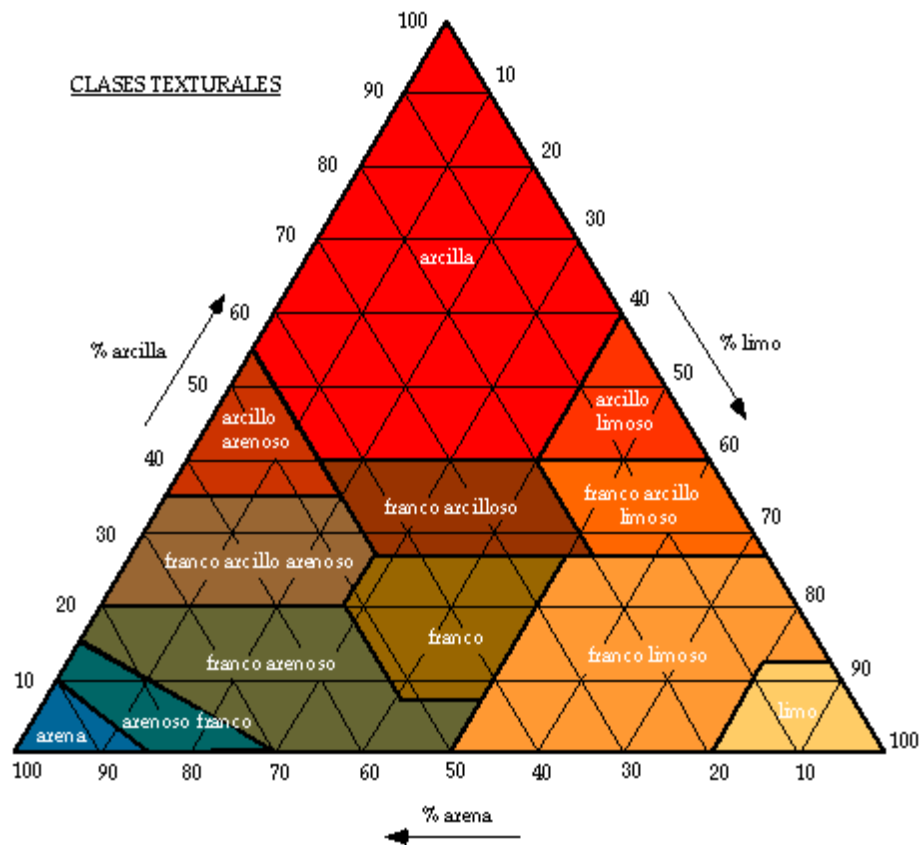
7.1. PESOS VOLUMÉTRICOS DE SEMILLAS

Pesos volumétricos de algunas semillas, indicados por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural

Semilla	Peso volumétrico kg/hl
Ajonjolí	66
Avena	50
Calabacita	42
Cártamo	53
Chícharo	75
Chile	55
Frijol	75
Garbanzo	85
Maíz	75
Melón	43
Pepino	57
Sandía	47
Sorgo	82
Soya	70
Trigo	80

FUENTE: MORENO (1996).

7.2. TRIÁNGULO DE CLASES TEXTURALES



Triángulo de clasificación de clases texturales (Sánchez,
<http://mx.geocities.com/mforrajcs/1.html>).

7.3. FACTORES CONTENIDOS EN EL SUELO CON LABRANZA TRADICIONAL

Determinación del tamaño promedio de agregados contenidos en el suelo con
labranza tradicional

Agregado (mm)	1	2	3	peso (gr)	media (gr)	Desv. Est.
1.00	443.50	739.10	832.00	2014.60	671.53	202.87
2.00	91.30	159.40	183.10	433.80	144.60	47.66
4.00	259.50	224.10	248.10	731.70	243.90	18.07
4.76	31.70	32.70	40.40	104.80	34.93	4.76
6.35	117.40	99.40	121.50	338.30	112.77	11.76
7.93	57.60	35.50	48.30	141.40	47.13	11.10
12.70	220.60	125.30	165.40	511.30	170.43	47.85
15.90	100.80	42.20	67.80	210.80	70.27	29.38
25.00	204.60	130.20	72.90	407.70	135.90	66.03
35.00	196.70	102.20	41.60	340.50	113.50	78.17
44.45	57.80	52.50	0.00	110.30	36.77	31.95
50.00	62.50	0.00	0.00	62.50	20.83	36.08
peso (gr)	1844.00	1742.60	1821.10	5407.70	1802.57	
Diámetro promedio (mm)			8.42			