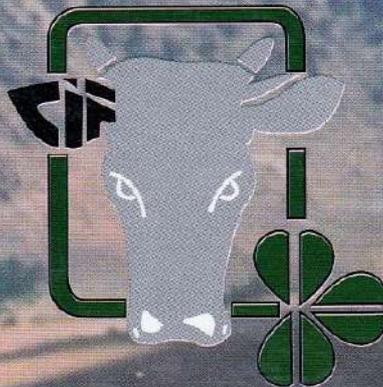
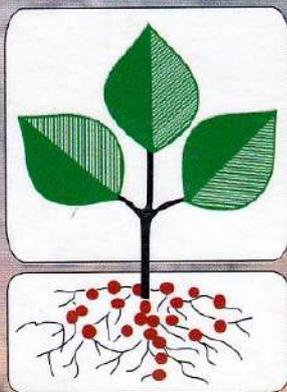


# MEMORIA



**Proyecto Rhizobiología Bolivia (CIAT-CIF-PNLG-CIFP-DHV)**  
**Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta" (CIF-UMSS)**  
**Empresa de Semillas Forrajeras (SEFO-SAM)**

## Seminario

# Uniformización de técnicas y criterios de investigación

22 al 25 de marzo de 2000

*La Violeta:*

*30 años al servicio de la agricultura  
y ganadería del país*

Cochabamba, Bolivia

## **“La Violeta”**

### **Personal técnico**

Giovana Coca  
Mery Hervas de Quitón  
Bernardo Cámara  
Milán Caro  
Jorge Delgadillo  
Alfonso Escobar  
José Espinoza  
Franz Gutiérrez  
Ruddy Meneses  
Rodrigo Rodríguez  
Gastón Sauma  
Henk Waaijbergen

### **Personal administrativo**

Sandra Antezana  
María García  
Abraham Borda  
Ernesto Quispe

### **Personal de campo**

Francisco Almanza  
Leonardo Ayala  
Víctor Colque  
Federico Chino  
Javier Escobar  
Fortunato García  
Pablo García  
Víctor García  
Rufino Mérida  
Carlos Nuñez  
Julián Peñaloza

### **Proyecto Rhizobiología Bolivia (CIAT-CIF-PNLG-CIFP-DHV)**

Tel./fax: +591 4 288579  
Casilla: 5842  
E mail: rhizocba@supernet.com.bo

### **Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”**

Tel./fax: +591 4 288579  
Casilla: 5842  
E mail: cifumss@supernet.com.bo

### **Empresa de Semillas Forrajeras SEFO-SAM**

Teléfono: +591 4 288646  
Fax: +591 4 289235  
Casilla: 593  
E mail: cifumss@supernet.com.bo

*Foto de fondo de la portada:*

*Terrazas de agricultores  
para agricultura intensiva  
en Tecoya, municipio de Betanzos, Potosí.*

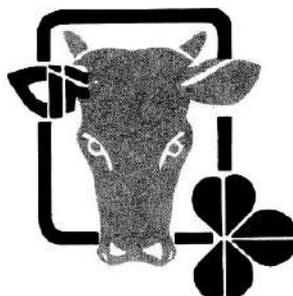
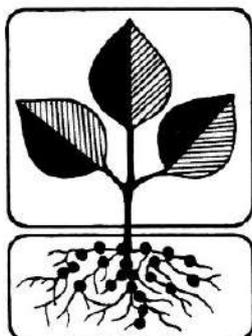
### **Editores y diagramadores**

**Ruddy Meneses y Rodrigo Rodríguez**

### **Cita correcta:**

Meneses, R. y Rodríguez, R. (eds.). 2000. Memoria Seminario: Uniformización de Técnicas y Criterios de Investigación. Proyecto Rhizobiología Bolivia (CIAT-CIF-PNLG-CIFP-DHV), Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”, Empresa de Semillas Forrajeras SEFO-SAM. Cochabamba 22 al 25 de marzo de 2000. Cochabamba, Bolivia. 147 p.

# M E M O R I A



Proyecto Rhizobiología Bolivia (CIAT-CIF-PNLG-CIFP-DHV)

Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta" (CIF-UMSS)

Empresa de Semillas Forrajeras (SEFO-SAM)

Seminario

## **Uniformización de técnicas y criterios de investigación**

22 al 25 de marzo de 2000

*La Violeta:  
30 años al servicio de la agricultura y ganadería del país*

Cochabamba, Bolivia

## **Presentación**

*Esta publicación es un trabajo conjunto entre el centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”, la Empresa de Semillas Forrajeras SEFO\_SAM y el Proyecto Rhizobiología Bolivia (CIAT-CIF-PNLG-CIFP-DHV) e ingresa con el número 105 dentro la serie de las publicaciones del Proyecto Rhizobiología Bolivia.*

*El presente documento se originó a partir de un seminario taller efectuado en “La Violeta” del 22 al 25 de febrero de 2000. El seminario formó parte de las actividades académicas del CIF en conmemoración a los treinta años de actividad científica.*

*El objetivo central de este seminario fue el intercambiar experiencias tendientes a uniformizar criterios de investigación en el ámbito de los cultivos forrajeros. Contó con la participación de todos cuantos de una u otra forma están ligados a “La Violeta”.*

*El presente documento debe ser considerado como una publicación de referencia para las actividades de investigación del CIF y otras instituciones si acaso la consideran pertinente. Su alcance pretende abarcar a mediciones de campo en la evaluación de biomasa y enfermedades, evaluaciones de laboratorio trabajando con bacterias, semillas, plántulas y evaluaciones de gabinete, haciendo énfasis en este último acápite a paquetes estadísticos comunes para el análisis de datos. En este aspecto pretende sólo dar herramientas de trabajo para manejar información de manera más ordenada y eficiente. Consideraciones teóricas de fondo sobre aspectos metodológicos no son consideradas por escapar a los objetivos de esta publicación.*

*Los organizadores/editores del evento, agradecen la desinteresada colaboración del Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”, del Proyecto Rhizobiología Bolivia (CIAT-CIF-PNLG-CIFP-DHV) y de la Empresa de Semillas Forrajeras SEFO-SAM, todos ellos actores de “La Violeta”.*

*Finalmente, el objetivo de esta publicación será cumplido cada vez que algún estudiante o investigador se refiera a este documento y el mismo le sirva de consulta o apoyo en su trabajo.*

**Los Editores**

## Indice del contenido

<b>1. Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”</b>	<b>Jorge Delgadillo</b>	<b>1</b>
<b>2. Evaluación de enfermedades en plantas forrajeras</b>	<b>Mery Hervas de Quitón</b>	<b>5</b>
<b>3. Metodología para el establecimiento y evaluación agronómica de especies forrajeras pratenses</b>	<b>Jorge Delgadillo y José Espinoza</b>	<b>15</b>
<b>4. Metodología de evaluación en cereales menores forrajeros</b>	<b>Franz Gutiérrez</b>	<b>23</b>
<b>5. Metodología de evaluación de forraje y grano en el cultivo de maíz forrajero</b>	<b>Rodrigo Rodríguez</b>	<b>31</b>
<b>6. Formación de híbridos de maíz</b>	<b>Rodrigo Rodríguez</b>	<b>35</b>
<b>7. Evaluación de calidad en semillas forrajeras</b>	<b>Gastón Sauma y Alfonso Escobar</b>	<b>41</b>
<b>8. Evaluación de nodulación en la simbiosis leguminosas – <i>Rhizobium</i></b>	<b>Bernardo Cámara</b>	<b>49</b>
<b>9. Recuento de rhizobios viables en plantas estériles por el método del número más probable (NMP)</b>	<b>Giovana Coca</b>	<b>55</b>
<b>10. Conceptos teórico/prácticos de la investigación en agronomía</b>	<b>Henk Waaijenberg</b>	<b>59</b>
<b>11. Aspectos básicos de la hoja de cálculo Excel</b>	<b>Milán Caro</b>	<b>73</b>
<b>12. Introducción al MSTAT-C</b>	<b>Milán Caro</b>	<b>81</b>
<b>13. Importación de datos del EXCEL al MSTAT-C</b>	<b>Ruddy Meneses</b>	<b>87</b>
<b>14. Estadísticos en MSTAT-C</b>	<b>Ruddy Meneses</b>	<b>93</b>
<b>15. Selección del modelo de análisis estadístico de datos en el programa FACTOR del MSTAT-C</b>	<b>Henk Waaijenberg</b>	<b>107</b>
<b>16. Generación de archivos y correlación simple en el programa estadístico SPSS</b>	<b>Milán Caro</b>	<b>117</b>

<b>Anexos</b>		<b>127</b>
<b>1. Directorio de páginas web de utilidad</b>	<b>Ruddy Meneses</b>	<b>129</b>
<b>2. Uso del pH metro</b>	<b>Giovana Coca</b>	<b>131</b>
<b>3. Ejemplos del registro de datos</b>	<b>Henk Waaijenberg</b>	<b>133</b>
<b>4. Redacción de referencias (bibliográficas)</b>	<b>Henk Waaijenberg</b>	<b>137</b>
<b>5. Método práctico para estimar la precipitación</b>	<b>Milán Caro</b>	<b>141</b>
<b>6. Informaciones del Seminario</b>	<b>Ruddy Meneses y Rodrigo Rodríguez</b>	<b>143</b>
<i>Lista de instructores y participantes del taller</i>		<b>143</b>
<i>Informe económico del taller</i>		<b>143</b>
<i>Modelo del certificado del taller</i>		<b>144</b>
<i>Tríptico oficial del taller</i>		<b>145</b>
<b>7. Siglas referidas en esta publicación</b>		<b>147</b>

1.

## Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”

Jorge Delgadillo  
CIF-UMSS

### Introducción

El Centro de Investigación en Forrajes, CIF, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrícolas, UMSS, inició sus actividades a fines del año 1969, mediante un convenio de cooperación entre la Universidad Mayor de San Simón y el Servicio de Cooperación Técnica del Gobierno Suizo, a objeto de incrementar cuantitativa y cualitativamente la producción forrajera y pecuaria del país, contribuyendo de esta manera al mejoramiento de la situación económica y nutricional de la población en general y el sector agropecuario en particular.

Los primeros 18 años, el CIF concentró su actividad de investigación en especies cultivadas con énfasis en los valles interandinos, sin descuidar las zonas altas y el trópico boliviano. A partir del año 1988 amplió sus acciones al estudio de la pradera nativa. Asimismo, considerando la importancia de la agricultura sostenible, desde el año 1995 incorpora en sus actividades un nuevo proyecto, arbustos forrajeros. Finalmente desde el año 1998, la actividad se amplía con el proyecto de fitopatología de forrajeras.

Al momento, el Centro se estructura sobre la base de siete proyectos: Forrajes Pratenses, Cereales Menores, Maíz y Sorgo, Pradera Nativa, Arbustos Forrajeros, Forrajes Tropicales y Fitopatología de Forrajeras.

### Formación y capacitación

En el aspecto académico, el CIF prestó apoyo a la Facultad de Ciencias Agrícolas (Carreras Agronomía y Veterinaria) y Escuela Técnica Superior de Agricultura, dictando asignaturas afines al trabajo de investigación, extensión y producción que realiza. En tesis y pasantías, más de un centenar de egresados de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Escuela Técnica Superior de Agricultura, además de recibir entrenamiento en producción de forrajes y semillas, realizaron su tesis de grado y tesina en el CIF. Asimismo, alumnos de facultades de agronomía de otros departamentos y países recibieron entrenamiento en calidad de pasantes, además de realizar la tesis de grado, dado el caso. También agricultores y líderes de diferentes comunidades recibieron entrenamiento en producción de forrajes y semillas forrajeras, bajo diferentes modalidades de cursos, cursillos, pasantías cortas y otras.

### Cultivares generados

En las diferentes especies forrajeras seleccionadas como prioritarias para la zona andina y tropical del país, se obtuvieron cerca de un centenar de cultivares con alto potencial de producción en forraje con tolerancia a plagas, enfermedades, sequía y heladas. Principalmente en alfalfa, tréboles, lolium, maíz, avena, cebada, triticale, vicias, sorgo, festuca alta, pasto ovillo y forrajes tropicales.

## **Agronomía de los cultivos**

Se desarrollaron trabajos en diferentes cultivos forrajeros, utilización de inoculantes, densidades de siembra, fertilización de cultivos, control de malezas, asociaciones forrajeras, requerimientos hídricos, producción potencial y otros, para producción de forrajes y semillas.

## **Extensión y/o validación**

En coordinación con la Empresa de Semillas Forrajeras (SEFO-SAM), el Proyecto Rhizobiología Bolivia, el Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria, IBTA, facultades de agronomía del país, programas de fomento para ganado lechero y de engorde y otras instituciones, se realizaron ensayos regionales de validación de tecnología, parcelas demostrativas, días de demostración de campo y otras en varios departamentos del país. En estas actividades, se promocionaron los diferentes cultivares mejorados y técnicas agronómicas prioritarias, para producción y utilización de forrajes y semillas.

## **Producción de semilla básica y plantines**

De los cultivares seleccionados, por investigación, como prioritarios, se produce semilla básica según normas internacionales en cantidades suficientes para los requerimientos de la Empresa de Semillas Forrajeras (SEFO). Además de producen, vía vivero, plantines de las especies que no producen semilla botánica.

## **Coordinación y cooperación internacional**

La principal relación del CIF se da con SEFO. Así, se practica una relación importante entre la institución de investigación que genera tecnología (cultivares) y una empresa que utiliza esa tecnología y pone a disposición de los agricultores semillas de calidad. Esta relación se considera clave para el logro de los objetivos y metas de ambas instituciones, relacionadas con el desarrollo agrícola y pecuario del país; esta interacción es única en América Latina.

El CIF recibió apoyo técnico de varias instituciones internacionales. Los primeros años del Servicio de Cooperación Técnica del Gobierno Suizo, este convenio con COTESU fue decisivo en los primeros años para la organización, funcionamiento y la dinámica institucional del CIF. Posteriormente el Instituto Francés de Investigación en Cooperación para el Desarrollo (ORSTOM) con énfasis en agronomía y producción potencial. En los últimos años y hasta la fecha existe el apoyo de la Universidad de Wageningen, Holanda y de DHV *Consultants* a través del Proyecto Rhizobiología Bolivia en coordinación con varias instituciones nacionales.

El apoyo técnico de estas instituciones internacionales, en diferentes épocas y con diferentes criterios fue importante para mantener el nivel académico y científico y la dinámica institucional del CIF.

La ayuda del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en cooperación con el Centro Internacional para la Investigación en Agricultura en Zonas Áridas (ICARDA) y del Departamento de Agricultura de Estados Unidos de Norteamérica (USDA), en entrenamiento de personal y provisión de material genético para investigación en cereales menores, maíz y sorgo; también fue determinante en el funcionamiento y accionar del CIF.

También se desarrollaron acciones conjuntas con el Centro Cooperativista Danés (CCD); el Programa de Manejo Integral de Cuencas (PROMIC); el Programa de Desarrollo Alternativo (PDAR); el Programa de Desarrollo Lechero del Altiplano (PDLA); el Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA), y muchas otras instituciones nacionales.

### **Participación en las redes de investigación internacional**

Representando al país el CIF participó en forma activa en tres redes de investigación internacional: Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT); Red de Pastizales Andinos (REPAAN) y Red de Evaluación de Forrajes del Cono Sur (REFCOSUR). A través de estas redes se coordinó acciones conjuntas importantes durante varios años como ensayos regionales multi locacionales, el intercambio de material genético, bibliográfico y entrenamiento de personal en centros de investigación internacional. Esta participación ayudó y delineó de manera significativa, el desarrollo de las actividades del CIF.

### **Asesoramiento**

El CIF presta asesoramiento directo o mediante consultorías a empresas privadas, agricultores, ONG's, proyectos de desarrollo, programas de fomento para ganado lechero y de engorde; en producción y utilización de forrajes; producción de semillas; fertilización biológica de cultivos forrajeros y de grano y manejo de la pradera nativa.

### **Infraestructura disponible**

Esta repartición universitaria cuenta con personal técnico, administrativo y de campo especializado; terrenos para investigación y producción de semilla básica en la zona andina y trópico boliviano; oficinas, laboratorios de forrajes, semillas y microbiológico; biblioteca especializada, invernaderos, centro de germoplasma, herbario y otros.

### **Participación en el desarrollo pecuario del país**

De acuerdo a informes técnicos de SEFO, desde su inicio hasta la fecha, ha comercializado más de 6000 toneladas de semilla de calidad de forrajeras (gramíneas, leguminosas, tropicales y para la zona andina), esta cifra representa la siembra de aproximadamente 250000 hectáreas de terreno con semillas mejoradas. Sobre la base de estos valores se puede concluir que la Empresa de Semillas y el Centro de Investigación en Forrajes, tienen una importante participación en el desarrollo de la producción pecuaria del país.

**Figura 1.** Matriz de organización del Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”

Líneas de acción	Proyectos						
	FORRAJES PRATENSES	CEREALES MENORES	MAIZ – SORGO FORRAJEROS	PRADERA NATIVA	PASTOS TROPICALES	ARBUSTOS FORRAJEROS	FITOPATOLOGÍA DE FORRAJES
<b>INVESTIGACION</b>							
<b>Selección y Mejoramiento</b>							
Selección	*****	*****	*****		*****	*****	*****
Mejoramiento varietal	*****	*****	*****				
<b>Agronomía</b>							
Asociaciones (2)	*****	*****	*****		*****		
Diagnóstico (1)	*****	*****	*****	*****	*****		*****
Fertilidad (2)	*****				*****		*****
Manejo (1)	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
Utilización	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
<b>FORMACION Y CAPACITACION</b>							
Enseñanza académica	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
Tesis y pasantías (1) (2)	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
Agricultores y líderes (1)	*****	*****	*****		*****	*****	*****
<b>PRODUCCION</b>							
Forrajes	*****	*****	*****		*****		
Semilla básica	*****	*****	*****			*****	
Plantines (1)						*****	
<b>VALIDACION Y EXTENSION</b>							
Investigación participativa	*****	*****	*****		*****		
Parcelas demostrativas (3)	*****	*****	*****		*****	*****	
Ensayos regionales (4)	*****	*****	*****		*****	*****	*****
Días de demostración (3) (4)	*****	*****	*****		*****	*****	*****
<b>ASESORAMIENTO</b> Directo a agricultores y trabajos de consultoría							

- Referencias:
- (1) Coordinación con el Proyecto Rhizobiología
  - (2) Empresa de Semillas Forrajeras (SEFO-SAM)
  - (3) Facultades de agronomía del país
  - (4) ONG´s

## 2.

# Evaluación de enfermedades en plantas forrajeras

Mery Hervas de Quitón  
CIF-UMSS

## Introducción

Son grandes los perjuicios que causan las enfermedades; ellas constituyen una continua amenaza para los cultivos, pues afectan la seguridad de las cosechas, con la reducción de las mismas y el desmedro de la calidad del producto, limitando al mismo tiempo la disponibilidad de materia prima para una serie de actividades agrícolas y pecuarias.

## Clasificación general de las enfermedades vegetales

Las enfermedades en plantas se desarrollan tanto por causas abióticas y bióticas.

### Las enfermedades abióticas

Son enfermedades de tipo no infeccioso que se producen mayormente por efectos del medio ambiente. Para que se realicen los procesos vitales, la planta debe disponer de las sustancias que son utilizadas en su metabolismo, el exceso o deficiencia de estas sustancias, como una alteración en las condiciones físicas que rodean a la planta, pueden causar trastornos en su metabolismo y por tanto en su desarrollo.

La temperatura, humedad, la composición del suelo, la luz y la contaminación ambiental, entre otras, tienen su efecto sobre la fisiología de la planta. Cada uno de estos factores, por sí solo, tiene la capacidad de alterar el normal funcionamiento de los órganos de la planta.

Entre los factores más importantes a considerar se tienen los siguientes:

**Temperatura.** La temperatura del suelo y de la atmósfera tiene su efecto sobre el desarrollo de la planta. Bajo temperaturas frías en el suelo, la absorción por las raíces es muy lenta y puede ocasionar marchitez; asimismo puede producirse lesiones en las raíces como consecuencia de la formación de cristales de hielo. Por otra parte la temperatura muy baja del suelo, dificulta el crecimiento de las plantas debido a que los procesos biológicos y químicos se retardan. Por el contrario, temperaturas del suelo muy altas, causan una evaporación rápida y si el suelo es arcilloso esto produce resquebrajamiento que provoca lesiones en las raíces y hasta rotura de raicillas.

En lo referente a las temperaturas del aire, generalmente las temperaturas extremas son nocivas. Al nivel celular, las temperaturas bajas retardan o anulan el movimiento protoplasmático. En frutos, el frío intenso y prolongado causa una serie de lesiones tanto superficiales como internas (necrosis) y en muchos casos hasta retardan e impiden la maduración. Temperaturas muy bajas hacen que se formen cristales de hielo en las células y

provocan rotura de éstas, este es el efecto de las heladas. Temperaturas altas, producen desbalance entre el agua absorbida y el agua que se evapora por transpiración, ya que esta aumenta a medida que la temperatura aumenta como efecto del aumento de presión del vapor en las hojas. El síntoma que este fenómeno produce en las plantas es la marchitez, por desbalance hídrico.

En algunas especies de plantas, las temperaturas altas pueden determinar la coagulación de las proteínas, asimismo pueden causar ampollas en las hojas y hasta provocar defoliación como efecto de la formación de capas de abscisión.

**Humedad.** El agua es un elemento indispensable para la vida de todos los seres vivos, y para el desarrollo de las plantas, pero debe estar disponible en la cantidad necesaria para ellas, pues su deficiencia o exceso causa daños irreversibles.

La deficiencia de agua en el suelo, causa la acumulación de iones tóxicos para la planta, por ejemplo el Manganeso, Aluminio y Boro, entre otros. Estos pueden causar necrosis en las raíces. Por otra parte, la deficiencia de agua en el suelo provoca el cierre de estomas, lo cual causa la alteración del intercambio de gases, bloqueando la absorción del CO<sub>2</sub> necesario para la planta.

El exceso de humedad, también tiene efectos negativos, siendo el más importante el efecto mecánico que tiene el agua de desplazar el aire que se encuentra en los poros del suelo, causando la muerte de raicillas por asfixia. En general la falta o exceso de agua en el suelo produce marchitez, deficiencia del desarrollo de la planta y formación prematura de frutos.

**Composición química del suelo.** Sabemos que el suelo está formado por partículas pequeñas de carga negativa, las cuales son neutralizadas por cationes de la solución del suelo. En suelos sujetos a abundantes lluvias, los cationes Ca, Mg, Na, y K, son reemplazados por H, lo que produce los llamados suelos ácidos. El pH del suelo, influye en la solubilidad de diferentes iones, en su absorción y penetración en las raíces. En suelos alcalinos con pH, por encima de 8, las plantas muestran síntomas de mala nutrición.

Generalmente algunas plantas desarrollan bien en suelos ácidos, la mayoría de las plantas cultivadas prefieren suelos neutros.

La presencia de sales en el suelo puede llegar a determinar su improductividad. Las plantas son más sensibles a la salinidad durante la germinación. En suelos salino alcalinos, la acción corrosiva de las sales de sodio, puede causar canchales a nivel del cuello o corona de la planta.

En general, las sales aumentan la concentración de la solución del suelo, lo que no solo influye en la disponibilidad de agua por aumento de la presión osmótica, sino que puede contener iones tóxicos que tienen efecto directo sobre la planta.

Un suelo agrícola debe mantener un cierto equilibrio en cuanto a su composición química para que la planta se desarrolle normalmente. La deficiencia o exceso de elementos en el suelo puede causar daños.

**Deficiencias de elementos nutritivos.** Ante la deficiencia y la no disponibilidad de los elementos requeridos, las plantas muestran anormalidades muy evidentes. Sin embargo, no todas las especies vegetales reaccionan con síntomas similares ante la deficiencia de un determinado elemento.

El **nitrógeno** es el elemento mayor que más comúnmente se muestra deficiente en el suelo, la raíz toma el nitrógeno del suelo para producir aminoácidos por lo que su deficiencia altera este proceso, dando como resultado una atrofia en el desarrollo de la planta, disminución del color verde de las hojas, y por tanto bajos rendimientos.

El **potasio** es el elemento que confiere a la planta la resistencia contra las enfermedades, el frío y otras condiciones adversas. Su deficiencia induce una variedad de síntomas como ser necrosis en los bordes de las hojas, clorosis, manchas necróticas principalmente en las hojas más viejas y muerte regresiva.

El **fósforo** es el elemento que da la energía a la planta para que se realicen una serie de transformaciones a escala celular. Cuando hay deficiencia de este elemento, la planta acumula azúcares, lo que ocasiona que las hojas se tornen rojizas, detengan su desarrollo y tengan una escasa formación de raíces y frutos.

El **azufre** forma parte de los aminoácidos. Su deficiencia causa síntomas similares a los causados por deficiencia de nitrógeno, además puede producirse necrosis de ramas.

El **calcio** es un elemento que actúa como cementante de la pared celular y la lámina media dándole consistencia a los tejidos. Su deficiencia, hace que el tejido meristemático no desarrolle normalmente, las hojas tiernas, se deformen y pueden hasta llegar a necrosarse. En el caso del maíz, esta deficiencia causa enanismo.

El **cobre** es un elemento importante que interviene en la acción de enzimas oxidativas. Los síntomas de su deficiencia son diversos: en cereales, las plantas detienen su desarrollo, las hojas se marchitan, las espigas se distorsionan y forman poco grano.

El **magnesio** es el componente principal de la clorofila, su deficiencia causa clorosis acentuada y estrías necróticas.

El **hierro** también está asociado con la clorofila, por tanto su deficiencia causará clorosis, que puede variar desde un pequeño moteado hasta una clorosis absoluta, especialmente en la parte apical de las ramas.

El **boro** es un elemento que la planta requiere en pequeñas cantidades, su deficiencia es muy común y hay especies que lo requieren más que otras.

El **molibdeno** es un elemento menor pero de mucha importancia porque actúa como catalizador. Las bacterias que forman nódulos en las leguminosas dependen mucho de este elemento, de ahí que este grupo de plantas acusen clorosis marcada cuando hay deficiencia de molibdeno.

Por otra parte, el exceso de ciertos elementos en el suelo, causa desordenes fisiológicos mucho más difíciles de controlar en caso de ser estos componentes naturales del suelo. El exceso de nitrógeno, prolonga el período vegetativo de algunas especies, favorece una formación excesiva de follaje y puede tener efecto tóxico. Un exceso de calcio impide que ciertos elementos como el magnesio y el hierro sean tomados por la planta.

Cabe señalar que muchos de los síntomas que presentan las plantas por deficiencia o exceso de ciertos elementos, pueden ser confundidos con el ataque de algunos organismos patógenos de plantas.

**Contaminación ambiental.** La contaminación ambiental es un problema al que últimamente se le esta dando mucha atención por la importancia que encierra y por el efecto que tiene sobre el hombre, los animales y las plantas. El humo proveniente de las fábricas y las refinerías de minerales, influyen sobre la vegetación abarcando radios considerables. El humo cargado de gases es tóxico para un gran número de especies vegetales y no permite el desarrollo de las mismas.

El mas tóxico de los gases que escapan como residuos de los procesos industriales es el SO<sub>2</sub> que tiene propiedades oxidantes y es muy dañino para las plantas. Los residuos de la incompleta combustión de los carburantes expulsados por los vehículos motorizados también son tóxicos para las plantas, al igual que el ozono.

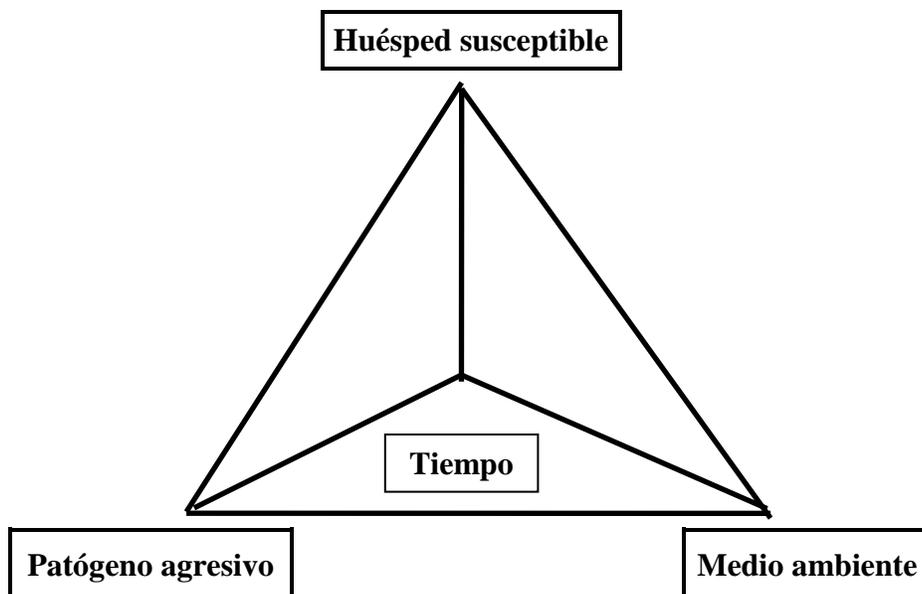
Un mal manejo de sustancias agroquímicas usadas para el control de insectos, enfermedades y malezas pueden causar daños a las plantas cultivadas y al medio ambiente.

### **Las enfermedades bióticas**

Como parte de nuestro medio ambiente, se encuentran organismos vivos que actúan como causantes de enfermedades en plantas, conocidos como patógenos. Estos pueden ser hongos, bacterias, micoplasmas y virus, los que al tener un huésped, sea éste un cultivo o una planta susceptible, y además exista la acción de los diferentes vectores, se tiene una gran gama de enfermedades de tipo biótico infeccioso que causan pérdidas significativas en la cantidad y calidad de la producción agrícola.

**Desarrollo de la enfermedad.** Lo importante para que una enfermedad se establezca en el campo, es que exista inóculo (el patógeno que causa la enfermedad en la planta) y que éste se ponga en contacto con el huésped.

Los principales factores que intervienen para que se desarrolle y produzca una enfermedad en el campo son los siguientes: huésped susceptible, patógeno agresivo y condiciones ambientales favorables para el desarrollo de la enfermedad. Estos tres factores y su interrelación constituyen el triángulo de patogeneidad.



Este esquema ilustra la interacción entre la virulencia o agresividad del patógeno, la susceptibilidad del hospedante y las condiciones ambientales. El tiempo es otro factor importante pues es el período durante el cual están en contacto el huésped y el organismo patógeno y da la duración de las condiciones óptimas para la infección en el huésped y el tiempo que esta requiere. Por lo anterior, el grado de la enfermedad causada por un organismo fitopatógeno en un determinado huésped, bajo condiciones ambientales específicas y durante un período de tiempo definido, estará representado por el volumen de la pirámide que resulta de la interacción de esos factores.

La propagación de la enfermedad implica la multiplicación continua de infecciones a partir del foco de infección original, hasta alcanzar que las infecciones establecidas estén tan cerca unas de otras que se llega a producir una tal cantidad de inóculo que ninguna planta susceptible en la zona puede librarse de la enfermedad. Esta multiplicación de la infección refleja la influencia de los tres factores que forman la pirámide de patogeneicidad y el efecto del tiempo de duración de esta interrelación.

**Factores presentes en la planta huésped.** El tamaño, la distribución y la diversidad genética de los cultivos huéspedes, tienen mucha importancia pues ellos determinan el grado y la tasa de desarrollo de la enfermedad. Cuando afecta a poblaciones enteras de plantas, se la conoce como **epifitía**. Así, cultivos extensivos con plantas de características genéticas uniformes, se constituyen en un medio ideal para que la infección alcance a todas las plantas y se presente la enfermedad con proporciones de epifitía. Las consecuencias por los efectos (pérdidas) de la enfermedad son grandes. Por lo anterior es imprescindible que exista en un cultivo un alto grado de diversidad genética que se traducirá en una reducción de las probabilidades de la aparición de la enfermedad que pueda vencer la resistencia existente en las plantas.

## Principios generales de evaluación de enfermedades en campo

La enfermedad se expresa en la planta en forma visible con síntomas característicos, mediante los cuales la planta nos indica que está enferma. Ellos fluctúan entre la ausencia (casos de plantas inmunes), y la manifestación máxima de síntomas en la planta como efecto de una acción intensa del organismo en la planta (huésped muy susceptible).

La presencia y la cantidad de síntomas en la planta nos permite cuantificar la intensidad de la enfermedad. Para esto se han elaborado una gama de escalas que describen los diferentes tipos de infección y cuantifican la gravedad de la misma en la planta o el cultivo. Generalmente se mide la intensidad de las enfermedades en las plantas, según el tipo y la gravedad de las infecciones (royas, oidium; septorias, etc.).

## Escalas más utilizadas para cuantificar enfermedades fungosas

Existen numerosas escalas, algunas muy específicas, que sirven para estimar los grados de la enfermedad. Se describirán las más utilizadas:

### Escala de Cobb modificada

Es una escala usada ampliamente para estimar la intensidad de las royas de los cereales en todo el mundo. Esta escala clasifica las plantas afectadas en seis categorías y considera que un 37 % real del área foliar cubierta por pústulas representa una infección del 100 %. Esta relación se basa en que el desarrollo del micelio siempre es más extenso que el de las pústulas y con esa cantidad de esporulación, el desarrollo y poder destructivo del micelio subyacente llegan casi al grado máximo. Los restantes tipos de porcentaje se relacionan también de esta manera y se ha agregado un nuevo diagrama que representa el 65 % de infección.

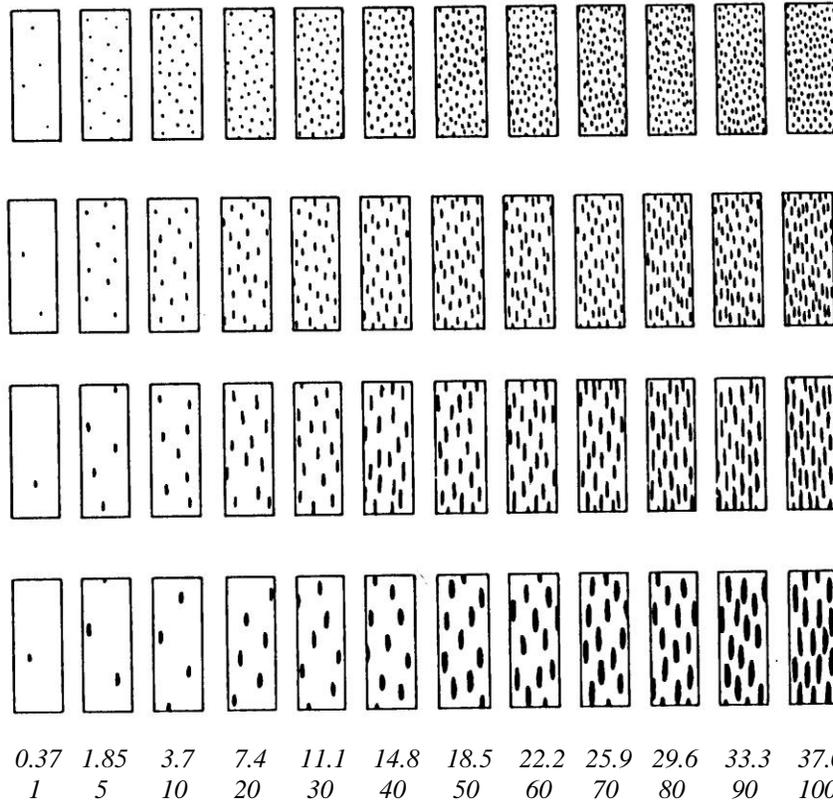
Si bien esta escala ha resultado muy importante para los investigadores sobre royas, tiene también muchas deficiencias, las mismas fueron superadas por Peterson *et al.* (1948) que toma en cuenta los distintos tamaños de las pústulas y su distribución. Esta escala proporciona cuatro series de diagramas (a su vez cada una con doce diagramas) que cubren una amplia gama de combinaciones de tamaños y distribución de las pústulas. Con esta escala se puede lograr una mayor objetividad y exactitud mayor. La Figura 1 detalla esta escala.

La respuesta de la planta a la infección se la clasifica de acuerdo con la escala siguiente:

- O** No hay infección visible.
- R** Resistente, áreas necróticas con o sin pústulas pequeñas.
- MR** Moderadamente resistente, pústulas pequeñas rodeadas por áreas necróticas.
- M** Intermedia, pústulas de tamaño variable, algo de necrosis y/o clorosis.
- MS** Moderadamente susceptible, pústulas de tamaño mediano, no hay necrosis, pero es posible que exista algo de clorosis.
- S** Susceptible, pústulas grandes, sin necrosis ni clorosis.
- tR** Trazas de una infección de tipo resistente menor al 1 %.

Así, podrán haber lecturas tales como:

- 5 MR** Gravedad del 5 % de un tipo moderadamente resistente.
- 60 S** Gravedad del 60 %, de un tipo susceptible.



**Figura 1.** Escala de Cobb modificada por Peterson *et al.* (Fuente: Stubbs *et al.*, 1986). Diagramas que muestran los grados de gravedad de la roya cuando las uredias tienen distintos tamaños; A es el porcentaje real de la superficie cubierta por lesiones y B es el porcentaje específico observable.

En caso de una evidente variación en la reacción a la enfermedad en una parcela, esta puede evaluarse considerando rangos. Así, se puede considerar:

Una separación clara en clases (5 R; 40 S).

Una espectro amplio de reacciones sin separación clara (15 R-5 S).

Una gama de reacciones en cada planta (planta 1:10 R S; planta 2:20 M R).

Las causas de esta variación pueden deberse a aspectos relacionados con segregación, mezcla de semillas, de razas o una reacción intermedia (M) de la accesión observada.

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, ha desarrollado sobre esta base un concepto más elaborado que es el de Coeficiente de Infección (referir a Stubbs *et al.*, 1986).

### Escala de Saari - Prescott

Esta escala nos sirve para evaluar la intensidad de las enfermedades foliares como ser las causadas por especies de los géneros *Septoria* y *Helminthosporium*, entre otras.

Esta escala consta de valores de 0 a 9, que expresan desde plantas inmunes (0) hasta plantas totalmente susceptibles (9) con un 100 % de infección. Si bien esta escala ha sido desarrollada para trigo y cebada, bien puede aplicarse a todas las especies de cereales menores (además de los mencionados, también a la avena, triticale y centeno) y a todas las especies, en general.



**Figura 2.** Escala de Saari - Prescott (1975) para evaluar la intensidad de enfermedades foliares del trigo y la cebada ( Fuente: Eyal *et al.*, 1987).

Esta escala ha sido mejorada con el empleo de dos dígitos que representan el avance vertical de la enfermedad y además una estimación de la gravedad del daño en la planta. El primer dígito indica la altura relativa que alcanza la enfermedad en la planta utilizando como medida la escala original de Saari - Prescott. El segundo dígito señala la gravedad del daño (severidad) en toda el área foliar infectada; para este segundo dígito se emplean valores de 0 a 9.

Como ejemplo, se puede tener las siguientes lecturas:

<b>5 1</b> altura relativa de la enfermedad 10 % de las hojas infectadas	<b>5</b> ( <i>síntomas hasta la mitad de la planta</i> ) <b>1</b>
<b>5 9</b> altura relativa de la enfermedad 90 % de las hojas infectadas	<b>5</b> ( <i>síntomas hasta la mitad de la planta</i> ) <b>9</b>
<b>8 1</b> altura relativa de la enfermedad 10 % de las hojas infectadas	<b>8</b> ( <i>síntomas hasta la hoja bandera de la planta</i> ) <b>1</b>
<b>8 9</b> altura relativa de la enfermedad 90 % de las hojas infectadas	<b>8</b> ( <i>síntomas hasta la hoja bandera de la planta</i> ) <b>9</b>

En la práctica, en un campo de cultivo o una parcela, se estima el porcentaje de daño observando de 10 a 20 plantas y se les asigna un valor global. Los valores estimativos son los siguientes:

<i>Cobertura del 10 %</i>	<i>Valor 1</i>
<i>Cobertura del 20 %</i>	<i>Valor 2</i>
<i>Cobertura del 50 %</i>	<i>Valor 5</i>
..	
..	
..	
<i>Cobertura del 90 %</i>	<i>Valor 9</i>

No se utiliza el valor 10.

Por ejemplo, en una línea de cebada infectada con *Septoria nodorum*, la enfermedad llega al punto medio de la altura de la planta; esto corresponderá al valor 5. La gravedad o cobertura de la enfermedad en esta parte de la planta es del 10 %, por tanto la descripción numérica de la enfermedad sería 5, 10 o también 5/1.

Esta escala se la llama escala de doble dígito y se la emplea para muchas enfermedades foliares que tienen la característica de iniciar su infección en la base de la planta y ascender o escalar hacia la parte superior de la planta.

### **Escala para evaluar infecciones de *Alternaria*, *Cercospora* y otras.**

Esta escala comprende los valores de 1 a 9. Sirve para evaluar manchas foliares en leguminosas (frijol, arveja, haba). Los valores escalares propuestos para esta escala son los siguientes:

**1** Sin síntomas visibles de la enfermedad (resistente).

**3** Presencia de unas pocas lesiones generalmente pequeñas, sin esporulación que cubren aproximadamente 2 % del área foliar o del área de las vainas.

**5** Presencia de varias lesiones generalmente pequeñas, con esporulación limitada, que cubren aproximadamente 5% del área foliar o del área de las vainas.

**7** Lesiones abundantes, generalmente grandes, con esporulación que cubren cerca del 10% del área foliar o del área de las vainas. En el follaje las lesiones pueden juntarse y dar como resultado áreas infectadas más grandes asociadas con tejido clorótico. Las lesiones pueden también encontrarse en el tallo y en las ramas.

**9** Un 25% del área foliar o del área de las vainas esta cubierta por lesiones esporulantes grandes que tienden con frecuencia a juntarse. Los tejidos foliares son generalmente cloróticos lo que ocasiona una defoliación severa y prematura. Las vainas infectadas están en general, deformes, arrugadas y contienen bajo número de semillas. Tanto en las ramas como en el tallo se observan lesiones esporulantes abundantes.

De manera general, las escalas son muy relativas. Cada técnico investigador puede generar su propia escala. En estos casos es recomendable no dar muchas categorías que ocasionen pérdida de tiempo tratando de decidir la mejor calificación que concuerde con la muestra en observación. Por otra parte, las categorías (o valores) deben estar muy claramente descritas de manera que puedan ser entendidas por otras personas que realicen la evaluación.

Es también importante describir el estado fisiológico del cultivo, en el momento de la evaluación; ello debido a los cambios fisiológicos que ocurren durante el desarrollo de la planta.

Finalmente podemos decir que si el éxito de un cultivo se traduce en un buen rendimiento por unidad de superficie, no se debe olvidar que el mismo depende de una serie de factores, siendo uno de los más importantes las enfermedades. Por todo esto, es apremiante la necesidad de establecer estrategias de control integrado de plagas que permitan mejorar los rendimientos.

Las enfermedades no se curan sino se previenen. Como se indicó anteriormente las enfermedades pueden ser causadas por una serie de patógenos o por factores relacionados con el medio ambiente. Por otra parte existen casos en los que la enfermedad puede ser causada por más de un patógeno, que actúan simultáneamente, por tanto es muy importante determinar la identidad del o de los agentes causales, lo que significa que el diagnóstico es fundamental para poder formular una recomendación de medidas de control tendientes a la prevención o la reducción de la incidencia y severidad hasta un nivel no significativo.

El diagnóstico se puede realizar tanto al nivel de campo como de laboratorio.

En campo el diagnóstico se realiza por los síntomas, los signos y la forma como se encuentra distribuida la enfermedad en la parcela y otros aspectos característicos. Este tipo de diagnóstico puede ser realizado por técnicos de investigación, asistentes de campo, extensionistas; su experiencia en el cultivo y en sus plagas y enfermedades es de suma importancia para la determinación certera de la enfermedad.

El diagnóstico de laboratorio se da cuando las condiciones de campo no permiten determinar la identidad del organismo causal. Para ello es necesario recolectar muestras de tejidos o plantas enfermas para su análisis de laboratorio acompañadas de la mayor información posible que ayude al técnico de laboratorio a realizar un diagnóstico cabal.

El análisis de laboratorio permite además la realización de registros y mapas de distribución de enfermedades en una región. Este tipo de trabajo, requiere la participación de profesionales especializados y además la coordinación con extensionistas, técnicos de sanidad vegetal, investigadores, técnicos de campo y en su momento con agricultores que tienen la vivencia diaria de los problemas en su entorno.

## **Referencias**

Eyal, Z., Scharen, A., Prescott, J. y van Ginkel, M. 1987. Enfermedades del trigo causadas por Septoria: Conceptos y métodos relacionados con el manejo de estas enfermedades. CIMMYT. México D.F., México. 46 p.

Stubbs, R., Prescott, J., Saari, E. y Dubin, H. 1986. Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. CIMMYT. México D.F., México. 46 p.

3.

## Metodología para el establecimiento y evaluación agronómica de especies forrajeras pratenses

Jorge Delgadillo y José Espinoza  
CIF-UMSS

### Introducción

Para la zona andina y de valles, los forrajes pratenses cobran importancia en función a su capacidad de adaptarse a condiciones difíciles en términos de humedad aprovechable, textura y estructura de suelos y adversidades climáticas, en especial en las zonas del Altiplano de Bolivia.

El presente artículo resume aspectos referidos al establecimiento, manejo y evaluación de este tipo de materiales forrajeros.

### Cuidados en la siembra

La mayoría de las especies forrajeras pratenses para zonas de valle y altura tienen semillas pequeñas; así por ejemplo en gramíneas, 1000 semillas de pasto llorón pesan aproximadamente 0.30 g y en trébol blanco 0.80 g; por esta consideración su siembra exige mayores cuidados y mejor preparación y adecuación del terreno de siembra.

En cuanto a la preparación terreno se debe considerar que el suelo ofrece una combinación compleja de condiciones físicas, químicas y biológicas para el crecimiento de las plantas. Se debe elegir la especie forrajera de acuerdo al tipo de suelo que uno dispone. El éxito del establecimiento de una buena pastura depende de la buena preparación del terreno. Es necesario preparar una buena cama para la semilla de especie pratense que generalmente es pequeña y con buena persistencia como pastura.

En esta etapa de preparación del terreno es necesario controlar las malezas más nocivas; en los valles de Bolivia, el kikuko (*Pennisetum clandestinum*) y la grama (*Cynodon dactylon*) entre otras.

La época de siembra esta determinada por varios factores como temperatura, desarrollo de malezas, lluvia, disponibilidad de agua de riego. En los valles interandinos la siembra se puede realizar en cualquier época del año si hay disponibilidad de agua de riego, sin embargo, de preferencia se debe realizar en la época de lluvias para asegurar un buen establecimiento. En el altiplano, por las temperaturas bajas que se registran en la época de invierno, las siembras se deben realizar necesariamente al inicio y ya bien entrada la época de lluvias. En terrenos con drenaje deficiente, en la etapa de establecimiento de pasturas, el exceso de lluvias puede ser tan dañino como las sequías.

La profundidad de siembra es uno de los factores más importantes en el éxito del establecimiento de las especies pratenses. Por su pequeño tamaño y la poca cantidad de reservas, las semillas deben cubrirse aproximadamente 8 veces el diámetro de la semilla (entre 0.5 a 3.0cm de profundidad). Es necesaria la distribución uniforme de la semilla en el terreno. La cantidad de semilla a utilizar depende de la calidad de semilla, de la preparación del terreno, la presencia de malezas en el área experimental y de la especie en particular.

La mayor parte de los terrenos agrícolas en el país tienen un contenido muy bajo en materia orgánica (menor al 2%) y altamente deficientes en fósforo (FAO, 1993). La poca cantidad de nutrimentos que hay en los suelos de Bolivia no abastece los requerimientos de los cultivos forrajeros para una buena producción y persistencia, por lo que es necesario la incorporación de fertilizantes en función a los requerimientos de la especie. Se recomienda una fertilización de establecimiento en el momento de la siembra y una fertilización de mantenimiento y/o producción una vez por año en la época de mayor producción (época de lluvias), de preferencia después del corte o pastoreo cuando hay humedad en el suelo (después de una lluvia ó riego).

## **Mantenimiento**

A escala experimental, para tener información valedera del trabajo que se realiza es necesario mantener el ensayo libre de malezas, aislado de los animales domésticos y silvestres, particularmente en la fase de implantación.

Al inicio del establecimiento de la pastura, en algunas especies, antes de cuantificar la productividad es necesario realizar uno ó dos cortes de uniformidad y/o limpieza, con objeto de eliminar las malezas anuales que desarrollan más rápido que las especies forrajeras y uniformar el desarrollo de las especies en estudio.

## **Consideraciones experimentales**

Para evaluar germoplasma y/o factores agronómicos en especies pratenses, el tamaño de la unidad experimental varía según las especies y condiciones ecológicas. Sin embargo, se considera como tamaño adecuado 20 m<sup>2</sup> (10x2 m), cuando se siembra en surcos, la distancia recomendada es de 0.20 m entre surcos. Con estas medidas, se podrán tener 10 surcos de 10 m de largo por unidad experimental. Normalmente se anulan los dos surcos laterales y 0.5 m a cada extremo para anular el efecto de bordura, cuando este es evidente (diferencias de desarrollo).

De acuerdo a las características del trabajo y de la uniformidad del área experimental, se debe considerar generalmente un mínimo de tres repeticiones. Los bloques deben ubicarse perpendicularmente a la gradiente del terreno (pendiente, cambio de fertilidad del suelo y humedad del suelo).

En la siembra, en especial cuando se trabaja con diferentes cultivares, es adecuado estandarizar la población a ser sembrada para todos los cultivares. Esto es muy sensible dada la cantidad de semillas que se siembra por unidad de peso. El siguiente ejemplo se da basándose en cinco cultivares de alfalfa que poseen características de su semilla que se detallan en el siguiente cuadro.

**Tabla 1.** Datos de calidad de semilla y población calculada a razón de 25 kg/ha de densidad de siembra.

Cultivar	Germinación (%)	Pureza (%)	Valor cultural	Peso de 1000 semillas (g)	Población por m <sup>2</sup>
Bolivia 2000	96	99	95.04	2.1	1133
Riviera	98	95	93.10	1.8	1293
Moapa	97	97	94.09	2.0	1176
Valador	98	97	95.06	2.3	1033
Testigo	94	92	86.48	2.2	983

Asumiendo una siembra de 25 kg/ha, y en función a los datos precedentes, se tendrían los siguientes cálculos para establecer la cantidad de semillas potenciales que estaríamos sembrando para cada cultivar.

25 kg/ha equivalen a 2.5 g/m<sup>2</sup>

en el caso del cv. Bolivia 2000, se tendría solo un 95.04 % de valor cultural (semillas que es semilla y que germina); es decir:

$$\begin{array}{l} 2.5 \text{ g} \text{ ----- } 100 \% \\ x \text{ g} \text{ ----- } 95.04 \% \end{array} \quad x = (95.04 * 2.5) / 100 = 2.38 \text{ g}$$

este valor expresado en número de semillas potenciales de ser plántulas será:

$$\begin{array}{l} 1000 \text{ semillas} \text{ ----- } \text{pesan } 2.1 \text{ g} \\ x \text{ semillas} \text{ ----- } \text{pesan } 2.38 \text{ g} \end{array} \quad x = (2.38 * 1000) / 2.1 = 1133 \text{ semillas/m}^2$$

Con este mismo cálculo, se tienen los datos de la última columna del cuadro anterior. De ella se desprenden las grandes diferencias de población (manteniendo una misma densidad de siembra) en desmedro, en especial, del cv. testigo, con una diferencia máxima de 310 semillas/m<sup>2</sup> (más de 3\*10<sup>6</sup> en una ha) en relación con el cv. Riviera. Algo similar ocurre con y entre los otros cultivares considerados. Debido a esta variación que a la postre puede influir en los resultados del ensayo y causar elevados coeficientes de variación, existen formas para estandarizar las poblaciones a un mismo nivel de potencialidad de tener plántulas normales.

Se describirá uno de estos procedimientos considerando la estandarización a 25 kg/ha. En el caso del ejemplo, calcularemos la cantidad a sembrarse en g/m<sup>2</sup> comparando el resto de los cultivares con el cv. Riviera; en el ejemplo se estandarizará el cv. testigo. Se tiene la siguiente ecuación que relaciona los aspectos de calidad de la semilla empleada:

$$\frac{D * VC}{\text{Peso a}} = \frac{d * vc}{\text{Peso b}}$$

donde: D = densidad establecida.  
VC = valor cultural del cv. al que se estandarizará.  
Peso a = peso de 1000 semillas del cv. al que se estandarizará.  
d = densidad a calcular del cv. b.  
vc = valor cultural del cv. a estandarizarse.  
Peso b = peso de 1000 semillas del cv. a estandarizarse.

$$\text{reemplazando se tendrá: } \frac{25 * 93.10}{1.8} = \frac{d * 86.48}{2.2}$$

al despejar d nos quedará el valor en kg/ha de la densidad a emplearse con este cultivar para que tenga una igual población potencial de llegar a plántula. En este caso:

$$d = (25 * 93.10 * 2.2) / (1.8 * 86.48) = 32.9 \text{ kg/ha}$$

esta densidad equivale a 3.29 g/m<sup>2</sup>, es decir que sembrando esta cantidad, y al tener solo 86.48 de valor cultural (cv. testigo) tendremos:

$$\begin{array}{l} 3.29 \text{ g} \text{ ----- } 100 \% \\ x \text{ g} \text{ ----- } 86.48 \% \end{array} \quad x = (86.48 * 3.29) / 100 = 2.845 \text{ g/m}^2$$

este valor expresado en términos de población equivaldrá a:

$$\begin{array}{l} 1000 \text{ semillas} \text{ ----- } 2.2 \text{ g} \\ x \text{ semillas} \text{ ----- } 2.845 \text{ g} \end{array} \quad x = (2.84 * 1000) / 2.2 = 1293 \text{ semillas/m}^2$$

es decir la misma cantidad de población potencial de llegar a plántula que el cv. Riviera. El mismo procedimiento se debe seguir con los otros cultivares. Siendo así se llega a la siguiente tabla donde ya se tiene estandarizada la densidad de siembra, logrando de esta manera uniformidad y justicia para la comparación de los tratamientos.

**Tabla 2.** Población (número de plantas/m<sup>2</sup>) y densidad de siembra (kg/ha) equivalente para cinco cultivares (referir los datos de calidad a la Tabla 1).

	cv. Bolivia 2000	cv. Riviera	cv. Moapa	cv. Valador	cv. Testigo
Nº de semillas/m <sup>2</sup>	1293	1293	1293	1293	1293
Densidad de siembra estandarizada a población	28.57	25.00	27.49	31.29	32.90

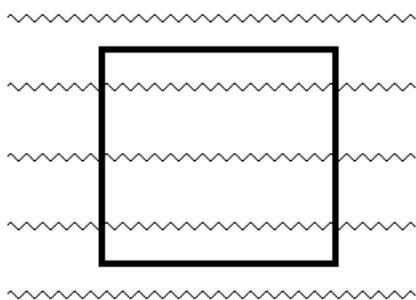
Este procedimiento debe aplicarse en especies en las cuales por tener semilla muy pequeña, las mínimas variaciones crean desigualdades que afectarían los resultados de un ensayo determinado.

## Evaluaciones fenológicas

Cuando se manejan ensayos sobre selección y/o agronomía, es importante la observación del número de días a la emergencia y floración. En ambos casos, se considera que un 50 % de emergencia y floración como el parámetro para determinar el número de días de estos eventos a partir de la siembra.

## Evaluaciones agronómicas

**Germinación en campo.** Es necesario cuantificar la germinación y el vigor de las plantas emergidas en cada unidad experimental, relacionando con el número total de semillas viables sembradas. El resultado se debe expresar en porcentaje. Por ejemplo, si consideramos cualquiera de los cultivares del ejemplo de las Tablas 1 y 2, se tiene que se sembró a razón de 1293 semillas viables. Se puede hacer un muestreo dentro la parcela, tomando un marco de  $0.25 \text{ m}^2$  ( $0.5 * 0.5 \text{ m}$ ). Si la parcela se sembró por surcos a  $0.20 \text{ m}$  se tendría el siguiente esquema:



es decir el marco podría abarcar tres segmentos de  $0.5 \text{ m}$  de largo de surco. En esa superficie se hace el conteo de plántulas emergidas. Por ejemplo consideremos que la lectura fue de 73 plántulas en el marco. La superficie de evaluación fue de  $3 * (0.5 * 0.2) = 0.30 \text{ m}^2$ .

Relacionando esta lectura al metro cuadrado se tendrá:

$$\begin{array}{l} 73 \text{ plántulas} \text{ ----- } 0.30 \text{ m}^2 \\ x \text{ plántulas} \text{ ----- } 1 \text{ m}^2 \end{array} \quad x = (1 * 73) / 0.30 = 243 \text{ plantulas/m}^2$$

Finalmente, para expresar el porcentaje de germinación en campo se tendrá:

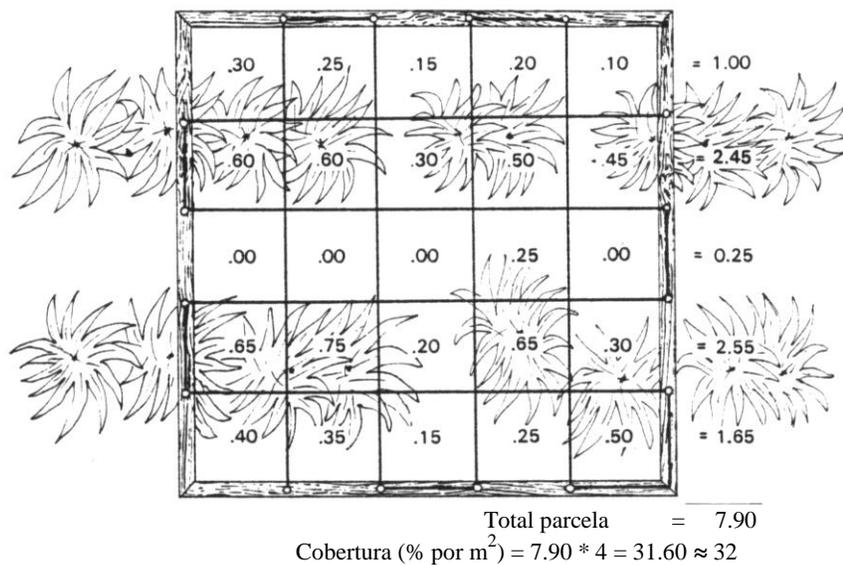
$$\begin{array}{l} 100 \% \text{ ----- } 1293 \text{ semillas viables potenciales de ser plántulas} \\ x \% \text{ ----- } 243 \text{ plántulas emergidas} \end{array}$$

$$x = (243 * 100) / 1293 = 18.8 \% \text{ de emergencia en campo.}$$

Este mismo marco puede utilizarse para diferentes lecturas, y es válido tanto para siembra en surcos como al voleo, con la diferencia de que si fuera al voleo, la superficie será el total que abarca, es decir  $0.25 \text{ m}^2$ .

**Número de plantas.** En la etapa de establecimiento, se debe cuantificar en dos oportunidades. Una en las primeras semanas y la segunda cuando la pastura se encuentra en fase de primera evaluación. El recuento de plantas en la etapa de producción también se debe realizar dos veces por año, una en verano y otra en invierno, antes de realizar el corte de evaluación de producción, con objeto de verificar la evolución en número de plantas y determinar la persistencia de la pastura. Las lecturas se realizan con el mismo patrón arriba explicado.

**Cobertura.** Describe y cuantifica la superficie cubierta por la pastura cultivada. Se debe registrar en porcentaje y deben registrarse lecturas durante las fases de establecimiento y producción de la pastura. Para medir la cobertura se utiliza un marco metálico ó de madera de  $1 \text{ m}^2$  cuadrulado en cuadrados de  $0.2 * 0.2 \text{ m}$ . Para la lectura el marco se ubica en los surcos centrales de la unidad experimental tratando de escapar del efecto de bordura. La cobertura se estima subjetivamente según la proporción aparente que el pasto cubre cada área de la retícula de  $0.2 * 0.2 \text{ m}$ . Como ejemplo se presenta la siguiente figura y sus lecturas respectivas.



**Figura 1.** Ejemplo del uso de un marco en la evaluación de cobertura (Fuente: Toledo y Schultze-Kraft, 1982). La suma de las 25 fracciones de la retícula se multiplica por 4 porque  $100/25 = 4$ .

**Altura de planta.** La lectura de altura de planta se debe realizar en cinco ó diez plantas seleccionadas al azar en la unidad experimental. De acuerdo a las características de la especie se aconseja realizar las lecturas en dos épocas (primavera e invierno), en el estado fisiológico en que se recomienda realizar el corte de evaluación. La altura se mide en centímetros desde el suelo hasta el punto más alto de la planta, sin estirar y sin considerar la inflorescencia.

**Composición botánica.** Tiene por objeto determinar o cuantificar el porcentaje de cada uno de los componentes en la muestra forrajera, desglosando los componentes en especies forrajeras (gramíneas y/o leguminosas) y hierbas extrañas. El procedimiento consiste en tomar una muestra representativa de la unidad experimental (puede ser utilizando el marco de 0.5 \* 0.5 m). Después del corte, de la muestra se separan manualmente las especies forrajeras participantes y hierbas extrañas. Se debe secar, por separado, en horno a 105 °C hasta peso constante. En base seca, se pesan las sub muestra y los resultados se expresan en porcentaje. Con estos datos se determina la participación efectiva de cada uno de los componentes en la conformación de la pastura. En caso de tener exceso de muestra verde, se puede tomar una sub muestra pero sin olvidar el pesar el total considerado.

**Rendimiento en forraje verde.** Antes de realizar el corte de evaluación para rendimiento con muestras de forraje verde y seco, se debe determinar el momento oportuno de cosecha para las diferentes especies forrajeras pratenses, buscando el equilibrio entre la cantidad y calidad de forraje a cosechar.

Para determinar el momento oportuno de corte, se debe considerar:

- En las leguminosas, el indicador es el inicio de floración pero en lugares donde las condiciones no permiten llegar a esta fase, otro indicador válido (en especial en alfalfa) es el rebrote de 5 a 7 cm en la corona



Lo anteriormente descrito, se da cuando se puede cortar una superficie grande de la parcela. Ello implica una serie de equipos (segadora o guadañas, balanza, horno cercano) que a veces por la distancia del sitio de ensayo no están disponibles. Para salvar esta situación que se da con frecuencia, se puede recurrir a muestreos con el marco de 0.5 \* 0.5, cortando toda la biomasa y llevando el total para su secamiento. Esta forma de evaluación no permite determinar el % de humedad con el que se está cortando el forraje. Una forma de hacerlo más representativo es tomando varios marcos (3 a 4 dependiendo de la heterogeneidad de la parcela) y promediando los resultados, esta situación se da especialmente en pasturas perennes. A la fecha se han desarrollado sistemas computarizados de cálculo de oferta forrajera.

Para otro tipo de evaluaciones como ser daños de insectos, enfermedades, nodulación en leguminosas, y otras, se debe aplicar la metodología descrita en los capítulos correspondientes.

## Referencias

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) 1993. Evaluación de la fertilidad de los suelos del Altiplano, Valle Central y Llanos de Bolivia. Informe basado en la consultoría de Valente y Oliver. FAO. Roma. s/p.

Toledo, J. y Schultze-Kraft, R. 1982. Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales. pp. 111 – 116. En: Centro internacional de Agricultura Tropical. J. Toledo (ed.). Manual para la evaluación agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Cali, Colombia. 168 p.

**4.****Metodología de evaluación en cereales menores forrajeros****Franz Gutiérrez  
CIF-UMSS****Introducción**

Los cereales menores, avena (*Avena sativa* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.) y triticale (*X. Triticosecale* W.), se encuentran ampliamente difundidos en los valles interandinos y zonas altas del país debido a las bondades que ofrecen en cuanto a precocidad, amplio margen de adaptación, alta palatabilidad y digestibilidad óptima y fácil conservación, entre otras, principalmente para la alimentación animal en forma de heno, ensilaje o berza.

Por ello, existe la necesidad de contar con cultivares de alto rendimiento y tolerantes a enfermedades por cuanto los cultivares originalmente resistentes a enfermedades fungosas como las royas, se vuelven susceptibles con los años de multiplicación, lo que implica la necesidad de evaluar nuevo germoplasma para identificar líneas y cultivares promisorios que reemplacen a las variedades que se tornan limitadas, principalmente en la producción de semilla por efecto de enfermedades fungosas.

Este artículo presenta consideraciones generales para estandarizar algunos parámetros comúnmente utilizados en los ensayos de investigación que se realizan en el Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”, en el proyecto de Cereales Menores.

**Densidad de siembra**

Para iniciar cualquier ensayo, debe conocerse la calidad de la semilla a utilizar, en especial en el caso de cultivares comerciales o líneas en fases avanzadas de selección. Para fines experimentales, en el CIF se emplea más una relación de población que de densidad propiamente dicha, en la siembra de ensayos con cereales menores. Así, para evaluar en forraje se emplea una relación de 300 y para evaluar en semilla 200 semillas viables/m<sup>2</sup>. Una forma de estandarizar y precisar la densidad de siembra es realizar un ajuste de población a los parámetros ya mencionados, con los datos de valor cultural y peso de la semilla. El siguiente cuadro, a manera de ejemplo, presenta datos de cultivares de cebada cuya densidad de siembra se estandarizó a razón de 300 semillas viables/m<sup>2</sup>. Se entiende por semilla viable a aquella semilla que tiene la capacidad de generar una plántula normal.

**Cuadro 1.** Calidad de semilla y densidad de siembra estandarizada a 300 plantas/m<sup>2</sup> en cinco cultivares de cebada

Cultivar	Germinación %	Pureza %	Valor cultural %	Peso de 1000 semillas g	Densidad de siembra g/surco
1	92	96	88.32	35.6	16.9
2	90	98	88.20	38.4	18.3
3	95	95	90.25	40.0	18.6
4	93	93	86.49	36.2	17.6
5	85	98	83.30	37.6	18.9

Para estandarizar la población a 300 semillas viables/m<sup>2</sup>, debemos referir a un 100 % de valor cultural (VC), entonces, para el cultivar 1 podemos calcular de la siguiente manera:

300 semillas    *tienen*    88.32 % VC  
 x semillas    *tendrán*    100.00 % VC

$$x = (100 * 300) / 88.32 = 340 \text{ semillas/m}^2$$

Sembrando 340 semillas/m<sup>2</sup>, tenemos un margen de 40 semillas que o no son semillas (impurezas) o si lo son, éstas no germinaran. Para concluir el cálculo, esta cantidad en número de semillas, para fines prácticos deberá expresarse en unidad de peso por superficie, sea por metro cuadrado o por surcos. Así, suponiendo que se sembrará por surcos que miden 7 m de largo y estarán distanciados a 0.2 m, se tendrán las siguientes relaciones:

$$\text{superficie del surco: } 7 \text{ m} * 0.2 \text{ m} = 1.4 \text{ m}^2$$

$$\text{relacionando con la población calculada: } 340 \text{ semillas} * 1.4 \text{ m}^2 = 476 \text{ semillas/surco}$$

expresando en peso: 1000 semillas pesan    35.6 g  
 476 semillas pesarán    x g

$$x = (476 * 35.6) / 1000 = 16.9 \text{ g/surco}$$

cantidad que se deberá pesar para cada uno de los surcos a sembrar con este cultivar. La última columna del Cuadro 1 se calculó por esta vía. La siembra se la realiza manualmente, por chorro continuo.

## Datos agronómicos a registrar

Ante todo se debe tener precisión e imparcialidad en el registro de los datos. Por ello es aconsejable utilizar códigos en la identificación de las líneas y cultivares para no sesgar la información con preferencias pre establecidas.

## Datos fenológicos

Se debe registrar a partir de la fecha de siembra:

**Días a la emergencia.** Observación subjetiva considerando el momento que un 50 % de la parcela presenta emergencia de plántulas (código 10 a 12 en la escala de Zadoks *et al.*).

**Días a inicio de espigamiento.** Aspecto importante desde el punto de vista forrajero en cuanto a la precocidad de los cultivares. Se considera inicio de espigamiento cuando un 50 % de la parcela presenta emisión de la espiga (pasada la fase de embuchamiento o código 55 a 59 en la escala de Zadoks).

**Días a madurez fisiológica.** Esto se determina cuando el 50 % de los pedúnculos están amarillos.

## Datos fenotípicos

Son datos que expresan la apariencia general de los cultivares y que son sujetos -las más de las veces- al efecto medio ambiental del lugar donde se realiza el ensayo. En este tipo de datos rige el principio de cuantas más lecturas dentro de cada parcela, mejor será la *calidad* del valor a expresarse. Lo mínimo requerido es de diez lecturas por parcela.

**Calidad forrajera.** Es una lectura netamente subjetiva que engloba varios criterios del investigador, desde la apariencia de las hojas y el tallo hasta la respuesta a las enfermedades. Se puede crear una escala de 1 a 5 aunque esto requiere mucha práctica y experiencia. Es más sencillo y preciso solo establecer tres parámetros: Buena (B), Regular (R) y Mala (M). Esta lectura se la debe hacer al inicio de espigamiento y abarca el total de la parcela.

**Altura de planta.** A registrarse por lo menos en diez plantas en diferentes lugares de la parcela. Se lee desde la base del suelo hasta la punta de la espiguilla terminal (no se considera las aristas). El momento de esta lectura puede ser en diferentes fases del desarrollo del cereal, incluso se puede utilizar este dato -registrado periódicamente- como la expresión de la curva de crecimiento. Dos momentos importantes para este dato son a espigamiento total y a madurez fisiológica. No es una variable comparable por estar fuertemente influenciada por el factor ambiente.

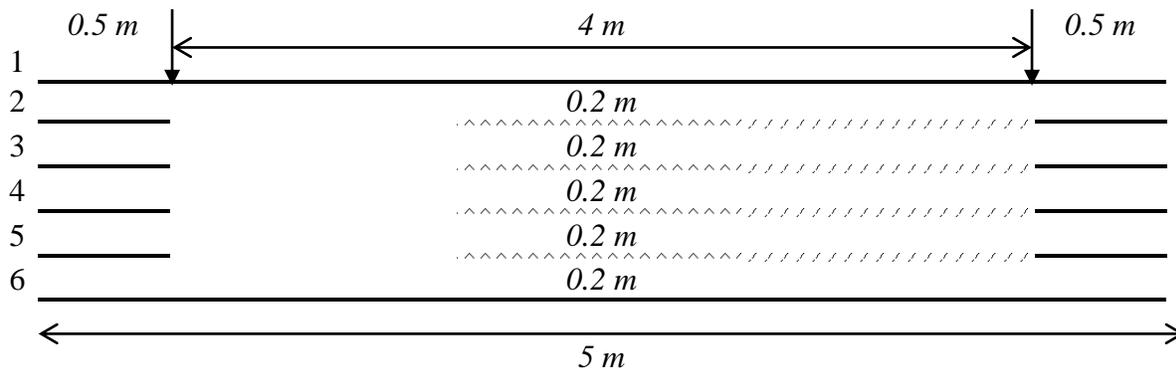
**Número de tallos.** Esta variable es muy importante considerarla puesto que puede correlacionarse al final con el rendimiento. Es mejor realizar la lectura después del corte. Se la debe hacer por unidad de superficie contando los tallos que quedaron a la altura de corte. Se debe considerar 2 o 3 marcos de 0.5 \* 0.5, en diferentes lugares de la parcela.

**Relación hoja/tallo.** Antes del corte para evaluar forraje, se debe cortar -por lo mínimo- 20 tallos al azar de la parcela desde la base del suelo, teniendo el cuidado de no perder hojas. De estos tallos se separan todas las hojas, considerando para ello hasta la parte suave de la hoja que envuelve al tallo. Así separadas las hojas de los tallos, se pican y se dejan secar en horno a 105 °C (materia seca total) o a 70 °C si se quiere hacer análisis de nutrimentos en los tejidos. En ambos casos se debe esperar a que llegue a peso constante, aproximadamente 24 horas para el primer caso y 48 para el segundo. Este parámetro es importante desde el punto de vista de calidad del forraje puesto que en las hojas se tienen más nutrimentos (en especial proteína) y su digestibilidad es mayor. Por ello, un valor alto para esta variable es señal de una mejor calidad forrajera del cereal.

## Rendimiento en forraje

El momento oportuno de cosecha del forraje para la evaluación debe estar relacionado con el desarrollo fisiológico de la planta, para lo cual se ha establecido que el mejor momento de corte es cuando se observa en las parcelas de un 10 a 15 % de emergencia de espigas o panojas, que según la escala de Zadoks, corresponde a la codificación comprendida entre 53 a 57. En esta fase de desarrollo fisiológico la planta cuenta con mayor cantidad y calidad de nutrimentos. Por otra parte es evidente que no todos los cultivares llegarán a esta fase al mismo tiempo, por lo que la evaluación se deberá realizar tomando en cuenta este criterio fisiológico y anotando la fecha para deducir los días de la siembra a la cosecha, la misma que indica la precocidad del cultivo.

Para la cosecha es necesario eliminar el efecto de bordura de las parcelas, para lo cual se sugiere eliminar los surcos de los extremos y las cabeceras de las parcelas. La siguiente figura ilustra objetivamente lo indicado.



**Figura 1.** Plano de cosecha para los ensayos de rendimiento de forraje. Sembrando 6 surcos de 5.0 metros de longitud, espaciados a 20 cm (para grano se debe espaciar a 30 cm) entre surco, se debe cosechar solo los 4 surcos centrales después de descartar los surcos de los extremos (1 y 6), y las cabeceras de todos los surcos (a cada extremo 0.5 m).

El forraje cosechado de la parte central de la parcela se pesa y se registra para obtener el rendimiento de materia verde. En el momento del pesaje, se debe obtener una muestra de peso conocido para determinar el porcentaje de materia seca, para expresar el resultado en base seca.

La determinación de materia seca se puede realizar en horno de desecación a 105 °C hasta obtener peso constante, si el objetivo es únicamente determinar materia seca; y a 70 °C hasta obtener peso constante si el objetivo es además de determinar materia seca, realizar el análisis bromatológico del forraje.

## Rendimiento en grano

En los ensayos de rendimiento en grano se deberá realizar las siguientes mediciones:

**Emergencia de plántulas.** Refiere al día en que ha emergido el 50 % de las plántulas. De ordinario una estimación visual es adecuada, puesto que la emergencia es normalmente uniforme. Sin embargo cuando se requieren registros precisos, como por ejemplo en un ensayo de profundidad de siembra, al sembrar cada parcela se deben marcar dos segmentos de surco de un metro de largo, seleccionados al azar. Diariamente se habrá de hacer recuento del número de plantas emergidas, desde la emergencia de las primeras plántulas hasta que el recuento de plántulas permanezca constante por varios días. La fecha del 50 % de emergencia de plántulas será entonces la fecha en que la mitad del número final de semillas sembradas haya emergido. La lectura en promedio de los dos segmentos de surco de un metro de largo, será la fecha de emergencia de esa parcela y se reporta en términos de días después de la siembra.

**Recuento de tallos.** El mismo procedimiento utilizado en la emergencia de plántulas se usa para seguir el patrón de macollamiento a través del ciclo, o para un recuento en cualquiera de los estadios de crecimiento, inclusive en la fecha final. En cada parcela se cuenta el número total de tallos en cada uno de los segmentos de surco de un metro de longitud, seleccionados al azar. Se puede calcular mediante la siguiente relación:

$$\text{Tallos/m}^2 = \frac{\text{Recuento 1} + \text{Recuento 2}}{2 * \text{espaciamiento entre surcos (m)}}$$

Cuando la siembra es al voleo se hacen recuentos sobre un área de 0.25 a 0.50 m<sup>2</sup>. No se debe incluir tallos que obviamente están muriendo, o que no portan espigas emergidas cuando el resto del cultivo casi llega a la madurez, los tallos se registran en términos de tallos por metro cuadrado. Los recuentos finales de tallos o espigas no deben incluir espigas que no contengan semilla alguna (macollos tardíos).

**Número de días a emergencia de espigas.** Refiere al número de días a partir de la siembra, en que la base de un 50 % de las espigas ha emergido de la hoja bandera. El dato se lo puede obtener mediante dos procedimientos:

- a. Mediante una estimación visual subjetiva. Esta da normalmente un valor de 2-3 días menos que la fecha real del 50 % de emergencia de espigas, pero en tanto que el mismo método se use durante todo el experimento, los resultados son comparables.

**b.** Cuando se requiere una estimación precisa se debe hacer recuentos reales. Para ello se puede contar 25 tallos adyacentes dentro de un surco. Luego se cuenta el número de espigas cabalmente emergidas en los 25 tallos. Se debe tener dos recuentos en cada parcela. El porcentaje de emergencia de espigas será el promedio de los dos recuentos. La fecha del 50 % de emergencia de espigas se puede determinar a partir de recuentos hechos cada 2 a 3 días.

**Número de días a antesis (floración).** Es la fecha o número de días después de la siembra, cuando el 50 % de las espigas muestran anteras visibles (código 6 en la escala de Zadoks). Se determina por uno de los métodos bosquejados para estimar el 50 % de emergencia de espigas.

**Índice de área foliar.** Es la relación del área foliar con el área de campo que cubre. Se puede medir de varias maneras, pero todas involucran la medición de varias o todas las hojas de plantas muestreadas al azar. Esta medición se la puede realizar desde métodos sofisticados (digitalizando una imagen de la(s) hoja(s) o ella(s) misma(s), hasta procedimientos menos exactos. Una forma práctica considera solo el largo y ancho (en la parte central) en centímetros, de las hojas de tallos muestreados; ambos valores se multiplican con el factor 0.75 y se relaciona con el número de tallos por m<sup>2</sup> y el número promedio de hojas por planta. Es una medición muy específica en ensayos que implican aspectos fisiológicos propiamente dichos.

**Número de días a madurez fisiológica.** Se trata de una estimación visual del día en que el 50 % de los pedúnculos están maduros (amarillos). Se presenta en términos de días a la madurez fisiológica.

**Número de granos por espiga.** Es el recuento del número de granos por espiga. Los granos se deben contar en por lo menos 10 espigas por parcela y esto puede hacerse antes o después de la cosecha.

**Peso final del grano.** Este peso debe representar a un contenido de humedad determinado y ya sea de 0% de humedad o de 12 % de humedad. Se toma una pequeña sub muestra (20g) de la muestra “húmeda” y se seca en la estufa, a peso constante se pesa nuevamente. La muestra completa de grano se puede convertir entonces a 0 % de humedad con la siguiente fórmula:

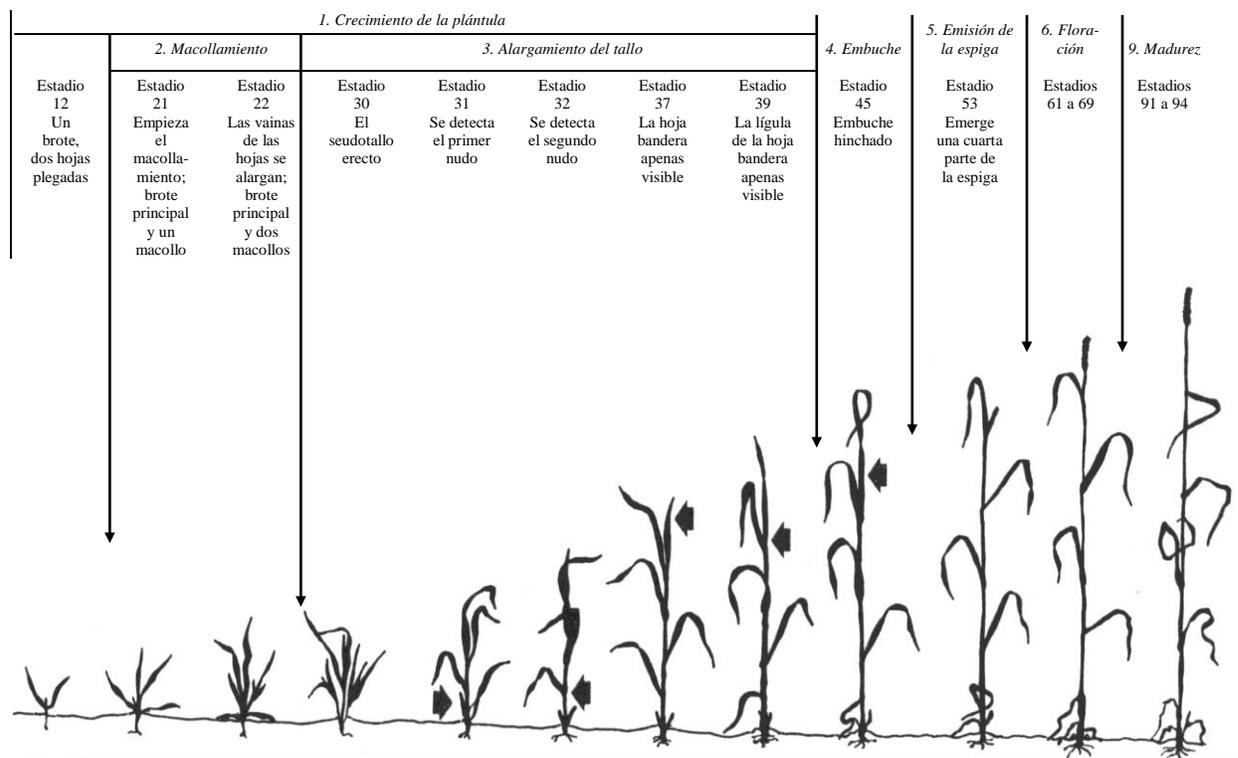
$$\text{Peso del grano a 0\%} = \text{peso del grano húmedo} * \frac{\text{Peso seco (sub muestra)}}{\text{Peso húmedo (sub muestra)}}$$

**Peso hectolítrico.** La densidad de las muestras de grano limpio utilizadas para determinar los rendimientos se denomina “peso hectolítrico” y se mide comúnmente en kilogramos por hectolitro.

**Peso del grano.** Se registra ya sea como el peso (en gramos) de 100 o 1000 granos. Son más comunes y exactos los pesos de 1000 granos. Se toma una sub muestra del grano cosechado en cada parcela; se separan por lo menos 2 lotes de 100 o 1000 granos y luego se pesan con precisión de 0.01 gramos.

A manera de ilustración, la siguiente figura muestra la descripción de los estadios principales y secundarios del crecimiento de la escala de Zadoks, según la modificación de Tottman y Makepeace, 1979.

Codificación	Estadio	Codificación	Estadio	Codificación	Estadio
<b>0</b>	<b>Germinación</b>	28	Brote principal y ocho macollos	<b>6</b>	<b>Floración</b>
00	Semilla seca	29	Brote principal y nueve macollos o más	61	Comienzo de la floración
01	Empieza la imbibición			65	Mitad de la floración completa
03	Imbibición completa	<b>3</b>	<b>Alargamiento del tallo</b>	69	Floración completa
05	La radícula emerge de la semilla	30	Seudotallo erecto (cereales de invierno)		
07	El coleóptilo emerge de la semilla	31	Se detecta el primer nudo	<b>7</b>	<b>Estado lechoso</b>
09	Hoja justo en la punta del coleóptilo	32	Se detecta el segundo nudo	71	Madurez acuosa
		33	Se detecta el tercer nudo	73	Estado lechoso temprano
<b>1</b>	<b>Crecimiento de la plántula</b>	34	Se detecta el cuarto nudo	75	Estado lechoso medio
10	Primera hoja emerge del coleóptilo	35	Se detecta el quinto nudo	77	Estado lechoso tardío
11	Primera hoja desplegada	36	Se detecta el sexto nudo		
12	Dos hojas desplegadas	37	Hoja bandera apenas visible	<b>8</b>	<b>Estado masoso</b>
13	Tres hojas desplegadas	39	Lígula de la hoja bandera apenas visible	83	Comienzo del estado lechoso
14	Cuatro hojas desplegadas			85	Madurez masosa suave (la impresión de la uña no permanece)
15	Cinco hojas desplegadas	<b>4</b>	<b>Embuche</b>	87	Madurez masosa dura (la impresión de la uña se mantiene; la testa pierde clorofila)
16	Seis hojas desplegadas	41	La vaina de la hoja bandera se extiende		
17	Siete hojas desplegadas	43	Embuche apenas visible	<b>9</b>	<b>Madurez</b>
18	Ocho hojas desplegadas	45	Embuche hinchado	91	Grano duro (difícil de dividir con la uña)
19	Nueve o más hojas desplegadas	47	La vaina de la hoja bandera se abre	92	Grano duro (no se puede marcar con la uña)
		49	Las primeras aristas visibles	93	Grano suelto durante el día
<b>2</b>	<b>Macollamiento</b>	<b>5</b>	<b>Emisión de la espiga</b>	94	Sobremadurez; paja muerta
20	Solo el brote principal	51	La primera espiguilla de la espiga apenas visible	95	Dormancia de la semilla
21	Brote principal y un macollo			96	Semilla viable germina un 50 %
22	Brote principal y dos macollos	53	Emerge una cuarta parte de la espiga	97	Semilla sin dormancia
23	Brote principal y tres macollos	55	Emerge la mitad de la espiga	98	Dormancia secundaria inducida
24	Brote principal y cuatro macollos	57	Emergen tres cuartos de la espiga	99	Dormancia secundaria perdida
25	Brote principal y cinco macollos	59	Emisión de la espiga completa		
26	Brote principal y seis macollos				
27	Brote principal y siete macollos				



**Figura 2.** Estadios de crecimiento de los cereales según la escala de Zadoks. (Tomado de Eyal et al., 1987).

## Referencias

Eyal, Z., Scharen, A., Prescott, J. y van Ginkel, M. 1987. Enfermedades del trigo causadas por septoria. Conceptos y métodos relacionados con el manejo de estas enfermedades. CIMMYT. México D.F. México. 46 p.

Instrucciones para el manejo y registro de resultados de los ensayos internacionales del programa de trigo del CIMMYT. 1986.

Tottman, D. y Makepeace, J. 1979. An explanation of the decimal code for the growth stages of cereals, with illustrations. *Ann. Appl. Biol.* 93:221-234. Citado por Eyal, Z., A. Scharen, J. Prescott y M. van Ginkel. 1987. Enfermedades del trigo causadas por septoria. Conceptos y métodos relacionados con el manejo de estas enfermedades. CIMMYT. México D.F. México. 46 p.

Wall, P. y Lúndt, J. 1990. Registro de datos agronómicos. **En:** Adiestramiento en trigo. Curso Producción y Mejoramiento de Trigo. CIMMYT. México. 1990. s/p.

**5.****Metodología de evaluación de forraje y grano en el cultivo de maíz forrajero****Rodrigo Rodríguez  
CIF-UMSS****Antecedentes**

Para establecer una metodología de evaluación en maíz forrajero, se debe considerar que método de mejoramiento genético se está realizando y/o que tipo de selección se pretende seguir, para que sobre la base de estos parámetros se pueda realizar la metodología adecuada de evaluación, que garantice las lecturas exactas, para que de esta manera se asegure buenos resultados en un trabajo de investigación.

**Objetivos**

- Realizar la toma de datos en la etapa fisiológica exacta.
- Unificar criterios de evaluación.
- No sesgar la información recogida en campo, para que de esta manera se obtengan buenos resultados de investigación.

**VARIABLES DE EVALUACIÓN****Porcentaje de germinación**

Es un parámetro que se debe tomar en cuenta para saber la viabilidad y el vigor de la semilla que estamos utilizando en un trabajo de investigación. Este dato se lo realiza en condiciones de laboratorio y en condiciones de campo.

**Porcentaje de floración**

La floración se debe medir como el número de días transcurridos desde la siembra, hasta cuando las plantas presentan un 50 % de emergencia de las inflorescencias masculinas y/o femeninas. Este parámetro es importante considerarlo porque indica la precocidad que no es siempre la misma para los diferentes cultivares.

**Altura de planta**

Se debe medir desde el nivel del suelo (cuello de la planta), hasta el nacimiento de la última hoja superior u hoja bandera. Es un dato que nos permite conocer el tamaño de las diferentes variedades (altas, medianas y pequeñas), que son importantes para tener buenos rendimientos en forraje y grano.

**Altura de inserción de mazorca**

Se cuantifica midiendo la distancia existente desde la base de la planta al nudo de inserción de la mazorca superior. Este parámetro es importante considerar ya que si la altura de la mazorca es muy alta, la planta puede tender a acamarse, lo que indica que la planta no es buena para ser tomada en cuenta en un proceso de selección. Por eso se indica que cuanto mas bajo se ubique la mazorca la planta es de mejor calidad y es considerada como buena.

**Diámetro del tallo**

Esta medición se debe realizar bajo el nudo de inserción de la mazorca superior, debe ser expresado en mm. Para producción de forraje este dato es importante porque cuanto mas ancho es el tallo de maíz mayor será la producción de ensilaje y mayor será la acumulación de azúcar en el mismo. Este parámetro es favorable también en producción de grano porque cuanto más ancho es el tallo hay muy pocas posibilidades que la planta se acame.

**Area foliar**

Se considera a la hoja donde se inserta la mazorca superior. Se debe medir el largo y ancho máximo de la hoja, este datos se multiplica por el factor 0.75 para hacer una aproximación al área foliar. Este valor debe relacionarse con la población existente por unidad de superficie. Una forma más exacta será planimetrando cada una de las hojas. Esta última técnica o más sofisticadas (con uso de software) se justifican en ensayos específicos de fisiología del cultivo.

**Acame**

El acame se debe determinar sobre la base del número total de plantas acamadas con relación al número de plantas cosechadas en dos surcos, expresándose estos datos en porcentaje. Es un parámetro importante ya que cuanto más plantas acamadas presenta una variedad, hace suponer que no son plantas fuertes y su resistencia es muy baja, lo cual ocasionará problemas debido a la debilidad que presenta esa variedad y que a la larga no contribuye a formar buenos granos ni tampoco buen forraje.

**Punta descubierta**

El porcentaje de puntas descubiertas se obtiene tomando en cuenta las mazorcas con puntas descubiertas con relación al número de mazorcas cosechadas y se expresa el valor en porcentaje. Esta variable es importante porque muestra la tolerancia al ataque de pájaros, aspecto sobresaliente, en especial, para producción de semilla.

**Longitud de mazorca**

La medición de longitud de mazorca se realiza en centímetros, desde la base hasta el ápice de la mazorca. Este es un parámetro que se considera para diferenciar el tamaño que presenta la mazorca en las distintas variedades (pequeñas, medianas y grandes).

**Profundidad de grano**

La profundidad de grano se obtiene restando el diámetro del marlo del diámetro de la mazorca, dividiendo este resultado entre 2; las medidas se toman en milímetros. Este dato permite conocer el tamaño del grano que es de mucha importancia ya que permite diferenciar los granos de las variedades en función al llenado de grano y las semillas.

**Granos por mazorca**

Se cuenta el número de hileras en la parte central de la mazorca, y el número de granos de la hilera más regular de la misma, obteniéndose en número de granos de la multiplicación de ambos valores. Este dato está relacionado directamente con la productividad de la planta.

**Peso de mazorca**

Se determina el peso total de mazorcas de cada familia, expresado en gramos. En las familias seleccionadas, también se procede a la selección y pesado de las cinco mejores mazorcas de las mejores familias, con el uso de la balanza.

**Longitud de mazorca**

Es registrada en centímetros, utilizando una regla graduada donde se colocan longitudinalmente todas las mazorcas de una familia y se lee la longitud total, la cual es dividida entre el número de mazorcas presentes.

**Diámetro de la mazorca**

Este dato también se lo registra en centímetros, siguiendo un procedimiento similar al de la determinación de la longitud de mazorcas, pero colocando las mazorcas transversalmente y midiendo el diámetro máximo (parte central de la mazorca).

**Número de hileras por mazorca**

Se realiza la cuantificación de hileras de cada mazorca, de todas las familias del cultivo de maíz.

**Coloración del grano**

Se evalúa la coloración que es característica de cada variedad. En caso de que existiera coloración diferente en el grano, esto indica problemas de contaminación con otras variedades.

**Resistencia a plagas y enfermedades**

Este parámetro es considerado el más importante ya que los datos registrados nos indica la resistencia, tolerancia o susceptibilidad que tienen las diferentes variedades. Esta evaluación se realiza por medio de escalas (ver capítulo de enfermedades).

### Rendimiento de materia seca

Esta variable se debe evaluar aproximadamente a los 150 días después de la siembra (varía según el cultivar). Primeramente se debe registrar el área a cosechar y el peso de materia verde de todas las plantas (completas), luego se debe tomar una muestra significativa picada. Después de picar la materia verde se lleva a laboratorio donde se pesa 200 g. en una balanza de precisión, en canastillos metálicos con su respectiva identificación, para luego colocar al horno de desecación todas las muestras a una temperatura de 105 °C, hasta obtener un peso constante en la muestra. Este porcentaje se obtiene por la diferencia de peso de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ materia seca} = \frac{\text{peso de muestra seca al horno}}{\text{peso de muestra verde}} * 100$$

Todas estas variables, nos permiten cuantificar las evaluaciones en el cultivo del maíz, tanto para la producción de forraje como para la producción de grano. En este último caso, es importante estandarizar el contenido de humedad del grano cosechado a un determinado porcentaje. En la mayoría de los casos al 14 % de humedad. Esto se puede realizar empleando la siguiente relación:

$$\text{Rendimiento a } x \% = \text{Peso de rendimiento fresco} * \frac{100 - \% \text{ de humedad actual}}{100 - \% \text{ de humedad determinado}}$$

Vale aclarar que no todos estos parámetros deben ser incluidos en un trabajo de investigación, ya que el investigador deberá priorizar las variables que le interesa analizar en su trabajo ya sea para producción de forraje como para la producción de grano en el cultivo del maíz.

### Referencias

Bautista, S. 1997. Producción artesanal de semilla de maíz (*Zea mays*). Tesis de grado. UMSS. Cochabamba, Bolivia. 72 p.

Cadima, J. 1997. Tolerancia a la fasciación en mazorcas de maíz (*Zea mays* L.) forrajero generadas por el CIF “La Violeta”. Tesis de grado. UMSS. Cochabamba, Bolivia. 95 p.

**6.****Formación de híbridos de maíz****Rodrigo Rodríguez  
CIF-UMSS****Importancia**

En los valles lecheros de la zona andina de Bolivia, el maíz forrajero utilizado como ensilaje, constituye el alimento básico de las explotaciones pecuarias que no disponen de agua de riego (granjas a secano) y como alimento complementario en granjas donde tienen riego periódico o permanente. Dada la importancia del maíz forrajero, el Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta” después de varios años de estudio ha tipificado variedades que son promisorias; es el caso de UMSS V-107, POOL 12, DUPLEX y UMCPOPO, entre otras.

El maíz, se adapta a un amplio rango de condiciones ambientales y posee un gran número de variaciones hereditarias diferentes. La endocria o el cruzamiento son procesos simples y rápidos. Pueden obtenerse cientos de granos en una mazorca a partir de una sola polinización. Cuando los caracteres del endosperma están segregando, cada grano representa un individuo distinto. El número comparativamente pequeño de cromosomas y de tamaño relativamente grande facilita los estudios citológicos y pueden medirse las frecuencias de mutación de genes específicos.

Claire (1980), indica que en un programa de mejoramiento, cualquiera sea el método empleado, es necesario conocer la eficiencia del mismo, así como estimar los parámetros genéticos para tener una información de la acción que desempeñan los genes en los caracteres en estudio.

**Selección por características de importancia económica**

Jugenheimer (1981), indica que el mejoramiento del maíz ha dado como resultado una serie continua de híbridos mejorados. El negocio de la semilla de maíz es bastante competitivo y el maíz posee un formidable potencial para efectuar modificaciones genéticas, por tanto merece más atención que cualquier otro cultivo. Los fitomejoradores de maíz deben incorporar muchas características deseables en sus híbridos. Los rasgos importantes que es necesario considerar son: el rendimiento, la madurez adecuada, la resistencia al acame, plagas y enfermedades y la tolerancia a los pesticidas.

**Rendimiento.** Los híbridos deseables deben proporcionar considerablemente rendimientos elevados de grano, ensilaje, pastura verde o pienso.

**Precocidad** La madurez de algunos híbridos debe ser extremadamente precoz, con el fin de proporcionar un elevado rendimiento y para poder asociar con cultivos múltiples. Los híbridos de maduración tardía, se necesitan en áreas donde se aprovecha totalmente las estaciones de crecimiento extremadamente largas. Afortunadamente los híbridos difieren ampliamente en madurez.

El ciclo de maíz podía dividirse en la *etapa vegetativa* y la de *desarrollo de la mazorca*. La etapa vegetativa puede descomponerse a su vez en tres períodos: (1) de la siembra a la emergencia, (2) de la emergencia al espigamiento, (3) del espigamiento a la floración femenina. El intervalo de la floración femenina a la madurez, corresponde a la etapa de desarrollo de la mazorca.

**Resistencia al acame.** La resistencia al acame es la capacidad de una planta para permanecer relativamente estable a influencias ambientales anormales (calor, sequía, frío y daño mecánico), debido a las propiedades inherentes que posee.

Probablemente las enfermedades y los insectos sean más responsables para el rompimiento del tallo y debilitamiento de la raíz, que cualquier otro factor.

## **Hibridación**

Se define como el cruzamiento entre individuos de constitución genética distinta. En una herramienta para la creación de nuevas variedades Utiliza las cruzas para obtener recombinaciones genéticas (Poehlman, 1969).

Se conoce como híbrido al producto del apareamiento de individuos de genotipos diferentes, de tal manera que se han desarrollado técnicas para la obtención de cruzas dirigidas, con los siguientes objetivos:

*Estudiar la modalidad de herencia y heredabilidad de los caracteres.*

*Buscar nuevas combinaciones o recombinaciones de caracteres deseables.*

*Estudiar o inducir mayor vigor en los híbridos resultantes.*

*Inducir variabilidad genética (en especies autóгамas).*

*Transferir en variedades comerciales de alto valor, caracteres de herencia simple existentes en especies silvestres o en otra variedad y que mejoren sustancialmente a dichas variedades comerciales valiosas (cruzas regresivas).*

*Estudiar el tipo de acción génica para elegir el método más idóneo de mejoramiento.*

## **Sistemas de mejoramiento genético**

**Plantas autóгамas.** Son plantas que cuentan con los dos sexos y pueden autofecundarse solas, por ejemplo el trigo. En plantas autóгамas, lo primero consiste necesariamente en buscar variabilidad por medio de cruzamientos. Esto se puede lograr mediante:

*Reproducción masiva.*

*Selección genealógica.*

*Retrocruzamiento.*

**Plantas alógamas.** Son aquellas plantas que necesitan de un medio físico, mecánico o vector, para realizar la fecundación, por ejemplo alfalfa, maíz. En plantas alógamas, se puede trabajar con tres metodologías tendientes a acelerar el proceso de formación de variedades, estas son:

Selección masal.

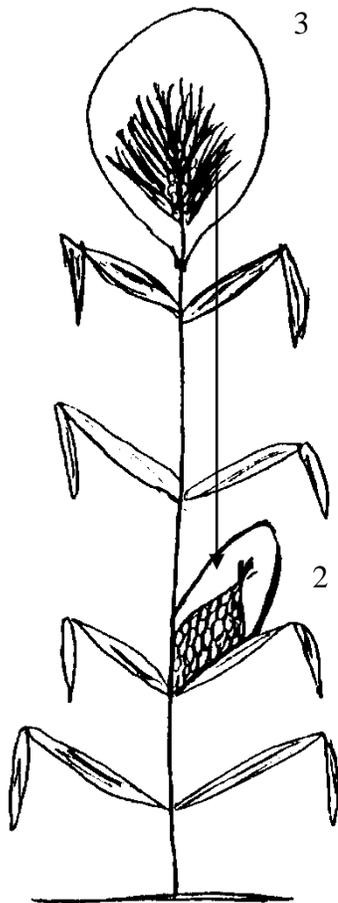
Cruzas familiares, sean de medios hermanos y/o hermanos completos.

Cruzas recurrentes.

### Cruzas recurrentes

La siguiente figura esquematiza este proceso.

**Figura 1.** Proceso de formación de líneas



1. Se parte con una autofecundación de plantas que tienen características forrajeras importantes, buscando la homocigosis.

2. Se protege las flores femeninas con una bolsa denominada *glisine*, antes que se presenten los estigmas en las mazorcas.

3. Se cubre con una bolsa de papel madera la inflorescencia masculina, 24 horas antes de realizar la autofecundación.

4. La polinización se logra transmitiendo con mucho cuidado el polen de una inflorescencia al jilote de la misma planta que se encuentra lista para ser receptora del polen y protegiendo al jilote de la presencia de polen extraño.

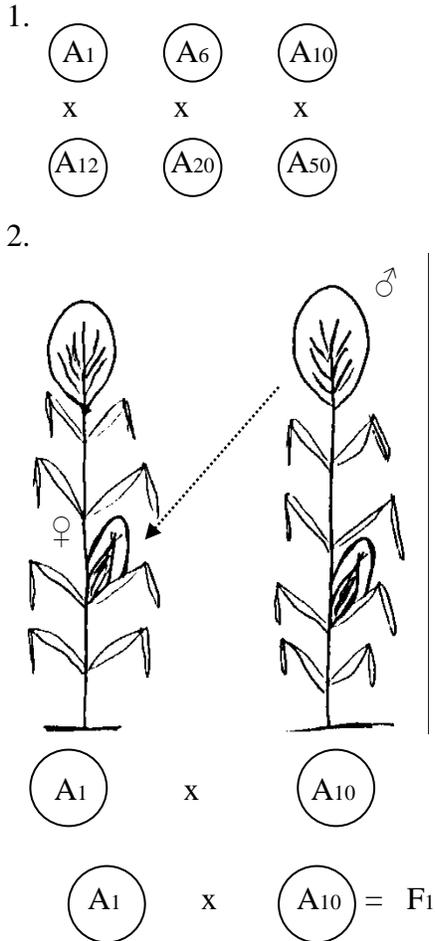
5. Una vez realizada la fecundación se protege la floración femenina, hasta la maduración de la mazorca, con la misma bolsa de papel madera

6. El resultado de esta fecundación dará como resultado la obtención de líneas homocigóticas con diferentes características forrajeras y se procederá a escoger las mejores combinaciones resultantes, que sean importantes para el fitomejorador.

## Formación de híbridos

### Híbridos simples

**Figura 2:** Formación de híbridos simples

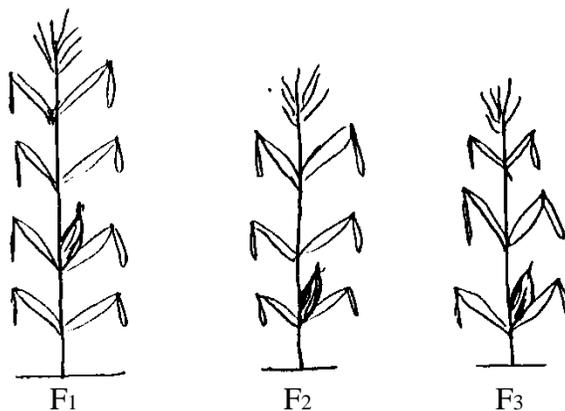


1. Una vez seleccionadas las líneas, se realiza la prueba de habilidad combinatoria general, cruzando las líneas con una variedad de maíz seleccionado para tal objetivo.

2. Con el resultado de la habilidad combinatoria general se escogen las mejores líneas, para luego realizar la habilidad combinatoria específica. Para hacer el cruzamiento, se siembra unos cuantos surcos de una línea consanguínea cerca de otras líneas consanguíneas en la dirección en la que prevalece el viento. La inflorescencia masculina se quita o se cubre y los jilotes se fecundan naturalmente por el polen de las otras líneas consanguíneas (polen del padre) transportado por el viento.

4. Por lo general la F<sub>1</sub> resulta ser con muy buenas características pero con el transcurrir de los trabajos de mejoramiento (F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>..) se presentan diferencias en ciertas características que disminuyen sus características importantes. Por esto que se recomienda, realizar pruebas continuas de mejoramiento y donde exista un seguimiento continuo de las características deseadas.

Para efectos del esquema, asumamos la formación de 50 líneas homocigotas (A<sub>1</sub> ..... A<sub>50</sub>).



### Híbridos dobles

Se desarrollan cuatro variedades consanguíneas, haciendo cruzamientos paralelos. Por ejemplo:

*A x B se cruzan juntas. El resultado es F1: AB*

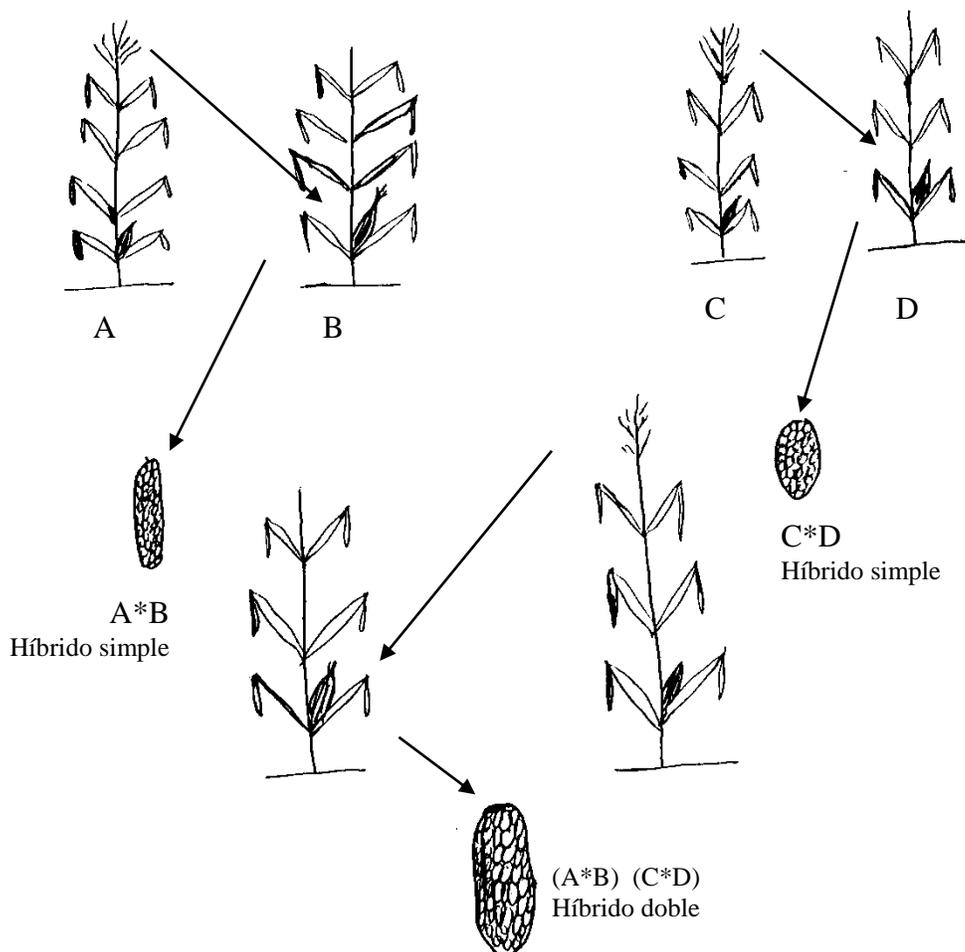
*C x D se cruzan juntas. El resultado es F1: CD*

*Una vez obtenido el resultado de las F1, se realiza el cruzamiento sencillo F1 x F1, es decir (AB) \* (CD)*

*El resultado de esta cruce es la formación del híbrido doble. Este híbrido tiene que tener las características deseadas por el fitomejorador*

Los mecanismos de fecundación son los mismos que se describen en la parte de formación de líneas.

**Figura 3:** Metodología de formación de híbridos dobles



## **Cruzas intervarietales** (Método de selección familiar de medios hermanos)

Antes de la década de los 60 el método se conocía como “Selección Surco por Mazorca”, ahora llamado “Selección Familiar de Medios Hermanos”. La relación que existe entre la progenie de una mazorca es de medio es de medios hermanos, el conjunto forma una familia que tiene como madre común la planta productora de la mazorca y el padre es casi seguro que será diferente, aunque también es probable que un bajo porcentaje (3 a 5) sean hermanos completos. El proceso de selección familiar de medios hermanos es el siguiente:

1. Seleccionar en una buena variedad 250 mazorcas y desgranarlas individualmente. Cada mazorca es una familia de medios hermanos.
2. Identificar cada mazorca con un número en su bolsa respectiva, tratar con un fungicida e insecticida comercial y conservar en un ambiente frío (banco de semillas).
3. De cada bolsa (mazorca) tomar 20 semillas para formar un compuesto balanceado, mezclando las 5000 semillas restantes.
4. Sembrar un ensayo de rendimiento con 4 repeticiones. Establecer dos repeticiones en dos localidades; cada parcela será de una mazorca o familia. Se tendrán 1000 surcos en el ensayo (250 familias por 4 repeticiones). Las parcelas pueden ser de 5 metros sembrando 2 semillas cada 20 cm en surcos espaciados 92 cm (54 456 plantas/ha) o 2 semillas cada 28 cm en surcos espaciados 66 cm (54090 plantas/ha).
5. Seleccionar el 20% de las familias por su alto rendimiento y caracteres agronómicos deseables (50 familias en las 250 mazorcas originales).
6. Quince o veinte días después de haber sembrado el ensayo de rendimiento, sembrar un lote aislado donde las hembras estarán en un surco de 10 m de largo, espaciados a 92 cm y 20 cm entre plantas. Son cada una de las 250 familias de medio hermanos, el polinizador es el compuesto formado con las 250 mazorcas enunciadas en el punto 3.
7. Despanojar oportunamente las hembras y solo cosechar las 50 familias seleccionadas en el ensayo de rendimiento citadas en el punto 5. En cada familia seleccionada realizar otra selección, eligiendo visualmente las 5 mejores plantas.
8. Con estas restricciones, se obtienen de nuevo las 250 familias de medios hermanos.
9. Con las 250 familias seleccionadas entre familias y dentro de la familia, formar un compuesto balanceado, mezclando 100 familias de cada familia. Sembrar el lote aislado para recombinación.
10. En este lote aislado seleccionar 250 mazorcas para iniciar el segundo ciclo de selección familiar. Habrá suficiente semilla para evaluar la variedad mejorada (V-1) en varias localidades, usando como testigo la variedad original y por lo menos tener 10 repeticiones por localidad. Parte de la semilla se la debe tratar con fungicida e insecticida comercial y guardar en el banco de semillas.

## **Referencias**

- Claure, T. 1980 Mejoramiento del maíz en el Centro Fitotécnico de Pairumani, Bolivia, por selección masal y selección de medios hermanos. Tesis de M.Sc. Colegio de pos graduados, Chapingo. México. 138 p.
- Jugenheimer, R. 1981. Maíz. Ed. Limusa. México. pp. 111-114, 122-228.
- Poehlman, J. 1969. Mejoramiento genético de las cosechas. Ed. Limusa. México. pp. 393, 394.

## 7.

# Evaluación de calidad en semillas forrajeras

Gastón Sauma y Alfonso Escobar  
SEFO-SAM

## Introducción

Aunque casi todo el mundo reconoce la importancia de sembrar semilla de buena calidad, existe divergencia en cuanto a las definiciones de *buena calidad* de las semillas. Muchos agricultores juzgan la calidad de la semilla por su apariencia física, es decir, tamaño, color y ausencia de materiales extraños.

Un tecnólogo en semillas evalúa la calidad de las mismas con más precisión. Como semilla de buena calidad, piensa en términos de:

- a) Alta pureza física: bajo contenido de materia inerte y de semilla de malezas o de otros cultivos.
- b) Alto porcentaje de germinación: sobre la base de parámetros específicos para cada cultivo.
- c) Ausencia de enfermedades congénitas.
- d) Autenticidad en cuanto al tipo y variedad.
- e) Procedencia de una variedad mejorada que rinda buenos resultados bajo las condiciones para las cuales se ha seleccionado.

En otras palabras, para el tecnólogo en semillas el término “semilla mejorada”, significa semilla de buena calidad de una variedad mejorada (Douglas, 1982).

Toda compañía seriamente dedicada a la producción de semillas, tiene como objetivo ofrecer calidad y excelencia. En un principio la mayoría de éste tipo de empresas basan su control de calidad en los análisis de los Servicios de Certificación, pero a medida que aumentan las exigencias del mercado, competencia entre compañías y concientización del cliente, implantan programas de control interno de calidad con el objetivo de asegurar la calidad de la semilla (Landívar, 1984).

El presente documento discute y plantea criterios de evaluación para determinar la calidad de las semillas forrajeras.

## **Semilla de calidad**

Los pasos para obtener semilla de buena calidad deben abarcar desde las etapas de investigación básica y desarrollo de cultivos, pasando por las multiplicaciones iniciales de semilla, hasta las actividades subsiguientes de producción, secamiento, acondicionamiento, almacenamiento y distribución. Las medidas para preservar la calidad de las semillas en las diferentes etapas del proceso productivo incluyen:

*En la etapa de producción:* fertilización apropiada, cantidad de agua adecuada, aislamiento suficiente, descontaminación de malezas nocivas, depuración eficiente de plantas atípicas y cosecha oportuna y cuidadosa.

*Durante el secamiento:* temperaturas y tiempo de secado correctos.

*Durante el acondicionamiento:* manejo cuidadoso de la semilla para aumentar el porcentaje de semilla pura (evitando las contaminaciones), reducir el daño causado a las semillas, tratar con productos preventivos (fungicidas y/o insecticidas) a las semillas si fuera necesario y colocarla en un envase apropiado con adecuado contenido de humedad.

*Durante el almacenamiento:* identificar apropiadamente los lotes de semillas y mantenerlos bajo condiciones adecuadas para evitar la rápida pérdida de germinación.

*Durante la distribución:* manejo cuidadoso en el transporte y almacenamiento para evitar la humedad o calor excesivos, prevenir la contaminación y mantener la identidad apropiada del lote de semillas hasta que se venda.

La calidad de la semilla está constituida por características que afectan su habilidad de formar una plántula normal en el campo, eso se traduce en desuniformidad en la cosecha. Asimismo, una buena calidad de semilla es fruto de la prevención de la contaminación del campo con malezas nocivas y comunes y las previsiones contra la infección del campo con enfermedades que afectan su atractivo en el mercado. Las semillas de calidad tienen las siguientes características (Landívar, 1984):

- Alta germinación
- Alto vigor
- Libre de malezas nocivas y comunes
- Libre de enfermedades
- Alta pureza genética
- Alta pureza física
- Buena apariencia (uniformidad y limpieza)

## Determinación de atributos de calidad de semillas

Se discuten y definen algunos parámetros importantes inherentes a la calidad de la semilla haciendo énfasis en su determinación.

### Humedad

Por norma se establece un máximo de 14 % de humedad en la semilla a ser almacenada para su comercialización. Esto se puede lograr mediante un muestreo destructivo tomando tres muestras de 200 g de semilla cada una de aquellos lotes destinados a almacenaje. Se pesa en “fresco” con una precisión de 0.01 g y se lleva a horno a 105 °C por 24 horas. Se extrae del horno y se calcula el % de humedad promedio. Por ejemplo, en el caso de una muestra, habiendo pesado 200 g de semilla antes del horno y después de este 173 g, se tendrá una pérdida de humedad de  $200 - 173 = 27$  g; entonces:

$$\begin{array}{r} 200 \text{ ----- } 100 \% \\ 27 \text{ ----- } x \end{array}$$

$$x = 13.5 \% \text{ de humedad del lote muestreado}$$

En el caso de la empresa de semillas forrajeras SEFO-SAM, a nivel laboratorio, trabaja tomando muestras de las bolsas o sacos de diferentes profundidades antes de proceder al acondicionamiento de semillas; la semilla debe tener 12 % como máximo o caso contrario deberá seguir secando.

### Peso volumétrico

Es el peso por unidad de volumen de la semilla. Lo más común es hablar de peso hectolítrico lo que implica el peso en kilos por 100 litros. Es un parámetro que estima el llenado de grano que a su vez implica el grado de desarrollo del mismo. Normalmente se mide en recipientes exactos de un litro de capacidad realizando unas tres repeticiones por lo mínimo.

### Peso de 1000 semillas

Es un dato práctico que sirve para ajustar la densidad de siembra. Se determina con semilla que tiene 13 % o menos de humedad. Se debe realizar con precisión de 0.01 g y mediante tres repeticiones por lo mínimo. La muestra de las 1000 semillas debe ser aleatoria. A manera de referencia, la Tabla 1 presenta datos del peso de 1000 semillas de diferentes especies. En función al cultivar y al estado de la semilla estos pesos pueden variar.

**Tabla 1.** Pesos referenciales de semillas de algunas leguminosas y gramíneas forrajeras comercializadas por SEFO en Cochabamba.

Especie	Peso 1000 semillas g	Especie	Peso 1000 semillas g
<u>Leguminosas</u>		<u>Gramíneas</u>	
<i>Medicago sativa</i> (alfalfa)	1.95	<i>Hordeum vulgare</i> (cebada)	44.18
<i>Vicia villosa</i> (veza peluda)	35.02	<i>Avena sativa</i> (avena)	42.80
<i>Vicia sativa</i> (veza común)	63.86	X. <i>Triticosecale</i> (triticale)	46.80
<i>Pisum sativum</i> (arveja)	171.58	<i>Zea mays</i> (maíz)	718.91
<i>Trifolium repens</i> (trébol blanco)	0.80	<i>Sorghum vulgare</i> (sorgo)	15.23
<i>Trifolium pratense</i> (trébol rojo)	1.84	<i>Dactylis glomerata</i> (pasto ovillo)	1.18
<i>Trifolium alexandrinum</i> (trébol alejandrino)	3.45	<i>Festuca arundinacea</i> (festuca alta)	2.65
<i>Lablab purpureus</i> (dolichos)	276.63	<i>Lolium multiflorum</i> (ray grass italiano)	2.43
<i>Arachis pintoi</i> (maní forrajero)	161.38	<i>Lolium perenne</i> (ray grass inglés)	2.04
<i>Desmodium ovalifolium</i> (desmodio)	1.74	<i>Eragrostis curvula</i> (pasto llorón)	0.30
<i>Neonotonia wightii</i> (glycine)	7.90	<i>Brachiaria decumbens</i> (braquiaria)	4.31
<i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzú)	12.31	<i>Andropogon gayanus</i> (andropogon)	2.30
<i>Macrotyloma axillare</i> (archer)	8.81	<i>Panicum maximum</i> (pasto guinea)	0.65
<i>Stizolobium cinereum</i> (mucuna ceniza)	1008.33	<i>Setaria anceps</i> (setarea)	0.32
<i>Leucaena leucocephala</i> (chamba)	57.99		
<i>Canavalia ensiformis</i> (frijol de puerco)	1405.47		
<i>Cajanus cajan</i> (guandul, gigante)	132.60		
<i>Cajanus cajan</i> (guandul, enano)	169.60		
<i>Calopogonium mucunoides</i> (calopogonio)	13.53		
<i>Calliandra calothyrsus</i> (capullo)	46.44		
<i>Gliricidia sepium</i> (cuchi verde)	119.53		

## Germinación

Es la característica más importante de la semilla. Para las diferentes especies se tienen estándares ya definidos. Por regla general, se espera un % mayor a 80. Para su determinación existen diferentes métodos en función a la disponibilidad de equipos y el tamaño de la semilla.

La germinación es otro de los parámetros importantes antes de la comercialización de las semillas, estas deberán tener un mayor porcentaje de germinación que el señalado por las normas establecidas por el servicio nacional de semillas. Los equipos o aparatos de germinación para semillas tropicales están programadas con temperaturas alternas y luz, mientras las germinadoras para semillas propias de zonas altas y valles, tienen temperaturas constantes. El material más empleado como “sustrato” es papel periódico con el cual se hacen rollos una vez colocada la semilla y bien humedecido. El papel secante empleado debe ser identificado para posteriormente distribuir uniformemente la semilla sobre el papel, luego se lo introduce en una bolsa plástica para que se inicie el proceso germinativo. Esto es práctico para semillas grandes, como es el caso de maíz, cereales menores, arachis, mucuna, etc. Las lecturas se realizan a los 4 a 5 días para eliminar las semillas infectadas. A los 9 días se hace la primera lectura y a los 15 días concluyen las lecturas en semillas andinas y de valle. Mientras que en semillas tropicales concluye a los 28 días, en cada una de las germinaciones se debe observar la humedad del sustrato, para poder tener las germinaciones esperadas. Disponiendo de equipos, lo anterior también es válido pero colocando las muestras a una germinadora que

básicamente está dotada de ambiente húmedo constante y una temperatura controlada de 24 °C. Con muestras de semilla pequeña (alfalfa, tréboles, dactilis, desmodio, etc.) se pueden utilizar cajas petri con papel filtro humedecido.

Esta determinación se la debe realizar con semilla pura y en un mínimo de tres repeticiones, cada una con 100 semillas (en el caso de semilla pequeña) o 50 o menos en el caso de semillas grandes. Se debe expresar el resultado en porcentaje.

Esta prueba implica la información de toda la semilla sometida a la prueba, vale decir que se pueden tener las siguientes categorías de semilla “germinada”:

**Semillas normales.** Son aquellas semillas sanas que tienen capacidad para desarrollarse en plántulas normales (raíz, tallo y hojas) bajo condiciones favorables de temperatura, luz y humedad.

**Semillas anormales.** Son aquellas semillas que desarrollan solamente la parte aérea de la plántula y no la parte radicular o a la inversa, o son defectuosas ambas estructuras, esto quiere decir que es una planta que no tiene capacidad para desarrollarse como plántula normal.

**Semillas duras.** Son semillas que no han podido absorber agua, debido a que la semilla se recubre (tegumento) de una sustancia impermeable, este término es más utilizado en leguminosas y es de carácter físico. En gramíneas se utiliza el término *latencia*, porque las semillas vivas no germinan en condiciones apropiadas, este es un fenómeno fisiológico de la semilla, la cual alcanza su madurez completa después de algún tiempo de almacenamiento.

**Semillas muertas.** Son aquellas semillas que no han desarrollado ninguna de sus estructuras esenciales y por tanto se han podrido o muerto, como consecuencia de una infección por hongos, bacterias o daños mecánicos.

El dato de germinación, a escala comercial, es la sumatoria de los porcentajes de las germinadas normales y las duras.

En la medida de las posibilidades, es práctico realizar pruebas de germinación con sustratos de tierra donde se irá a sembrar la semilla, esto se puede realizar con cajas de 30 \* 30 \* 20 cm (largo, ancho y alto) donde se coloca sustrato (tierra del lugar donde se irá a sembrar) en lo posible sin disturbar. Se coloca la semilla en surcos pequeños y se tapa con tierra, se debe regar regularmente.

## Pureza física

Se determina en laboratorio y se refiere a aquella semilla o lote que esta libre de material indeseable. La pureza física esta expresada en porcentaje. Para ello, se debe separar las semillas de malezas, semillas de otros cultivos y material inerte, quedando al final la semilla pura.

La producción de semilla certificada o fiscalizada por la Empresa de Semillas Forrajeras SEFO-SAM, pasa por un acondicionamiento y procesamiento de semillas en forma individual por productor. Esto indica que los análisis de pureza física se realizan individualmente por productor y por especie.

El método utilizado para determinar la pureza física en SEFO se basa en reglas internacionales del ISTA (Asociación Internacional de Análisis de Semillas):

Se extrae un mínimo de 1 kg de cada lote como muestra para laboratorio y por cuarteo se debe llegar aproximadamente a cuatro sub muestras cada una de 120 g (en el caso de semillas grandes –cereales menores, maíz, sorgo, arachis, etc.-). Seguidamente se debe proceder con la separación manual de la materia inerte, semilla de otros cultivos y semilla de malezas; se debe pesar cada una de estas fracciones y por diferencia se expresa el porcentaje de semilla pura. Por ejemplo, de un lote de cebada:

Peso sub muestra:	120.00 g
Peso materia inerte (piedrecillas, restos vegetales, etc.)	0.76 g
Peso semillas contaminantes (de otras especies y de malezas)	0.23 g
<i>Total de impurezas</i>	<i>0.99 g</i>

$120 - 0.99 = 119.01$  g de semilla pura

entonces:       $120.00$  -----  $100\%$   
                    $119.01$  -----  $x$

$x = (119.01 * 100) / 120 = 99.18\%$  de pureza física

el promedio de las cuatro sub muestras será el dato de pureza del lote.

En leguminosas como tréboles y alfalfa se debe tomar 5 g por repetición; en gramíneas de zonas templadas como dactilis 3 g, en festuca pesar 5 g, lolium 6 g, pasto llorón 1 g. Pesando cada una de estas muestras, con 4 repeticiones, se debe llevar a un soplador especial para semilla pequeña *seed blower* por 3 minutos para eliminar la materia inerte. De este modo se facilita el análisis de pureza. En caso de no disponer de este equipo no queda otra opción que proceder manualmente.

## Valor cultural

Es solo una expresión matemática que expresa en porcentaje, la relación entre pureza y germinación. Mientras más alto sea el porcentaje de pureza y de germinación de un lote, más valioso será este. La fórmula para el cálculo del valor cultural (VC) es la siguiente:

$$VC = (\% \text{ de pureza} * \% \text{ de germinación}) / 100$$

así, si de un lote se determinó 81 % de germinación y 93 % de pureza, su valor cultural será de:  $VC = (93 * 81) / 100 = 75.33 \%$

El valor cultural es pues la expresión de la calidad de la semilla en la medida que nos señala cuanto del lote es realmente semilla que germina.

## Categorías de semillas

Se pueden definir cinco categorías en la producción de semilla certificada para el caso de forrajes: *genética*, *básica*, *registrada*, *certificada* y *fiscalizada*. En términos generales, se puede definir estas categorías de la siguiente manera:

**Genética.** Es aquella semilla (o material de propagación vegetativa) producida por el fitogenetista o la institución patrocinadora de la forma original y que se utiliza como fuente para la propagación de semilla básica.

**Básica.** Es producida a partir de la semilla del genetista y debe ser manejada en tal forma que se conserve fielmente la identidad genética y la pureza varietal. La producción de semilla básica es supervisada o aprobada cuidadosamente por los representantes de una estación experimental agrícola.

**Registrada.** Es la progenie de la semilla básica. Debe ser producida y utilizada en tal forma que se mantenga en forma satisfactoria su identidad y pureza genética y que haya sido aprobada y certificada por un organismo oficial de certificación.

**Certificada.** Es la progenie de la semilla básica o registrada, que se produce y usa de tal forma que mantiene una pureza e identidad genética satisfactoria y que ha sido aprobada y certificada por un organismo oficial de certificación.

**Fiscalizada.** Es la semilla proveniente de la categoría certificada y es utilizada por el productor para siembras destinadas a forraje y no así para la producción de semilla. La fiscalización de la semilla solo se realiza en las plantas de procesamiento y no en campos de producción.

En el caso de “La Violeta”, el manejo de la semilla genética y básica lo realiza el Centro de Investigación en Forrajes. SEFO compra la semilla básica con un sobreprecio y a partir de esta produce semilla comercial con productores independientes.

## Exigencias mínimas de calidad en semillas forrajeras

En el caso de la legislación boliviana (Consejo Nacional de Semilla, 1994) y la experiencia práctica de SEFO y CIF, se pueden considerar algunos datos mínimos de calidad para las principales especies forrajeras, considerando, que por el destino de este tipo de semilla (producción de biomasa para consumo animal), las exigencias deben ser menores que en el caso de productos de consumo humano. La Tabla 2 considera parámetros a este respecto.

**Tabla 2.** Requisitos mínimos referenciales en pureza y germinación para semilla fiscalizada y semilla producida en SEFO para algunas especies forrajeras.

Especie	Semilla fiscalizada			
	Requisitos del Servicio Regional de Semillas		Estándares SEFO-SAM	
	% germinación	% pureza	% germinación	% pureza
<u>Leguminosas</u>				
<i>Medicago sativa</i>	80	94	90	98
<i>Vicia villosa</i>	80	75	91	99
<i>Vicia sativa</i>	80	75	95	99
<i>Trifolium repens</i>	80	95	89	98
<i>Trifolium pratense</i>	80	95	92	98
<i>Trifolium alexandrinum</i>	80	95	89	99
<i>Pueraria phaseoloides</i>	40	90	85	99
<i>Macrotyloma axillare</i>	40	90	85	99
<i>Calopogonium mucunoides</i>	80	70	87	99
<u>Gramíneas</u>				
<i>Hordeum vulgare</i>	80	97	98	99
<i>Avena sativa</i>	80	97	96	99
X. Triticosecale	80	97	92	99
<i>Zea mays</i>	80	95	98	99
<i>Sorghum vulgare</i> (sorgo)	80	90	96	99
<i>Dactylis glomerata</i>	50	70	92	98
<i>Festuca arundinacea</i>	50	70	92	98
<i>Lolium multiflorum</i>	50	70	89	97
<i>Brachiaria decumbens</i>	20	50	65	89
<i>Brachiaria humidicola</i>	20	40	65	85
<i>Brachiaria brizantha</i>	20	50	65	85

## Referencias

Consejo Nacional de Semillas. 1994. Normas generales y específicas de certificación de semillas. Consejo Nacional de Semillas; Dirección Nacional de Semillas; Secretaría Nacional de Agricultura y Ganadería. La Paz, Bolivia. 65 p.

Douglas, J. 1982. Programas de semillas guía de planeación y manejo de semillas. CIAT. Cali, Colombia. 302 p.

International Seed Testing Association (ISTA). 1985. Seed science and technology. Règles Internationales pour les Essais de Semences. Règles 1985. Draper, S. (Chief editor). Volume 13, supplément 2. Zürich, Suisse. 236 p.

Landívar, J. 1984. Control interno de calidad y mercadeo de semillas. Chemonics International. Consejo Regional de Semillas. Santa Cruz, Bolivia. 6 p.

8.

## Evaluación de nodulación en la simbiosis leguminosas - *Rhizobium*

Bernardo Cámara  
Proyecto Rhizobiología Bolivia

### Introducción

En estudios sobre fijación biológica de nitrógeno (FBN), un parámetro importante es la evaluación de la nodulación emergente de la simbiosis entre plantas leguminosas y bacterias fijadoras de nitrógeno.

Existen varios métodos, dependiendo del tipo de planta o cultivo, de la edad de la planta, de las características físicas del suelo (facilidad de extracción de raíces), entre otros.

Las variables comúnmente utilizadas para analizar la nodulación, son el número y la materia seca de nódulos formados en la raíz principal y en las raíces laterales (distribución). Asimismo, se pueden determinar otras variables como el tamaño y el color interno de los nódulos. Estos parámetros pueden variar de un ensayo a otro, de acuerdo a los objetivos del trabajo de investigación.

La *efectividad* de la simbiosis leguminosa-rhizobio, no se puede medir solamente con variables relacionadas a la nodulación, sino más bien son las variables como materia seca de raíz, follaje, vainas, granos y número de vainas las que permiten evaluar con más cabalidad dicha eficiencia. Una gran masa nodular no siempre significará una eficiencia simbiótica, solo podría mostrar una alta capacidad de *infectividad*.

### Ensayos en invernadero

El CIAT (1998), recomienda que en ensayos de invernadero generalmente se utilicen cilindros con sustratos de arena esterilizada y/o suelo sin perturbar. En este tipo de estudios es relativamente fácil recuperar todos los nódulos formados, pero se puede tropezar con la dificultad de separar las raíces correspondientes a cada planta del cilindro evaluado. Esto se salva teniendo el número total de plantas por cilindro.

Luego de extraer las raíces de los cilindros y separadas de la parte aérea de las plantas, se lavan cuidadosamente con agua, utilizando un tamiz para evitar la pérdida de los nódulos. Los ensayos en estos ambientes, en su mayoría, constan de numerosos tratamientos o unidades experimentales. Ello puede dificultar la inmediata evaluación o recuento de nódulos, por esto, las raíces con nódulos se deben guardar en un congelador con sus respectivas identificaciones.

En este tipo de ensayos, en especial con sustratos de arena esterilizada y suelos sin antecedentes de leguminosas (historial de cultivos), puede encontrarse una relación lineal entre la nodulación y la cantidad de nitrógeno fijado por la simbiosis. Además, por tratarse de ensayos en condiciones controladas, los coeficientes de variación se presentan relativamente bajos, pero aún así la nodulación no deja de ser un parámetro muy variable.

## Ensayos en campo

En un ensayo de campo se recomienda hacer, por lo menos dos evaluaciones de nodulación, una en la primera fase de establecimiento (30 a 45 días después de la emergencia) y la otra al inicio o plena floración.

Para efectos de nodulación se recomienda evaluar 10 a 12 plantas por parcela o unidad experimental. Es aconsejable reservar como bordura las plantas de los extremos de los surcos (los últimos 50 cm de los surcos centrales o evaluables), a partir de este punto, en la bordura, se puede extraer las muestras para la evaluación de la nodulación.

Para tomar las muestras, se cava cuidadosamente alrededor de la planta, en lo posible, sin destruir el sistema radicular, siempre teniendo en cuenta que los nódulos se pueden encontrar en las raíces secundarias o laterales, a veces muy distantes de la raíz principal. Cada muestra deberá asegurarse en una bolsa de polietileno con su respectiva ficha de identificación.

Una vez recolectadas en campo, las muestras deben ser trasladadas inmediatamente para ser procesadas en un afán de evitar pérdidas por respiración de los tejidos y deterioro de los nódulos. Separadas las raíces de la parte foliar de las plantas, deben lavarse en un balde con abundante agua. Los nódulos deberán ser extraídos manualmente y si se quiere determinar el color interno (proceso destructivo), antes se debe hacer el cómputo del número de nódulos; finalmente se determina la materia seca, en una estufa u horno desecador a 105 °C hasta llegar a un peso constante (aproximadamente 48 horas).

En algunos ensayos, dependiendo de la especie en estudio se puede realizar una sola evaluación de nódulos, durante la floración o llenado de vainas, etapa de máxima actividad simbiótica. Por la dificultad de tomar todos los nódulos y raíces del suelo, el coeficiente de variación se incrementará, mientras que en una evaluación temprana, por la facilidad de recolección de todo el sistema radical, se obrará con más precisión.

En especies como el haba y la arveja, se observó que los nódulos evaluados en la fase de floración y llenado de vainas, persistían activos, sin la pérdida de nódulos por senectud como ocurre en el caso del frijol. Sin embargo, con dos evaluaciones en diferentes etapas del cultivo, se obtendrá mayor precisión. Por ejemplo en un ensayo en el altiplano central del departamento de Oruro, se realizó dos evaluaciones, observándose incrementos en los coeficientes de variación de la primera a la segunda evaluación (Tabla 1).

**Tabla 1.** Coeficientes de variación de parámetros ligados a nodulación a los 55 días después de la emergencia y al momento de la floración en haba, en el altiplano central de Oruro, 1998-99 (Gutiérrez, 2000).

VARIABLES	55 dde	a la floración
Número de nódulos/planta	28.9	28.3
MS nódulos (mg/planta)	24.3	44.7
MS raíz (g/planta)	21.4	50.7
MS follaje (g/planta)	23.9	34.7

## Variación experimental en las evaluaciones de nodulación

Según datos de ensayos de campo, la nodulación se constituye en un parámetro muy variable, por causas ajenas al propio ensayo, por ejemplo los errores acumulados durante el proceso de evaluación, que en consecuencia podrían elevar los coeficientes de variación. Asimismo, las correlaciones entre la nodulación y el rendimiento se harán menos lineales. Estos aspectos deben ser tomados muy en cuenta en el momento del análisis de nodulación.

**Tabla 2.** Coeficientes de variación de la materia seca de nódulos (mg/planta) en ensayos de invernadero y de campo (recopilación de información de trabajos de tesis del Proyecto Rhizobiología, 1995-1999).

Cultivo	Coeficiente de variación %		Fuente
	en pruebas en invernadero	en pruebas en campo	
Haba	8	31	Oscó, 1999 / Cámara 1998
Arveja	34	51	Cáceres, 1999 / Véliz, 1998
Frijol	47	118	Claure, 1999 / Copa, 1998
Alfalfa	24	25	Solíz, 1996 / Castro, 1998
Garbanzo	34	87	Campero, 2000 / Rocha, 1999

Como se ve, en diferentes cultivos o especies, tanto en invernadero como en campo, la nodulación mostró la particularidad de ser un parámetro de mucha variabilidad. En invernadero donde las condiciones de desarrollo de las plantas son más controladas, la nodulación mantiene su variabilidad, cosa que en el campo se justifica por las condiciones normales de crecimiento de los cultivos (enraizamiento ilimitado).

**Algunos artificios.** *Un investigador que se conforma con aprender las “recetas” para llevar a cabo un análisis de varianza, sin buscar el dominio y la comprensión de los principios inherentes al mismo, puede encontrarse en serios problemas. Sea que los comprenda o no, el investigador hará ciertas suposiciones acerca de sus datos cuando realice un análisis de varianza. Si los datos no concuerdan con estas suposiciones, dicho análisis puede dar lugar a que el investigador llegue a conclusiones que no tienen justificación. Asimismo, el investigador puede descuidar conclusiones importantes que alcanzaría si los datos fuesen analizados adecuadamente (Litle & Hills, 1976).*

El solo hecho de tener elevados coeficientes de variación (en invernadero mayor a 10 %, en campo mayor a 30 %), debe llevar al investigador a realizar una revisión y análisis más profundo de los datos.

Existen algunos artificios recomendados por muchos autores (Litle & Hills, 1976; Calzada, 197) como la transformación de datos mediante logaritmos ( $\log x$ ) y la raíz cuadrada  $(x+1)^{1/2}$  que son los más utilizados en nodulación, donde “x” corresponde al dato. Estas operaciones permiten distribuir o adecuar los datos en una curva normal, que es la distribución correcta para realizar un análisis de varianza y llegar a conclusiones reales, que en cambio con la distribución de los datos originales podría caer en falsas conclusiones. Asimismo, estas transformaciones por la normalización de los datos, permiten disminuir los coeficientes de variación.

**Tabla 3.** Ejemplos de coeficientes de variación (%) con y sin transformación de datos, en un ensayo de invernadero.

	60 dds	110 dds
Sin transformación	52.7	27.0
Con transformación	29.6	8.0

dds = días después de la siembra.

Fuente: (Osco, 1999).

Según la Tabla 3, se aprecia que los coeficientes de variación bajaron en ambos momentos de evaluación. Este es un claro ejemplo de la transformación de datos. En algunos casos, cuando se realiza la transformación, los coeficientes no bajan sustancialmente, esto posiblemente se debe a que los datos originalmente se rigieron a una curva normal y que los elevados coeficientes de variación se deben a aspectos referidos al manejo mismo del ensayo.

### Relación entre nodulación y producción

La siguiente tabla, ejemplificará esta sección del artículo.

**Tabla 4.** Correlación (r) entre materia seca de nódulos y materia seca de follaje, en distintos cultivos, tanto en campo como en invernadero.

Parámetros	MS de follaje	Fuente
MS nódulos de alfalfa (invernadero)	0.84 **	Soliz, 1996
MS nódulos de alfalfa (campo)	0.28 *	Castro, 1998
MS nódulos de haba (invernadero)	0.41 **	Osco, 1998
MS nódulos de haba (campo)	0.80 **	Núñez, 1999
MS nódulos de frijol (invernadero)	0.28 ns	Claure, 1999
MS nódulos de frijol (campo)	0.14 ns	Ponce, 1999

\*\* altamente significativo (p 0.01); \* significativo (p 0.05); ns no significativo

De acuerdo a la Tabla 4, se puede observar que la relación entre la formación de nódulos (MS nódulos) y la producción de biomasa (MS follaje) varía ampliamente, lo que daría lugar a que no siempre una mayor nodulación (MS) incrementaría los rendimientos. Solorzano (1992), indica que es muy importante no descuidar aspectos intrínsecos (competitividad entre cepas y especificidad) sobre la efectividad de las cepas de *Rhizobium*.

## Referencias

- Cáceres, J. 1999. Población de rhizobios locales y respuestas de haba y arveja a la inoculación en la zona andina de Bolivia. Tesis de grado. UMSS. Cochabamba, Bolivia. 61 p.
- Calzada, B. 1970. Métodos estadísticos para la investigación. 3ra Ed. Editorial Jurídica. Lima, Perú. pp. 208- 285.
- Cámara, B. 1998. Efectos de fuentes de nitrógeno, fertilización fosfórica y enclado en el cultivo de haba en Rodeo, zona de altura de Cochabamba, Bolivia. Tesis de grado. UMSS. Cochabamba, Bolivia. 73 p.
- Campero, J. 2000. Selección de cepas de *Bradyrhizobium* sp. para garbanzo en condiciones de invernadero. Tesis de grado. UMRPSFXCH. Chuquisaca, Bolivia.
- Castro, F. 1998. Efectos de la aplicación de cal y fósforo e inoculación con *Rhizobium meliloti* en el rendimiento de alfalfa en Colomi, Cochabamba, Bolivia. Tesis de grado. UMSA. La Paz, Bolivia. 75 p.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1988. Simbiosis Leguminosa-Rhizobio. Manual de métodos, evaluación, selección y manejo agronómico.
- Claure, X. 1999. Preselección en condiciones de invernadero de cepas de *Rhizobium* para el frijol. Tesis de grado. UMSS. Cochabamba, Bolivia. 91 p.
- Copa, M. 1999. Epocas de siembra, rotación de cultivo, inoculación y fertilización en el crecimiento y rendimiento del frijol en Mizque, Bolivia. Tesis de grado UMSS. Cochabamba, Bolivia. 67 p.
- Gutiérrez, S. 2000. Respuesta a biofertilizantes, fitorreguladores, micorrizas y *Rhizobium* en haba, en cuatro localidades de la provincia Cercado del departamento de Oruro, Bolivia. Tesis de grado. UTO. Oruro, Bolivia. (En redacción).
- Little, T. y Hills, F. 1976. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Traducido del inglés por A. de Paula. Editorial Trillas. México D.F. México. 270 p.
- Nuñez, M. 1999. Fuentes de nitrógeno y aplicación de fósforo en cultivos de haba en la zona andina de Bolivia, 1997-1998. Tesis de grado. UMRPSFXCH. Chuquisaca, Bolivia. 82 p.
- Oscó, O. 1998. Preselección de cepas de *Rhizobium leguminosarum biovar-viceae* para cultivares de haba en condiciones de invernadero. Tesis de grado. UMSS. Cochabamba, Bolivia. 54 p.
- Ponce, N. 1999. Efectos de fuentes de nitrógeno y aplicación de fósforo sobre la nodulación y el rendimiento de frijol en el valle de Mizque, Bolivia. Tesis de grado. UMSS. Cochabamba, Bolivia. 67 p.
- Rocha, A. 1999. Efectos de la inoculación y fertilización en cultivares de garbanzo en el valle de Escana. Tesis de grado. UMRPSFXCH. Chuquisaca, Bolivia. 87 p.
- Soliz, J. 1996. Preselección de cepas de *Rhizobium meliloti* para alfalfa (*Medicago sativa*) en invernadero. Tesis de grado. UMSS. Cochabamba, Bolivia. 68 p.
- Véliz, J. 1999. Efecto de cultivares, fuentes de nitrógeno y aplicación de fósforo en el cultivo de arveja en la zona andina de Bolivia. Tesis de grado UTO. Oruro, Bolivia. 89 p.



## 9.

**Recuento de rizobios viables en plantas estériles por el método del número más probable (NMP)**

**Giovana Coca**  
**Proyecto Rhizobiología Bolivia**

**Introducción**

El recuento de rizobios en plantas estériles, por el método del Número Más probable (NMP), permite conocer indirectamente el número de bacterias de *Rhizobium*, mediante los nódulos formados en las plantas. La infección y formación de nódulos en las raíces de una leguminosa es el único criterio confiable para diferenciar los rizobios de otro microorganismo del suelo (CIAT, 1988).

**Recuento de rizobios**

Para hacer recuentos de rizobios (en inoculantes, semillas inoculadas o muestras de suelo) y estudios de infección (autenticación), es necesario hacer crecer las plantas leguminosas en un sistema estéril. Para leguminosas de semilla grande, como frijol, haba, arveja se recomienda utilizar jarras Leonard. En leguminosas de semillas pequeña como la alfalfa y tréboles se utilizan tubos de ensayo (Pijnenborg, 1999).

**Preparación del material.** Los tubos de ensayo llevan como sustrato de crecimiento solución Sandman más 1% de agar (solución con todos los nutrimentos que la planta necesita para su desarrollo, excepto nitrógeno). Previamente se debe esterilizar los tubos en autoclave dejando enfriar en una plancha con pendiente para que así el medio de cultivo solidifique inclinado.

Las jarras Leonard, consisten de un vaso de plástico negro (200 ml de capacidad, con boca de 60 mm y base 40 mm de diámetro), al que se le perfora la base y se coloca una mecha de esponja (16 cm largo \* 5.5 cm ancho \* 0.5 cm espesor). Este vaso es introducido a un frasco de vidrio de 300 ml de capacidad.

En el vaso negro con esponja, se coloca arena tamizada, lavada y esterilizada (1-1.4 mm de diámetro), para su posterior pasteurización en horno a 70 °C. Al día siguiente se añade al vaso con arena 300 ml de solución Sandman hirviendo, la misma que se acumulará en el frasco de vidrio.

Una vez enfriado el sustrato (arena o solución Sandman más agar) se procede a la siembra de dos semillas por jarra o tubo de ensayo, se inocula con 1 ml de suspensión rizobiana por jarra (0.5 ml/semilla) o tubo. Finalmente se cubre con una capa de arena parafinada (estéril) en el caso de las jarras Leonard (Pijnenborg, 1999).

## **Determinación de la calidad de un inoculante**

### **Dilución del inoculante**

Se debe pesar 5 g de inoculante y diluir en 500 ml de agua destilada. Agitar la botella durante 30 minutos para obtener la suspensión original, que se denominará  $1:10^2$

De la dilución  $1:10^2$  tomar 1ml y diluir en 9 ml de agua estéril, se obtiene la dilución  $1:10^3$ .

Continuar así sucesivamente hasta obtener la dilución  $1:10^{10}$

### **Inoculación de las semillas**

Posteriormente se inoculan las semillas (esterilizadas) de la leguminosa sembradas en las jarras Leonard o tubos de ensayo, con una alicuota de 1 ml por jarra/tubo (2 o 4 jarras repetitivas por nivel de dilución) de los niveles  $1:10^{10}$ ,  $1:10^9$ ,  $1:10^8$ ,  $1:10^7$ ,  $1:10^6$  y  $1:10^5$ .

### **Cálculos**

Los cálculos para la obtención del número más probable deben realizarse considerando los siguientes pasos:

Obtener el valor de la tabla NMP (Tabla 1), basándose en los siguientes datos: niveles de diluciones sembradas ( $s=10, 8, 6$  o  $4$ ), número de unidades experimentales o vasos inoculados por nivel de dilución ( $n=4$  o  $2$ ) y número de vasos o unidades experimentales positivas ( $X$ ).

Calcular el número más probable (NMP) de rhizobios por ml para la dilución más concentrada considerada.

Calcular el número de rhizobios por ml de la suspensión original.

Calcular el número de rhizobios en 500 ml de la suspensión original.

Calcular el número de rhizobios por gramo de inoculante.

## Ejemplo

Los resultados obtenidos en las lecturas, de un ensayo de control de calidad de inoculantes fueron los siguientes:

**Cuadro 1.** Control de calidad de un inoculante

Dilución	Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4	Nº de vasos nodulados
1: 10 <sup>5</sup>	+	+	+	+	4
1: 10 <sup>6</sup>	+	+	+	+	4
1:10 <sup>7</sup>	+	+	+	+	4
1:10 <sup>8</sup>	+	+	+	-	3
1:10 <sup>9</sup>	-	-	-	-	0
1:10 <sup>10</sup>	-	-	-	-	0
Total de vasos con plantas nodulada (X)					15

Para los valores **n** (numero de repeticiones/dilución) = 4, **s** (niveles de dilución sembradas) = 6, **X** = (número de vasos con plantas noduladas) = 15, el número de bacterias por volumen (0.5 ml) en el nivel de dilución más concentrado (1:10<sup>5</sup>) es: **1.0x10<sup>3</sup> bacterias/1.0 ml** (Tabla 1). El número de bacterias por mililitro en la dilución 1:10<sup>5</sup>, o sea en la primera dilución inoculada, es:

$$\text{NMP/ml} = (\text{valor tabla}) / (\text{volumen inoculado por vaso})$$

$$\text{NMP} = (1.0 * 10^3) / 1.0 = 1.0x10^3/\text{ml}$$

El número más probable por mililitro en la suspensión original (1:10<sup>2</sup>) es:

$$1.0x10^3 * 10^3 = 1.0x10^6 \text{ bacterias/ml}$$

El número más probable en 500 ml de la suspensión original es:

$$1.0x10^6 * 500 = 5.0x10^8 \text{ bacterias}$$

Este número de bacterias proviene de 5 g de inoculante. El número de rizobios/g de inoculante es:

$$5.0*10^8 \text{ bacterias}/5 \text{ g inoculante} = 1.0x10^8 \text{ bacterias rizobios/g de inoculante}$$

$$\text{Límite de confianza (95 \%)} = 1.0x10^8 * 3.8 \text{ a } 1.0x10^8 * 3.8$$

Fuente: Somesagaran, P- y Hoben, H., 1994.

## Referencias

CIAT. 1988. Simbiosis leguminosa-rizobio, Manual de métodos de evaluación, selección y manejo agronómico. Proyecto especial CIAT-UNDP de evaluación selección y manejo de la simbiosis leguminosa rizobio para aumentar la fijación de nitrógeno. Cali, Colombia. 178 p.

Pijnenborg, J. 1999. Metodología de la investigación en la fijación de nitrógeno. Proyecto Rhizobiología Bolivia (CIAT-CIF-PNLG-CIFP-WAU). Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 73 p.

Somesagaran, P. y Hoben, H. 1994. Handbook for Rhizobia. Methods in Legume-Rhizobium Technology. University of Hamai. NifTAL Project. USA. p. 380-391.

**Tabla 1.** Número Más Probable (NMP) de rhizobios por volumen de inoculación de la dilución más concentrada: diluciones 1/10 (A = 10). Cuadro calculado según el cuadro VIII2 de Fisher y Yates (1963) (Fuente: Somesagaran, P. y Hoben, H. 1994).

<i>Tubos positivos</i>		<i>Etapas de la(s) dilución(es)</i>			
		<i>s = 10</i>	<i>s = 8</i>	<i>s = 6</i>	<i>s = 4</i>
n = 4	n = 2				
40	20	> 7 X 10 <sup>8</sup>			
39					
38	19	6.9			
37		3.4			
36	18	1.8			
35		1.0			
34	17	5.9 X 10 <sup>7</sup>			
33		3.1			
32	16	1.7	> 7 X 10 <sup>6</sup>		
31		1.0			
30	15	5.8 X 10 <sup>6</sup>	6.9		
29		3.1	3.4		
28	14	1.7	1.8		
27		1.0	1.0		
26	13	5.8 X 10 <sup>5</sup>	5.9 X 10 <sup>5</sup>		
25		3.1	3.1		
24	12	1.7	1.7	> 7 x 10 <sup>4</sup>	
23		1.0	1.0		
22	11	5.8 X 10 <sup>4</sup>	5.8 X 10 <sup>4</sup>	6.9	
21		3.1	3.1	3.4	
20	10	1.7	1.7	1.8	
19		1.0	1.0	1.0	
18	9	5.8 X 10 <sup>3</sup>	5.8 X 10 <sup>3</sup>	5.9 X 10 <sup>3</sup>	
17		3.1	3.1	3.1	
16	8	1.7	1.7	1.7	7 X 10 <sup>2</sup>
15		1.0	1.0	1.0	
14	7	5.8 X 10 <sup>2</sup>	5.8 X 10 <sup>2</sup>	5.8 X 10 <sup>2</sup>	6.9
13		3.1	3.1	3.1	3.4
12	6	1.7	1.7	1.7	1.8
11		1.0	1.0	1.0	1.0
10	5	5.8 X 10 <sup>1</sup>	5.8 X 10 <sup>1</sup>	5.8 X 10 <sup>1</sup>	5.9 X 10 <sup>1</sup>
9		3.1	3.1	3.1	3.1
8	4	1.7	1.7	1.7	1.7
7		1.0	1.0	1.0	1.0
6	3	5.8 X 1	5.8 X 1	5.8 x 1	5.8 X 1
5		3.1	3.1	3.1	3.1
4	2	1.7	1.7	1.7	1.7
3		1.0	1.0	1.0	1.0
2	1	0.6	0.6	0.6	0.6
1		< 0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.6
0	0				
<b>Amplitud aproximada</b>		<b>10<sup>9</sup></b>	<b>10<sup>7</sup></b>	<b>10<sup>5</sup></b>	<b>10<sup>3</sup></b>

Factor, 95 % de los límites de confianza (Cochrane, Biometrics, 1950, 6, 105)

(x, %): n = 2 6.6 n = 4 3.8

## 10.

## Conceptos teórico prácticos de la investigación en agronomía

Henk Waaijenberg  
Proyecto Rhizobiología Bolivia

### Consideraciones previas

Para entender los problemas específicos de la investigación en agronomía, se deben conocer algunos conceptos de la investigación científica en general. Sólo así se pueden indicar las similitudes y diferencias en cuanto a los objetivos y métodos.

### Lenguaje común: algunas definiciones

Un requisito para un curso de metodología es un lenguaje común en cual expresar las ideas. Para este fin se presentan definiciones de algunos conceptos usados en la investigación científica:

<b>Ciencia</b>	<i>Total de conocimientos exactos y razonados de ciertos fenómenos pertenecientes a la realidad</i>
<b>Investigación</b>	<i>Proceso sistemático para aumentar los conocimientos</i>
<b>Objetivo</b> (adjetivo)	<i>Refiriendo a la realidad externa, fuera de la mente, no influenciada por opiniones o sentimientos subjetivos</i>
<b>Objetivo</b> (sustantivo)	<i>Lo que se encontrará al final del camino, una respuesta a una pregunta (claridad) o una solución a un problema (utilidad)</i>
<b>Pregunta</b>	<i>Un detalle sobre el camino a seguir para llegar a los objetivos (especifica los objetivos e indica los métodos correspondientes)</i>
<b>Hipótesis</b>	<i>Proposición tentativa sobre los fenómenos estudiados</i>
<b>Metodología</b>	<i>Estudio de los métodos y técnicas de investigación</i>
<b>Método</b>	<i>Procedimiento general, basado en principios lógicos</i>  <i>- Inducir: razonar de lo particular a lo general (imaginación)</i>  <i>- Deducir: razonar de lo general a lo particular (lógica)</i>
<b>Técnica</b>	<i>Medio específico, basado en una ciencia determinada</i>

En las definiciones se destacan varios adjetivos claves - exacto, razonado, sistemático, objetivo, lógico - que indican ciertas características básicas de la investigación científica. Sin embargo, en las últimas décadas ha crecido un cierto consenso que aparte de la razón y lógica también la intuición y experiencia pueden jugar un papel importante. Además se admite que no todas las etapas del proceso de investigación son tan objetivas como alguna vez se propuso. No obstante, aunque en la definición del tema y la aplicación de los resultados se pueden aceptar y hasta aplaudir decisiones personales o políticas preferiblemente visibles en el proceso propio de la investigación es peligrosa la subjetividad e inaceptable la deshonestidad.

Las definiciones presentadas no son definitivas, sólo sirven para guiar las ideas. Representan los conceptos clásicos o tradicionales de la investigación científica. Son menos aptas para caracterizar, por ejemplo, la investigación por agricultores. Esta puede ser menos exacta, poco sistemática, con fines diferentes y lógica distinta a los estudios por agrónomos. Sin embargo, implica eso que no sea investigación?

### **Requisitos para un trabajo de investigación**

Cualquier trabajo de investigación requiere mucho más que sólo un investigador o un aspirador a tal posición. Primero debe haber una falta de conocimientos, tanto para solucionar un problema (**utilidad**) como para estimular al investigador (**curiosidad**). Este estímulo es crucial para un buen trabajo pero no debe conducir a pasar por alto la información ya disponible. Esta puede guiar los esfuerzos por hacer o evitar esfuerzos innecesarios.

En segundo lugar se requiere de ciertos conocimientos y habilidades (**capacidad**). Aquí a menudo el agrónomo y el agricultor son complementarios, siendo el primero un experto en la rigidez del diseño y el segundo en la flexibilidad del manejo. Un buen trabajo de investigación hace uso del potencial de esta cooperación. Para lograr los objetivos ambos requieren de bastante sentido común -- la gran parte de la investigación trata de nada más que eso -- y un gran sentido de humor -- para aceptar los inevitables contratiempos.

Finalmente, el investigador debe tener algunos recursos (**factibilidad**). Estos incluyen la disponibilidad de tiempo, el acceso a información, el apoyo de colegas y los medios para pagar los gastos. Es un desperdicio iniciar trabajos de campo sin contar con los recursos mínimos.

### **Características de la investigación agronómica**

En la investigación agronómica se pueden distinguir como objetivos generales la descripción, exploración y comprobación de fenómenos relacionados a la **interacción entre suelos, climas, plantas, animales y prácticas de manejo**. Los métodos utilizados incluyen la observación, experimentación y participación. Las combinaciones entre objetivos y métodos varían según el carácter de cada investigación. En trabajos agronómicos en Bolivia domina la comprobación de hipótesis mediante estudio experimental, a costa de otros enfoques valiosos (Figura 1.1).

Como en todas las ciencias, en la agronomía el **objetivo** de cualquier estudio es aumentar el entendimiento de los procesos involucrados. Aunque para el agricultor el fin del estudio puede ser incrementar su rendimiento, ganancia o bienestar, el agrónomo debe perseguir los mismos fines pero a la vez aspirar a más, a la explicación de los fenómenos estudiados.

En comparación con otras ciencias, mucha investigación en la agronomía no trata de descubrir principios generales, sino de comprobar si alguna técnica ya descubierta también da resultado en otras condiciones edáficas o climáticas. Los resultados tienden a ser *site specific*, variando de un sitio a otro. El grado de **especificidad** y la posibilidad de extrapolación dependen del tema estudiado. Por ejemplo, las hormonas que hacen enraizar a los gajos de una cierta especie en Costa Rica, lo harán probablemente también en Bolivia. Por otra parte, la dosis de fósforo que se debe aplicar a un cultivo puede variar entre las parcelas vecinas.

En parte por la especificidad mencionada, la **referencia** de estudios agronómicos es la práctica u opinión del agricultor, quien conoce lo mejor el nicho en que trabaja. Eso es lógico en la investigación participativa donde los agricultores e investigadores definen conjuntamente el programa de investigación. Sin embargo, también en trabajos definidos por donantes o investigadores, donde se alquila un terreno adecuado, se puede beneficiar de los conocimientos de los agricultores en cuanto al manejo del cultivo. Así se evitan errores costosos y se aumenta el respeto mutuo.

Un problema de la investigación en agronomía es que en general se trata de evaluar tratamientos con **efectos pequeños** en un ambiente con grandes variaciones. Eso requiere de mucho conocimiento del tema estudiado y de los métodos de investigación. En lugar de investigar a oscuras se debe definir bien la necesidad, la factibilidad y las metas de cada estudio. Eso puede implicar también la decisión de no realizar ciertas investigaciones.

	Observar	Preguntar	Experimentar	Participar
Describir				
Explorar				
Comprobar			Bolivia	

**Figura 1.** Una clasificación tentativa de los objetivos y métodos de la investigación en agronomía, con el enfoque dominante en estudios de tesis en las universidades de Bolivia.

## Objetivos de la investigación agronómica

*"No piense, use la computadora."* (Dyke, 1997: 166)

Muchos estudios "agronómicos" se enfocan en determinar si un cierto tratamiento tiene un efecto "significativo" sobre alguna variable de respuesta, en general el rendimiento. Trabajan con un modelo muy limitado y simple: **tratamiento - rendimiento**. El área representado por la flecha se trata como un *black box* o caja negra. Tales trabajos de carácter estadístico, estimulados por la disponibilidad de computadoras y programas que pretenden hacer gran parte de la labor de pensar, contribuyen poco al desarrollo de la agronomía.

La agronomía tiene como interés central explicar cómo y porqué un cierto tratamiento influye en el rendimiento. Uno de los modelos que se pueden aplicar es el de los componentes del rendimiento:  $\text{plantas/m}^2 \times \text{vainas/planta} \times \text{granos/vaina} \times \text{g/grano} = \text{rendimiento (g/m}^2\text{)}$ . Este permite evaluar en cuales componentes ha influido el tratamiento y puede dar una idea sobre cuándo en el ciclo del cultivo han ocurrido los efectos, pero no informa sobre variables como el área foliar o la cantidad de biomasa. En breve, los estudios en agronomía tienen que ser explicativos y para eso requieren de algún **modelo de la realidad** estudiada, para guiar la colección e interpretación de los datos. Cuál modelo concreto se aplicará depende de los objetivos del trabajo y de los recursos del investigador, en este orden.

## Definición de tratamientos y comparaciones

El poder explicativo de experimentos depende de la definición correcta de los tratamientos y comparaciones. Un ejemplo, es la incorporación de haba como abono verde para el cultivo de papa. Se podría tomar un terreno con haba. En una mitad se incorpora la biomasa de haba en el suelo mediante un arado y en la otra se corta y extrae la biomasa para usarlo como forraje. Posteriormente se siembra papa en ambas mitades. Aquí el efecto del tratamiento "incorporación de haba" consiste de dos componentes, "arado" y "biomasa", que en el diseño utilizado no se pueden distinguir.

Eso no es importante cuando se trata de comparar los beneficios de las dos técnicas para los agricultores, pero sí lo es cuando el objetivo es entender los procesos que influyen en el éxito de las prácticas. En los últimos años hay mucho interés en los métodos de la investigación con o por agricultores, pero quizás es más importante reconocer que también los objetivos de los distintos tipos de investigación pueden ser diferentes. Por ejemplo, si la aplicación de 18-46-00 aumenta el rendimiento, el agricultor puede ser satisfecho, pero el agrónomo quiere saber también cual de los elementos, nitrógeno o fósforo, causa el efecto.

Tratamientos que no se pueden comparar y comparaciones falsas son comunes en trabajos de campo. Por ejemplo, muchos tratamientos implican pasar una vez más a pie o con tractor por el terreno. Qué parte del efecto se debería al tratamiento en sí y cuánto a la compactación que lo acompaña? Otro caso es cuando al comparar cultivares mejorados con el material genético del agricultor, las semillas difieren en calidad; quizás no es coincidencia que frecuentemente los testigos pierden de los favoritos del investigador? Por eso, es crucial describir y comparar los tratamientos en detalle antes de iniciar el trabajo.

Un último punto importante es el número de tratamientos. Por un lado un ensayo grande es más eficiente que un pequeño, ya que el número de comparaciones aumenta más rápido que el número de tratamientos y unidades. Por otra parte esta ventaja se pierde cuando el tamaño del ensayo excede las dimensiones de terrenos uniformes, la facilidad de manejarlo bien y la capacidad de entender los resultados. Especialmente en diseños con muchos factores y niveles en arreglo factorial, el número de unidades a manejar y de interacciones a interpretar crece rápidamente. Es mejor un experimento pequeño bien manejado que uno más grande fuera de control. En ensayos con agricultores se debe limitar el número de tratamientos, aumentar el tamaño de las unidades y simplificar el diseño experimental. Eso no es por ser menos capaces los agricultores, sino para que los agrónomos muestren que saben distinguir las prioridades.

## Aspectos de la investigación de campo

En estudios biológicos y agronómicos, especialmente en invernadero y campo, hay dos temas que requieren de mucha atención. Estos son el manejo de la variación ambiental y el registro de las variables de respuesta.

### Definiciones relacionadas al concepto "variación"

En condiciones muy controladas, como en algunos estudios de laboratorio, una misma prueba siempre da un resultado igual o similar. En cambio, bajo condiciones de invernadero y campo la variación en ambiente y manejo puede ser tan grande que se "pierden" efectos pequeños. A continuación se presentan algunas definiciones que describen distintos aspectos y formas de "variación" (adaptadas de Steenhuijsen Piters, 1995). En el análisis estadístico de estudios cuantitativos, se usan con mayor frecuencia los conceptos relacionados "varianza", "error estándar" y "coeficiente de variación". Algunos términos son más definidos, mientras otros se usan más liberalmente. Sin embargo, al distinguir entre los distintos conceptos, resulta más fácil el manejo de las diversas expresiones de "variación".

**Variable** *Objeto que puede asumir diferentes valores*

**Variabilidad** *Tendencia o habilidad de un objeto a variar*

**Variación** *Fluctuación actual de los valores de un objeto*

**Varianza** *Media de los cuadrados de las desviaciones de la media de una población o muestra ( $s^2$ )*

- *Error estándar ( $s$ ) = raíz cuadrada de la varianza*

- *Coficiente de variación (%) =  $100 * (s/X)$*

<b><i>Uniformidad</i></b>	<i>Condición con valores similares del mismo variable</i>
<b><i>Diversidad</i></b>	<i>Compuesto de varias unidades o elementos similares (poblaciones de plantas o animales)</i>
<b><i>Heterogeneidad</i></b>	<i>Compuesto de varias unidades o elementos diferentes (paisajes o suelos; componentes de un proyecto)</i>

### **Manejo de la variación en unidades experimentales**

En ensayos de campo se encuentra mucha variación no deseada, que no ha sido inducida por los tratamientos sino por diferencias en el ambiente y manejo. Esta variación difiere en carácter y magnitud según el nivel de observación, por ejemplo, dentro de sub parcelas, entre sub parcelas, entre parcelas, entre repeticiones, entre experimentos. Algunas veces es muy pequeña, pero otras veces es tan grande que nos impide ver los efectos estudiados. Hay diversas causas de variación y varios mecanismos para reducir sus impactos sobre la exactitud y confiabilidad de ensayos.

- \* Eliminar la variación en lo posible, buscando unidades experimentales uniformes o aplicando algún tratamiento previo para homogeneizarlas.
- \* Asignar los tratamientos al azar, para evitar sesgos y estimar el error experimental. La aleatorización es un requisito para poder hacer una evaluación basada en probabilidades.
- \* Repetir los tratamientos, tomando en cuenta que por la alta variación en el campo y las diferencias pequeñas entre tratamientos casi siempre se requiere de más de las usuales cuatro a cinco repeticiones. Sin embargo, no tiene sentido sembrar más repeticiones de las que se puedan manejar bien.
- \* Dividir las unidades experimentales en bloques relativamente uniformes de terrenos, plantas, animales. Esta práctica reduce a la vez la suma de cuadrados y los grados de libertad para el error experimental; el balance puede ser tanto positivo como negativo.
- \* Explicar la variación mediante el uso de covariables que caracterizan cada unidad antes o durante el estudio. Es recomendable definir las posibles covariables antes del análisis de los datos para evitar la tentación de comprobar cualquier covariable hasta lograr que el análisis muestre lo que queremos ver. Una forma especial de análisis de covariables es el *nearest neighbour method* (método de vecinos cercanos).
- \* Optimizar el tamaño (lo más grande posible, dentro las restricciones del terreno y manejo), la forma (por lo general mejor rectangular que cuadrangular) y la orientación (cruzando la variación visible) de las unidades experimentales.
- \* Usar bordes para evitar contaminación (por el tratamiento en la unidad vecina) o competencia (por el cultivo de la unidad vecina). A veces es más factible aumentar el tamaño de la unidad.
- \* Aplicar un manejo muy uniforme, tanto para los factores experimentales como en las labores culturales, que a menudo introducen variación no aleatoria, con consecuencias para la validez del análisis estadístico.

- \* Realizar las evaluaciones con muestras lo más representativas y grandes posibles (para qué sembrar una parcela grande si se evalúa sólo una fracción pequeña?).
- \* Definir bien las mediciones, implementarlas con precisión y evitar errores de transcripción. Para trabajar con calma, es recomendable limitar el número de variables de respuesta que se pretende medir.
- \* Transformar los datos cuya distribución no es la normal, fenómeno bastante común en variables biológicas. Cabe destacar que este mecanismo no disminuye la variación sino la varianza. La transformación puede causar cambios en el orden de los efectos y problemas en la presentación de los resultados. Por ejemplo,  $(\log a + \log b)/2 \neq \log (a+b)/2$ !
- \* Por eso, a veces es más práctico dividir los datos en grupos que sí cumplen con el requisito de la distribución normal. De todos modos, la palabra "normal" da la impresión falsa que esta distribución es bastante común, lo que pocas veces es cierto en ensayos de campo.

### Registro de información en estudios experimentales

Es importante anotar que las variables que describen las respuestas y las condiciones experimentales deben tener una clara relación con los objetivos de la investigación. La medición de todas las variables posibles implica la pérdida de tiempo en el campo y puede resultar en "análisis" interminables.

Los datos obtenidos además tienen que ser representativos, reproducibles y comparables. La determinación de la variable "oferta de forraje" ilustra que eso no siempre es fácil. Al cortar siempre a la misma altura los datos serán reproducibles, pero no comparables por variación en la calidad del forraje y no representativos para lo que consumiría el ganado. Antes de proceder al campo se debe elaborar una clara definición del qué, porqué y cómo medir.

El Cuadro 1 puede servir como guía general para la colección de datos en estudios experimentales. Su valor consiste en que destaca claramente los niveles de información y no deja duda que se debe medir no sólo las variables de respuesta sino también caracterizar el contexto del experimento. Esta última información puede ayudar en la interpretación de las respuestas y en la extrapolación y aplicación de los resultados fuera del terreno experimental.

El registro exacto e inmediato es esencial; no se puede confiar en la memoria cuando se trata de fechas y detalles de labores u observaciones. En primer lugar se requiere de un **croquis y manual** completo y claro de cada sitio. Este presenta el nombre, lugar y fecha del ensayo, las posiciones, direcciones y dimensiones de las unidades experimentales, bordes, caminos, áreas no incluidas, árboles, pendientes, etc. Incluye una descripción de los tratamientos y labores culturales. En cada unidad experimental se indican los tratamientos (evitando abreviaturas incomprensibles) y un número de identificación (único, lógico). De cada actividad, incidente y observación se anota la fecha.

Para las observaciones o entrevistas sistemáticas sobre aspectos numéricos y cualitativos de las unidades experimentales se requiere de una **planilla** estructurada. Esta puede ser una copia del croquis con los números de las unidades pero sin los tratamientos, para evitar sesgos. También se puede hacer un formulario donde se ingresan los datos en un orden que se transcribe directamente

a la computadora, evitando así transcripciones innecesarias. En las planillas se deben registrar todos -- ni menos ni más -- los datos necesarios para los fines del ensayo, sin olvidar las fechas y métodos de registro.

Aparte de los datos sobre el cultivo se necesita información sobre las condiciones edáficas (estructura, textura y fertilidad del suelo), climáticas (precipitación, radiación, temperatura) y biológicas (malezas, plagas y enfermedades). Algunas características edáficas se pueden registrar en el terreno; para las que se determinan en el laboratorio, se requiere de un muestreo cuidadoso. La identificación de malezas, plagas y enfermedades en el campo puede ser difícil. En este caso se puede guardar algunos ejemplares para su identificación posterior. Mientras tanto se asigna a cada organismo un número, código o nombre - algo fácil de recordar - para poder registrar los datos de cobertura, biomasa, incidencia o severidad.

En adición a los datos estructurados, se necesita de un **diario** (cuaderno) donde se anotan las actividades, observaciones, errores de manejo, condiciones de suelo o clima y cambios fenológicos. En cualquier ensayo pasan cosas raras que fácilmente se olvidan y que podrán servir para explicar los resultados. Es recomendable anotar toda la información en papel tamaño carta y hacer fotocopias cada semana para ser guardadas en un lugar seguro.

**Cuadro 1** Colección mínima tentativa de datos para ensayos en parcelas de agricultores (adaptado de Mutsaers *et al.* 1991: 14).

---

**Nivel de parcela (*plot*)**

- Plantas a emergencia, población final (numérico)
- Estimación de plagas, enfermedades, malezas (ordinal)
- Rendimientos biológicos y económicos de los cultivos (numérico)
- Insumos variables (materiales, mano de obra)

**Nivel de tratamiento (*treatment*)** (por parcela en ensayos sin replicación)

- Problemas en su aplicación y efecto sobre el rendimiento (investigador)
- Opinión de los agricultores (ordinal)

**Nivel de sitio (*site, field*)**

- Posición topográfica (altura) y pendiente (%)
- Textura, pH, ppm P (Olsen), materia orgánica, estructura, color
- Manejo del terreno y cultivo (historial, fechas, labores culturales)
- Características biológicas (presencia de árboles, incidencia de malezas)
- Características del agricultor y de su familia

**Nivel de comunidad (*village*)**

- Precipitación y temperatura (diaria)
  - Precios de insumos a nivel de la zona
  - Costos de mano de obra durante el ciclo de cultivo
  - Precios de los productos después de la cosecha
-

## Análisis de datos y redacción de informes

*"La estadística debe considerarse como sentido común organizado, usando un poco de matemática, un poco de la teoría de probabilidad y cualquier conocimiento disponible acerca del material (plantas, parcelas, terrenos o animales)" (Dyke, 1997: 186)*

### Tabulación y revisión de los datos

Una de las experiencias más frustrantes es realizar un análisis de varianza, elaborar cuadros con resultados, escribir el borrador o hasta publicar el informe, para luego darse cuenta que había algunos errores en los datos analizados. Hay varias técnicas sencillas para prevenir tal desgracia. La primera es mantenerse despierto en el campo o laboratorio, verificando dos veces cada código de identificación y valor registrado. Eso implica despertarse cuando se anota por ejemplo un valor pequeño para una planta o muestra grande. El traslado de los datos del cuaderno a la computadora es aburrido y por eso una causa de muchos errores. Por eso se debe imprimir una copia en papel y comparar número por número con los datos originales. Es recomendable invitar otra persona para revisar los datos, ya que es difícil reconocer errores propios.

Después se puede calcular los residuales (diferencias entre valores observados y esperados) y anotarlos en el croquis del ensayo. Así se detectan fácilmente los valores extremos (accidentes) y variación espacial (patrones). Los errores evidentes se deben corregir y en caso de tendencias espaciales se puede aplicar un análisis de vecinos cercanos. Coeficientes de variación extremos también pueden dar una indicación de errores en los datos.

Otra forma para visualizar datos raros es mediante gráficos de dispersión de pares de variables correlacionadas, como el rendimiento de grano *versus* el número de vainas o el rendimiento de forraje en corte n+1 *versus* el rendimiento en corte n. Puntos que están muy afuera del patrón normal pueden indicar errores de medición o transcripción. Sin embargo, también pueden ser reales y representar efectos o interacciones no esperados. Por eso, es peligroso "masajear" los datos hasta que se conformen con nuestras esperanzas o prejuicios!

### Aspectos del análisis de varianza (ANVA)

El análisis de varianza, que mide las distancias cuadradas entre valores o niveles, se puede explicar describiendo los componentes del cuadro de ANVA. Las fuentes de variación (FV) incluyen las inducidas mediante el manejo (tratamientos) y los presentes en las unidades experimentales (errores). Los grados de libertad (gl) expresan que en general más unidades o niveles resultan en mayor variación. Por eso la suma de cuadrados (SC) se divide por los gl correspondientes para obtener el cuadrado medio (CM). Las proporciones entre los CM de los tratamientos y los CM de los errores correspondientes resultan en los valores F calculados (mejor llamados razones de varianzas).

Los valores F calculados se comparan con valores tabulados para varios niveles de significancia, usualmente  $P \leq 0.05$ . Cuando un F calculado supera al F tabulado correspondiente, se considera hay un efecto significativo (eso no implica que sea relevante). En este caso se pueden hacer

comparaciones de medias, calculando la diferencia significativa mínima (DSM) o aplicando las pruebas de Duncan o Tukey, para ver cuales diferencias son las significativas. La base para estas pruebas es el error estándar (EE) o sea la raíz cuadrada del CM del error.

Dividiendo el EE por el promedio del ensayo y multiplicándolo por 100 se obtiene el coeficiente de variación (CV %). Este se usa como indicador de la calidad del ensayo. El nivel actual depende de las condiciones del terreno, la variabilidad del parámetro estudiado, el diseño del ensayo, la variación en el manejo, el muestreo de las unidades, la exactitud de las observaciones, los errores en la transcripción y quizás la distribución anormal del parámetro. Ya que sólo algunas de estas causas son errores reales, sería mejor referirse a la "varianza residual" en lugar de "error experimental". El nivel aceptable depende de los objetivos (exploratorio o definitivo) y condiciones (laboratorio, invernadero, estación experimental o campo de agricultor) del ensayo.

### **Interacción entre los efectos**

Es común escuchar o leer que hay interacción entre los efectos de dos o más factores "porque el cuadro de ANVA lo indica". Sin embargo, este cuadro sólo informa sobre la contribución de alguna interacción a la suma de cuadrados o sobre su significancia, pero no dice nada sobre el carácter (positiva o negativa) o sobre las causas (biológicas) de la misma.

Sin embargo, en los cuadros de promedios es fácil detectar la presencia de una interacción. En el caso de dos factores cada uno con dos niveles, sólo hay interacción si el efecto de la combinación es superior o inferior a la suma de los efectos de cada factor individual. Por ejemplo, en los siguientes rendimientos no se observa interacción: 1100 kg/ha (0 N, 0 P), 1300 kg/ha (50 N, 0 P), 1200 kg/ha (0 N, 20 P), 1400 kg/ha (50 N, 20 P). Para haber una interacción negativa o positiva, el rendimiento de la combinación NP debe ser menor o mayor a 1400 kg/ha, respectivamente. En gráficas, líneas paralelas indican la ausencia de interacción, mientras que líneas con distancias variables hacen sospechar que haya interacción.

Por lo general, hay interacción donde un factor influye en la disponibilidad o efectividad de otro factor. Esto ocurre en los antagonismos en la fertilización mineral, por ejemplo, entre potasio y magnesio. Otros casos son la aplicación de fertilizantes sin o con riego posterior y la efectividad de riego en condiciones sin o con control de malezas.

Para la interpretación de interacciones complicadas sirva de guía el siguiente comentario práctico: *"interacciones entre tres o más factores son muy raros, y si existen, son demasiado difíciles para ser la base para recomendaciones útiles para agricultores."* (Dyke, 1997: 174).

### **Redacción del informe**

La redacción del informe publicado en un medio estable determina el éxito de la investigación formal! Un excelente trabajo de campo queda sin valor si el autor no logra transferir los resultados. Aunque no hay leyes con castigos, es aconsejable redactar bien, en la forma que espera el lector. Un informe considerado mal escrito puede dar la impresión equivocada (?) que el escritor es flojo y que el investigador también lo fue. Aunque se requiere de continuos esfuerzos para dominar el arte de escribir, se pueden indicar algunas reglas generales para la redacción de

informes. Para ejemplos de descripciones sencillas de diversos experimentos con plantas se refiere a Vorst (1990).

La regla más importante es tener en cuenta para quienes se escribe el texto. Cada tipo de lector requiere de un mensaje y estilo diferente. No se debe molestar con detalles, sino dar un mensaje relevante en una forma atractiva. Eso en general implica un informe breve, con una estructura clara, en oraciones cortas, compuestas de palabras sencillas. Cualquier investigador puede seguir estas reglas. El único aspecto que puede requerir de más esfuerzo es aprender como usar la gramática para hacer oraciones correctas.

### Contenido del informe

En general, un informe de investigación consiste de un título, contenido, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, referencias, anexos. Según la *Soil Science Society of America Journal* un informe debe responder a cuatro preguntas básicas: 1. *Qué hice y por qué?* (introducción), 2. *Cómo lo hice?* (materiales y métodos), 3. *Qué aprendí?* (resultados), 4. *Qué significa, cómo compara con otra información?* (discusión y conclusiones) (SSSAJ, 1993). Las preguntas siguientes aclaran en mayor detalle la lógica del contenido:

* Cuál fue el tema del estudio?	introducción del informe
Por qué ha hecho el estudio?	justificación del estudio
Cuáles fueron los objetivos?	delimitación del tema
Cuáles fueron las preguntas?	enlace entre objetivos y métodos
* Cómo ha realizado el estudio?	objetos (materiales)
	acciones (métodos, tratamientos)
	observaciones (variables, criterios)
* Con qué resultados?	efectos de los factores experimentales
	relaciones entre las variables de respuesta
	influencia de otros factores (covariables)
* Cuáles son las implicaciones?	claridad (enfoque de la discusión)
	utilidad (énfasis en las conclusiones)
* Cómo se puede verificar?	referencias (bibliografía)
	anexos (datos detallados)

Las preguntas no mencionaron el "estudio de literatura", porque ese no debe ser un objetivo en sí, como muchas veces ocurre, sino sólo un apoyo en la búsqueda de respuestas a las preguntas mencionadas.

### **Elaboración de los resultados**

Un método usual en la redacción de resultados es realizar un análisis de varianza u otro tipo de análisis y después escribir el texto de A hasta Z. Esta forma de redactar, especialmente al revisar y cambiar el contenido varias veces, fácilmente hace perder el orden por completo. Por eso se sugiere el procedimiento siguiente:

- \* Hacer todos los cuadros y gráficos posibles (relevantes)
- \* Seleccionar los más interesantes para el texto (mensaje)
- \* Anotar por cuadro o gráfico la interpretación (palabras clave)
- \* Ordenar los cuadros y gráficos por tema (título de sección)
- \* Hacer una lista de los puntos principales a tratar por sección
- \* Agrupar los puntos según la relación entre ellos en párrafos
- \* Ordenar los párrafos en orden lógico, de hechos a discusión
- \* Sólo ahora comenzar a "escribir" el texto

De este modo se ha estructurado todo el mensaje antes de enredarse en los detalles aburridos de la redacción. Al llegar a este punto será más fácil invocar el apoyo de un editor, que hasta sin conocer el tema podrá concluir el texto, que luego debe ser revisado por el "autor".

Para otros tipos de textos se recomienda el mismo orden de trabajo: anotar todos los temas a tratar, agrupar los temas por capítulo, subdividirlos por sección y párrafo, empezar a escribir. En este proceso puede ayudar la formulación en una etapa temprana de títulos completos, claros y estimulantes, que deben expresar el mensaje interesante del texto. Cada tema se compara con el título del texto, del capítulo o de la sección. Si tiene relación con los títulos -en el orden mencionado- se lo conserva. En caso contrario, se desecha el tema o se adapta el título que fue incompatible.

### **Sugerencias para la redacción**

En la redacción técnica es importante la consistencia en la aplicación de las reglas y formatos. Por ejemplo, se puede diferir de opinión sobre cuál es la mejor forma de redactar las citas bibliográficas, pero no cambiar arbitrariamente el formato de una cita a otra. Las revistas internacionales sí exigen el cumplimiento estricto y ciego de su "estilo de casa". A continuación se presentan algunas reglas de redacción en forma muy resumida.

- \* Buscar títulos completos, breves, claros y estimulantes (pensar en el mensaje!)
- \* Diseñar una estructura lógica, con balance entre componentes, sin subdivisión excesiva
- \* Evitar repeticiones innecesarias (cuadros y figuras deben ser completos, auto explicativos)
- \* Separar entre hechos comprobados y opiniones o interpretaciones subjetivas
- \* Usar de 4-8 párrafos por página (estos deben indicar la lógica del argumento)
- \* Hacer oraciones con una sola idea o dos muy relacionadas (máximo de 2-3 líneas)
- \* Construir oraciones claras y completas, con sujeto, verbo, complemento, etc.
- \* Manejar conceptos concretos y específicos en lugar de abstractos y generales
- \* Escribir textos científicos en voz activa, los métodos y resultados en tiempo pasado
- \* Usar palabras breves y fáciles de recordar (según el nivel del lector, sin tecnicismos)
- \* Leer en voz alta para escuchar la estructura de las oraciones (posición de comas)
- \* Revisar el texto y borrar todos los párrafos, oraciones y palabras no esenciales
- \* Asegurar que haya consistencia en voz, tiempo, género, letras y números
- \* Verificar la ortografía con diccionarios (este esfuerzo cambia el aspecto del texto)
- \* Hacer uso correcto de nombres, medidas, abreviaturas y siglas (diccionarios)
- \* Escribir los nombres de género y especie en *cursivo*, sin subrayar, sin enfatizar
- \* Usar en lo posible las medidas del *Systeme International d'Unités* (SI)
- \* En caso de siglas (sin puntos) la primera vez dar el nombre completo o referir a lista
- \* Aprovechar la literatura para apoyar los resultados, no para reemplazarlos
- \* Referir a fuentes originales (no traducidas) y evitar plagiado (copiar sin mencionar fuente)
- \* Redactar las citas bibliográficas en forma sistemática (no variando el formato)

## Referencias

Dyke, G. 1997. How to avoid bad statistics. *Field Crops Research* 51: 165-187

Mutsaers, H. and Walker, P. (eds.) 1991. On-farm research in theory and practice. Proceedings of a workshop on design and analysis of on-farm trials, 27 February to 3 March 1989. International Institute of Tropical Agriculture (IITA). Ibadan, Nigeria. 204 p.

Steenhuijsen Piters, B. de 1995. Diversity of field and farmers: Explaining yield variations in northern Cameroon. PhD. thesis. Wageningen Agricultural University. Wageningen, The Netherlands. 227 p.

Vorst, J. (ed.) 1990. Experiments in crop science. Crop Science Society of America. Madison WI, USA. 62 p.

## 11.

**Aspectos básicos de la hoja de cálculo Excel**

**Milán Caro**  
**Proyecto Rhizobiología Bolivia**

**Introducción**

La hoja de cálculo Excel (® *Microsoft Corporation*) se estructura sobre la base de 65536 filas y 260 columnas por hoja de cálculo, las que a su vez forman el libro de cálculo.

La intersección entre filas y columnas forman las celdas (A 1 hasta IV 65536). El movimiento en las celdas se puede realizar con las teclas flecha, entrada, inicio, fin, página adelante, página atrás. Para activar la barra de menú se puede utilizar el ratón (mouse) o presionando la tecla F 10 o ALT seguida de las letras subrayadas del menú principal. Para seleccionar los siguientes sub menús, con *flecha arriba* o *flecha abajo*, *flecha izquierda* o *flecha derecha*, *inicio* o *fin*. Para cerrar el menú o un sub menú visible con la tecla *Esc*.

**Introducción de fórmulas y datos**

**Generalidades.** La introducción de una función o una fórmula siempre debe ir precedida por el signo = seguido del rango de celdas que se desea para realizar una operación, entre paréntesis. Por ejemplo: = *SUMA(B1:B4)*, dará como resultado de sumar los valores 1+2+3+4 = 10.

	A	B	C	D	E	..	..	..	IV
1		1							
2		2							
3		3							
4		4							
5		= SUMA(B1:B4)							
6									
..									
..									
..									
65536									

El presente artículo presenta algunas de las funciones más utilizadas y tendientes a la relación de esta hoja de cálculo con paquetes estadísticos como el MSTATC o SPSS.

A continuación, como ejemplo, se formará una base de datos de un ensayo en el que se tienen varios factores.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Sub muestra de materia verde (g) =				300			
2	Superficie evaluada (m2) =				6			
3	Rep	Riego	Cultivares	MVkg/6m2	MV kg/ha	PS sub muest g	% MS	MS hg/ha
4	1	1	1	15.6	=(D4*10000)/\$E\$2	63.5	=(F3*100)/\$E\$1	=(G4*E4)/100
5	1	2	1	16.8	28000	62.0	20.67	5787
6	1	1	2	14.6	24333	65.0	21.67	5272
7	1	2	2	19.5	32500	58.9	19.63	6381
8	1	1	3	23.8	39667	59.6	19.87	7880
9	1	2	3	25.4	42333	60.2	20.07	8495
10	1	1	4	8.9	14833	61.0	20.33	3016
11	1	2	4	9.6	16000	62.3	20.77	3323
12	2	1	1	17.9	29833	63.1	21.03	6275
13	2	2	1	20.5	34167	63.5	21.17	7232
14	2	1	2	13.2	22000	62.5	20.83	4583
15	2	2	2	16.2	27000	59.2	19.73	5328
16	2	1	3	25.6	42667	58.9	19.63	8377
17	2	2	3	27.5	45833	57.6	19.20	8800
18	2	1	4	5.2	8667	59.8	19.93	1728
19	2	2	4	6.9	11500	60.0	20.00	2300
20	3	1	1	18.3	30500	60.2	20.07	6120
21	3	2	1	19	31667	61.2	20.40	6460
22	3	1	2	16.4	27333	63.4	21.13	5776
23	3	2	2	17.2	28667	62.5	20.83	5972
24	3	1	3	20	33333	59.9	19.97	6656
25	3	2	3	21.3	35500	60.1	20.03	7112
26	3	1	4	10.3	17167	60.2	20.07	3445
27	3	2	4	12	20000	61.3	20.43	4087

En el ejemplo se realizará el llenado de las variables calculadas. Para ello se ubica el cursor en el inicio de cada una de las columnas y se escribe el título de cada variable.

Para copiar datos, se debe introducir el primer dato en la primera celda de la columna A, ubicar o manchar la parte que se desea copiar (A1) ingresar a *Edición*, seleccionar *Copiar* y llevar el cursor y manchar el rango (A5:A11) donde se quiere copiar y pulsar *Pegar*, ya sea con los iconos o con el menú *Edición*. Se procede de la misma manera para la segunda y tercera repetición y para las columnas B y C. Para la columna D y F se deberán llenar uno por uno los datos ya que son resultados de campo y laboratorio, respectivamente.

**Formato de números.** La presentación de los datos en las columnas puede ser diferente. En las columnas A,B,C,E y H se requiere que los datos tengan formatos de presentación solo con enteros, las columnas D, F y G con dos decimales. Como ejemplo, se realizará la definición para las columnas A y D:

Manchar la columna A (presionando con el botón izquierdo del ratón en la letra A), ingresar a *Formato* seleccionar *Celdas y Números* y fijar con la flecha o escribir el número de decimales con los que se desea trabajar; para el caso del ejemplo escribir o seleccionar cero decimales. De la misma manera se procede para las columnas A,B,C,E y H.

Para la columna D, con la misma secuencia, se puede fijar dos decimales. Otra forma es con los iconos de la barra principal del programa que presentan la opción de para aumentar o disminuir las cifras decimales, previa selección del rango o columna a modificar.

**Ingreso de una fórmula.** La columna E corresponde al cálculo de materia verde por hectárea. El cálculo corresponde a una regla de tres simple directa:

$$\begin{array}{l} \text{peso verde sub muestra (columna D)} \text{ ----- superficie evaluada en m}^2 \text{ (celda E2)} \\ x \text{ ----- } 10000 \text{ m}^2 \end{array}$$

para el cálculo, ubicar el cursor en la celda E4 y escribir el signo = seguido de un paréntesis abierto; ubicar el ratón en la celda D4 (o escribir esta dirección) y presionar el signo de multiplicación \*. Seguidamente escribir el número 10000, cerrar paréntesis, presionar el signo de división / ubicar nuevamente el ratón en la celda E2 (o escribir esta dirección) y presionar la tecla F4 o escribir el signo \$ antes y después de la letra E. Con este signo \$, se fija como una constante la celda. Por último presionar la tecla *Enter*. Para fijar una fila, solo se escribe el signo \$ antes del número de la fila. Para fijar una columna, se escribe el signo \$ antes de la letra que corresponde a la columna.

La fórmula será  $= (D4 * 10000) / E\$2$

para editar la formula presionar la tecla *F2*, opción que da lugar a modificar la fórmula.

Para copiar en el resto de la columna presionar en el icono *Copiar* o en *Editar/Copiar* y manchar el resto de las celdas donde serán copiadas las fórmulas (*E5:E27*) y presionar el icono *Pegar* o en *Editar/Pegar*.

Las columnas G y H también vienen de cálculos de fórmulas (reglas de tres) para el porcentaje de materia seca.

Columna G:

$$\begin{array}{l} \text{Peso verde sub muestra (celda E2)} \text{ ----- } 100 \% \\ \text{Peso seco sub muestra (columna F)} \text{ ----- } x \text{ (porcentaje de materia seca)} \end{array}$$

la fórmula se escribe en la celda G4 y se debiera presentar de la siguiente manera:

$$= (F3 * 100) / E\$1$$

Columna H:

$$\begin{array}{l} \text{Peso verde kg/ha (columna E)} \text{ ----- } 100 \% \\ x \text{ (peso seco kg/ha)} \text{ ----- } \text{porcentaje de materia seca (columna G)} \end{array}$$

la fórmula se escribe en la celda H4 y se debiera presentar de la siguiente manera:

$$=(G4*E4)/100$$

Para copiar las fórmulas, se realiza los mismos pasos que para la columna E.

**Fijar valores de fórmulas.** Algunos cálculos no son necesarios mantenerlos como fórmula en las columnas, filas o celdas. Al presionar *F2* en la presentación se tiene la fórmula para el caso del ejemplo, en la celda *E4* se visualiza  $=(D4*10000)/\$E\$4$ . Cuando se fijan a valores al presionar *F2* se visualiza el valor correspondiente a esa operación.

Para la columna E se puede proceder de la siguiente forma: en principio se mancha la columna o rango que se desea modificar como números (valores) de las fórmulas; posteriormente se pulsa *Copiar* y nuevamente ingresar a *Edición* del menú principal sin ubicar otro rango para pegar y seleccionar nuevamente *Formato/Pegado especial* y presionar en *Valores*. Con ello la presentación ya será numérica en valor absoluto.

## Generación de gráficos

**Ejemplo.** La siguiente base de datos corresponde al promedio de dos localidades con seis tratamientos. Se realizará una gráfica de dispersión en el que se diferenciarán los puntos por localidades. El orden de los datos es importante para este tipo de gráficas la introducción de datos debe ser en pares (eje X y eje Y).

	MS nódulos	MS raíz
<u>CEAC</u>		
Tratamiento 1	90.9	0.46
Tratamiento 2	93.3	0.49
Tratamiento 3	109.9	0.56
Tratamiento 4	81.3	0.51
Tratamiento 5	77.5	0.46
Tratamiento 6	74.4	0.45
<u>COHANI</u>		
Tratamiento 1	62.5	0.35
Tratamiento 2	57.9	0.34
Tratamiento 3	63.3	0.36
Tratamiento 4	88.6	0.45
Tratamiento 5	83.3	0.47
Tratamiento 6	72.7	0.42

En principio, se debe marcar la serie correspondiente a la primera localidad con el ratón o con *Shift+teclas flecha*, en este caso el rango *C2:D7*. Para este tipo de gráfica se debe introducir pares de datos. Por defecto la primera columna corresponde al eje X y la segunda al eje Y. Con el ratón, se puede presionar en el icono de gráfico y aparece el cursor con una gráfica pequeña. Para determinar el tamaño de la gráfica se presiona el botón izquierdo del ratón, se recorre hasta el tamaño deseado y se deja de presionar el botón del ratón. Aparece un asistente para gráficos con cinco pasos:

*Paso 1* Preguntan si el rango de los datos introducidos es correcto, presionar en *Siguiente*

*Paso 2* Selecciona el tipo de gráfica. Para el ejemplo se elige la opción de *XY-Dispersión*. Se concluye presionando *Siguiente*.

*Paso 3* Para el ejemplo seleccionamos la opción *1* (dispersion solo con puntos). Se concluye presionando *Siguiente*.

*Paso 4* Este paso pregunta si la serie de datos está en *Columnas* o *Filas*. Para el ejemplo se selecciona *Filas* dada la disposición de los datos en la hoja de cálculo. Se concluye definiendo:

*Usar las primeras columnas para datos X*  
*Usar la primera fila para texto de leyenda*

*Paso 5* Se definen varios aspectos según el gráfico que se deseé.

Presionando en *Terminar*, aparece la gráfica de dispersión con una serie. Para introducir la segunda serie, correspondiente a la segunda localidad, se puede marcar con el ratón el rango (*B9:C15*), presionar en *Edición/Copiar* y presionar con el ratón en la gráfica y pulsar en *Edición/Copia Especial* e indicar en el cuadro de diálogo que:

- ✓ los puntos pertenecen a una nueva serie
- ✓ los nombres de la serie en la primera fila
- ✓ Abscisas (valores de X) en la primera columna. Para terminar presionar en *Aceptar*.

Para introducir una tercera serie correspondiente a las dos localidades juntas con objeto de presentar la ecuación de regresión, coeficiente de determinación y la línea de tendencia en la gráfica, se puede marcar con el ratón el rango (*B3:C15*). Presionar en *Edición/Copiar* y presionar con el ratón en la gráfica y pulsar en *Edición/Copia especial* e indicar en el cuadro de diálogo que:

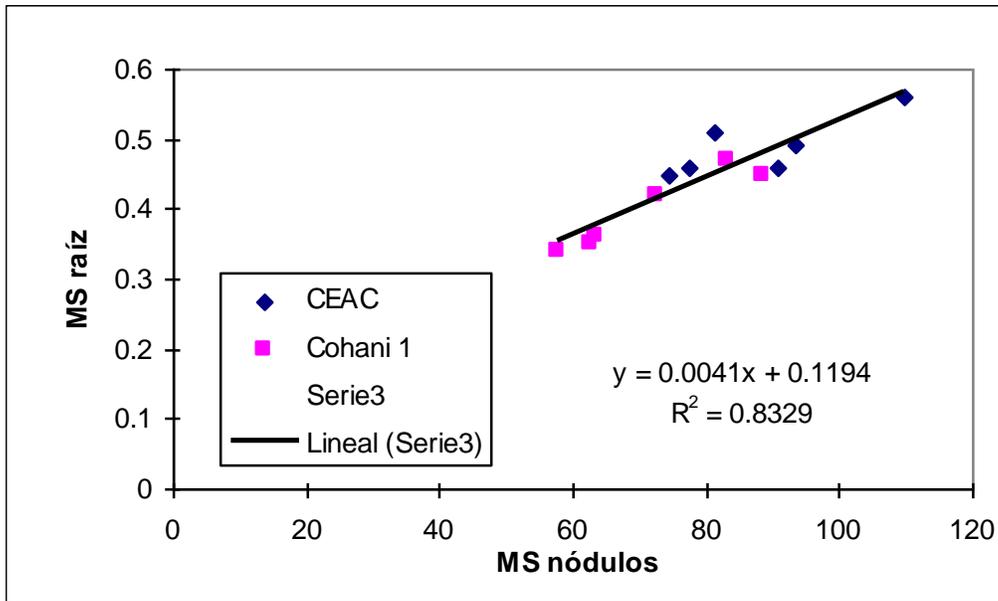
- ✓ los puntos pertenecen a una nueva serie
- ✓ los nombres de la serie en la primera fila
- ✓ abscisas (valores de X) en la primera columna. Para terminar presionar en *Aceptar*.

Para tener la presentación de la línea de tendencia, el coeficiente de determinación y la ecuación de la línea de tendencia, se presiona con el ratón en un punto de la última serie introducida y presionar el botón derecho del ratón. Aparece el menú y se selecciona *Formato de la serie*. Ingresar a *Diseño/Marcador* y seleccionar en *Ninguno* para posteriormente presionar en *Aceptar*. Seleccionando la opción *ninguno* se indica que no se vea en la

presentación de la gráfica. Presionando en la serie con el botón derecho del ratón y seleccionando *Agregar línea de tendencia*, del tipo *Lineal* seleccionado así por la distribución de los puntos y su tendencia. Presionando en *Opciones* se tiene:

- X *Presentar ecuación de gráfica*
- X *Presentar el valor de R cuadrado en la gráfica*

Presionando *Aceptar* la presentación del gráfico quedaría:



La modificación de la gráfica se puede realizar presionando en el objeto a modificar con el botón derecho del ratón. Estas modificaciones pueden ser de formato i de texto dentro la figura, quitando, aumentando o corrigiendo.

**Otro ejemplo.** Sobre la base de la siguiente tabla de datos de rendimiento en materia seca (MS) de forraje de 7 accesiones de triticale, en dos momentos de corte, se elaborará un gráfico.

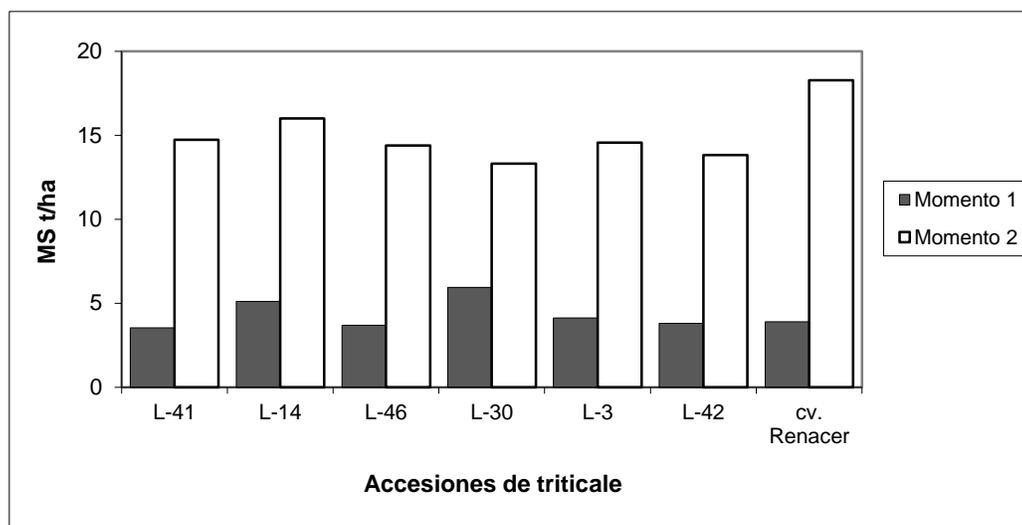
Rend. en MS por momento de corte (t/ha)	Momento 1	Momento 2
L – 41	3.53	11.73
L – 14	5.10	16.00
L – 46	3.69	14.39
L – 30	5.95	13.31
L – 3	4.13	14.56
L – 42	3.81	13.83
cv. Renacer	3.89	18.28

Para tener el tipo de gráficas en barras con doble entrada, manchar con el ratón desde la celda *A1* hasta *C9* y presionar en el icono gráficas. Se tiene el cuadro de diálogo con los cinco pasos para realizar la gráfica.

*Paso 1* Teniendo el rango correcto se presiona en *Siguiente*.

*Paso 2* Selecciona el tipo de gráficas, para el ejemplo *Columnas*. Concluir presionando *Siguiente*.

*Paso 3 al 5* Similares al anterior ejemplo. La presentación de la gráfica quedaría:



## Guardar un archivo

Cualquier gráfica generada desde Excel puede ser llevada a programas editores de texto, como Microsoft Word. Para ello basta con seleccionar la figura con el ratón (estando en Excel) y escoger el ícono del comando *Copiar* o en *Edición, Copiar*.

Abriendo el archivo de Word, se elige *Edición, Pegado especial, Gráfico de Microsoft Excel Objeto*, además en esta misma ventana, es prudente desactivar la opción de flotar sobre el texto para manejar de mejor manera el gráfico. Por esta vía, se tiene la opción de hacer cambios o editar el gráfico retornando directamente desde Word al gráfico original de Excel.

Es importante procurar definir el gráfico, en todos sus aspectos, cuando se está en Excel. Por otra parte, se deben armar los gráficos, en caso de ser varios para un solo documento, con exactamente el mismo tipo de formato.

## **Guardar un archivo**

Para guardar un trabajo se presiona en *Archivo* del menú principal, luego se selecciona *Guardar como* y se nombra el archivo previa ubicación del directorio en el que se va a almacenar la información.

Aquí es importante tomar en cuenta la ventana que pregunta sobre el tipo de archivo (*Guardar como tipo*). Así, puede guardarse como archivo de Excel (\*.xls) en la versión que se esté usando o en versiones anteriores para que en cualquier máquina pueda ser reconocido el archivo. La opción \*.csv, *delimitado por comas* es muy importante para que el archivo sea reconocido en el paquete estadístico MSTATC, tal como se verá más adelante.

## 12.

## Introducción al MSTAT-C

Milán Caro  
Proyecto Rhizobiología Bolivia

## Introducción

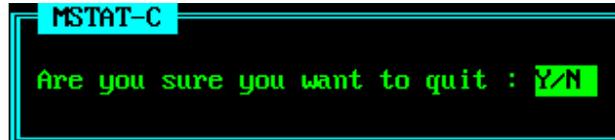
El MSTAT-C (© Michigan State University, 1990) es un paquete estadístico que es utilizado para diferentes análisis en el campo de la agronomía. Fue formulado en la Universidad Estatal de Michigan (USA) por Russell D. Freed. Es un paquete que funciona bajo entorno DOS. Para ingresar es más recomendable hacerlo desde DOS según su ruta de instalación.



Para movilizarse dentro de la pantalla principal del MSTAT-C se puede utilizar las teclas de flechas o escribiendo el número que precede a cada comando. Por defecto el cursor se ubica en la opción 20 *FILES* ya que se asume que el primer paso es la selección o creación de un archivo con el cual trabajar.



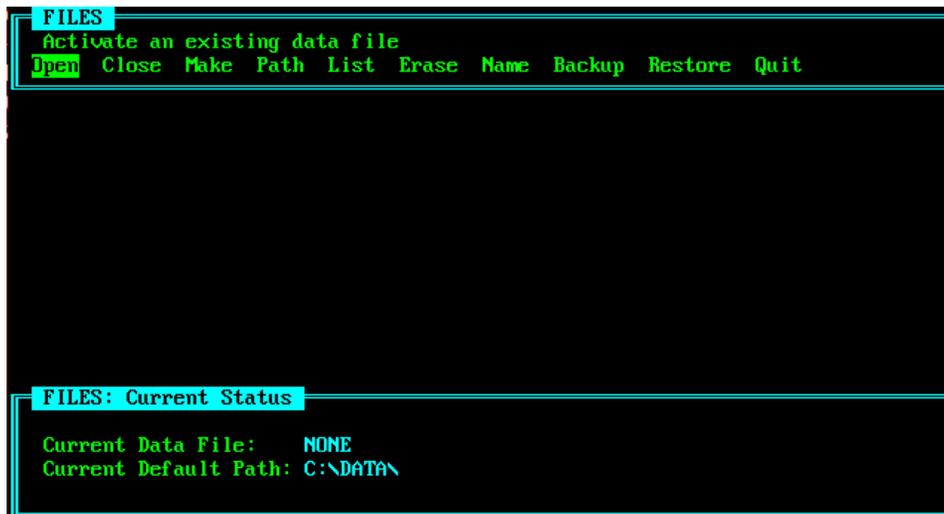
Para salir del MSTATC o de cualquier sub menú se presiona la tecla *Esc*. Se presenta una pregunta con opciones *Y/N* para confirmar la salida. Respondiendo *Y* y *ENTER* se sale de la ventana activa, pudiendo retornar al DOS. Para salir de una ventana cualquiera de los sub menús se puede presionar *Esc* en el teclado o *QUIT* del sub menú del programa.



El presente artículo refiere aspectos generales y básicos del manejo del programa (versión 2.00).

## Generación de un archivo

La creación de un archivo se la realiza con la opción 20 *FILES* del menú principal. Entrando a las opciones de esta ventana se tiene:



<i>Open</i>	Abre archivos
<i>Close</i>	Cierra archivos
<i>Make</i>	Crea un archivo
<i>Path</i>	Define la dirección (directorio) donde se trabajará
<i>List</i>	Lista los archivos en la dirección definida por <i>Path</i>
<i>Erase</i>	Elimina archivos no útiles sin opción a recuperar
<i>Name</i>	Renombra los archivos
<i>Backup</i>	Efectúa copias de seguridad
<i>Restore</i>	Recupera los archivos de seguridad
<i>Quit</i>	Sale de la ventana al menú principal

Como ejemplo crearemos el archivo JUEVES (el nombre no debe exceder los ocho caracteres) dentro el directorio C:\SEMCIF en el disco duro. Para dar dirección o ruta del archivo donde será almacenada la información se debe ingresar a *Path* para dar la dirección para el ejemplo escribir C:\SEMCIF. Es más práctico trabajar en el disquete A para así no llenar el disco duro con archivos.

## Creación de un archivo

**Nombrar el archivo** Ingresar a *Make*, y anotar el nombre del archivo en la primera fila. En nuestro ejemplo *JUEVES*, presionar *ENTER*. Para la segunda fila se puede dar mayores referencias del archivo, por ejemplo *prácticas de seminario*.

```

Enter MSTAT file name (Press F1 for help - ESC to quit)

Default path C:\DATA\

Enter File Name:
JUEVES

Title prácticas de seminario

Size 100      Status on Exit of Subprogram ACTIVE

```

Después de dar el nombre y la descripción del archivo presionar *Esc* hasta salir al menú principal del MSTAT-C.

**Definición y cargado de variables** En caso de que ya se tenga un archivo para abrir, se dará la ruta del archivo y presionar en *Open*. Para listar y seleccionar los archivos que se encuentran en ese directorio presionar *F1*, esta opción muestra todos los archivos del *Path* seleccionado.

Con las teclas flecha, o el ratón o escribiendo el número *41* se selecciona en el menú principal *SEDIT*. En esta opción se define la hoja de trabajo constituida por filas (*Cases*) y columnas (*Variables*). Las variables pueden ser cualitativas o cuantitativas, estos datos serán almacenados en el archivo creado. Se presenta el siguiente sub menú:

```

SEDIT
Sedit Options Command Menu
File Options Enter/Edit Quit

```

<i>File</i>	Modifica la ruta de trabajo, abre o crea un archivo nuevo
<i>Options</i>	Define el número de casos, formato, nombre de la variable
<i>Enter/Edit</i>	Permite introducir datos
<i>Quit</i>	Sale del sub menú

Seleccionando con el cursor en *Options* y presionando *ENTER*, se tiene:

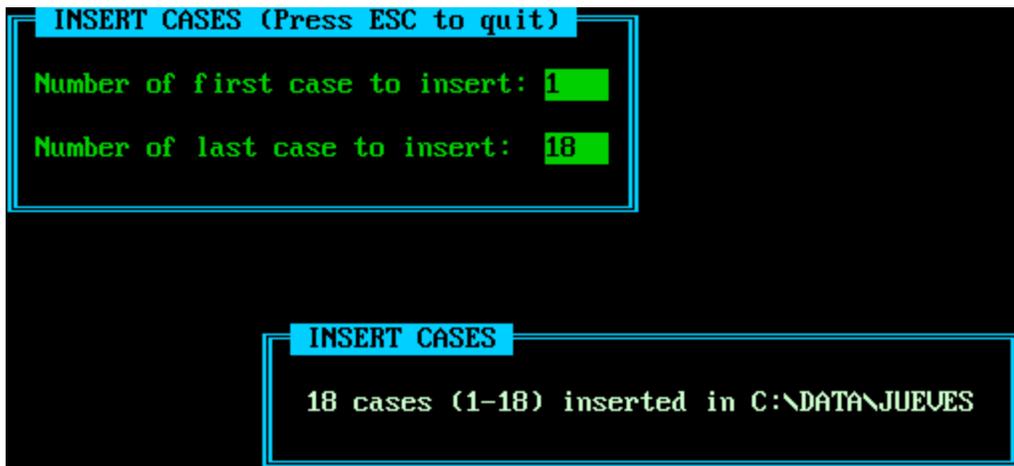
```

SEDIT
Insert or Append Cases to the Current MSTAT Data File
Insert Cases Remove Cases Define Newtxt Variables Goto Quit

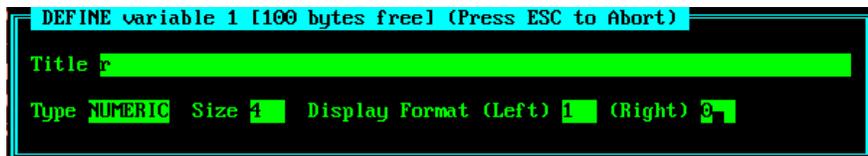
```

<i>Insert cases</i>	Determina el número de filas (casos) de la base de datos
<i>Remove cases</i>	Elimina una o más filas de la base de datos
<i>Define</i>	Determina el número, tipo, formato de la variable (parte entera y decimal)
<i>Newtxt</i>	Renombra y redefine el formato de la variable
<i>Variables</i>	Oculto la visualización de una o más variables
<i>Goto</i>	Desplaza al caso deseado
<i>Quit</i>	Salte del sub menú

Seleccionar *Insert Cases* en el cual se indicará el número de filas (unidades experimentales o casos), en rango, con el que se trabajará. Para el ejemplo, en la primera línea el caso *1* y en la segunda fila el número de la última fila *18*.

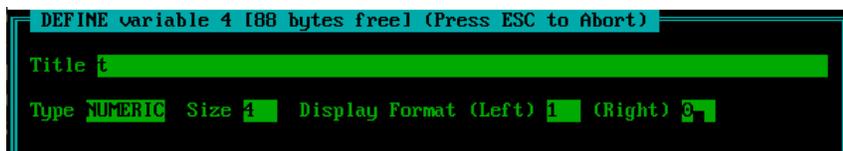


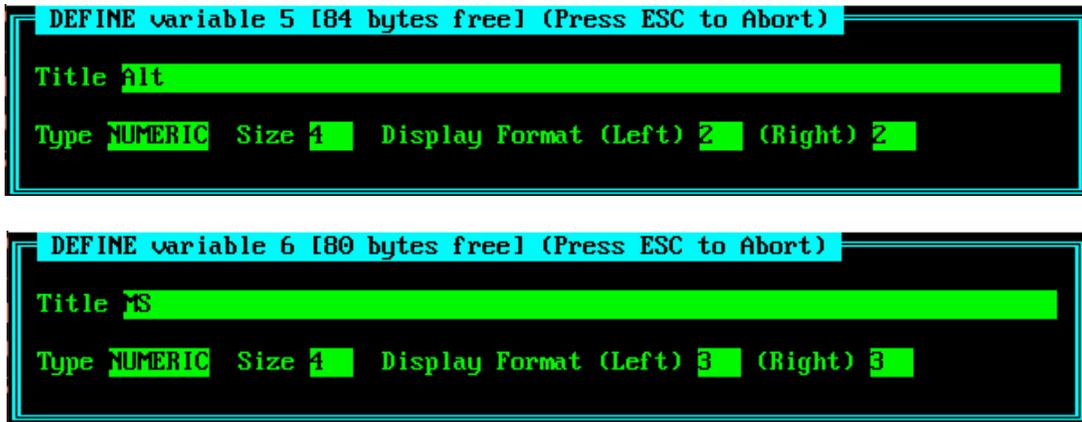
Se retorna al sub menú *Sedit* con la tecla *Esc*. Pulsando en *Define* se puede definir las variables en varios aspectos, según el siguiente cuadro de diálogo.



<i>Title</i>	Pide el nombre de la variable, para el ejemplo: <i>r</i> (por repetición)
<i>Type</i>	Pide definir el tipo de dato, si será <i>numérico</i> o <i>texto</i> la selección se realiza presionando la barra espaciadora. En el caso del ejemplo se presiona <i>numérico</i> .
<i>Size</i>	Refiere al tamaño. Por defecto esta con 4. Normalmente se mantiene el valor por defecto.
<i>Display format</i>	Formato de presentación del número. <i>Left</i> (cifras a la izquierda del punto) <i>Rigth</i> (cifras a la derecha del punto), o sea los dígitos enteros y decimales. Para el ejemplo 1 y 0, respectivamente.

Se sigue el mismo procedimiento para todas las variables. Después de definir la última presionar solo *Esc* para salir al sub menú *Options*.





**Llenado de datos** Estando en *Options*, se ingresa al sub menú *Enter/Edit*. Aparece el cursor en la primera intersección fila/columna en la que se escribe el número o dato correspondiente, en el ejemplo repetición *1*.

Se puede llenar los datos correspondientes en cada columna siguiendo a cada entrada de dato la tecla *ENTER*. Automáticamente bajará el cursor al siguiente caso, hasta el final de la columna, de ahí saltará a la primera fila de la siguiente variable. Así se podrá llenar toda la información del archivo.

Llenada la base de datos, se presiona *Esc* hasta salir al menú principal. El archivo creado ya esta abierto y se puede elegir entre las diferentes opciones del programa para analizar los datos. La opción *36. PRINLIST* es utilizada para ver y/o imprimir los datos con todas sus especificaciones.

## Referencias

Bricker, B. (ed.) 1990. User's guide to MSTAT-C: A software program for the design, management, and analysis of agronomic research experiments. Michigan State University. Michigan, USA. s/p.



## 13.

**Importación de datos de EXCEL a MSTAT-C**

**Ruddy Meneses**  
**CIF-UMSS**

La hoja electrónica EXCEL es de gran utilidad para la manipulación de datos que luego podrán ser analizados mediante estadística inferencial (pruebas de F, comparaciones de medias, correlaciones, etc.) con mayor facilidad desde el MSTAT-C. El presente documento explica la manera de lograr transformaciones o importaciones desde el MSTAT-C de matrices de datos estructuradas en EXCEL.

Es fundamental configurar Windows para que en EXCEL reconozca el punto decimal como punto y no coma. Normalmente por defecto esto es así. De no serlo se debe entrar a *Inicio; Configuración; Panel de Control y Configuración Regional*. Estando en esa ventana se puede elegir *Español (tradic.)* o *Español (México)* que por defecto señalan la configuración del *Símbolo decimal* como un punto.

En EXCEL normalmente se deberá tener dos hojas de cálculo para vaciar la base de datos de cualquier trabajo. Una de ellas se puede denominar hoja de trabajo donde esta toda la información y otra que se puede denominar hoja de análisis donde esta ya datos procesados y calculados de los cuales se requiere un análisis estadístico. Esta última hoja debe estar debidamente ordenada y con códigos muy claros. Como ejemplo se presenta la Tabla 1.

**Tabla 1.** Base de datos para cinco cultivares de sorgo en cuatro repeticiones. La Violeta. 1999

Repetición	Cultivares	MS (kg/ha)	Altura planta (cm)	Grano (t/ha)
1	1	2345	125.6	5.2
1	2	2367	158.0	6.3
1	3	3456	154.0	2.5
1	4	5672	189.3	1.6
1	5	897	102.5	8.9
2	1	2456	135.7	5.4
2	2	2000	165.2	6.0
2	3	3567	164.2	1.8
2	4	6789	198.2	1.2
2	5	568	98.5	8.0
3	1	2789	165.3	4.8
3	2	128	198.2	6.0
3	3	4072	152.0	3.5
3	4	6980	201.6	1.9
3	5	1232	125.3	1.3
4	1	2009	126.3	3.5
4	2	2456	156.0	5.0
4	3	4567	165.0	3.6
4	4	6758	198.2	1.4
4	5	126	89.3	8.4

Nótese que el número de decimales es constante dentro de cada columna. Se considerará este ejemplo que tiene 20 casos (correspondientes a 20 unidades experimentales), dos factores (repetición y cultivar) y tres variables de respuesta. Supongamos como nombre de este archivo: *prueba.xls*.

1. Para preparar la hoja de Excel a ser importada desde el MSTAT-C, esta debe estar libre de cualquier título de encabezamientos de columnas. Solo deberá tener los datos (el decimal es un punto) netos en cada celda correspondiente. Por otra parte es importante ajustar las columnas a un mismo número de cifras decimales por columna. Para ello deberá eliminarse en EXCEL la primera fila de títulos (tener anotado en un papel lo correspondiente a cada columna). Siendo así la tabla del ejemplo quedaría como sigue:

1	1	2345	125.63	5.2
1	2	2367	158.02	6.3
1	3	3456	154.00	1.6
1	4	5672	189.26	8.9
1	5	897	102.54	5.4
2	1	2456	135.68	6.0
2	2	2000	165.21	1.8
...				...
4	5	126	89.30	8.4

2. Se entra a *Archivo* y se selecciona *Guardar como*, se mantiene el mismo nombre del archivo pero se indica que guarde como *csv (delimitado por comas \*.csv)*, con nuestro ejemplo este archivo se deberá llamar *prueba.csv*. Se sale de Excel grabando el archivo que automáticamente cambiará a la extensión *csv*. Se aceptan las sugerencias emergentes del programa. No se borra el original que tendrá la terminación *.xls* por defecto.
3. Se vuelve a entrar al archivo creado (*prueba.csv*) para verificar si se mantiene el número de cifras decimales constantes para cada columna. En caso de no ser así se coloca nuevamente el mismo número de cifras decimales definido para cada columna de datos dejando la tabla tal como se muestra arriba. Finalmente se vuelve a grabar este archivo (*.csv*). Se sale de EXCEL.
4. Se entra a MSTAT-C y en la opción *20 Files*, se define el nuevo *Path* y se sugiere que siempre se lo haga en la unidad A: para no llenar con archivos el directorio *Data* del MSTAT-C.

```
CHANGE PATH (Press RETURN or ESC)
New default path is C:\DATA\
```

5. Se crea un nuevo archivo que será el receptor de los datos a importarse del EXCEL, esto se hace mediante el comando *Make* de la misma opción *Files*. Se asigna el nombre del nuevo archivo (máximo 8 caracteres, supongamos *prueba*), si se desea se le asigna un nombre, se acepta el tamaño 100. En caso de ser archivos bastante grandes este tamaño podrá cambiar de magnitud.

```
Enter MSTAT file name (Press F1 for help - ESC to quit)
Default path C:\DATA\
Enter File Name:
PRUEBA
Title
Size 100 Status on Exit of Subprogram ACTIVE
```

6. Se sale de Files y se entra a la opción 6 *ASCII*, que es donde se hará la importación de datos. Estando en ella, se entra a la opción 2 *Convert an ASCII file to an MSTAT file*.

```

ASCII
1 Convert an MSTAT file to an ASCII file
2 Convert an ASCII file to an MSTAT file
3 View an ASCII file
4 Edit an ASCII file
5 Print an ASCII file
6 Directory of ASCII files
7 Copy an ASCII file
8 Delete an ASCII file
9 Rename an ASCII file
Q Quit

```

7. Se pide el listado de archivos en la unidad definida en el Path mediante la tecla F1, o se escribe el archivo que se desea transformar (*prueba.csv*).

```

ASCII
CONVERT AN ASCII FILE INTO A MSTAT FILE
Enter the name of the ASCII file to be read

```

8. Mediante un nuevo ENTER sale automáticamente el nombre creado del archivo receptor, en nuestro ejemplo *prueba*

```

ASCII
CONVERT AN ASCII FILE INTO A MSTAT FILE
Enter the name of the MSTAT file to be written
C:\DATA\PRUEBA

```

9. El programa va pidiendo la definición de varios aspectos:

- 9.1. Pide el número de variables (columnas) que tiene el archivo que será transformado, en el ejemplo 5

```

ASCII to MSTAT
You may create new variables in your data file if you wish
or you may overwrite an existing variable
Enter 0 if you do not wish to create new variables
Enter the number of new variables you wish to create : 5

```

- 9.2. Pide definir las variables para cada columna. Para cada una de ellas (en el ejemplo 5) se define el nombre, si es numérico o texto (es mejor utilizar solo números y tener un control externo del significado detallado de cada uno de ellos), el número de dígitos, los dígitos antes y después del punto decimal (que corresponderán a los ya definidos en la base original).

```
DEFINE variable 1 [100 bytes free]
Title 1
Type NUMERIC Size 4 Display Format (Left) 3 (Right) 0
```

```
DEFINE variable 2 [96 bytes free]
Title 2
Type NUMERIC Size 4 Display Format (Left) 3 (Right) 0
```

```
DEFINE variable 3 [92 bytes free]
Title 3
Type NUMERIC Size 4 Display Format (Left) 3 (Right) 0
```

```
DEFINE variable 4 [88 bytes free]
Title 4
Type NUMERIC Size 4 Display Format (Left) 5 (Right) 0
```

```
DEFINE variable 5 [84 bytes free]
Title 5
Type NUMERIC Size 4 Display Format (Left) 5 (Right) 0
```

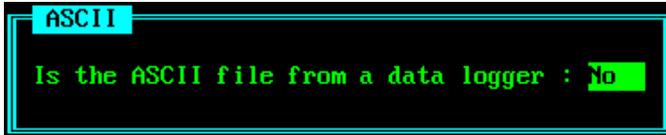
- 9.3. En *List* se escribe nuevamente el número de variables pero expresado en rango, en el ejemplo se tenían 5, por tanto se deberá escribir 1-5

```
ASCII to MSTAT
List : 1-5
```

- 9.4. Nos pregunta si queremos adicionar casos al final del fichero, opción que aceptamos (Y) para posteriormente poder incluir más casos y variables.

```
ASCII
Do you want to add cases to the end of the file : Y/N
```

9.5. Nos pregunta si es un *Data Logger* a lo cual señalamos que No (N). Automáticamente se inicia la importación de datos. Todo concluye cuando en pantalla aparece el número de datos transferidos. Si todo esta bien, este valor corresponderá al número de caso originales. En nuestro ejemplo 20.



```
ASCII
Is the ASCII file from a data logger : No
```



```
ASCII to MSTAT
20 cases have been transferred
```

9.6. Salimos de la opción 6 mediante *QUIT*.

10. Entramos a la opción *41 SEDIT* y verificamos que todo esté en el orden que precisamos.

11. Una vez verificado el formato de nuestra hoja se puede proceder a los análisis que se precisen en el MSTATC.

Nota: Se asume que después de cada orden se presiona la tecla ENTER para efectivizar el paso. Las palabras o números escritos en letra cursiva se refieren a ordenes o descripciones que se las encuentra en los paquetes de la computadora o que uno debe realizarlas con el teclado.

Algunas ventanas intermedias del programa son solo informativas y señalan claramente que se debe presionar la tecla ENTER para continuar (*Press<ENTER> to continue*)



## 14.

**Estadísticos en MSTAT-C**

**Ruddy Meneses**  
**CIF-UMSS**

**Introducción**

El programa MSTAT-C permite la evaluación estadística de datos desde varias opciones de cálculo. Por ser las más utilizadas y por el alcance del presente documento, este artículo se centrará en tres de las funciones más utilizadas del programa: FACTOR, RANGE y PLOT.

Se considerarán como ejemplo datos supuestos de la tabla que a continuación se presenta y que se refiere a un ensayo bajo un modelo de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas, donde el factor principal es el tratamiento fitosanitario y la parcela secundaria son los cultivares. Esquemáticamente, este ensayo en campo tenía la disposición de los ensayos tal como indica el siguiente croquis de campo:

I		II		III	
Prod. 1	cv. 1	Testigo	cv. 2	Prod. 2	cv. 1
	cv. 3		cv. 3		cv. 2
	cv. 2		cv. 1		cv. 5
	cv. 4		cv. 4		cv. 3
	cv. 5		cv. 5		cv. 4
Testigo	cv. 3	Prod. 1	cv. 3	Prod. 1	cv. 1
	cv. 2		cv. 4		cv. 3
	cv. 4		cv. 2		cv. 2
	cv. 1		cv. 1		cv. 5
	cv. 5		cv. 4		cv. 4
Prod. 2	cv. 5	Prod. 2	cv. 3	Testigo	cv. 1
	cv. 4		cv. 2		cv. 5
	cv. 1		cv. 1		cv. 4
	cv. 2		cv. 4		cv. 2
	cv. 3		cv. 5		cv. 1

*Referencias:* Prod. 1: Un producto *x* para el control de la marchitez bacteriana  
 Prod. 2: Un producto *y* para el control de la marchitez bacteriana  
 Testigo: Sin aplicación de productos  
 cv. 1 .... cv. 5: Cinco diferentes cultivares de sorgo forrajero  
 I.....III: Repeticiones

Por deducción, este ensayo tendrá 45 unidades experimentales (UE) o parcelas (3 repeticiones \* 3 tratamientos \* 5 cultivares). Se evaluarán dos variables de respuesta: la producción de forraje en materia seca (en kg/ha) y la producción de grano (en t/ha).

La Tabla 1 muestra los datos de evaluación de este ensayo debidamente codificados. Para el ejemplo llamaremos a esta base de datos como un archivo denominado *PRUE*

**Tabla 1.** Materia seca y rendimiento en grano para cinco cultivares de sorgo bajo tratamiento contra la marchitez bacteriana

Repetición	Tratamientos	Cultivares	MS kg/ha	Grano t/ha
1	1	1	2345	4.584
1	1	2	2367	3.987
1	1	3	3456	2.584
1	1	4	5672	1.625
1	1	5	897	5.684
1	2	1	4568	4.810
1	2	2	4897	4.758
1	2	3	2897	5.689
1	2	4	8978	1.245
1	2	5	1256	6.300
1	3	1	892	0.823
1	3	2	895	0.798
1	3	3	1025	0.654
1	3	4	2354	0.230
1	3	5	658	2.568
2	1	1	1899	4.584
2	1	2	1916	3.987
2	1	3	2754	2.584
2	1	4	4458	1.625
2	1	5	785	5.684
2	2	1	3609	4.810
2	2	2	3862	4.758
2	2	3	2324	5.689
2	2	4	7002	1.245
2	2	5	1062	6.300
2	3	1	782	0.823
2	3	2	784	0.798
2	3	3	884	0.654
2	3	4	1906	0.230
2	3	5	602	2.568
3	1	1	1556	4.759
3	1	2	1569	4.156
3	1	3	2214	2.737
3	1	4	3525	1.767
3	1	5	700	5.872
3	2	1	2872	4.988
3	2	2	3066	4.935
3	2	3	1883	5.877
3	2	4	5481	1.383
3	2	5	912	6.494
3	3	1	697	0.957
3	3	2	698	0.931
3	3	3	775	0.786
3	3	4	1562	0.357
3	3	5	558	2.721

*Referencias:*

*Repeticiones: 1; 2; 3*

*Tratamientos: 1= Producto 1; 2= Producto 2; 3= Testigo*

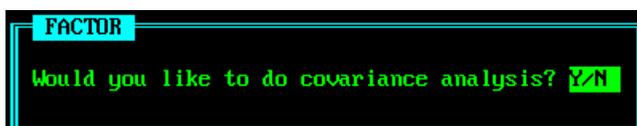
*Cultivares: 1= cv. 1;..... 5= cv. 5.*

## Función 19. FACTOR

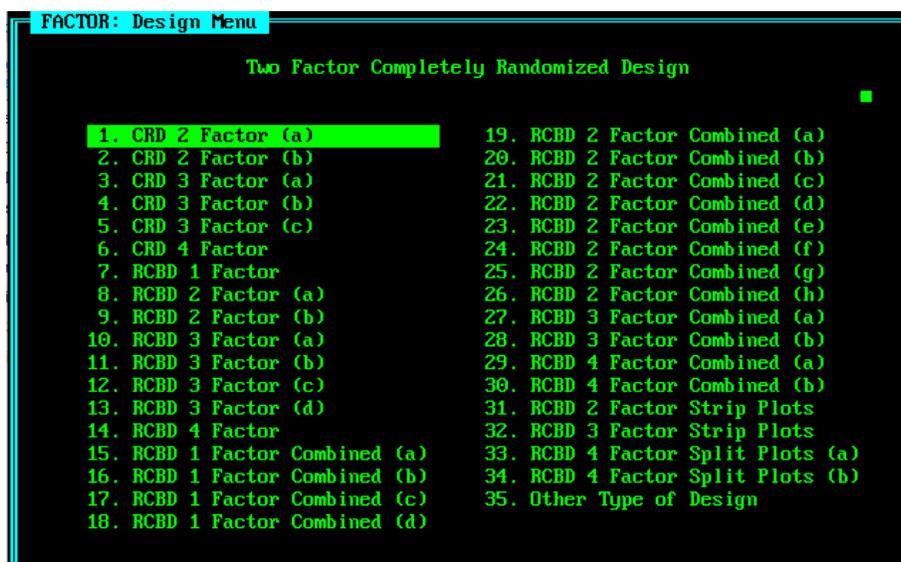
Es la función dentro el MSTAT-C que permite evaluar mediante la prueba de F, cualquier diseño de un experimento factorial. Este artículo solo considera un modelo de los 35 presentes en esta opción y que se detallan en otro capítulo de esta obra.

Una vez abierto el archivo en el MSTAT-C (sea que haya sido transportado del EXCEL o elaborado dentro el MSTAT-C) y verificando que todo este en orden tal cual se tenía en el archivo original, se puede proceder al análisis estadístico de varianza mediante la prueba de F con la función FACTOR del MSTAT-C.

1. Al abrir *FACTOR* el programa pregunta si se efectuará un análisis de covarianza. Para el ejemplo respondemos que *No (N)*.



2. Se ingresa entonces a una pantalla con 35 funciones de análisis, diferentes dependiendo del número de factores evaluados y el tipo o diseño estadístico empleado. En nuestro caso ingresamos a la opción 9. *RCBD 2 Factor (b)* porque son dos factores (tratamientos y cultivares) y uno de ellos estaba dispuesto como parcela secundaria o dividida (*Split Plot*) en el primer factor.



3. El programa presenta la tabla de ANVA para el modelo empleado. Aceptamos mediante Y.

K Value	Source	Degrees of Freedom	Is this what you had in mind? <input checked="" type="checkbox"/>
1	Replication	r-1	
2	Factor A	a-1	
-3	Error	(r-1)(a-1)	
4	Factor B	b-1	
6	AB	(a-1)(b-1)	
-7	Error	a(r-1)(b-1)	

4. Nos pide empezar a definir las variables, en orden el número de la variable en nuestro archivo; el valor más bajo y el más alto asignados a esa variable. En nuestro ejemplo los tres números que corresponden a esta ventana serían: 1; 1; 3 (la variable 1 es la repetición y se codificó del 1 al 3). Pide lo mismo para la segunda variable (factor A), en nuestro ejemplo 2; 1; 3. Finalmente lo mismo para la tercera variable (factor B), en nuestro ejemplo 3; 1; 5. Aparece una pantalla que nos muestra lo que acabamos de definir. Aceptamos mediante Y. Nos señala que el archivo tiene los 45 casos correspondientes y si queremos usarlos todos a lo cual aceptamos con Y.

**FACTOR: First Variable (Replication)**

Enter the desired Variable Number: 1

Enter the lowest level for this Variable: 1

Enter the highest level for this Variable: 3

**FACTOR: Second Variable (Factor A)**

Enter the desired Variable Number: 2

Enter the lowest level for this Variable: 1

Enter the highest level for this Variable: 3

**FACTOR: Third Variable (Factor B)**

Enter the desired Variable Number: 3

Enter the lowest level for this Variable: 1

Enter the highest level for this Variable: 5

**FACTOR: Selected Variables**

Number of Factors: 3

Variable Description	Anova Use	Lowest Level	Highest Level
1 rep	Replication	1	3
2 trat	Factor A	1	3
3 cult	Factor B	1	5

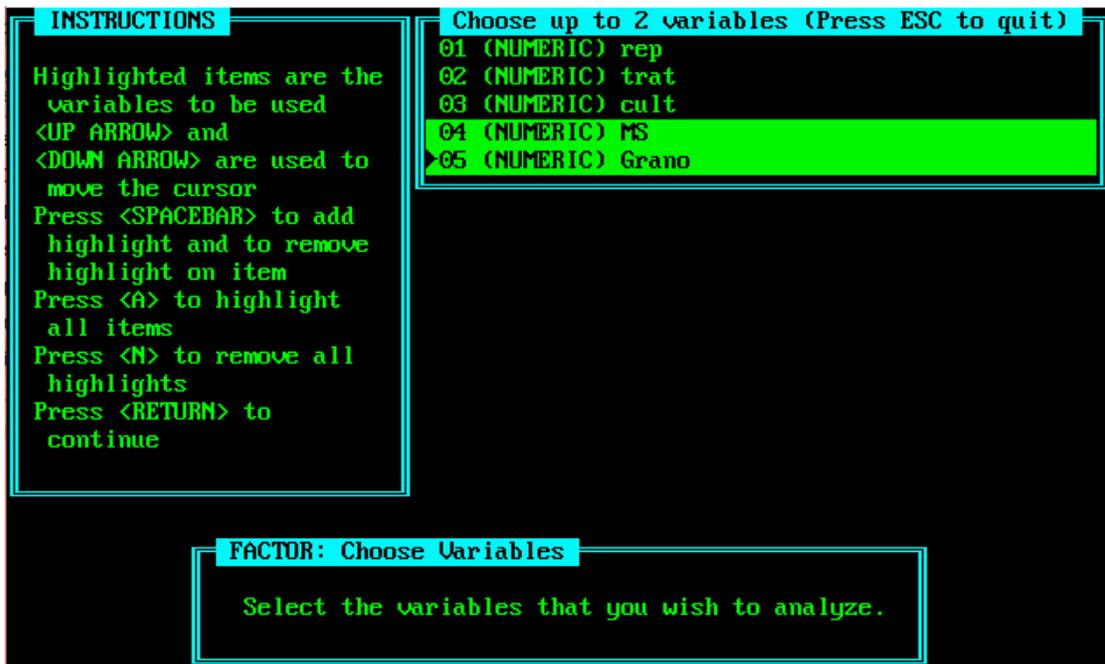
Is this correct?  Y

**Get Case Range**

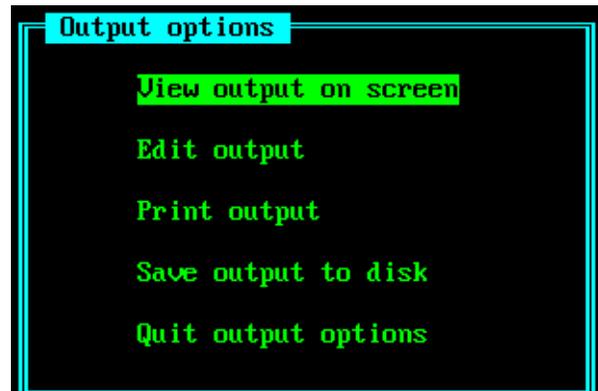
The data file contains 45 cases.

Do you wish to use all cases?  Y

5. Nos presenta una pantalla donde están las cinco variables. Lo que se debe evaluar son las variables 4 y 5 que corresponden a las variables de respuesta. Para ello se marcan estas desplazando el cursor con la tecla de flecha hacia abajo y marcamos estas variables con la barra espaciadora. Teniendo marcadas las dos variables pasamos al siguiente paso con ENTER. Nos pregunta si vamos a querer las medias al final del archivo a lo cual respondemos con Y para tener esa información que se requerirá para el análisis de discriminación de medias. Con un nuevo ENTER la máquina empieza el proceso automático de cálculo (la velocidad de cálculo dependerá del procesador de la computadora utilizada).



7. Presenta una pantalla que da lugar a cinco opciones, en orden: ver la salida en pantalla; editar la salida; imprimirla; salvarla en disco y salir de la función,



Lo más lógico sería primero ver los resultados en pantalla, entonces elegimos con ENTER la primera opción. Nos presenta la información general, las tablas de medias y la tabla del ANVA para cada una de las variables evaluadas. Para el ejemplo, la presentación de los datos de salida es la siguiente.

**PRUE**

Title:

Function: FACTOR

Experiment Model Number 9:

Randomized Complete Block Design for Factor A, with  
Factor B a Split Plot on A

Data case no. 1 to 45.

Factorial ANOVA for the factors:

Replication (Var 1: 1) with values from 1 to 3

Factor A (Var 2: 2) with values from 1 to 3

Factor B (Var 3: 3) with values from 1 to 5

Describe la información general del archivo analizado. Desde el modelo empleado hasta la variable de la cual presentará los datos calculados. En este caso para la variable 4 que corresponde a la MS del follaje.

Variable 4: 4

Grand Mean = 2352.311 Grand Sum = 105854.000 Total Count = 45

## T A B L E O F M E A N S

1	2	3	4	Total
1	*	*	2877.133	43157.000
2	*	*	2308.600	34629.000
3	*	*	1871.200	28068.000
*	1	*	2407.533	36113.000
*	2	*	3644.600	54669.000
*	3	*	1004.800	15072.000
*	*	1	2135.556	19220.000
*	*	2	2228.222	20054.000
*	*	3	2023.556	18212.000
*	*	4	4548.667	40938.000
*	*	5	825.556	7430.000
*	1	1	1933.333	5800.000
*	1	2	1950.667	5852.000
*	1	3	2808.000	8424.000
*	1	4	4551.667	13655.000
*	1	5	794.000	2382.000
*	2	1	3683.000	11049.000
*	2	2	3941.667	11825.000
*	2	3	2368.000	7104.000
*	2	4	7153.667	21461.000
*	2	5	1076.667	3230.000
*	3	1	790.333	2371.000
*	3	2	792.333	2377.000
*	3	3	894.667	2684.000
*	3	4	1940.667	5822.000
*	3	5	606.000	1818.000

Describe la tabla de promedios estadísticos generales.

Promedios de las tres repeticiones

Promedios de los tres tratamientos

Promedios de los seis cultivares

Promedios de la interacción tratamientos \* cultivares

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
--						
1	Replication	2	7632253.911	3816126.956	6.4648	0.0558
2	Factor A	2	52332693.911	26166346.956	44.3276	0.0019
-3	Error	4	2361180.222	590295.056		
4	Factor B	4	65928793.422	16482198.356	98.8642	0.0000
6	AB	8	22751747.644	2843968.456	17.0588	0.0000
-7	Error	24	4001174.533	166715.606		
Total		44	155007843.644			

Coefficient of Variation: 17.36%

s<sub>y</sub> for means group 1: 198.3759 Number of Observations: 15

s<sub>y</sub> for means group 2: 198.3759 Number of Observations: 15

s<sub>y</sub> for means group 4: 136.1027 Number of Observations: 9

s<sub>y</sub> for means group 6: 235.7369 Number of Observations: 3

El análisis mismo de varianza, con el valor de la probabilidad de F (si es menor a 0.01 se declara altamente significativo, entre 0.01 a 0.05 significativo, mayor a 0.05 no significativo). Además da el coeficiente de variación e información complementaria útil para otros cálculos (como el número de observaciones para las pruebas de comparación de medias.

Por lo que presenta el ANVA, se tienen respuestas altamente significativas para los efectos simples y para la interacción. El coeficiente de variación de 17.36 % habría que evaluarlo en función a las características propias del ensayo, la temática, el terreno donde se hizo y otras consideraciones que están en función del criterio del investigador.

Variable 5: 5

Grand Mean = 3.142 Grand Sum = 141.398 Total Count = 45

T A B L E O F M E A N S

1	2	3	5	Total
1	*	*	3.089	46.339
2	*	*	3.089	46.339
3	*	*	3.248	48.720
*	1	*	3.748	56.219
*	2	*	4.619	69.281
*	3	*	1.060	15.898
*	*	1	3.460	31.138
*	*	2	3.234	29.108
*	*	3	3.028	27.254
*	*	4	1.079	9.707
*	*	5	4.910	44.191

*	1	1	4.642	13.927
*	1	2	4.043	12.130
*	1	3	2.635	7.905
*	1	4	1.672	5.017
*	1	5	5.747	17.240
*	2	1	4.869	14.608
*	2	2	4.817	14.451
*	2	3	5.752	17.255
*	2	4	1.291	3.873
*	2	5	6.365	19.094
*	3	1	0.868	2.603
*	3	2	0.842	2.527
*	3	3	0.698	2.094
*	3	4	0.272	0.817
*	3	5	2.619	7.857

---

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE						
K	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	2	0.252	0.126	181.0544	0.0001
2	Factor A	2	103.248	51.624	74191.3323	0.0000
-3	Error	4	0.003	0.001		
4	Factor B	4	67.558	16.890	167592.2341	0.0000
6	AB	8	20.051	2.506	24870.0708	0.0000
-7	Error	24	0.002	0.000		
Total		44	191.114			

---

Coefficient of Variation: 0.32%

$s_{\bar{y}}$ for means group 1:	0.0068	Number of Observations: 15
$s_{\bar{y}}$ for means group 2:	0.0068	Number of Observations: 15
$s_{\bar{y}}$ for means group 4:	0.0033	Number of Observations: 9
$s_{\bar{y}}$ for means group 6:	0.0058	Number of Observations: 3

Al igual que para la variable 4, en este caso (rendimiento de grano) también hay alta significancia para la interacción tratamientos\*cultivares.

La salida de datos descrita la podemos lograr volviendo a la pantalla anterior mediante la tecla *Esc*. Entonces elegimos la cuarta opción (*Save output to disk*). Por defecto se guarda en la unidad definida y con el nombre *OUTPUT*, este nombre lo podemos cambiar (máximo asignar ocho caracteres). Guardado así, cualquier momento se puede recuperar el archivo desde el *MSTAT-C* para realizar todos los cálculos estadísticos que se requieran. La otra ventaja es que después desde *Word* o cualquier procesador de palabras, se lo puede recuperar directamente y editarlo como convenga, tal cual un documento normal de *Word* o del procesador que se utilice.

Con esta función FACTOR se han establecido los promedios estadísticos y su significancia bajo la prueba de F. Restaría complementar este análisis con la comparación de promedios (pruebas de Duncan, Tukey, DMS, etc.)

### Función 39. RANGE

Es la función dentro el MSTAT-C que permite realizar pruebas de discriminación de medias, permite realizar las pruebas de Duncan, Diferencia Mínima Significativa, Tukey y Student-Newman-Keuls.

Se considerará el ejemplo del archivo PRUE del cual ya vimos la salida del análisis estadístico, en el cual se evidenció que tanto para MS de follaje como rendimiento en grano se tienen diferencias altamente significativas. Ahora con esta función RANGE se determinará las diferencias entre las medias, tanto de efectos simples como de las interacciones.

Una vez abierto el archivo PRUE, se vuelve a la pantalla de inicio del MSTAT-C y se elige la opción 41. SEDIT. Se ingresa a ella para ver algunos datos que se requerirán para la prueba de separación de medias. El dato que buscamos es el número de caso donde están los promedios que requerimos para ser comparados. Entrando a SEDIT veríamos la siguiente pantalla:

SEEDIT						
Sedit File Command Menu						
File Options Enter/Edit Quit						
Case	1 rep	2 trat	3 cult	4 MS	5 Grano	
1	1	1	1	2345	4.584	
2	1	1	2	2367	3.987	
3	1	1	3	3456	2.584	
4	1	1	4	5672	1.625	
5	1	1	5	897	5.684	
6	1	2	1	4568	4.810	
7	1	2	2	4897	4.758	
8	1	2	3	2897	5.689	
9	1	2	4	8978	1.245	
10	1	2	5	1256	6.300	
11	1	3	1	892	0.823	
12	1	3	2	895	0.798	
13	1	3	3	1025	0.654	
14	1	3	4	2354	0.230	
15	1	3	5	658	2.568	
16	2	1	1	1899	4.584	
17	2	1	2	1916	3.987	
18	2	1	3	2754	2.584	
19	2	1	4	4458	1.625	
20	2	1	5	785	5.684	
21	2	2	1	3609	4.810	
22	2	2	2	3862	4.758	
23	2	2	3	2324	5.689	
24	2	2	4	7002	1.245	
25	2	2	5	1062	6.300	
26	2	3	1	782	0.823	
27	2	3	2	784	0.798	
28	2	3	3	884	0.654	
29	2	3	4	1906	0.230	
30	2	3	5	602	2.568	
31	3	1	1	1556	4.759	
32	3	1	2	1569	4.156	
33	3	1	3	2214	2.737	
34	3	1	4	3525	1.767	
35	3	1	5	700	5.872	
36	3	2	1	2872	4.988	
37	3	2	2	3066	4.935	
38	3	2	3	1883	5.877	
39	3	2	4	5481	1.383	
40	3	2	5	912	6.494	
41	3	3	1	697	0.957	
42	3	3	2	698	0.931	
43	3	3	3	775	0.786	
44	3	3	4	1562	0.357	
45	3	3	5	558	2.721	
46	1			2877	3.089	
47	2			2309	3.089	
48	3			1871	3.248	
49				198	0.007	
50						
51		1		2408	3.748	
52		2		3645	4.619	
53		3		1005	1.060	
54				198	0.007	
55						
56			1	2136	3.460	
57			2	2228	3.234	
58			3	2024	3.028	
59			4	4549	1.079	
60			5	826	4.910	
61				136	0.003	
62						
63		1	1	1933	4.642	
64		1	2	1951	4.043	
65		1	3	2800	2.635	
66		1	4	4552	1.672	
67		1	5	794	5.747	
68		2	1	3683	4.869	
69		2	2	3942	4.817	
70		2	3	2368	5.752	
71		2	4	7154	1.291	
72		2	5	1077	6.365	
73		3	1	790	0.868	
74		3	2	792	0.842	
75		3	3	895	0.698	
76		3	4	1941	0.272	
77		3	5	606	2.619	
78				236	0.006	
79						
80						

Los promedios para el factor 2 o tratamientos (como factor simple), para las variables 4 y 5, se inician en el caso 51; para el factor 3 o cultivares (como factor simple) para ambas variables se inician en el caso número 56. Finalmente para comparar las interacciones requerimos los promedios de estas, las que se inician en el caso 63. Son estos tres números los requeridos del archivo para entrar a la función RANGE.

Salimos de SEDIT, volvemos a la pantalla principal y entramos a la función 39. RANGE. Lo primero es definir la prueba a emplearse. Para el ejemplo utilizaremos Duncan. Ingresamos a la opción *Parameters* y con la barra espaciadora se cambian las opciones de prueba, nos quedamos con Duncan, con ENTER pasamos a la siguiente ventana la cual por defecto señala que los datos se hallan en el disco y archivo que estamos empleando, un nuevo ENTER y pasamos a la 3ra. ventana que pide el número de caso de las medias que queremos comparar, en nuestro ejemplo analizaremos primero el factor tratamientos (variable 2). Para ello hemos visto que las medias se inician en el caso 51, ese es el número que colocamos en esa ventana. La cuarta ventana nos pide el número de variable de respuesta que queremos comparar, puede ser –en nuestro ejemplo- la variable 4 o 5, elijamos la 5. La 5ta. ventana nos pide el número de observaciones por media, ese dato lo tenemos de la salida del ANVA, estamos evaluando el factor A (tratamientos) para el cual se tienen 15 observaciones (3 repeticiones \* 5 cultivares). La 6ta. ventana pide el número de medias a comparar, en nuestro caso 3 correspondientes a los tres tratamientos. Pasamos a la ventana que define el nivel de significancia, con la barra espaciadora se puede elegir entre 0.10, 0.05 y 0.01. Elegimos el nivel 0.05. La siguiente ventana nos pide el cuadrado medio del error que lo tenemos en la salida del ANVA para la variable que estamos analizando (variable 5), vemos que este valor corresponde a 0.001. Pasamos a la última ventana que nos pide los grados de libertad para el error que estamos considerando, en nuestro ejemplo 4. Los datos quedarían tal cual la siguiente pantalla detalla:

```

INPUT (Press F1 for help, F10 when done, ESC to abort)

File to perform Range Tests on:
C:\DATA\PRUE

Mean Separation Test: Duncan's Multiple Range Test

Source of Means: Disk      Number of means : 3
First Case (if disk): 51   Alpha Level to use: 0.05
Variable No for Means: 5   Error Mean Square: 0.002
Observations per Mean: 15  Degrees of Freedom: 4

```

Con ENTER el cursor vuelve a la ventana superior y se ubica en el comando *RANGE*, un nuevo ENTER y el programa inicia automáticamente el cálculo. Nos presenta la pantalla de opciones de salida de la información, primero la vemos en pantalla (1ra. opción). Al igual que con la salida del ANVA podemos volver a la pantalla anterior con *Esc* y guardar esta salida para su edición en el disquete.

Data File : PRUE  
Title :

Presenta toda la información generada por el archivo.

Case Range : 51 - 53  
Variable 5 : 5  
Function : RANGE

El rango de casos considerado.  
La variable evaluada.  
La función que estamos analizando.

Error Mean Square = 0.001000  
Error Degrees of Freedom = 4  
No. of observations to calculate a mean = 15

Datos del archivo, el cuadrado medio del error, los grados de libertad y el número de observaciones.

Duncan's Multiple Range Test  
LSD value = 0.03206  
 $s_{\bar{x}} = 0.008165$  at alpha = 0.050

El nombre de la prueba y algunos parámetros estadísticos complementarios.

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	3.748	B	Mean	2 =	4.619	A
Mean	2 =	4.619	A	Mean	1 =	3.748	B
Mean	3 =	1.060	C	Mean	3 =	1.060	C

Presenta las medias en su orden original y en orden del ranking establecido por la prueba con sus valores de Duncan. Por defecto en orden descendente asignando la letra A al mayor valor.

Similar procedimiento se puede hacer para el caso de la variable 4 y para el factor B y la interacción. Como ejemplo se imprime la salida de la interacción para la variable 4.

Data File : PRUE  
Title :

Case Range : 63 - 77  
Variable 4 : 4  
Function : RANGE  
Error Mean Square = 1.667e+005  
Error Degrees of Freedom = 24  
No. of observations to calculate a mean = 3

Duncan's Multiple Range Test  
LSD value = 688.1  
 $s_{\bar{x}} = 235.7$  at alpha = 0.050

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	1933.	E	Mean	9 =	7154.	A
Mean	2 =	1951.	E	Mean	4 =	4552.	B
Mean	3 =	2808.	D	Mean	7 =	3942.	BC
Mean	4 =	4552.	B	Mean	6 =	3683.	C
Mean	5 =	794.0	F	Mean	3 =	2808.	D
Mean	6 =	3683.	C	Mean	8 =	2368.	DE
Mean	7 =	3942.	BC	Mean	2 =	1951.	E
Mean	8 =	2368.	DE	Mean	14 =	1941.	E
Mean	9 =	7154.	A	Mean	1 =	1933.	E
Mean	10 =	1077.	F	Mean	10 =	1077.	F
Mean	11 =	790.3	F	Mean	13 =	894.7	F
Mean	12 =	792.3	F	Mean	5 =	794.0	F
Mean	13 =	894.7	F	Mean	12 =	792.3	F
Mean	14 =	1941.	E	Mean	11 =	790.3	F
Mean	15 =	606.0	F	Mean	15 =	606.0	F

## Función 34. PLOT

Permite comparar valores para analizar posible efectos causales de una variable sobre otra, en términos de una regresión lineal. Además de graficar en un eje de coordenadas incluyendo la recta de regresión, calcula una prueba de  $t$  para dar valor estadístico al coeficiente de correlación  $r$ . Como ejemplo considérese la siguiente tabla de datos supuestos.

**Tabla 1.** Promedios de rendimiento en materia seca de cebada y veza común en siete accesiones de cebada evaluadas en “La Violeta”

Cultivar	MS cebada	MS vicia
1	3456	423
2	4567	345
3	1785	645
4	896	648
5	5673	126
6	5432	134
7	2457	239

Teniendo abierto el archivo, al que llamaremos ASOC, ingresamos a la función PLOT.

La primera ventana de trabajo informa sobre el número de casos con los que va a trabajar. En nuestro ejemplo 7 casos. Aceptamos con ENTER y pasamos a una ventana que nos pide definir cual de las variables será la independiente (eje X) y cual la dependiente (eje Y), en nuestro caso las variables 2 y 3, respectivamente.

```

Get Case Range
The data file contains 7 cases.
Do you wish to use all cases? Y/N
  
```

```

PLOT: Variable Numbers
Select variable numbers to use as the Coordinates (1-3)
(Press F1 for a list of variables.)
X-Coordinate: 2 Y-Coordinate: 3
  
```

La siguiente ventana pregunta si queremos ver la línea de regresión en el gráfico, respondemos con Y. La última ventana antes de la salida de la información nos da cuatro opciones, en orden: ver en pantalla, imprimir, salvar en disco, salir de la función.

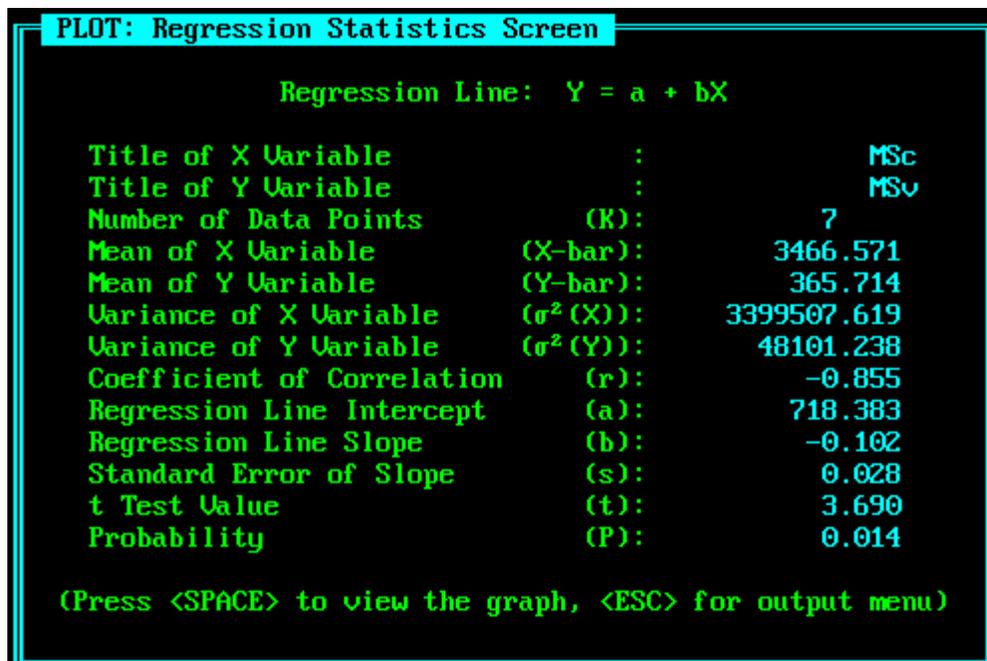
```

PLOT
Would you like to view the linear regression line on your graph? Y/N
  
```

```

Output options
View output on screen
Print output
Save output to disk
Quit output options
  
```

Por lógica elegimos la primera opción y vemos que la pantalla de salida nos da toda la información estadística sobre la relación entre las dos variables consideradas; desde los valores de la ecuación  $y = a + bX$  hasta la probabilidad de un valor de la prueba de t calculado para analizar la significancia del coeficiente de correlación r.



Con la barra espaciadora entramos a la ventana donde se muestra el gráfico de dispersión de puntos, nuevamente con la barra espaciadora muestra la recta de regresión.

La calidad de los gráficos no es de las mejores en el MSTAT-C pero la información estadística lograda es por demás válida. En el caso del ejemplo vemos una tendencia altamente significativa con una relación inversamente proporcional, es decir que a mayor cantidad de MS del cereal, menor producción de la leguminosa asociada. La ecuación de la gráfica y el coeficiente de correlación quedarán como:

$$y = 718.383 - 0.102 x \quad r = -0.855 **$$



15.

## Selección del modelo de análisis estadístico de datos en el programa FACTOR de MSTAT-C

Henk Waaijenberg  
Proyecto Rhizobiología Bolivia

### Introducción

El programa FACTOR, del paquete estadístico MSTAT-C (® Michigan State University, para este caso en su versión 2.0), entre otros por ser sencillo y flexible, es popular para el análisis de estudios agronómicos. Para casi cualquier ensayo hay algún modelo estándar y si no lo hay es fácil fabricar uno con la opción 35 "*other type of design*" (otro tipo de diseño). De hecho el programa es tan sencillo, que se puede usar un modelo equivocado y nunca darse cuenta del error. Al no ser completamente incompatibles los datos y el modelo, el programa producirá resultados, los cuales posteriormente pueden conducir a conclusiones equivocadas.

No hay duda que la sencillez y flexibilidad del programa son ventajas importantes, pero las mismas fácilmente se convierten en desventajas. Eso ocurre cuando investigadores, por la confianza de que habrá algún modelo adecuado, realizan sus trabajos de campo para sólo después pensar sobre el análisis de los datos ya registrados.

Es importante **antes de establecer un ensayo** definir no sólo el modelo biológico, sino también el matemático. En concreto se debe analizar el cuadro de análisis de varianzas correspondiente, para ver si cumple con los objetivos del estudio. Así se puede aclarar cuáles son los factores e interacciones, cuáles son los errores para cada uno de los efectos, y cuántos grados de libertad hay para cada uno de los errores. En cuanto a los efectos hay que evitar valores muy bajos ( $\leq 6$ : poco probable encontrar efectos significativos) y muy altos ( $\geq 30$ : baja eficiencia por unidad experimental).

Al leer bien las descripciones, dibujando un croquis y comparando este con el cuadro de ANVA propuesto por el programa, se puede identificar el modelo de análisis correcto para los diseños experimentales más comunes. Al llegar a este punto, se debe hacer una revisión cuidadosa para ver si realmente el modelo de análisis corresponde al diseño que se tiene en mente. Para más información sobre la teoría atrás de los diseños y para ejemplos específicos, se refiere a Snedecor y Cochran (1967), Gomez y Gomez (1984) y Steel y Torrie (1988).

En caso de que ninguna de las opciones estándar resulte adecuada, se pregunta primero si es realmente necesario hacer algo más complicado. Los modelos sencillos tienen sus ventajas! Si a pesar de eso la respuesta es positiva, se elabora un modelo apropiado con la opción 35 "otro tipo de diseño". Para evitar errores en la selección del diseño, se deben entender algunos conceptos cruciales.

El siguiente detalle presenta las 35 opciones del comando FACTOR del MSTAT-C (versión 2.0) traducidas de manera más concreta y agrupadas según modelos macros de referencia. Considérese esta información como una guía para la aplicación del modelo estadístico a emplearse.

***Diseños completamente al azar (por sitio)***

- 1 1 factor
- 2 2 factores, parcelas divididas, factor A en parcelas, factor B en sub parcelas
- 3 3 factores
- 4 3 factores, parcelas divididas, factor A en parcelas, factores B y C en sub parcelas
- 5 3 factores, parcelas divididas, factores A y B en parcelas, factor C en sub parcelas
- 6 4 factores

***Diseños de bloques completos al azar***

- 7 1 factor
- 8 2 factores
- 9 2 factores, parcelas divididas, factor A en parcelas, factor B en sub parcelas
- 10 3 factores
- 11 3 factores, parcelas divididas, factor A en parcelas, factores B y C en sub parcelas
- 12 3 factores, parcelas divididas, factores A y B en parcelas, factor C en sub parcelas
- 13 3 factores, parcelas subdivididas, factor A en parcelas, B en sub parcelas, C en sub sub parcelas
- 14 4 factores

***Diseños de bloques completos al azar, combinados sobre sitios y/o años***

- 15 1 factor, sobre sitios o años
- 16 1 factor, sobre sitios y años, nuevos sitios cada año
- 17 1 factor, sobre sitios y años, mismos sitios cada año pero randomizado
- 18 1 factor, sobre sitios y años, mismos sitios y randomización (cultivos perennes)
- 19 2 factores, sobre sitios o años
- 20 2 factores, parcelas divididas, sobre sitios
- 21 2 factores, sobre sitios y años, nuevo sitio cada año
- 22 2 factores, sobre sitios y años, mismo sitio pero randomizado cada año
- 23 2 factores, sobre sitios y años, mismo sitio y randomización cada año
- 24 2 factores, parcelas divididas, sobre sitios y años, nuevo sitio cada año
- 25 2 factores, parcelas divididas, sobre sitios y años, mismo sitio pero randomizado cada año
- 26 2 factores, parcelas divididas, sobre sitios y años, mismo sitio y randomización cada año
- 27 3 factores, sobre sitios y años, nuevo sitio cada año
- 28 3 factores, sobre sitios y años, mismo sitio pero randomizado cada año
- 29 4 factores, sobre sitios y años, nuevo sitio cada año
- 30 4 factores, sobre sitios y años, mismo sitio pero randomizado cada año

***Diseños de parcelas divididas o franjas cruzadas***

- 31 2 factores, bloques completos al azar, con factores en franjas
- 32 3 factores, bloques completos al azar, con factores en franjas
- 33 4 factores, parcelas divididas, factor A en parcelas, B, C y D en sub parcelas
- 34 4 factores, parcelas subdivididas, factor A (parcelas), B (sub) parcelas, C y D (sub sub parcelas)
  
- 35 Otro tipo de diseño

## Conceptos importantes

**Plot (parcela).** El programa MSTAT-C ha sido diseñado para experimentos con cultivos, así que para indicar la unidad experimental usa la palabra parcela. Sin embargo, muchos diseños son aptos también para ensayos con animales y otras unidades.

**Factor (factor).** Este término se refiere a variables manipuladas que influyen en otras medidas. Aunque en el sentido biológico también bloques, sitios y años son factores, la terminología de FACTOR, con pocas excepciones, no los llama así, sino los menciona por separado.

**Interaction (interacción).** La interacción se refiere al fenómeno que la respuesta a un factor depende del nivel de otro u otros factores. Para estudiar interacciones en un experimento, debe haber (1) dos o más factores, (2) cada uno con por lo menos dos niveles, (3) a todos los niveles de los otros factores (hay excepciones a la última exigencia). El estudio de las interacciones ayuda a comprender la compleja realidad agronómica, hasta cierto límite, ya que las interacciones de más de tres factores son difíciles de entender, presentar en papel y traducir en recomendaciones.

**Error (error).** Esta palabra confusa representa la varianza residual (suma de cuadrados total o media) contra la cual se compara la varianza debido a un factor o interacción. Por experimento puede haber uno o varios errores, según el número de unidades experimentales distintas. La palabra error resume la varianza no explicada o considerada por el diseño experimental, debida a la variación inherente en los materiales y a errores por parte del investigador.

**Replication (bloque).** Se refiere a un *set* o conjunto de todos los tratamientos estudiados, aplicados a un grupo de unidades experimentales similares, que pueden ser contiguas. En este contexto también se usa la palabra bloque, que puede ser completo (todos los tratamientos) o incompleto (parte de los tratamientos). En el programa FACTOR *replication* es sinónimo de bloque completo. En general, no siempre con razón, se considera que las interacciones entre bloques y factores no son relevantes. Estas interacciones son utilizadas como (parte de) las estimaciones de los errores experimentales. Eso es evidente en el error de las parcelas principales, en el caso de parcelas divididas.

**Location or site (localidad o sitio).** A menudo un experimento se repite en varios lugares. Cuando estos están contiguos y no muy distintos los llamamos bloques, cuando están a mayor distancia y bien diferentes los denominamos sitios (el término localidad es más ambiguo). Los diseños estándar de FACTOR consideran que puede haber interacciones entre sitios y factores (tratamientos).

**Split plot (parcela dividida).** Este diseño es una variante de los diseños factoriales en el cual no todos los factores se aplican a unidades del mismo tamaño. Como consecuencia no todos los efectos se miden con la misma precisión, ya que hay varias errores experimentales, que tienden a ser relativamente grandes para las parcelas y más pequeños para las sub parcelas. La ganancia en precisión a nivel de la sub parcela rara vez compensa la pérdida de la misma a nivel de la parcela. Por eso, para justificar estos diseños en general se requieren argumentos prácticos.

***Nested design (diseño anidado)***. En parcelas divididas la sub parcela está dentro de la parcela, pero los niveles de los factores no están restringidos dentro de los límites de estas unidades. Pero hay casos donde los valores de un factor o clase sí están anidados dentro de los valores de otro factor o clase. Un ejemplo ficticio es un censo realizado en Sacaba, Quillacollo y Punata de Cochabamba y en Patacamaya, Chulumani y Quime de La Paz. Aquí los niveles del factor localidad están anidados dentro de los niveles del factor departamento.

Algo similar ocurre al combinar los sitios de un ensayo: el bloque "1" en el sitio A no tiene nada que ver con el bloque "1" en el sitio B, son diferentes! Por eso, el factor bloque (*replication*) debe ser evaluado dentro de cada sitio (*location*), usando la denotación R(L) que pide el cálculo de las diferencias entre los promedios de cada bloque y el promedio de su propio sitio.

***Randomization (randomización)***. Se refiere a un proceso de asignar tratamientos a unidades o viceversa en el cual cada alternativa tiene la misma probabilidad (al azar no significa al dedo!). En un diseño completamente al azar o aleatorio, se realiza este proceso por sitio y para todas las repeticiones. A la libertad de la suerte se pueden imponer ciertas restricciones, como la randomización de los tratamientos por bloque (bloques al azar) o la aleatorización de los factores por separado en parcelas y sub parcelas (parcelas divididas). Esta aleatorización debe realizarse en todas las repeticiones.

***Degree of freedom - df (grado de libertad - gl)***. Este concepto se prestó de la geometría, donde se considera que un punto en una línea, plano y espacio tiene una, dos y tres grados de libertad, respectivamente (Dyke, 1988). En la estadística se refiere a las restricciones impuestas - por la randomización de los tratamientos - a la variación en los valores de las unidades estudiadas. Para detalles se refiere a la siguiente sección.

***Combined analysis (análisis combinado)***. El programa FACTOR parte del experimento en un solo lugar y año. Sin embargo, es posible repetirlo (mismos factores, mismo diseño) en diferentes lugares y/o años. Antes de proceder a un análisis combinado, es prudente hacer un análisis por sitio o año, para ver si los efectos y errores son similares (homogeneidad de varianza). En caso que no, puede ser mejor no proceder a un complejo análisis combinado, que resultará dudoso y difícil de interpretar.

El programa FACTOR usa la palabra año, pero en el lugar de este se puede leer también mes, época, estación o momento. Sin embargo, el programa en general se refiere a un experimento repetido en varios momentos, no a un experimento con mediciones en distintos momentos! Es importante esta diferencia!

***K value (valor K)***. Es un parámetro que usa el programa FACTOR para definir los modelos. Los valores 1, 2, 4, 8, 16 etc. representan los efectos principales de los factores y los valores intermedios las interacciones. El signo negativo (-) antes de un valor K indica que este efecto se usa como error para los efectos precedentes. Al si/no incluir valores K se varía la estructura del modelo y del cuadro ANVA. Para información más específica se refiere a Bricker (1990).

### Cálculo de grados de libertad

Para explicar el cálculo de los grados de libertad, se presenta un ejemplo sencillo de un ensayo completamente al azar, de 12 unidades con los factores A (4 niveles) y B (3 niveles). Al no conocerse ningún efecto, todas las 12 unidades pueden tener cualquier valor o sea hay 12 grados de libertad. Al conocer el promedio general, sólo 12-1 unidades todavía pueden variar libremente, pero el último está determinado por los otros y el promedio, es decir que ha perdido su libertad. Al considerar cada vez más efectos se reducen los grados de libertad restantes.

a1 b2	a4 b1	a2 b3	a3 b3
a2 b1	a3 b2	a1 b3	a2 b2
a4 b3	a1 b1	a4 b2	a3 b1

arreglo completamente al azar de los tratamientos

				?
				?
				?
?	?	?	?	?

ningún efecto es conocido:  
12 grados de libertad (gl)

				?
				?
			+	?
?	?	?	?	<b>x</b>

solo el promedio general es conocido:  
 $12 - 1 = 11$  gl

				?
				?
+	+	+	+	?
<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>x</b>

también los efectos de A son conocidos:  
 $12 - 1 - (4 - 1) = 8$  gl

			+	<b>B1</b>
			+	<b>B2</b>
+	+	+	+	<b>B3</b>
<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>x</b>

además los efectos de B son conocidos:  
 $12 - 1 - (4 - 1) - (3 - 1) = 6$  gl  
(para la interacción AB  
o para el error experimental,  
si A o B fuera bloque)

El mismo procedimiento se puede presentar mediante la aleatorización de los tratamientos, por ejemplo con un dado de 12 caras o un mecanismo similar. Para asignar todos los tratamientos a parcelas, habrá que tirarlo 11 veces (con eso quedará definido también el tratamiento de la duodécima parcela). Al ya estar asignados también los niveles del factor A (pérdida de 4-1 gl), quedarán solo 8 opciones libres para concluir el sorteo (para el factor B y las interacciones AB).

En general, al restar del número total los gl debidos al promedio y los tratamientos, quedan los gl para el error. En el análisis de varianza, se dividen las sumas de cuadrados por los gl correspondientes para obtener los cuadrados medios que se usan para comparar los efectos.

El número total de grados de libertad es igual al número de unidades experimentales, a cada nivel de análisis. En el caso de parcelas divididas, los cálculos de gl para los factores aplicados a parcelas se basan en el número de parcelas, para factores aplicados a sub parcelas en el número de sub parcelas menos el número de parcelas. Eso implica que hay errores separados para los factores al nivel de parcelas y de sub parcelas. No se debe comparar el efecto de un factor aplicado a parcelas con el error basado en sub parcelas.

En las secciones siguientes se presentarán algunos ejemplos de diseños y modelos muy usados. Para fines de comparación, en todos los casos se trata de experimentos con dos factores. Sin embargo, al entender los mecanismos básicos los ejemplos fácilmente pueden ser extrapolados a estudios de tres o más factores. Es importante destacar que superficialmente todos los diseños tienen arreglos muy similares, con los mismos números de unidades, factores y niveles. Por eso, siempre se debe fijar en cómo - con cuáles restricciones - se hizo la randomización!

## Diseños completamente al azar

En estos diseños la aleatorización, dentro de cada sitio, es completamente libre. Por lo tal el diseño no incluye efectos de bloques. Las repeticiones que hay sólo sirven para aumentar los grados de libertad para el error, no explican ninguna varianza. En el croquis no se puede indicar: "*allí está la repetición 1*". Los grados de libertad para el error se pueden calcular con fórmula o mediante sustracción.

a2 b3	a1 b2	a1 b1	a2 b1
a1 b2	a2 b2	a2 b3	a1 b3
a2 b1	a2 b3	a1 b3	a2 b3
a1 b2	a2 b1	a2 b1	a1 b1
a1 b1	a1 b3	a1 b1	a2 b2
a2 b2	a2 b2	a1 b2	a1 b3

K	Fuente	gl
2	Factor A	$a - 1$
4	Factor B	$b - 1$
6	AB	$(a - 1)(b - 1)$
-7	Error	$ab(r - 1)$

## Diseños con bloques completos

Un bloque completo incluye a todos los niveles de todos los factores. La aleatorización de los tratamientos no se realiza sobre el sitio o experimento en su totalidad, sino por bloque (es un error colocarlos en el primer bloque en orden sistemático). En el análisis de varianza se especifica el efecto principal de los bloques pero no su interacción con los factores.

La separación entre los bloques en la figura es para distinguirlos mejor. En la realidad pueden ser tanto contiguos como separados. El uso de bloques a veces reduce la suma de cuadrados para el error, pero siempre reduce los grados de libertad para el mismo (con  $r-1$  gl). Por lo tanto, en experimentos con pocas unidades y condiciones de uniformidad, el costo de los bloques puede superar su beneficio.

a2 b3	a1 b2	a2 b3	a1 b2	<b>K</b> <b>Fuente</b> <b>gl</b>  1      Bloque (R) $r - 1$ 2      Factor A $a - 1$ 4      Factor B $b - 1$ 6      AB $(a - 1)(b - 1)$ -7      Error $(ab - 1)(r - 1)$
a1 b2	a2 b2	a1 b2	a2 b2	
a2 b1	a2 b3	a2 b1	a2 b3	
a2 b3	a1 b2	a2 b3	a1 b2	
a1 b2	a2 b2	a1 b2	a2 b2	
a2 b1	a2 b3	a2 b1	a2 b3	
a2 b3	a1 b2	a2 b3	a1 b2	

## Diseños con parcelas divididas

A veces se aplican los factores a parcelas de diferentes tamaños, por querer medir uno(s) con mayor precisión que otro(s) ó porque algunos tratamientos requieren ser aplicados en áreas más grandes que otros. Esto último puede deberse, por ejemplo, a las características de maquinaria (ancho de trabajo), a la variabilidad de los resultados de algunos tratamientos ó a efectos de una parcela sobre otra (químicos, insectos).

En el caso de parcelas divididas, se realiza la randomización primero al nivel de las parcelas y después de las sub parcelas dentro de cada parcela. Este proceso de aleatorización resulta en que haya más de un error, cada uno con sus grados de libertad correspondientes. En el ejemplo presentado se puede notar que el análisis de varianza, al nivel de la parcela, es igual al de bloques al azar con un solo factor A!

De las fórmulas presentadas se puede deducir que hay menos grados de libertad para el error 1 (factor A) que para el error 2 (factor B e interacciones). A menudo el diseño de parcelas divididas resulta en una falta de grados de libertad para el primer error y que para el segundo error haya más de los necesarios. Por eso, el diseño sólo debe usarse donde tiene ventajas prácticas en términos de la aplicación de los tratamientos, el manejo general del ensayo o la demostración de efectos ya comprobados.

a2 b3	a1 b1	a1 b2	a2 b1
a2 b2	a1 b3	a1 b1	a2 b2
a2 b1	a1 b2	a1 b3	a2 b3
a1 b2	a2 b3	a2 b1	a1 b2
a1 b3	a2 b1	a2 b2	a1 b1
a1 b1	a2 b2	a2 b3	a1 b3

<b>K</b>	<b>Fuente</b>	<b>gl</b>
	<b>Parcela</b>	
1	Bloque (R)	$r - 1$
2	Factor A	$a - 1$
-3	Error 1	$(r - 1)(a - 1)$
	<b>Sub parcela</b>	
4	Factor B	$b - 1$
6	AB	$(a - 1)(b - 1)$
-7	Error 2	$a(r - 1)(b - 1)$

## Diseños con franjas cruzadas

Se trata de una variante de las parcelas divididas, donde hay dos tipos de parcela, con un factor cruzando al otro. La intersección constituye la sub parcela, con la combinación de los dos factores. En consecuencia hay tres errores, para factor A, para el factor B y para su interacción. Eso implica que hay pocos grados de libertad para cada error y poca precisión para los efectos. Por eso el diseño sólo debe usarse cuando se esperan efectos grandes, donde hay ventajas prácticas para el manejo ó para campos demostrativos (ilustra la interacción).

a2 b3	a1 b3	a2 b1	a1 b1
a2 b1	a1 b1	a2 b3	a1 b3
a2 b2	a1 b2	a2 b2	a1 b2
a1 b3	a2 b3	a2 b2	a1 b2
a1 b2	a2 b2	a2 b1	a1 b1
a1 b1	a2 b1	a2 b3	a1 b3

<b>K</b>	<b>Fuente</b>	<b>gl</b>
	<b>Franja A</b>	
1	Bloque (R)	$r - 1$
2	Factor A	$a - 1$
-3	Error a	$(r - 1)(a - 1)$
	<b>Franja B</b>	
4	Factor B	$b - 1$
-5	Error b	$(r - 1)(b - 1)$
	<b>Cruce A y B</b>	
6	AB	$(a - 1)(b - 1)$
-7	Error c	$(r-1)(a-1)(b-1)$

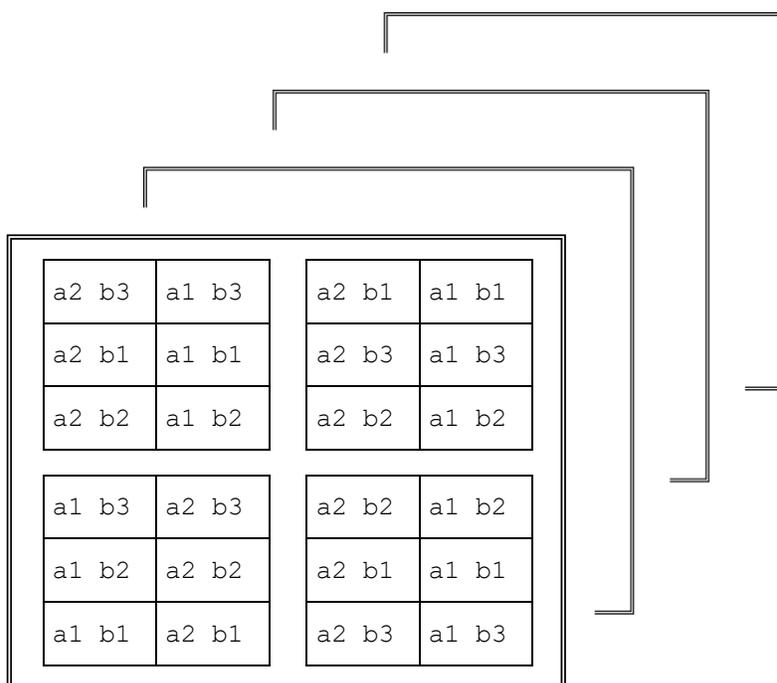
## Análisis combinando sitios y/o años

El programa FACTOR presenta muchos modelos para análisis combinados. Aquí se muestra un solo ejemplo, para tener una idea de las posibilidades y con la recomendación de consultar un biométrico antes de arriesgarse en aventuras complejas.

Entre las características específicas de los análisis combinados se destaca en primer lugar que los bloques (R) están anidados en los sitios (L). Si se olvida especificar eso mediante la denotación R(L), el programa pensará que en un experimento de cinco sitios de tres bloques cada uno hay sólo tres bloques en total, con los mismos efectos en todos los sitios.

Otro aspecto - problema - es que la combinación de varios sitios, cada uno ya con dos o más factores, resulta en numerosas interacciones de tres o más factores, siempre difíciles de interpretar y a veces de poca importancia práctica (Dyke, 1997). A veces es conveniente incluir las interacciones de cuatro o más factores, especialmente cuando no son relevantes, en los errores experimentales.

Un factor crucial en la selección del modelo correcto cuando hay más de un año es aclarar si el experimento se ha repetido en nuevos sitios o en los mismos y si dentro de los últimos se ha mantenido la misma aleatorización o realizado una nueva cada año. No se debe aceptar el primer modelo que se acerque al experimento, sino dibujar el arreglo espacial y temporal para comparar paso por paso cada detalle con el modelo preseleccionado. Ante cualquier duda es recomendable consultar con colegas, preferiblemente biométricos.



<b>K</b>	<b>Fuente</b>	<b>gl</b>
1	Sitio (L)	1 - 1
3 (-3)	R(L)	1(r - 1)
4	Factor A	a - 1
5	LA	(1 - 1)(a - 1)
8	Factor B	b - 1
9	LB	(1 - 1)(b - 1)
12	AB	(a - 1)(b - 1)
13	LAB	(1 - 1)(a - 1)(b - 1)
-15	Error	1(r - 1)(a - 1)(b - 1)

El programa estándar de FACTOR usa el error indicado ( $K = -15$ ) para evaluar los efectos de sitios. El elevado número de grados de libertad del mismo hace que las diferencias fácilmente resulten significativas. Podría ser apropiado comparar los efectos de sitios con las diferencias entre los bloques, del mismo sitio ( $K = -3$ ).

## Referencias

Bricker, B. (ed.) 1990. User's guide to MSTAT-C: A software program for the design, management, and analysis of agronomic research experiments. Michigan State University. Michigan, USA. s/p.

Dyke, G., 1988. Comparative experiments with field crops. Oxford University Press. New York, USA. 262 p.

Dyke, G., 1997. How to avoid bad statistics. Field Crops Research 51: 165-187.

Gomez, K. and Gomez, A. 1984. Statistical procedures for agricultural research. John Wiley & Sons. New York, USA. 680 p.

Snedecor, G. and Cochran. W. 1967. Statistical methods. The Iowa State University Press. Ames, USA. 593 p.

Steel, R. y Torrie, J. 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. McGraw-Hill. Naucalpan de Juárez, México. 622 p.

## 16.

## Generación de archivos y correlación simple en el programa estadístico SPSS (versión 9.0)

Milán Caro  
Proyecto Rhizobiología Bolivia

### Introducción

El programa estadístico SPSS (® SPSS Inc.) es una herramienta de Software muy difundida para el análisis descriptivo e inferencial de datos agronómicos. Al estar configurado bajo entorno Windows, el intercambio de datos de SPSS y programas como un procesador de palabras (Microsoft Word) y hojas electrónicas (Microsoft Excel) es muy flexible.

El presente artículo toca solo aspectos puntuales de este programa: la generación de archivos y el análisis de correlación simple.

### Generación de archivos

Para ingresar al programa, se debe pulsar con el ratón el icono de SPSS de la ventana principal de Windows. Otra forma es a través del menú principal *INICIO* se ingresa a *PROGRAMAS* y se selecciona el programa SPSS. Ya estando en el SPSS se presenta en el cuadro de dialogo las siguientes opciones:

*Run the tutorial, Type in data, Run an exist query, Create new query using Database, Open an existing file*

Para crear un archivo nuevo, se precisa de una hoja de cálculo en blanco, respondiendo al cuadro de diálogo inicial con la tecla *Esc*.

Luego aparece la ventana de la hoja de cálculo en blanco tanto con columnas y filas. En la parte superior de las columnas aparecen los nombres de las variables, por defecto aparece VAR. En la parte izquierda de cada fila aparecen números que identifican su posición relativa.

**Definición de variables** En el menú principal se debe pulsar en *Data* seleccionar *Define variable*, aparece un cuadro de diálogo que pide: *Variable name* y *Type*.

En la opción *Variable name* se escribe el nombre de la variable, por ejemplo Repetición. En la opción *Type* (tipo) se define el número de enteros y los decimales con que se quiere trabajar en la base de datos. En *Width* se anota el número de cifras enteras, por ejemplo, un entero y en *Decimal places* pide el número de cifras decimales, en el ejemplo, cero (sin decimales), para concluir se sale con **Aceptar**. La salida de esta pantalla es la siguiente.

Presentación en pantalla	Descripción	Valores por defecto
<i>Width</i>	Enteros	8
<i>Decimal places</i>	Decimales	2

Para dar formato a la columna se ingresa a *Colum format* y en el cuadro de diálogo aparece *Colum Width* (ancho de la columna) donde se puede, para el ejemplo, escribir 9. También se puede definir la alineación de los datos, a la izquierda (*Left*), centrada (*Center*) o derecha (*Rigth*), según como se trabaje. Para el ejemplo se seleccionó (con el ratón) *Rigth*, posteriormente presionar en *Continuar*.

En el mismo cuadro de diálogo se tienen opciones para indicar si los datos serán en escala, ordinales o nominales se selecciona por defecto en *Scale*, para terminar de definir una variable se presiona en *OK*, con ello se cambia el aspecto de la columna.

Esta operación se debe repetir para todas las variables. Considerando el ejemplo, además de las repeticiones se tienen tres factores en evaluación: 2 cultivos. 3 fuentes de nitrógeno y 2 de fósforo. Como variables de respuesta, la materia seca de raíz y follaje. Las definiciones quedarían como sigue.

Variables		Enteros	Decimales
Repetición	1-2	1	0
Cultivar	1-2	1	0
Fuentes de nitrógeno	1-3	1	0
Fuentes de fósforo	1-2	1	0
MS raíz		3	2
MS follaje		3	2

Se debe tomar en cuenta con cuantos enteros y decimales se ingresarán los datos, previa ubicación del cursor en la primera celda de cada columna.

**Introducción de datos** Se debe ubicar el cursor en la primera celda de la primera columna e introducir el primer dato de la primera variable, con las teclas flecha o *ENTER* para moverse a la celda siguiente. Se repite el proceso hasta llenar la columna, lo propio con la segunda variable hasta terminar con la base de datos (factores experimentales y variables de respuesta).

Para corregir algún error en los datos se puede retornar a la celda correspondiente e introducir nuevamente el dato, el movimiento en la hoja de cálculo puede realizarse con el ratón o con las teclas flecha. Para el ejemplo, se tiene la siguiente base de datos:

	Bloque	Cultivar	Nitrógeno	Fósforo	MS raíz	MS follaje
1	1	1	1	1	1.39	5.53
2	1	1	1	2	.89	4.70
3	1	1	2	1	1.35	4.23
4	1	1	2	2	1.75	6.40
5	1	1	3	1	.69	4.14
6	1	1	3	2	1.63	11.18
7	1	2	1	1	.49	.88
8	1	2	1	2	.39	.70
9	1	2	2	1	.37	1.32
10	1	2	2	2	.52	1.90
11	1	2	3	1	.64	2.30
12	1	2	3	2	.61	1.54
13	2	1	1	1	1.57	8.87
14	2	1	1	2	.61	2.40
15	2	1	2	1	1.28	4.27
16	2	1	2	2	.43	1.38
17	2	1	3	1	1.29	8.51
18	2	1	3	2	1.78	12.34
19	2	2	1	1	.41	.92
20	2	2	1	2	.65	1.95
21	2	2	2	1	.34	.80
22	2	2	2	2	.62	1.36
23	2	2	3	1	.40	1.48
24	2	2	3	2	.41	1.00

**Generar un archivo de datos** Para generar el archivo de la base de datos, pulsar en *File* (Archivo) en el menú principal, seleccionar la opción *Save as* (Guardar como), se abre un cuadro de diálogo que indica:

*Guardar en* define el directorio o dirección donde se desea trabajar (para el ejemplo C:\SEMCIF).

*Nombre* identifica al archivo indicando un nombre referencial al trabajo que se esta realizando (para el ejemplo PRACTICA).

*Guardar como tipo* pide el tipo de archivo a ser guardado. Para el caso de bases de datos la extensión es *.sav*, puesto que se pueden reconocer en versiones de Excel o en otros paquetes estadísticos. Definida la dirección se pulsa en *Guardar*. Así guardado un archivo *x* de una base de datos, esta puede ser sujeto de análisis estadísticos descriptivos y/o inferenciales.

Para salir del SPSS pulsar en *Files* y seleccionar *Exit*.

## Correlación simple

Primero se debe abrir el archivo de trabajo. Se utilizará como ejemplo el archivo ejemplo de la página anterior. Para ello se debe pulsar en *File*, se selecciona *Open*, se tiene un cuadro de diálogo en el que indica *Open file*.

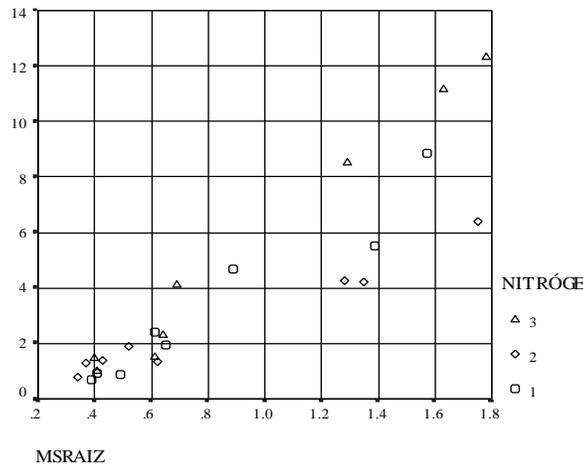
*Buscar en*; Indicar el directorio o ruta del archivo a recuperar (del ejemplo: C:\SEMCIF).  
*Nombre del archivo*; escribir o buscar el nombre del archivo (del ejemplo: PRACTICA).  
*Tipo de archivo*; definir la extensión del archivo (.sav).

Una vez abierto el archivo a ser trabajado, para el caso de correlación simple, se elige del menú principal la opción de gráficas de dispersión.

**Gráficas de dispersión** En esta opción se observa el comportamiento de la variable Y frente a la X, con dos entradas de referencia (dos variables experimentales). Puede presentar la tendencia total y por grupos de la población, además de los coeficientes de determinación y sus respectivas medias. Para ello se debe ingresar a *Graphs* y seleccionar *Scatter*. Aparece un cuadro de diálogo en que se tiene los tipos de gráficas de dispersión, se selecciona con el ratón en la opción *Simple* y luego *Define*. Aparece otro cuadro de diálogo indicando por un lado las variables que se tienen y por otro las variables a introducir:

Pantalla	Descripción	Ingresar
<i>Y Axis</i>	Eje de las Y	MS raíz
<i>X Axis</i>	Eje de las X	MS follaje
<i>Set markers by</i>	Primera entrada de diferenciación o tratamientos a identificar	Nitrógeno
<i>Label cases by</i>	Segunda entrada de diferenciación	Fósforo

Definiendo las variables con las teclas flecha se introducen estas variables a los ejes y niveles correspondientes. En caso de equivocación se puede presionar nuevamente en las flechas y re introducir los datos. Se tienen opciones de introducir títulos (*Title*) y subtítulos con primera y segunda línea. Por último presionar *OK* para que se tenga la presentación de la gráfica. La gráfica por defecto aparece cuadrículada, con números en las leyendas



Para introducir el título correcto, se puede quitar la cuadrícula y dar un nuevo formato a la escala con *doble click* con el botón izquierdo del ratón en el eje correspondiente (vertical u horizontal). Se tiene un cuadro de diálogo en el que se puede modificar las características de los ejes.

Presentación en pantalla		Descripción	Para el ejemplo:
<i>Axis Title</i>		Título del eje correspondiente	MS de follaje
<i>Title justification</i>		Justificación del título <i>Left</i> (izquierda) <i>Right</i> (derecha) <i>Center</i> (centro)	<i>Left</i>
<i>Scale</i>			
<i>Range</i>			
<i>Data</i>	<i>Minimum</i>	Valor mínimo de los datos	0.7
	<i>Máximun</i>	Valor máximo de los datos	13.2
<i>Displayed</i>	<i>Minimum</i>	Valor mínimo en la escala	0
	<i>Máximun</i>	Valor máximo en la escala	14
<i>Major divisions</i>	<i>Increment</i>	Incremento mayor en la escala	1
	<i>Ticks</i>	Borra o introduce la división de la escala	
	<i>Grits</i>	Borra o introduce las líneas de la cuadrícula	
<i>Minor divisions</i>	<i>Increment</i>	Incremento menor en la escala	1
	<i>Ticks</i>	Borra o introduce la división de la escala	
	<i>Grits</i>	Borra o introduce las líneas de la cuadrícula	

Para modificar la leyenda, se debe pulsar *doble click* en la parte donde le corresponde con el botón derecho del ratón. Así se puede tener la siguiente pantalla:

Presentación en pantalla		Descripción	Para el ejemplo:
<i>Legend title</i>		Título de la leyenda	Fuente de nitrógeno
<i>Justification</i>		<i>Left</i> (izquierda) <i>Right</i> (derecha) <i>Center</i> (centro)	<i>Left</i>
<i>Select labels</i> *	1	Indica el primer tratamiento	Cepas nativas *
	2	Indica el segundo tratamiento	Cepa de <i>Rhizobium</i> *
	3	Indica el tercer tratamiento	75 kg/ha de N*

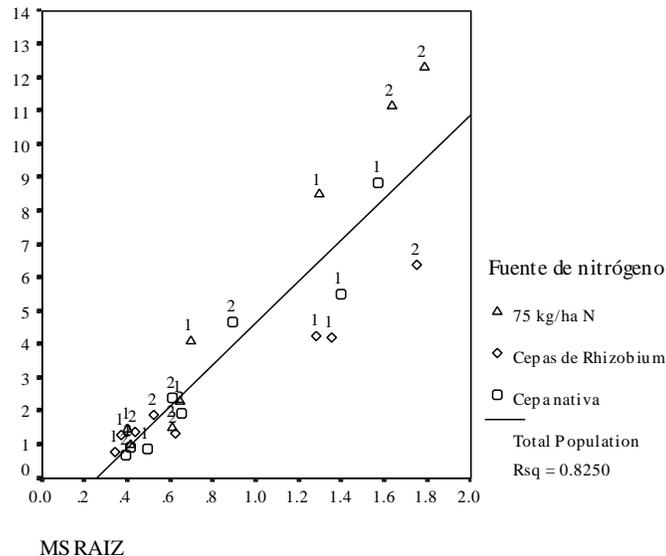
\* En *Select label* colocar la descripción pulsando *Change* para cada uno de los tratamientos

Para la presentación de las líneas de tendencia, los coeficientes de determinación, las líneas de las medias, ya sean por grupo o población total, se tiene la opción *Chart* del menú principal. Para ello presionar *Chart* y seleccionar *Options*.

Presentación en pantalla		Descripción
<i>Display options</i>	<i>Show subgrups</i>	Presentación por grupos
<i>Fit line</i>	<i>Total</i>	Presentación de las líneas de tendencia por grupos o total. Para el ejemplo seleccionar <i>Total</i>
	<i>subgrupos</i>	

Presionando *Fit options* se seleccionan las líneas de tendencia a la que se acomoda la nube de puntos. Para tener los coeficientes de determinación ( $r^2$ ) en la opción *Regression options* indicar que se quiere el coeficiente de determinación haciendo un *click* en *Display R-square in legend* (presentar  $r^2$  en la leyenda), para posteriormente presionar en *Continue*.

Para presentar la diferenciación de la segunda variable (fósforo) presionar en *Cases labels*, seleccionar *on* con lo cual, en la gráfica, cada punto aparecerá acompañado de un número de referencia, en el ejemplo, la aplicación o no de fósforo.



Como se observa, los puntos diferencian el factor nitrógeno y los números junto a los puntos diferencian el factor fósforo. Presenta también el coeficiente de determinación del total de la población, además de la línea de tendencia de la población.

Para guardar la figura pulsar en *Files/Save As* y se presentan las siguientes opciones:

*Guardar en:* Para el ejemplo se puede guardar en el directorio C:\SEMCIF.

*Nombre:* Pide dar un nombre a la gráfica, para el ejemplo: Gráfica.

*Tipo de archivo:* ya se tiene por defecto, solo presionar *ENTER*.

**Coefficientes de correlación** Para determinar el coeficiente de correlación más su significancia, se procede de la siguiente manera:

Ingresar en el menú principal a *Analyze*, seleccionar *Correlate*; dentro de este sub menú seleccionar *Bivariate* (dos variables), con lo cual se ingresa a un cuadro de diálogo. Con el ratón se puede marcar las variables que se desea analizar e ingresar con la flecha del cuadro de diálogo. En el ejemplo, MS raíz y pulsar un *click* en la flecha, seleccionar MS follaje y *click* en la flecha. El coeficiente de correlación puede analizarse para muchas variables, en el ejemplo solo se realizó con dos variables de respuesta.

Ahora se selecciona el coeficiente de correlación de *Pearson*. Para presentar la media y la desviación estándar de las variables a analizar se ingresa a *Options*. Con un *click en Mean and standard deviation* (Media y desviación estándar) se tiene la siguiente salida del SPSS:

## Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
MSRAIZ	.8546	.4981	24
MSFOLLAJ	3.7542	3.4217	24

## Correlations

		MSRAIZ	MSFOLLAJ
MSRAIZ	Pearson Correlation	1.000	.908**
	Sig. (2-tailed)	.	.000
	N	24	24
MSFOLLAJ	Pearson Correlation	.908**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.
	N	24	24

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

El primer cuadro presenta las medias, la desviación estándar, y el número de datos de cada variable en este análisis. El segundo cuadro presenta los coeficientes de correlación, su significancia y el número de datos con los que se trabajó en el análisis. Los asteriscos indican la significancia de la correlación al nivel de 1 y 5 %.

Si el tamaño de la muestra es bajo, es aventurado dar calificación al valor de  $r$ , aún cuando llegue a ser significativo la prueba a nivel de 0.05. Pero si el tamaño es mayor a 30 y la prueba sale significativa o altamente significativa, podemos calificar el valor de acuerdo a la siguiente escala.

Valor de $r$	Calificación
0.2 - 0.3	Correlación muy baja
0.4 - 0.5	Correlación baja
0.6 - 0.7	Correlación alta
0.8 - 1.0	Correlación muy baja

Fuente: Calzada, 1970.

Cuando el coeficiente de regresión es cero o esta cerca de cero es porque los puntos están dispersos en este caso la línea de regresión es muy deficiente para representar a la regresión; por otra parte, para un valor de "X" no es posible predecir que el valor de "Y" le corresponde. Pero si  $r$  tiene un valor próximo a  $\pm 1$  quiere decir que los puntos están cerca o en la misma línea de regresión y en este caso es posible hacer una prueba de predicción de "Y".

**La ecuación de regresión** Para obtener este otro dato, se debe presionar en la opción *Analyze* del menú principal, seleccionar *Regresión*, ingresar a *Linear*, aparece un cuadro de diálogo para poder ingresar las variables dependiente (MS follaje) e independiente (MS raíz) y presionar en *OK*. En la ventana de regresión se presentan cuatro cuadros.

- |   |                                 |   |
|---|---------------------------------|---|
| 1 | <i>Descriptive Statistics</i>   | Las medias y las desviaciones estándar de las variables       |
| 2 | <i>Correlations</i>             | Coefficientes de correlación, significancia y número de datos |
| 3 | <i>Variable entered/removed</i> | Variables dependientes e independientes                       |
| 4 | <i>Coefficientes</i>            | Coefficientes de regresión                                    |

Con la salida del SPSS se tendrá (siguiendo con datos del ejemplo):

#### Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
MSFOLLAJ	3.7542	3.4217	24
MSRAIZ	.8546	.4981	24

#### Correlations

		MSFOLLAJ	MSRAIZ
Pearson Correlation	MSFOLLAJ	1.000	.908
	MSRAIZ	.908	1.000
Sig. (1-tailed)	MSFOLLAJ	.	.000
	MSRAIZ	.000	.
N	MSFOLLAJ	24	24
	MSRAIZ	24	24

#### Variables Entered/Removed<sup>b</sup>

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	MSRAIZ <sup>a</sup>	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: MSFOLLAJ

#### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-1.578	.603		-2.617	.016
	MSRAIZ	6.239	.613	.908	10.184	.000

a. Dependent Variable: MSFOLLAJ

**Regresión** Es la cantidad de cambio de una variable dependiente asociada a un cambio de otra variable independiente. Para interpretando los datos de la salida del SPSS, se debe recordar:

- Y = Variable dependiente
- X = Variable independiente
- a = Intersección de la recta de regresión con el eje "Y"
- b = Coeficiente de regresión

El coeficiente de regresión indica el número de unidades que varía "Y" al variar "X" en una unidad. La ecuación de la regresión  $Y = a + b x$ , en el caso del ejemplo tomaría los siguientes valores:

$$Y = -1.578 + 6.239 x$$

El coeficiente de regresión “b” indica que por el incremento de una unidad (un g de materia seca en la raíz) se tuvo un incremento de 6.24 g en la materia seca del follaje esto válido dentro el rango de los valores observados de “X”.

En el ejemplo el intercepto es negativo lo que indica que la ecuación pasa por  $Y=-1.578$ . Para la interpretación se debe tener mucho cuidado, en este caso las variables son pesos y por lo tanto son números positivos, superiores a cero.

Para el cálculo del punto donde corta la recta de regresión en el eje “X”, el valor de “Y” deberá ser cero, entonces se puede proceder de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Y = 0 & \quad \text{reemplazando en la ecuación} \\ 0 & = -1.578 + 6.239 X \\ X & = 1.578/6.289 = 0.25 \end{aligned}$$

Entonces se puede indicar que la ecuación en términos de interpretación puede tener sentido desde 0.25 g de materia seca de la raíz. Se debe evitar en lo posible la extrapolación de la recta de regresión más allá del rango de observaciones.

## Referencias

Calzada, B., 1970. Métodos estadísticos para la investigación. 3<sup>ra</sup>. ed. Edit. Jurídica. Lima, Perú. pp. 208- 285.



# **ANEXOS**



## Anexo 1. Directorio de páginas web de utilidad

**Ruddy Meneses**  
**Proyecto Rhizobiología Bolivia**

Se consignan algunas direcciones electrónicas de utilidad dentro el rubro forrajero. La fecha de vigencia es del 03.06.2000.

Dirección	Comentarios
<a href="http://angelfire.com/co/forraje/index.html">http://angelfire.com/co/forraje/index.html</a>	Información general sobre el CIF-UMSS, SEFO y el Proyecto Rhizobiología Bolivia
<a href="http://www.ine.gov.bo/">http://www.ine.gov.bo/</a>	Página oficial del Instituto Nacional de Estadística de Bolivia. Se encuentra información estadística sobre rubros agrícolas del país
<a href="http://www.umss.edu.bo/">http://www.umss.edu.bo/</a>	Página de la Universidad Mayor de San Simón
<a href="http://www.ciat.cgiar.org/greylit">http://www.ciat.cgiar.org/greylit</a>	Base de información sobre literatura científica que no se encuentra en los sitios convencionales y que es generada en centros de investigación agrícola
<a href="http://www.condesan.org">http://www.condesan.org</a>	Página del Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Eco región Andina. Actividades de investigación y desarrollo para los Andes
<a href="http://www.cimmyt.cgiar.org">http://www.cimmyt.cgiar.org</a>	Página oficial del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)
<a href="http://www.catie.ac.cr/catie/">http://www.catie.ac.cr/catie/</a>	Página oficial del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
<a href="http://www.ciat.cgiar.org/">http://www.ciat.cgiar.org/</a>	Página oficial del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
<a href="http://www.pnud.bo">http://www.pnud.bo</a>	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en Bolivia
<a href="http://www.unep.org">http://www.unep.org</a>	Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente
<a href="http://www.embrapa.br/">http://www.embrapa.br/</a>	Página oficial de la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria
<a href="http://www.inta.gov.ar/">http://www.inta.gov.ar/</a>	Página del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de la República de Argentina. Con enlaces a importantes sitios web
<a href="http://www.usda.gov/">http://www.usda.gov/</a>	Página del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norte América

<a href="http://apps.fao.org">http://apps.fao.org</a>	Bases de datos estadísticos agropecuarios mundiales de la FAO
<a href="http://www.ruralnet.com">http://www.ruralnet.com</a>	Página argentina de información agropecuaria. Con varios e importantes enlaces
<a href="http://www.inia.org.uy/index.html">http://www.inia.org.uy/index.html</a>	Página del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Uruguay (INIA)
<a href="http://www.wageningen-ur.nl/">http://www.wageningen-ur.nl/</a>	Acceso a la librería de la Universidad Agrícola de Wageningen (Holanda)
<a href="http://forages.orst.edu/">http://forages.orst.edu/</a>	Página especializada en forrajes (en inglés) con muchas conexiones por temas
<a href="http://www.ag.iastate.edu/">http://www.ag.iastate.edu/</a>	Universidad estatal de Iowa USA
<a href="http://cedib.org">http://cedib.org</a>	Centro de documentación e información sobre Bolivia
<a href="http://www.agrosoft.com.co/">http://www.agrosoft.com.co/</a>	Software técnico para el sector agropecuario
<a href="http://ss.ngri.affrc.go.jp/diseases/detitle.html">http://ss.ngri.affrc.go.jp/diseases/detitle.html</a>	Enfermedades fungosas en gramíneas y leguminosas
<a href="http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/GBASE/MAINMENU.HTM">http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/GBASE/MAINMENU.HTM</a>	Base descriptiva de la FAO sobre especies forrajeras de importancia
<a href="http://tor.ngb.se/Material/phalaris.html">http://tor.ngb.se/Material/phalaris.html</a>	Base de datos del CGIAR sobre el pasto brasileño ( <i>Phalaris</i> sp.)
<a href="http://www.jalonso.com/librería.html">http://www.jalonso.com/librería.html</a>	Biblioteca virtual de veterinaria
<a href="http://www.farmphoto.com/">http://www.farmphoto.com/</a>	Fotos sobre temáticas agropecuarias
<a href="http://corpoica-regionaluno.org/">http://corpoica-regionaluno.org/</a>	Corporación colombiana de investigación agropecuaria
<a href="http://www.nrm.se/welcome.html.en">http://www.nrm.se/welcome.html.en</a>	Museo Sueco de Historia Natural
<a href="http://www.nrm.se/fbo/welcome.html.en">http://www.nrm.se/fbo/welcome.html.en</a>	Sección de plantas superiores del Museo Sueco de Historia Natural
<a href="http://linnaeus.nrm.se/flora/chk/htmlsyn.htm">http://linnaeus.nrm.se/flora/chk/htmlsyn.htm</a>	Sinónimos de nombres científicos de especies vegetales
WWW.SEMILLAS.ORG	Programa Nacional de Semillas (Bolivia).
<a href="http://www.chasque.apc.org/microlab">http://www.chasque.apc.org/microlab</a>	Boletín de la Asociación Latinoamericana de Rhizobiología
<a href="http://www.redeco.org">www.redeco.org</a>	Red para el sector rural de América Latina (REDECO)
<a href="ftp://ftp.ciat.cgiar.org/usodesuelos/redeco">ftp://ftp.ciat.cgiar.org/usodesuelos/redeco</a>	Colección de documentos de REDECO

## Anexo 2. Uso del pH-metro

Giovana Coca  
Proyecto Rhizobiología Bolivia

### Introducción

El término reacción o pH, se emplea universalmente para expresar el contenido de iones hidrógeno presentes en forma activa en una solución o en una suspensión de cualquier material.

Cuando se habla de pH del suelo, se hace referencia a una de las cualidades más indicativas de sus propiedades. El que un suelo sea ácido, neutro o alcalino determina en gran parte la solubilidad de varios compuestos, la fuerza de unión de los iones en los sitios de intercambio y la actividad de los microorganismos (Aguilar, *et al.*, 1987).

Los métodos para determinar pH en suelos pueden dividirse en métodos colorimétricos o electrométricos. Los métodos **colorimétricos** hacen uso de indicadores generalmente colorantes orgánicos de tipo ácido o básico, que cambian de color con la actividad de los iones  $H^+$ . Su uso se restringe a trabajos de campo para obtener valores aproximados de pH. El método **electrométrico** es el más utilizado en los laboratorios de suelos. Con este método se mide el potencial de un electrodo sensitivo a los iones  $H^+$  (electrodo de vidrio) presentes en una solución problema, usando como referencia un electrodo cuyo valor de pH no se modifica, cuando cambia la concentración de los iones a medir, siendo generalmente un electrodo de calomegano o de Ag/Ag Cl (Aguilar, *et al.*, 1987).

### Determinación de pH

El presente artículo explica la forma correcta de utilizar un pH-metro de precisión a pilas (pH 90/WTW), con un electrodo combinado sistema Pt-Ag/AgCl. El juego de accesorios incluye soluciones Buffer de pH neutro (7.0), ácido (4.0) y básico (9.0). El equipo se encuentra disponible en el laboratorio de Rhizobiología en el Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”.

### Consideraciones previas al uso del pH-metro

La preparación de la muestra se debe realizar en una relación 1:2.5 o 1:5 (suelo/agua destilada). Se procede a agitar la solución por 30'. Luego se procede a medir el pH.

**Calibración del pH-metro** El botón *Funktion-mode* siempre debe estar en pH y no debe tocarse el electrodo con los dedos (el electrodo debe guardarse siempre en una solución de KCl 3 N).

1. Sacar el electrodo de la solución de ClK (3N), lavar con agua destilada y secar sólo la punta con papel filtro.

2. Medir con un termómetro la temperatura de la solución buffer pH 7.0 (neutro) y ajustar a esa temperatura ambiente el pH-metro con el botón °C.
3. Ajustar el pH con el botón  $\Delta$  pH a pH 7.0 y dejar una hora para que se estabilice.
4. Sacar el electrodo de la solución buffer de pH 7.0 y lavar con agua destilada y secar la punta del electrodo.
5. Poner el electrodo en la solución buffer pH 4.0 (ácido) o de pH 9.0 (básico), según los suelos a analizar.
6. Ajustar el pH con el botón mV/pH a 4.0 o 9.0 y dejar estabilizar durante una hora. Posteriormente estará listo para su uso.
7. Sacar el electrodo de pH 4.0 o 9.0, lavar con agua destilada y secar con papel filtro.
8. Introducir el electrodo (25 cm de profundidad) en la muestra a medir el pH. Esperar hasta que se estabilice y proceder y registrar el valor.
9. Para una nueva muestra lavar el electrodo, secarlo y realizar el mismo procedimiento.
10. Una vez terminado de usar, lavar el electrodo cuidadosamente con agua destilada, seca con papel filtro e introducirlo en la solución de CLK 3N.



## Referencias

Aguilar, A., Barra, J. y Castellanos, J. 1997. Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Ed. Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo. Chapingo, Méjico. 217 p.

## Anexo 3. Ejemplos del registro de datos

**Henk Waaijberg**  
**Proyecto Rhizobiología Bolivia**

### Informes diarios para actividades y observaciones

Los informes deben registrar el uso del tiempo, anotar cuándo y cómo se han realizado las labores de campo o de laboratorio, documentar cualquier observación o metodología de importancia para luego entender los resultados de los ensayos. Los datos numéricos y los informes verbales son la base para el informe final. Si uno de ellos falla, no es posible escribir un buen informe de los trabajos. Por eso se requiere actualizar diariamente los informes verbales y las bases de datos. A continuación se presentan ejemplos de como organizar la información.

El primer ejemplo es un informe mensual que describe actividades, observaciones y costos ficticios. Cada noche al volver del trabajo se aumenta el informe con la información relevante. Algunas veces puede haber mucho y otras poco, pero todo se debe anotar lo más pronto posible.

El segundo es una planilla de un estudio de banano, guineo y plátano en Chapare. Por la cantidad de datos a tomar fue necesario imprimir la página en sentido horizontal; es preferible hacer planillas con en texto en la posición normal. En la planilla se anotan datos de identificación (parcela, cepa, fecha), información ordinal (tipo de retoño), datos numéricos (medidas del pseudotallo, números y medidas de hojas) y estimaciones (% vivo de las hojas). La información se puede transcribir en el mismo orden a la computadora.

El tercer ejemplo fue tomado de un estudio de haba en el valle de Cochabamba. Indica que no se deben registrar sólo los datos, con una columna por variable, sino también dar una definición y descripción completa de los mismos. Los datos se pueden transcribir con una procesadora de textos (WP) o con hojas de cálculo (Excel, QPRO), para después ser trasladados a programas estadísticas como MSTAT o SPSS.

### Informe diario de Juan Gonzalez: enero de 1995

- 
- 01 Selección de semilla de los cultivares UMSS 2001 y Bolivia 2000 obtenidas de SEFO para la siembra del sitio en Puca Puca. Se eliminaron las semillas dañadas, las con síntomas de enfermedades y las con menos del 75 % del tamaño promedio.
  - 02 Preparación del terreno en Vinto Chico: arada con yunta seguida por remoción manual de malezas. Costo del trabajo Bs 46 para una superficie de 1100 m<sup>2</sup>, se tardó 150'. Se observó que el suelo del bloque 3 (al sur del sitio) es más arenoso que el suelo en el resto del sitio. Tarde libre, viajé a Oruro.
  - 03 En la mañana asistencia a Fabio XXXXX en el deshierbe de su ensayo. En la tarde revisión e impresión de la versión final del perfil de tesis.
  - 04 .....
- etc. -----

*Estudio del banano en Cochabamba 1996 (Milan Caro y Henk Waaijenberg, casilla 5842, tel/fax 591 42 88579, Cochabamba, Bolivia)*

*Localidad:*

*Productor:*

*Parcela (cultivar):*

fecha dd-mm	número de cepa	tipo de retoño/ planta	pseudotallo		hojas vivas/ muerta s	hoja 01	hoja 02	hoja 03	hoja 04	hoja 05	hoja 06	hoja 07	hoja 08	hoja 09	hoja 10	hoja 11	hoja 12
			altura	circ50		L x A viva %											

Ag - hijo de agua; Rb - hijo de rebrote; E0 - hijo de espada con hojas -10 cm; E1 - hijo de espada con hojas +10 cm; E2 - hijo de espada con algunas hojas normales, E3 - hijo de espada con todas hojas normales; Pa - pariendo (1-3); Fl - con flor (4-6); Fr - con fruta (7).

Observaciones:

**Factores experimentales y variables de respuesta de.....**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	➤➤
1	01	1	1	0	0	5.78					
1	02	1	1	1	1	6.21					
1	03	1	1	2	2	6.54					
1	04	1	2	0	0	7.36					
1	05	1	2	1	1	5.80					
1	06	1	2	2	2	6.02					
1	07	2	1	0	0	0.45					
1	08	2	1	1	1	7.83					
1	09	2	1	2	2	5.39					
1	10	2	2	0	0	5.81					
1	11	2	2	1	1	5.96					
1	12	2	2	2	2	5.80					
1	13	3	1	0	0	9.20					
1	14	3	1	1	1	7.24					
1	15	3	1	2	2	7.42					
1	16	3	2	0	0	7.75					
1	17	3	2	1	1	5.53					
1	18	3	2	2	2	7.46					

-----datos de otros sitios-----

**Explicación completa, puntual y clara**

- 1 - Sitio: 1 = Vinto Chico, sin historial de cultivo de haba, sembrado 21 de enero de 1995; 2 = Pairumani, con historial de cultivo de haba, sembrado 24 de enero de 1995.
- 2 - Parcela: número dentro de cada sitio.
- 3 - Bloque: número dentro de cada sitio; 1 = suelo más húmedo; 2 = alta presencia de kikuyo; 3 = suelo más pedregoso.
- 4 - Cultivar: 1 = 'Criolla Caramarqueña' comprado en el mercado de Quillacollo; 2 = 'Pairumani 1' obtenido del Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani, Cochabamba.
- 5 - Cepa de *Rhizobium leguminosarum* biovar. *viceae*: 0 = sin inocular, posiblemente hay bacterias nativas o naturalizadas; 1 = cepa FB 481 del CIAT, Santa Cruz; 2 = TAL 1397 del CIAT, Santa Cruz.
- 6 - Fertilización: 0 = ninguna; 1 = 100 kg superfosfato triple (SFT)/ha (aprox. 20 kg P/ha) aplicado al surco antes de la siembra; 2 = 100 kg SFT/ha (aprox. 20 kg P/ha) aplicado al surco antes de la siembra plus una aplicación al follaje de 0.5 kg/ha de Fetrilon-Combi (microelementos producidos por BASF) a 60 días después de la siembra y otra a 90 días después de la siembra.
- 7 - Peso de las raíces 31 de abril de 1995, a 100 días después de la siembra: g de materia seca por planta. Se tomó una muestra al azar de 10 plantas en los dos surcos extremos de cada parcela. Las raíces fueron lavadas y secadas en una estufa durante 24 h a 105 °C.
- 8 - ..... etc. -----



## Anexo 4. Redacción de referencias (bibliográficas)

Henk Waaijenberg  
Proyecto Rhizobiología Bolivia

### Papel de las referencias

En una publicación se requieren referencias para apoyar cualquier información que no es de conocimiento general ni generada por los autores de la publicación. Esta información puede consistir en (partes de) datos no publicados, comunicaciones personales y publicaciones. Por eso, el término "referencias" es de más amplia utilidad que "bibliografía".

### Formas de presentar referencias

En el texto las referencias deben ser las más breves y discretas posibles para no distraer la atención innecesariamente. Su único objetivo es indicar donde en una sección especializada de "Referencias" se puede encontrar los datos requeridos para buscar y consultar la información original o más completa.

La forma más breve para citar es con números al final de la oración o párrafo, por ejemplo (23, 27). En este caso en la sección de "Referencias" las fuentes de información están listadas según el orden en que fueron mencionadas por primera vez en el texto. Este formato es empleado en revisiones de literatura, donde la gran cantidad de citas interrumpiera la fluidez del discurso.

La forma más común es de presentar solamente el (primer) apellido del autor o de los autores y el año de la comunicación o publicación, preferiblemente entre parentesis al final de la oración o del párrafo (López, 1982a; Jiménez y Vasquez, 1987). En general, las publicaciones se presentan en orden cronológico. Si un autor ha publicado más de una obra por año, se distingue entre ellas añadiendo las letras a, b, etc. Cuando hay más de dos autores, se cita el apellido del primer autor seguido por la abreviatura *et al.* en cursivo; eso es latín que significa "y otros" (Pijnenborg *et al.*, 1994).

Es preferible escribir los apellidos en minúsculas, porque distraen menos la atención que las mayúsculas. Por la misma razón es recomendable citar las obras corporativas con las siglas de las instituciones (FAO, 1985; CIAT, 1994). En el caso de obras anónimas (sin autor individual o corporativo) eso se hace evidente en la cita (Anónimo, 1995).

En lugar de citar las referencias al final de oraciones o párrafos, también se pueden usar formatos como "Según Ruíz (1989), las bacterias requieren una temperatura mayor a 19 °C." o "En estudios realizados en el trópico de Bolivia, Vallejos (1994) encontró que .....". Sin embargo, por lo general, estos modos de formular requieren de más palabras y espacio, ofrecen poca información adicional y reducen la claridad de los mensajes.

## Como redactar referencias bibliográficas

En la sección "Referencias" se presentan toda la información requerida para poder encontrar las publicaciones o materiales inéditos citados en el texto. Las referencias a más de completas tienen que ser sistemáticas. Eso ayuda a ver si realmente son completas, facilita la memorización, y da una buena impresión de su autor o autores. No es tan importante si los autores se separan por comas (,) o semicolones (;), si el año está entre paréntesis o separado del título por un punto, o en qué orden se presentan los datos sobre editorial, ciudad y país. Es esencial que en todas las citas se presenten los mismos datos, en el mismo orden y en la misma forma. Lo contrario hace dudar de la capacidad y voluntad del autor y puede causar dudas sobre los otros aspectos de su trabajo.

En el ambiente agropecuario de América Latina el sistema más recomendado - aunque menos practicado - es el del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), descrito en Molestina (1988). Tiene la desventaja que es regional y usa abreviaturas que no se reconocerán fuera del continente. Además es tan completo y complicado, con diferentes reglas para cada tipo de publicación, que es difícil aplicarlo. Las bibliografías en la misma obra que recomienda el sistema, son pruebas claras de ello.

A continuación se presenta un sistema más sencilla, que sólo distingue entre libros y artículos. Un libro es una publicación independiente, mientras un artículo es un texto, por lo general más corto, que se publica dentro de un libro, revista o periódico. Los detalles sobre la redacción de referencias se elaboran en la sección "Componentes de las referencias".

- **Libro:** Autor(es). Año. Título. Edición o traducción. Casa editorial. Ciudad, País. Número de páginas.
- **Artículo en libro:** Autor(es). Año. Título. Primera-última página. **En:** Editor(es) o Compilador(es). Año. Título. Información adicional. Casa editorial. Ciudad, País. Número de páginas.
- **Artículo en revista:** Autor(es). Año. Título. Revista (País) volumen (número): primera-última página.
- **Artículo en periódico:** Autor(es). Año. Título. Periódico. Ciudad, País. Fecha. Primera-última página.

## Materiales no consultados

Es peligroso referir a trabajos no consultados: al alejarse más de la obra original se aumentan los errores de interpretación. Por eso se debe referir a las publicaciones originales y evitar el uso excesivo de "xxxxxxx (1987) citado por yyyyyyyy (1993)", especialmente donde ninguna de ambas obras es esencial para el trabajo a publicar. Cuando no hay alternativa, se cita sólo la obra original en el texto, y se explica en las "Referencias" que no se ha consultado el texto original sino un resumen o interpretación en otra obra. En la bibliografía se presentan las referencias completas de la obra original y de la publicación en la cual fue resumida o citada. Las dos referencias deben ser unidas mediante las expresiones "Citado por:", "Resumido por" o "Tomado de".

## Uso de comunicaciones personales

A veces existe la necesidad de referirse a datos no publicados y conocimientos u opiniones expresadas en correspondencias o entrevistas personales. En publicaciones científicas se deben evitar referencias a datos y comunicaciones que no pueden ser verificados por terceros. Una forma común de referir es hacerlo sólo en el texto (Meneses, 1995; com. pers.). Es mejor mencionar la comunicación como cualquier otra fuente en el texto (Meneses, 1995), para luego en la sección "Referencias" presentar una breve descripción del tipo y contenido de la comunicación, por ejemplo: Meneses, R., 1995. Comunicación personal por escrito sobre los rendimientos de alfalfa en el valle bajo de Cochabamba. 13 de marzo de 1995. Cochabamba, Bolivia. 3 p.

## Componentes de las referencias

En lo posible se debe usar el lenguaje original de la publicación en toda la cita: título, ciudad, país, etc. en un solo idioma. Se recomienda evitar las abreviaturas poco conocidas; para estar seguro mejor usar únicamente las aceptadas por diccionarios reconocidos. Una excepción son las abreviaturas oficiales de las revistas internacionales. En todo caso es mejor un texto completo que abreviaturas erróneas. Una norma común es que se citan las publicaciones como son, con errores de sintaxis, ortografía y todo, aunque en casos evidentes de errores de mecanografía, se puede considerar no ser muy estricto.

**Autor(es).** Aquí se incluyen los apellidos e iniciales de **todos** los autores, en lugar de la abreviatura "*et al.*" Por lo general, se citan las obras en orden alfabético según los primeros apellidos de los autores, combinando los posibles artículos con los iniciales. Se pueden citar uno o dos apellidos, pero es aconsejable usar el mismo sistema para todos los autores españoles.

**Año.** Refiere al año de la primera publicación o el derecho de autor de la edición consultada. En caso de reimpresión sin cambios se refiere a la fecha original. Con las letras minúsculas a, b, etc. se indica el orden cuando hay más de una obra del mismo autor o de los mismos autores en un sólo año. Cuando falta información sobre la fecha de publicación, se indica "sin año" o "sin fecha".

**Título.** En la mayoría de los sistemas sólo la primera letra de títulos y subtítulos y los nombres se escriben en mayúsculas. Entre títulos y subtítulos se inserta un colon (:).

**Edición o traducción.** Según el caso se puede incluir información como "Tercera edición" o "Traducido del Inglés al Español por J. Traductor".

**Información adicional.** Puede ser, por ejemplo, que la publicación fue redactada con base en las memorias de una reunión de tal organización, tal lugar y tal fecha.

**Casa editorial.** Con este término se refiere a cualquier entidad comercial, sin fines de lucro, público o privado que ha realizado la publicación y distribución. Por lo general, no es la imprenta!

**Ciudad.** Es la sede principal de la casa editorial. En caso de publicación por un subsidiario se refiere a la sede de este. Fijase que hoy día es común que la casa editorial, la imprenta y la casa distribuidora se encuentran en países diferentes, por razones económicas. Para publicaciones en los

Estados Unidos, a veces se incluye el nombre o la abreviatura del estado entre paréntesis, por ejemplo: Ithaca (N.Y.), USA.

**País.** Como muchas ciudades no están conocidas en todo el mundo, es esencial mencionar también el país de publicación. Se recomienda evitar abreviaturas como "Be." (es Belize o Benin?). En caso de países muy conocidos como la USA o USSR, se puede hacer una excepción, pero eso no es necesario.

**Revista o periódico.** Se presenta el nombre oficial y completo, con el país de publicación entre paréntesis, sin importar si es conocida o no la revista o el periódico.

**Volumen (número).** Los volúmenes de revistas pueden coincidir o no con los años. Para las revistas que no indican volúmenes pero sí números se citan el año y el número: 1993 (6).

**Páginas.** El número total del libro o la primera y última del artículo. En el caso de citar literalmente o cuando una afirmación se base en páginas específicas se indica eso en el texto: (Jiménez, 1989: 21, 25-27). Al copiar un texto literalmente se lo pone entre comillas. Es correcto referir a páginas específicas, pero peligroso haber leído sólo esas. Para páginas se usa la abreviatura "p" antes (p. 23-27) o después (267 p.) del número. Donde es evidente que se trata de páginas se puede omitir esta información.

### **Ejemplos de referencias (reales y ficticias)**

Anónimo, 1968. Un nuevo plan para el desarrollo del Chapare. Los Tiempos. Cochabamba, Bolivia. 12 de febrero de 1968: p. 4A.

CIAT, 1993. Guía para la toma de muestras de suelos. Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT). Santa Cruz, Bolivia. 17 p.

Forsyth, W.G.C., 1980. Banana and plantain. p. 258-278. **In:** Nagy, S. and P.E. Shaw (eds.), 1980. Tropical and subtropical fruits: composition, properties and uses. AVI Publishing House. Westport (Conn.), USA. 570 p.

Jiménez, J.C. y Vasquez, M.P., 1987. El fenotipo y el rendimiento de las plantas anuales: Algunas hipótesis. Revista Agropecuaria (Bolivia) 32 (2): 38-47.

López, C., 1982. Efecto de la poda en la producción de semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de hábito indeterminado cv. Flor de mayo. Centro Iberoamericano de Agricultura Tropical (CIAT). Bogotá, Colombia. 53 p.

López Ruiz, M., 1997. Normas técnicas y de estilo para el trabajo académico. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 166 p. (aquí se puede considerar no presentar el nombre del país)

Molestina, C.J. (comp.), 1988. Fundamentos de comunicación científica y redacción técnica: Una recopilación. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 267 p.

## Anexo 5. Método práctico para estimar la precipitación

Milán Caro  
Proyecto Rhizobiología Bolivia

### Introducción

Los datos climáticos mínimamente requeridos para explicar el desarrollo y crecimiento de las plantas son la temperatura mínima, media y máxima y la precipitación durante el ciclo del cultivo.

En ausencia de una estación meteorológica, las temperaturas pueden medirse con los termómetros de máxima - mínima. Estos no son muy exactos pero sirven como referencia para diferenciar entre sitios e indican los valores extremos. La lectura se puede realizar con cualquier frecuencia, ya que tienen el marcador registrado en la temperatura más baja y más alta desde una lectura anterior.

La precipitación puede variar sobre pequeñas distancias. Por lo tanto para explicar algunas variables se debe tener un sistema de medida de la precipitación. A más de los convencionales, y en ausencia de una estación meteorológica cercana, un método barato y práctico consiste en la utilización de un embudo conectado a un bidón sellado, mediante una manguera liza montado sobre una estaca fija. El embudo aproximadamente debe medir unos 15 cm de diámetro; sus orillas deben ser afiladas y ubicadas exactamente en posición horizontal (medir con nivel de carpintero en dos direcciones). La altura del embudo debe estar por encima o al nivel del cultivo, sin interferencia de árboles o arbustos para así acumular la precipitación caída en el área correspondiente.

El bidón debe estar sellado y colocado por debajo del nivel del suelo, protegido del sol con ramas o paja para evitar la evaporación.

Este pluviómetro casero puede ser instalado en cada sitio que se tiene un ensayo. Es recomendable que la frecuencia de las observaciones no exceda los siete días.

### Cálculo de la precipitación en mm

Los datos que se deben tomar en cuenta para el cálculo de la precipitación son:

El diámetro del embudo  $D = 2r$  en cm

El volumen de agua acumulado en el bidón en un tiempo determinado (V) en  $\text{cm}^3$ . Con esta información, a partir de la fórmula de volumen de un cilindro, y despejando la altura (h) como expresión de la cantidad de agua caída, se puede calcular la precipitación en milímetros.

El área de captación de la lluvia por el embudo será:	$A = \pi * r^2$	$\text{cm}^2$
El volumen caído:	$V = \pi * r^2 * h$	$\text{cm}^3$
Despejando la altura:	$h = V / (\pi * r^2)$	cm (de precipitación)
Transformando a mm	$h = (V / (\pi * r^2)) * 10$	mm (de precipitación)

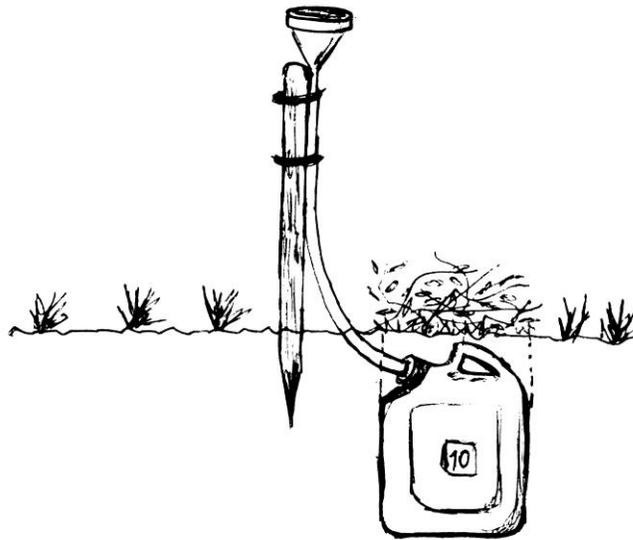
**Ejemplo.** En la localidad de Mizque se registró las lluvias acumuladas con 700 cc (0.7 l) en el lapso de una semana. El diámetro del embudo mide 17 cm ( $r = 8.5$  cm). Se realizará el cálculo de la precipitación caída en esa semana. Para ello, se puede directamente reemplazar en la fórmula correspondiente a altura (h):

$$h = (V / (\pi * r^2)) * 10$$

$$h = (700 / (3.1416 * (8.5)^2)) * 10$$

$$h = 30.89 \text{ mm de precipitación durante la semana}$$

La Figura 1 ilustra la colocación del pluviómetro casero en campo.



**Figura 1.** Sistema casero para medir la precipitación acumulada.

## Anexo 6. Informaciones del Seminario

Ruddy Meneses y Rodrigo Rodríguez  
CIF-UMSS

### Lista de instructores y participantes del taller

#### Instructores

Giovana Coca  
Mery Hervas  
Milan Caro  
Jorge Delgadillo  
José Espinoza  
Ruddy Meneses  
Rodrigo Rodríguez

#### Participantes

Agreda Aldo  
Arnéz Galia  
Arnéz Limbert  
Ayllon Teresa  
Caballero Bustamante  
Camacho Roberto  
Campos Hernan  
Campos Javier  
Conde Marcela  
Cortez Rogelia  
Castro Alvaro  
Gutiérrez Selene  
Oca Josefa  
Rodríguez Julieta  
Torrice Daicy  
Torrice Sandro  
Yugar Héctor

### Informe económico del taller

#### Ingresos

Inscripciones de profesionales (5 * 20 Bs.)	100.00 Bs.
Inscripciones de estudiantes (18 * 10 Bs.)	180.00 Bs.
Aporte de Rhizobiología	<u>180.00 Bs.</u>
Total:	<b>460.00 Bs.</b>

#### Egresos

Gastos refrigerios	130.00 Bs.
Alquiler por uso de <i>Data Display</i> (11 horas)	<u>330.00 Bs.</u>
Total	<b>460.00 Bs.</b>

#### Balance

Ingresos	280.00 Bs.
Egresos	<u>280.00 Bs.</u>
<b>Saldo</b>	<b>00.00 Bs.</b>

	<p><b>CENTRO DE INVESTIGACION EN FORRAJES "LA VIOLETA"</b></p> <p><b>PROYECTO RHIZOBIOLOGIA BOLIVIA</b></p>	
<p><b><i>CERTIFICADO</i></b></p>		
<p>Se otorga el presente certificado al Sr:</p>  <p>por haber participado en el seminario interno</p> <p><b><i>UNIFORMIZACION DE CRITERIOS DE INVESTIGACION</i></b></p> <p>en calidad de Asistente, realizado del 22 al 25 de febrero de 2000.</p>		
<p style="text-align: right;">Cochabamba, 25 de febrero de 2000</p>		
<p>Ing. Jorge Delgadillo A. CIF - UMSS</p>	<p>Ing. <u>Giovana</u> Coca M. Proyecto Rhizobiología</p>	

<p><b>B. PROGRAMA</b></p> <p><b>22.02.2000:</b></p> <p>09:00 - 09:15: Presentación del CIF (J. Delgadillo).</p> <p>09:15 - 09:45: Ensayos de campo</p> <p>09:45 - 10:15: Demostración de uso de equipos para determinar pH, peso hectolítrico, precipitación, escáner.</p> <p>10:15 - 10:30: Refrigerio.</p> <p>10:30 - 12:00: Fundamentos de Windows, procesadores de palabras y planillas electrónicas (M. Caro).</p> <p>13:30 - 15:30: Seminario de presentación de temas de nuevos <u>tesistas</u> en La Violeta.</p> <p><b>23.02.2000:</b></p> <p>08:00 - 10:00: Formación de híbridos en maíz (teoría y práctica) (R. Rodríguez).</p> <p>10:00 - 10:15: Refrigerio.</p> <p>10:15 - 12:00: Preparación de muestras para identificación de enfermedades e identificación de enfermedades en campo y laboratorio (M. Hervas).</p>	<p><b>24.02.2000:</b></p> <p>09:00 - 09:30: Introducción al MSTATC (M. Caro).</p> <p>09:30 - 10:30: Importación de datos de planillas electrónicas a MSTATC (R. Meneses).</p> <p>10:30 - 10:45: Refrigerio.</p> <p>10:45 - 12:00: Pruebas de ANVA, comparación de medias y correlación simple en MSTATC (R. Meneses).</p> <p><b>25.02.2000:</b></p> <p>09:00 - 10:00: Fundamentos y correlación simple en SPSS (M. Caro).</p> <p>10:00 - 10:15: Refrigerio.</p> <p>10:15 - 11:15: Calidad de semillas (G. Sauma).</p> <p>11:15 - 12:00: Fundamentos de <u>Power Point</u>, y preparación de diapositivas (M. Caro y R. OPCIONAL)</p> <p>09:00 - 12:00: Navegación en INTERNET. Obtención de casillas electrónicas gratuitas. Fundamentos de diseño de páginas Web. Prácticas individuales de computación</p> <p>12:00 - 12:15 Clausura del seminario</p> <div data-bbox="821 976 1272 1317" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p><b>INFORMACIONES:</b></p> <p>CIF-UMSS. Telf./Fax: 042 - 88579</p> <p>Casilla 5842</p> <p>E Mail: <a href="mailto:cifumss@comteco.entelnet.bo">cifumss@comteco.entelnet.bo</a></p> <p>pg. web: <a href="http://angelfire.com/co/forraje/index.html">http://angelfire.com/co/forraje/index.html</a></p> </div>	<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON</b></p> <p style="text-align: center;"><b>FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS Y PECUARIAS "MARTIN CARDENAS"</b></p> <p style="text-align: center;"><b>DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>CENTRO DE INVESTIGACION EN FORRAJES "LA VIOLETA"</b></p> <div data-bbox="1482 727 1717 959" style="text-align: center;">  </div> <div data-bbox="1383 1036 1818 1195" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p><b>SEMINARIO INTERNO: UNIFORMIZACION DE CRITERIOS DE INVESTIGACION</b></p> </div> <p style="text-align: center;"><b>Cochabamba, 22 al 25 de febrero de 2000</b></p>
--	---	--

<p><b>1. INTRODUCCION</b></p> <p>El Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta” y el proyecto Rhizobiología Bolivia (CIAT-CIF-PNLG-CIFP-DHV), durante varios años de investigación han acumulado experiencia en la producción y utilización de forrajes, semillas forrajeras y fijación biológica de nitrógeno.</p> <p>Dichas experiencias deben ser expuestas y discutidas para uniformizar los criterios de evaluación tanto del personal como de los tesisistas que pasan por la misma. Además deben conocerse y compartirse los conocimientos entre los “actores” de “La Violeta”.</p> <p><b>2. OBJETIVOS</b></p> <p>El desarrollo del presente seminario, permitirá a los participantes obtener los siguientes beneficios:</p> <p>Conocer los trabajos que se realizan en el CIF. Uniformizar criterios de evaluación. Actualizar los conocimientos en el manejo de paquetes computacionales.</p>	<p><b>3. PARTICIPANTES</b></p> <p>El curso está dirigido para el personal técnico, administrativo y estudiantes que están ligados de una u otra manera a “La Violeta”.</p> <p><b>4. ORGANIZADORES</b></p> <p>Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta” Proyecto Rhizobiología Bolivia (CIAT-CIF-PNLG-CIFP-DHV)</p> <p><b>5. LUGAR Y FECHA</b></p> <p>En Cochabamba, del 22 al 25 de febrero de 2000 en el Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”.</p> <p><b>6. EXPOSITORES</b></p> <p>Ing. Mery Herbas Ing. Giovana Coca Ing. Milan Caro Ing. Jorge Delgadillo Ing. Franz Gutiérrez Ing. Ruddy Meneses Ing. Rodrigo Rodríguez Ing. Gastón Sauma</p>	<p><b>7. INSCRIPCIÓN Y COSTO</b></p> <p>Las inscripciones se recibirán en oficinas del CIF “La Violeta” (Tiquipaya s/n), o mediante las direcciones detalladas.</p> <p>La fecha límite para confirmar su inscripción será hasta el día viernes 18 de febrero de 2000.</p> <p>La participación tendrá un costo de 10 Bs. para estudiantes/tesisistas y de 20 Bs. para profesionales. El cupo máximo de participantes será de veinte personas.</p> <p>Las memorias del seminario se podrán recoger del CIF el día martes 29 de marzo.</p> <p>Los tesisistas tendrán oportunidad de exponer sobre sus trabajos y evaluar preliminarmente sus datos de campo.</p>
---	--	---

## Anexo 7. Siglas referidas en esta publicación

CCD	Centro Cooperativista Danés
CIAT	Centro de Investigación Agrícola Tropical (Santa Cruz, Bolivia)
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical (Cali, Colombia)
CIF	Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”
CIFP	Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
COSUDE	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación
DHV	Consultora privada holandesa
FAO	Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
IBTA	Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria
ICARDA	Centro Internacional de Investigación en Agricultura en Zonas Áridas
INIA	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria del Uruguay
ISTA	Asociación Internacional de Análisis de Semillas
ONG's	Organizaciones no Gubernamentales
ORSTOM	Instituto Francés de Investigación y Cooperación para el Desarrollo
PDAR	Programa de Desarrollo Alternativo Regional
PDLA	Programa de Desarrollo Lechero del Altiplano
PNLG	Programa Nacional de Leguminosas de Grano
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PROMIC	Programa de Manejo Integral de Cuencas
REFCOSUR	Red de Evaluación de Forrajeras del Cono Sur
REPAAN	Red de Pastizales Andinos
RIEPT	Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales
SEFO	Empresa de Semillas Forrajeras
UMSS	Universidad Mayor de San Simón
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norte América
WAU	Universidad Agraria de Wageningen, Países Bajos

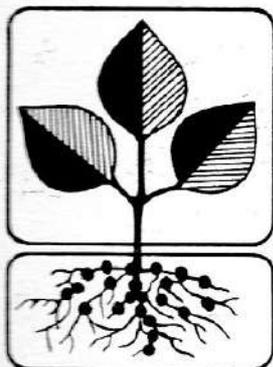
El fundo universitario "La Violeta", a la fecha alberga a tres instituciones ligadas a la investigación y producción forrajera, el Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta", la Empresa de Semillas Forrajeras SEFO-SAM y el Proyecto Rhizobiología Bolivia (CIAT-CIF-PNLG-CIFP-DHV). De las dos primeras, sus raíces datan de hace más de 30 años. El Proyecto Rhizobiología trabaja en esta sede desde hace más de seis años.



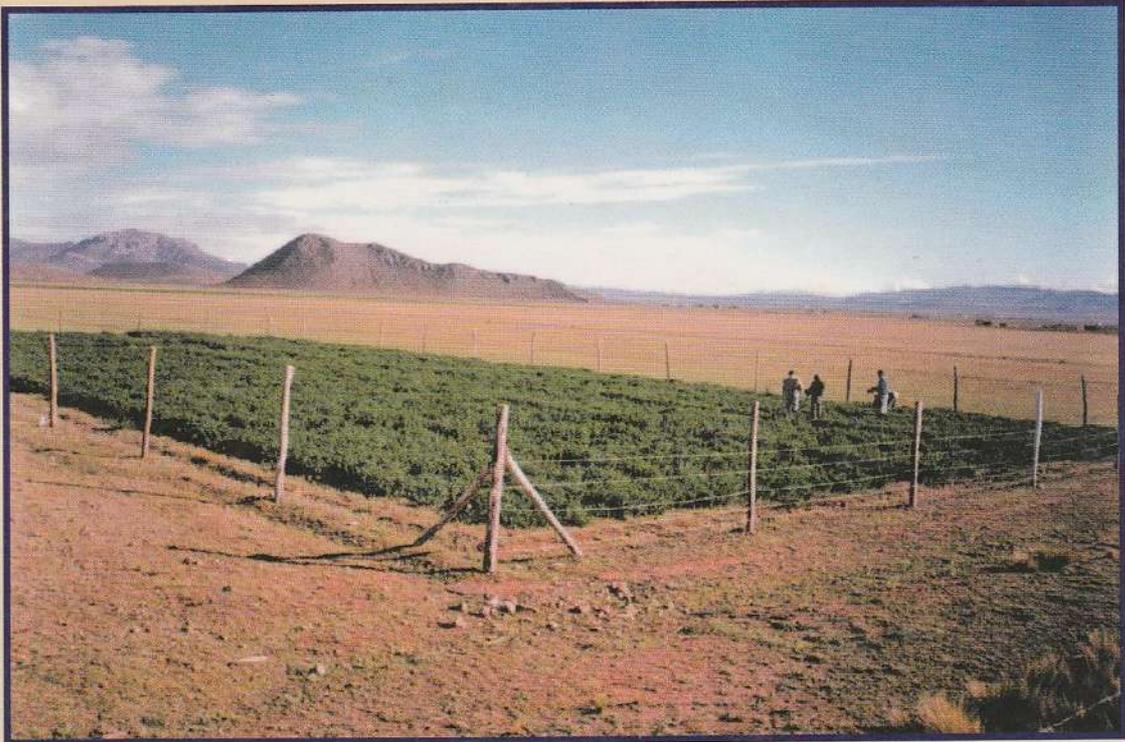
*El Centro de Investigación en Forrajes (CIF) "La Violeta", dependiente de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinaria de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS), desempeña labores de generación de tecnología en mejoramiento de cultivares, agronomía, producción y utilización de forrajes. Asimismo produce semilla básica de cultivares seleccionados para las diferentes condiciones agro ecológicas del país. Esta semilla básica pasa a SEFO para la correspondiente multiplicación de semilla a escala comercial. Otras labores se dan al nivel de validación de cultivares y tecnología en coordinación y con apoyo de una serie de instituciones a escala nacional. El apoyo académico a la FCAPFv V y la ETSA es una labor prioritaria para el CIF.*



*La Empresa de Semillas Forrajeras SEFO-SAM, como su nombre lo indica, es una sociedad anónima mixta conformada con los actuales socios, la UMSS con el 51 % de participación y los productores con el restante 49 %; el capital invertido por la Cooperación Técnica Suiza, esta en vías de distribución entre los socios. Al momento SEFO trabaja con más de 600 familias de pequeños productores en varias regiones del país. Con ellos produce semilla que pasa por un proceso de certificación para ser comercializada con altos índices de calidad desde Cochabamba, con representantes en diversos lugares de Bolivia. La producción de semilla de más de cuarenta especies reflejan la amplitud productiva que tiene el país en este rubro. Los niveles de exportación de semilla de forrajeras que tiene SEFO, si bien son modestos, tienden a incrementarse como reflejo de la calidad de semillas producida.*



*El Proyecto Rhizobiología Bolivia es una entidad conformada inicialmente entre la cooperación financiera y técnica de los Países Bajos, a través de la Universidad Agrícola de Wageningen y el Centro de Investigación Agrícola Tropical de Santa Cruz. Posteriormente, con un sub convenio, participan de este proyecto el Centro de Investigación en Forrajes (CIF) "La Violeta", el Programa Nacional de Leguminosas de Grano del ex IBTA, el Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani y la empresa consultora privada DHV por parte de los Países Bajos. Su enfoque de trabajo abarca la agronomía de leguminosas, tanto de grano como de forraje. El Proyecto ofrece una amplia gama de publicaciones científicas y prácticas. Brinda servicios de capacitación y consultoría en aspectos agronómicos y económicos de la agricultura andina y tropical, con énfasis en la producción de gramíneas y leguminosas.*



Parcela de investigación de cultivares de alfalfa en Patacamaya, Altiplano Central de Oruro (marzo de 2000). Convenio del CIF con SEFO y el Programa de Desarrollo Lechero del Altiplano PDLA, con apoyo del Proyecto Rhizobiología Bolivia.