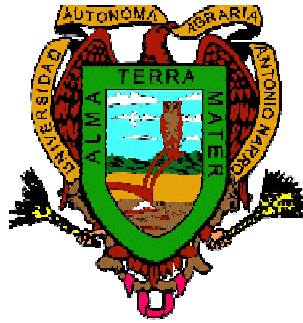


# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

## **DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



Calidad fisiológica de semilla en líneas endogámicas recombinantes  
de sorgo (*Sorghum bicolor* L.).

**Por:**

**BENJAMÍN SERRANO PÉREZ**

**TESIS.**

**Presentada como Requisito Parcial para**

**Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Abril, 2009.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

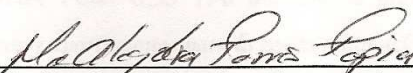
Evaluación de la calidad fisiológica de semilla en líneas  
endogámicas recombinantes de sorgo (*Sorghum bicolor* L.).

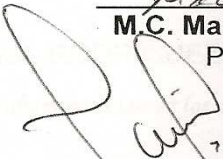
POR


**BENJAMÍN SERRANO PÉREZ**

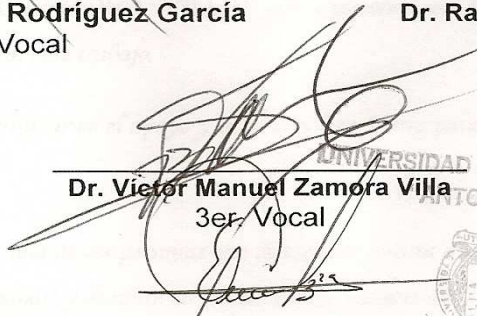
Que se Somete a Consideración del H. Jurado Examinador como  
Requisito Parcial  
Para Obtener el Título de:

**INGENIERO EN AGRÓNOMO EN PRODUCCION  
A P R O B A D A:**


  
\_\_\_\_\_  
**M.C. María Alejandra Torres Tapia**  
Presidente del Jurado

  
\_\_\_\_\_  
**MC. Armando Rodríguez García**  
1er. Vocal

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Raúl Rodríguez Herrera**  
2do. Vocal

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Víctor Manuel Zamora Villa**  
3er. Vocal

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo**  
Coordinador de la División de Agronomía

  
División de Agronomía  
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Abril, 2009.

## **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS: *Por haberme regalado la vida, la dicha de existir y por haberme dado las fuerzas necesarias para cumplir uno de mis más grandes sueños en esta vida.*

A La “UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO”: *Por haberme recibido en sus instalaciones y brindarme todos y cada uno de los servicios que ofrece, porque gracias a ellos pude lograr mis objetivos.*

AI DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO: *Porque es un enorme orgullo haber pertenecido a él durante mi carrera y al que agradezco por todo su apoyo brindado.*

AI M.C. ARMANDO RODRIGUEZ GARCÍA: *Por su confianza y amistad, pero sobre todo por el apoyo, el tiempo y los conocimientos que me brindó para la elaboración y revisión de este trabajo.*

A la M.C. ALEJANDRA TORRES TAPIA: *Por su gran apoyo, paciencia y por brindarme parte de sus conocimientos y aportaciones para la realización del presente trabajo.*

AI Dr. RAÚL RODRIGUEZ HERRERA: *por apoyarme en la revisión, corrección y sugerencias de este trabajo para lograr los objetivos planteados.*

AI Dr. VICTOR ZAMORA VILLA: *por apoyarme en la revisión, corrección y sugerencias para poder realizar este trabajo.*

AI CCDTS: *Por brindarme el apoyo y el material necesario para poder realizar la presente investigación.*

A TODAS y cada una de las personas que de manera directa o indirectamente me apoyaron para la elaboración de este trabajo y durante mi estancia en la universidad.

AI Ing. BENJAMÍN LUPERCIO DÍAS: *Por el apoyo brindado durante mis prácticas profesionales, pero sobre todo por su amistad y por sus consejos brindados que me han fortalecido durante mi carrera.*

## DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Celedonio Serrano Jiménez.

Rufina Pérez Hernández.

*Les dedico este trabajo con mucho cariño a quienes debo todo lo que soy, por haberme traído al mundo y formarme como una persona de bien, por el apoyo que me han brindado tanto moral y económico por su guía, ejemplo y cariño y por haber depositado en mi una gran confianza. LOS QUIERO MUCHO.*

A MIS HERMANO (AS): *que siempre me dieron su cariño, alegría y estuvieron conmigo en cada momento del transcurso de mi carrera.*

Carmen Serrano

María Serrano

Jesús Serrano

Luz Teresa

Mariana Serrano

EN ESPECIAL A MIS HERMANOS: *Que me apoyaron con sus consejos y me dieron su apoyo moral y económico en el transcurso de mi carrera, pues gracias a ellos ahora comparto este triunfo con la familia.*

Olegario Serrano Pérez.

Profr. Samuel Serrano Pérez.

A MIS MEJORES AMIGOS: Oscar Niño, Ismael Jiménez, Roberto Velasco, Omar Rivera, Josué Pliego, Gregorio Musito, Carlos Viruel, Jorge Silva, Jesús Budar, Julio César Arellanes, Samuel Valencia, Fernando Morales, Moisés López. *A quienes deseo lo mejor y éxito en esta vida.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
OBJETIVOS.....	3
HIPÓTESIS.....	3
<b>REVISION DE LITERATURA.</b> .....	<b>5</b>
ANTECEDENTES.....	5
TAXONOMÍA DEL SORGO PARA GRANO.....	6
DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	6
<i>Sistema Radicular</i> .....	6
<i>Tallos</i> .....	7
<i>Hojas</i> .....	7
<i>Flores</i> .....	8
<i>Grano</i> .....	8
<i>Fase Reproductiva</i> .....	8
TIPO DE REPRODUCCIÓN EN LA CALIDAD DE LA SEMILLA.....	9
<i>Alógamas</i> .....	9
<i>Autógamas</i> .....	10
<i>Consecuencia de la Endogamia</i> .....	11
<i>Propósito de la Endogamia</i> .....	11
SEMILLA.....	12
<i>Calidad de semilla</i> .....	12
Componente genético.....	14
Características físicas.....	15
Componente sanitario.....	15
Componente fisiológico.....	15
GERMINACIÓN.....	16
VIGOR.....	17
IMPORTANCIA DEL SORGO EN MÉXICO.....	18
PRODUCCIÓN DE SORGO GRANO EN MÉXICO.....	19
<i>Distribución de la producción nacional</i> .....	19
<i>Superficie de riego y temporal</i> .....	21
<i>Rendimiento</i> .....	22
<b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>23</b>
MATERIAL GENÉTICO.....	23

LOCALIDADES .....	24
PRUEBAS DE LABORATORIO .....	24
<i>Calidad fisiológica</i> .....	25
<i>Capacidad de germinación</i> .....	25
<i>Longitud media de plúmula (LMP).</i> .....	25
<i>Longitud media de radícula.(LMR)</i> .....	26
<i>Tasa de crecimiento de plántula (peso seco - PS -).</i> .....	26
ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	26
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>29</b>
PLÁNTULAS NORMALES .....	29
PLÁNTULAS ANORMALES.....	32
SEMILLAS SIN GERMINAR.....	35
LONGITUD MEDIA DE PLÚMULA. ....	38
LONGITUD MEDIA DE RADÍCULA. ....	42
PESO SECO .....	46
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>50</b>
LITERATURA CITADA .....	52
CITAS DE INTERNET .....	55
<b>APENDICE.....</b>	<b>56</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Principales Estados productores de sorgo. Año agrícola 2001.....	19
Cuadro 2.2. Superficie (Has) sembrada de sorgo bajo condiciones de riego y temporal en México. Año agrícola 2001 .....	21
Cuadro 2.3. Rendimiento de sorgo en México (Ton/ha). 1980 - 2000. ....	22
Cuadro 3.1. Características de las localidades de Valle Hermoso, Tamaulipas y San Pedro, Coahuila. ....	24
Cuadro 3.2 Fechas de siembra y cosecha de los progenitores Sureño y TRx430.....	24
Cuadro 3.3. Análisis de varianza de bloques al azar combinado sobre localidades. ....	27
Cuadro 4.1 Cuadrados medios, grados de libertad y significancias del análisis de varianza para las variables en estudio obtenidas de la semilla de sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> L.) de 135 LER sembradas en Valle Hermoso, Tamaulipas y San Pedro, Coahuila durante el ciclo PV 2006. ....	29
Cuadro 4.2 Medias generales de localidades y progenitores por localidad en las variables: % de Plántulas normales, anormales y semillas sin germinar; longitud media de plúmula, longitud media radícula y tasa de crecimiento de plántula (peso seco). ....	32
Cuadro 4.3 Cuadrados medios, grados de libertad y significancias del análisis de varianza para las variables en estudio obtenidas de la semilla de sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> L.) de 135 LER sembradas en Valle Hermoso, Tamaulipas y San Pedro, Coahuila durante el ciclo PV 2006. ....	39
Cuadro (A1). Apéndice de medias para las variables plántulas normales, plántulas anormales y semillas sin germinar. ....	56
Cuadro (A2). Medias para las variables longitud media de plúmula, longitud media de radícula y peso seco. ....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Comparación de medias de los LER de semilla de sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> L.) con porcentajes arriba del 85% de la capacidad de germinación en las dos localidades, Valle Hermoso, Tamaulipas y San Pedro, Coahuila. ....	31
Figura 4.2. Comparación de medias de los LER de semilla de sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> L.) con porcentajes por debajo del 5% de anormalidad en las dos localidades, Valle Hermoso, Tamaulipas y San Pedro, Coahuila. ....	34
Figura 4.3. Medias de algunas LER de semilla de sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> L.) en la variable semillas sin germinar menores del 10%, en la localidad de Valle Hermoso Tamaulipas. ....	36
Figura 4.4. Medias de algunas LER de semilla de sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> L.) en la variable semillas muertas debajo de 10.5%, en la localidad de San Pedro, Coahuila. ....	37
Figura 4.5 Medias de algunas LER de semilla de sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> L.) en la variable longitud media de plúmula mayores del 5%, en la localidad de Valle Hermoso, Tamaulipas. ....	40
Figura 4.6 Medias de algunas LER de semilla de sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> L.) en la variable longitud media de plúmula mayor del 5%, en la localidad de San Pedro, Coahuila. ....	41
Figura 4.5 Medias de algunas LER de semilla de sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> L.) en la variable longitud media de radícula mayor del 10.5%, en la localidad de V. Hermoso Tamaulipas. ....	44
Figura 4.8 Medias de algunas LER de semilla de sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> L.) en la variable en la variable longitud media de radícula mayores del 10.5%, en la localidad de San Pedro, Coahuila. ....	45
Figura 4.9 Medias de algunas LER de semilla de sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> L.) en la variable tasa de crecimiento de plántula (peso seco) mayor de 0.0080, en la localidad de Valle Hermoso, Tamaulipas. ....	47
Figura 4.10 Medias de algunas LER de semilla de sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> L.) en la variable Tasa de crecimiento de plántula (peso seco - ps) mayor de 0.0080, en la localidad de San Pedro, Coahuila. ....	48



## INTRODUCCIÓN

El cultivo del sorgo en México empezó a adquirir importancia aproximadamente en 1958 en la zona norte de Tamaulipas (Río Bravo), al iniciarse el desplazamiento del cultivo del algodón en aquella región. Con el transcurso de los años este cultivo ha adquirido cada vez más importancia y se ha extendido prácticamente a todos los Estados de la República. Sin embargo sigue siendo la región del norte de Tamaulipas una de las zonas donde se cultiva la mayor superficie.

El sorgo es considerado uno de los principales cultivos de la agricultura comercial, ya que se produce en gran parte del país con altos niveles tecnológicos y su expansión en los últimos cuarenta años, se encuentra asociada al acelerado crecimiento de la actividad ganadera, factor que ha generado una extensa demanda para cubrir las necesidades de la industria de alimentos balanceados y forrajes para ganado (Galván, 2004). Además existe una gran variedad de usos potenciales de este grano en la industria para la elaboración de productos alimenticios para consumo humano; por ejemplo: pastas, harinas para tortilla, panes, frituras, bebidas alcohólicas, etc. (Consumer, 2005)

El contenido de proteínas de las variedades cultivadas en México varía de 8.9 a 9%. Su importancia radica en que nutre de materia prima a la industria generadora de alimentos balanceados para animales la cual a su vez permite que el mercado alimentario disponga de proteínas de origen animal, forma parte

de una amplia cadena en la que se involucran una diversidad de agentes que van desde los productores pasando por los industriales, pecuarios, empacadores y consumidores.

La producción de sorgo en nuestro país compite por el uso del suelo básicamente con el maíz, y los productores valoran las ventajas y desventajas que técnicamente ofrecen ambos granos, las virtudes que ofrece el sorgo son mayor precocidad y resistencia a la sequía por su capacidad de suspender el crecimiento cuando falta agua y renovarlo sin deterioro alguno con la primera lluvia, mientras que el maíz en estas condiciones se muere.

El agricultor tradicional ha aceptado por mucho tiempo bajos rendimientos pero estables, ya que sus variedades que se han adaptado a los distintos ambientes. Sin embargo, existe la necesidad de introducir variedades e híbridos con un rendimiento más alto en áreas donde las condiciones de humedad, temperatura, nutrientes y otros factores del suelo varían notablemente. El uso de híbridos ha contribuido sustancialmente al incremento en la producción de sorgo y a la estabilidad de la producción en muchas partes del mundo.

El objetivo principal del fitomejorador es obtener una semilla sana con alta capacidad de rendimiento. Las semillas deben proceder de un buen origen, con una buena constitución genética, y estar libres de enfermedades y daños de insectos. Además es muy importante llevar a cabo mejoramiento genético ya que de la superficie que se siembra en el país, el 90% se cubre con semilla híbrida producida por compañías trasnacionales y de esta el 80% es importada de los Estados Unidos de América principalmente, a través de varias compañías semilleras quienes la comercializan entre los agricultores, lo cual causa una fuerte salida de divisas del país (Galván, 2004).

## **Objetivos**

Determinar la calidad fisiológica de las semillas de 135 líneas endogámicas recombinantes de sorgo grano sembradas en Valle Hermoso Tamaulipas bajo condiciones de temporal y en San Pedro Coahuila bajo condiciones de riego.

Seleccionar las mejores líneas endogámicas recombinantes, en base a su calidad fisiológica.

## **Hipótesis**

Las líneas endogámicas recombinantes presentan diferentes grados de calidad fisiológica de semilla

Es posible seleccionar las mejores líneas endogámicas recombinantes, en base a su calidad fisiológica de semilla.

## **Palabras claves:**

Sorgo, Líneas endogámicas recombinante, Calidad fisiológica, Semilla, Vigor.



## REVISION DE LITERATURA.

### Antecedentes

El sorgo grano (*sorghum bicolor* L. Moench.) es un cereal originario de la India y la zona central de África. De hecho en estas regiones y también en China, es un alimento básico de la dieta de millones de personas. Sin embargo, los países desarrollados no incluyen el sorgo en su alimentación sino que lo emplean como forraje para alimento del ganado. El sorgo se conoce con varios nombres: mijo grande y maíz de guinea en África occidental, kafir en África austral, duro en Sudan, matama en África oriental, jowar en la india y kaoliang en China. (FAO, 1995).

Las primeras semillas probablemente se llevaron al hemisferio Occidental en barcos de esclavos procedentes de África. Las primeras especies de sorgos dejaban mucho que desear como cultivo granífero. Eran muy altos y, por lo tanto, susceptibles al vuelco y difíciles de cosechar. Además maduraban muy tardíamente. Los tipos Kafir y Milo fueron seleccionados como productores de granos por los primeros colonos en las grandes planicies debido a que su tolerancia a la sequía es mayor que la del maíz.

En los últimos años, la demanda por este alimento básico ha ido en aumento dado el crecimiento de la población. Aunque el sorgo es reconocido por su versatilidad de uso, rusticidad, estabilidad de rendimiento y adaptabilidad sobre un amplio rango de regiones y climas; las condiciones edafoclimáticas adversas que prevalecen en las áreas de cultivo del sorgo en el mundo limitan la producción de este (Swindale, 1980). El cultivo es frecuentemente

establecido en suelos pobres por pequeños agricultores que tienen pocos recursos para controlar la humedad, disponer de fertilizantes, insecticidas y otros insumos que incrementan el rendimiento. Por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar variedades para mejorar la adaptación del cultivo en condiciones climáticas adversas de los trópicos semi-áridos del mundo.

### **Taxonomía del sorgo para grano**

Reino:	Vegetal
División:	Trachaeophyta
Subdivisión:	Pteropsidae
Clase:	Angiospermae
Subclase:	Monocotiledoneae
Grupo:	Glumiflora
Orden:	Graminales
Familia:	Gramínea
Subfamilia:	Panicoideas
Tribu:	Andropogoneae
Género:	<i>Sorghum</i>
Especie:	<i>bicolor</i>

### **Descripción Botánica**

#### Sistema Radicular

Las raíces del sorgo son adventicias, fibrosas y desarrollan numerosas raíces laterales. La profusa ramificación y amplia distribución del sistema radicular es una de las razones por las cuales el sorgo es tan resistente a la falta de agua. La planta puede permanecer latente durante largos periodos de sequía sin que las partes florales en desarrollo mueran, pudiendo además

continuar nuevamente el crecimiento una vez que las condiciones vuelvan a ser favorables (Robles, 1990).

## Tallos

Esta compuesto de una serie de nudos y entrenudos rodeado por las vainas de las hojas. El tallo puede ser delgado o robusto con longitudes que varían de 0.5 a 4.0m. El diámetro varia de 0.5 a 5.0 cm, mas ancho en la base y estrecho en la punta superior. El nudo esta rodeado por la vaina de la hoja y simula un anillo en la base de la vaina. Una yema esta presente en cada nudo, excepto en la hoja bandera, y se originan alternadamente en los nudos del tallo. Algunas veces estas yemas pueden desarrollarse como hijuelos axilares. Los hijuelos básales están formados en el primer nudo (House, 1980).

## Hojas

La hoja del sorgo consiste de una lámina delgada con una vena media definida y una vaina gruesa que circunda el entrenudo del pseudotallo. La vena media puede ser fuerte o débil, de color blanco o verde. Las hojas pueden ser erectas, semirectas o caídas; la lamina y la vaina se unen en un punto llamado lígula formando diferentes ángulos con el tallo, los cuales pueden variar de casi verticales a horizontales. Las hojas varían en longitud llegando a ser gradualmente más cortas y pequeñas hacia la punta. La hoja terminal es llamada hoja bandera. La longitud de la hoja puede ser hasta de 1.0 m y la anchura de 10 a 15 cm. El numero de hojas en un genotipo bien adaptado varia de 14 a 17, mientras que en genotipos fotosensitivos pueden ser hasta de 30 hojas (House, 1980).

## Flores

La inflorescencia del sorgo llamada panícula, es compacta o semicompacta en algunas variedades como los milos, hegaris, kafirs, etcétera, y abiertas en otras como los Shallus, sorgos escoberos, el pasto Sudán, algunos sorgos forrajeros, etcétera. Las florecillas son de dos clases sésiles y pediceladas, las últimas son por lo general estaminadas. Cada florecilla sésil contiene un ovario, el cual después de la fecundación se desarrolla para formar una semilla (Robles, 1990). El sorgo generalmente se autofecunda: sin embargo, no existe ningún obstáculo para la fecundación cruzada, pues cuando dos variedades diferentes se encuentran en parcelas contiguas puede estimarse el cruzamiento en un 5% o más según las variedades. El polen aparece inmediatamente después de la dehiscencia y retiene su viabilidad por menos de una hora. Los estigmas, por el contrario, permanecen receptivos por varios días (Robles, 1990).

## Grano

Los granos de sorgo, en número de 25000 a 60000 por Kg. Son pequeños en comparación con los de maíz, los cuales se encuentran en número de 4000 a 8000 por Kg. El color de la semilla, puede ser blanco, rojo, amarillo o café y proviene de capas de células que envuelven al pericarpio. La mayor parte del cariósido (fruto de las gramíneas) es endospermo, el cual se compone de almidón casi en su totalidad (Robles, 1990).

## Fase Reproductiva

Al tiempo de la floración las glumas se abren y las tres anteras se liberan, mientras que surgen los dos estigmas, cada uno sobre un estilo rígido. La floración ocurre normalmente poco después de la salida del sol. La dehiscencia de las anteras ocurre cuando están secas y el polen se esparce en el aire. El



cultivo del sorgo es básicamente de polinización cerrada; esto quiere decir que el polen de una panícula fertiliza la mayoría de los óvulos en la misma panícula. El polen vuela hacia los estigmas, donde germina; el tubo polínico, con dos núcleos, crece hacia abajo a través del estilo para fertilizar el óvulo y formar el núcleo  $2n$  y el endospermo  $3n$  (Robles, 1990).

### **Tipo de reproducción en la calidad de la semilla.**

Existen dos tipos de reproducción, asexual y sexual. En la reproducción asexual, un individuo proviene de otro individuo único y ambos son genéticamente idénticos. Es la reproducción vegetativa de algunas especies o poblaciones, pueden ser estolones, rizomas, injertos o semillas.

En la reproducción sexual, que necesita de dos progenitores para un ciclo reproductivo completo, se produce una descendencia que es el resultado de la una cruza entre ambos. (Baldwin 1979). Los gametos femeninos y masculinos se fusionan y forman el embrión. El gameto masculino es pequeño, tiene movilidad y se produce en gran cantidad. El gameto femenino es de gran tamaño, se produce en poca cantidad y es sésil.

Los vegetales, dependiendo del tipo de flores, tipo de plantas y algunos fenómenos genéticos relacionados con la sexualidad se pueden clasificar en autógamas y alógamas

Alógamas.

Es la forma de polinización de la mayoría de las especies *angiospermas* y por ello se les denomina especies alógamas, o especies de reproducción

alógamica o cruzada, en la cual se requiere de un agente que traslade el polen de una flor a otra y generalmente lo es el aire y los insectos.

Autógamas.

Las plantas autógamas son aquellas que se reproducen sexualmente por autofecundación. La autogamia absoluta no es común, si bien se consideran prácticamente autógamas, desde el punto de vista de mejora genética, aquellas plantas con menos de un 4% de alogamia.

.Endogamia

Una población se dice endogámica cuando existen en ellas cruzamientos entre individuos emparentados. La obtención de líneas consanguíneas ó endogámicas en vegetales significa obligatoriamente la autofecundación de plantas hermafroditas o forzar cruzamientos entre hermanos en animales durante varias generaciones. Esta situación conduce a las líneas endogámicas a mostrar reducido vigor y fertilidad, llegan así a ser líneas puras.

Como consecuencia de autofecundaciones sucesivas o cruzamientos emparentados irán surgiendo homocigotos recesivos para muchos genes deletéreos (aquellos que tienen reducido su "ajuste" o eficacia biológica. Tienen disminuida la capacidad de supervivencia y también la de reproducirse) ó también letales; por lo que los individuos serán cada vez más débiles, menos fértiles y las líneas más difíciles de mantener. Las líneas donde aparezcan letales en homocigosis se perderán y tras varias generaciones de autofecundaciones forzosas no habrá letales pero podrán tener alelos deletéreos.

(<http://www.unavarra.es/genmic/genetica%20y%20mejora/endogamia/endogamia.pdf>)

## Consecuencia de la Endogamia

En especies autógamas como trigo y avena la depresión por consanguinidad es mínima y los genotipos homocigotos se usan como cultivares para producción comercial. En especies alógamas como el maíz los genotipos homocigotos se pueden producir rápidamente pero su rendimiento es menor que el de los cultivares híbridos que se usan para producción comercial. La depresión por consanguinidad es severa en algunas especies poliploides (alfalfa) ya que los genotipos homocigotos no sobreviven. (<http://www.unavarra.es/genmic/genetica%20y%20mejora/endogamia/endogamia.pdf>)

## Propósito de la Endogamia

Un propósito de la consanguinidad es el desarrollo de genotipos que se puedan mantener a través de múltiples generaciones para la producción de semilla. Las variedades autógamas se reproducen en sucesivas generaciones sin cambios en su composición genética. En plantas alógamas, la producción de semilla híbrida en una especie depende de la disponibilidad de líneas parentales consanguíneas que puedan mantenerse como tales.

La consanguinidad también se ha utilizado para reducir la frecuencia de genes deletéreos en genotipos que servirán de parentales en cultivares que se propagarán vegetativamente. Una generación de autofecundación permite la expresión y eliminación de genes deletéreos sin que se produzca una marcada depresión por consanguinidad sobre todo en aquellas que habrán de seleccionarse como parentales para el desarrollo de una población. (<http://www.unavarra.es/genmic/genetica%20y%20mejora/endogamia/endogamia.pdf>)

## **Semilla**

Desde el punto de vista botánico las semillas constituyen las estructuras mediante las cuales se perpetúa una especie vegetal. (Serrato, 1995)

Moreno (1996), menciona que para fines agronómicos y comerciales se conoce como una semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas (unidad semilla) que se emplean en las siembras agrícolas. De acuerdo el criterio que se utiliza en botánica, una semilla verdadera es aquel embrión en estado de latencia, acompañado o no de un tejido nutricional y protegido por el episperma.

A su vez, Besnier (1988), cita que las semillas son unidades de diseminación sexual de las plantas, procedentes del desarrollo de los óvulos de sus flores; están compuestas de uno o varios embriones y reservas nutritivas, así como de una o varias capas protectoras originadas a partir de los tegumentos del ovulo, del ovario y de los tejidos de otras partes de la flor.

### **Calidad de semilla**

Por calidad de semillas se entiende la suma de todos aquellos atributos genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios que afectan su calidad de originar y producir plantas y cultivos de alta calidad. (Serrato, 1995)

Peñaloza (2001), cita que la calidad de las semillas es un concepto que involucra muchas variables que dependen en gran medida de las metodologías de producción, cosecha y almacenaje la complejidad de esto involucra al menos

aspectos relacionados con los atributos genéticos, sanitarios, fisiológicos y físicos que muchos autores lo asocian con el concepto de vigor de la semilla.

Moreno (1996), menciona que los aspectos mas importantes en el análisis de la semillas agrícolas es la pureza física, este parámetro en conjunto con la pureza varietal, poder germinativo, el vigor, la sanidad así como el contenido de humedad, definen la calidad de las semillas, y para su evaluación se han desarrollado métodos específicos que pueden se utilizados en los programas de producción y comercialización de las semillas certificadas.

Una semilla de calidad es aquella altamente viable, es decir, es una semilla capaz de desarrollar una plántula normal aún bajo condiciones ambientales no ideales, tal como puede ocurrir en el campo, para ello, debe de contar con propiedades que le aseguren germinar bajo un amplio rango de condiciones agro-climáticas (Perreti, 1994)

La calidad de semilla comprende diversos atributos o características de la misma dentro de las que se encuentran pureza varietal, viabilidad, vigor, ausencia de daño mecánico, ausencia de infección de enfermedades, efectiva cobertura de tratamiento, tamaño y apariencia. Mientras que en un lote de semillas, las características de calidad incluyen contenido de humedad, potencial de almacenamiento, incidencia de contaminantes (semilla de maleza de otros cultivos y materia inerte), y uniformidad de lote (Delouche, 1986). También señala que los atributos anteriores pueden ser agrupados dentro de cuatro componentes: genéticos, principalmente pureza varietal; físicos, que incluye los tradicionales componentes de pureza hasta incidencia y severidad de daño mecánico y tamaño de la semilla; sanidad de semillas o factores patológicos, donde se considera el tipo de incidencia de enfermedades

transmitidas por semilla y por último fisiológicos, que es la germinación y vigor, todos los componentes son de importancia durante la producción de semilla.

### *Componente genético*

Se refiere a la calidad genética, es decir, un material de características sobresalientes y superior. Al obtenerlo, se ha adquirido el primer componente de calidad de la semilla; sin embargo no significa que la calidad de la semilla sea alta; ya que es de poco valor si una semilla es altamente rendidora, de gran aceptación y adaptación, si esa semilla no se encuentra sana, viva y capaz de producir plántulas normales y vigorosas en campo.

La calidad genética es determinada por el genotipo de la variedad o híbrido. Cuando una institución libera una variedad y recomienda que se implemente un programa de certificación es porque ha cumplido con este primer componente. Entonces será obligación del productor de semillas seguir todas las normas de producción para asegurar tanto la identidad genética, como la pureza física del material y otros componentes de calidad. (Bustamante, 1979).

Por su parte Garay (1989), determinó que dentro de la pureza varietal existen pruebas que determinan la genuidad de la semilla con respecto a la especie y cultivar que se considere. Los cultivares tienen en común una serie de características que los distinguen de otros grupos de plantas de la misma especie. Son estas características las que permiten distinguir usualmente mediante pruebas laboriosas, si la semilla en cuestión es o no de la variedad que se manifiesta.

### *Características físicas*

Entre las principales características físicas de interés están: la pureza analítica, el contenido de humedad, peso de la semilla y el color, entre otras. Estas son indicadores de la calidad de un lote de semillas (Garay, 1989). Quien al mismo tiempo señala que; todos los componentes juegan un papel importante en la aptitud de la semilla para la siembra, y que la calidad de ésta pueda ser calificada a partir de ciertos atributos como: pureza genética, viabilidad, vigor magnitud de daño mecánico, grado de sanidad contenido de humedad, pureza física, uniformidad, apariencia, peso de la semilla y otros. Respecto al tamaño de la semilla. Thomson, (1979), menciona dos componentes físicos esenciales, el tamaño y la uniformidad. El tamaño real es una característica varietal y la uniformidad tiene su origen en las condiciones ambientales.

### *Componente sanitario.*

Moreno (1996), define como sanidad de semillas, principalmente a la ausencia de organismos causante de enfermedades, tales como hongos, bacterias y virus, y pestes animales, como son nematodos o insectos, además condiciones fisiológicas como vestigios de deficiencia de elementos que pueden estar incluidos. Garay (1989), mencionó que es una cualidad básicas la sanidad de la semilla, ya que esta influye en el potencial de la productividad.

### *Componente fisiológico*

La calidad fisiológica de la semilla incluye los atributos de viabilidad, capacidad de germinación y vigor; siendo la semilla un insumo vivo, es importante que cuente con la capacidad de reproducir una planta para lograr su

establecimiento en campo y obtener rendimientos de forraje y grano (Bustamante, 1995).

Por su parte Moreno (1996), considera que la calidad fisiológica es un valor comercial por ser el principal atributo a evaluar, ya que consiste en la capacidad de la semilla para germinar y producir una plántula normal. Por otro lado, Thomson, (1979); marcó que las características de la semilla son; que sea viable, que tenga alta capacidad de germinación y vigor; así mismo, que la calidad fisiológica depende de muchos factores y puede ser muy fácilmente dañada en cualquiera de sus etapas: maduración, cosecha, trillado, secado, desgrane, acondicionamiento, almacenamiento, distribución, siembra y en el suelo mismo.

### **Germinación**

Thomson (1979), dice que el embrión dentro de la semilla es una planta miniatura, que esta vivo y respira lentamente, y cuando las condiciones son favorables para el crecimiento vegetal, el embrión empieza su desarrollo provocando la ruptura de las cubiertas de la semilla y la emergencia de una nueva planta.

De acuerdo a la ISTA (1996) y para los propósitos de siembra de ensayos de semillas, la germinación es la emergencia y desarrollo a partir de un embrión de aquellas estructuras esenciales que son indicadoras de su habilidad para producir una plántula normal bajo condiciones favorables. Las estructuras que se consideran esenciales para que una plántula se desarrolle satisfactoriamente a una planta normal son: eje embrionario, cotiledones, brotes terminales, coleóptilo (Gramineae). Las plántulas normales muestran un



potencial de desarrollo continuo a plantas, cuando crecen en el suelo de buena calidad y bajo condiciones favorables de humedad, temperatura y luz.

Moreno (1996), describe a la germinación como la emergencia y desarrollo de las estructuras que son las esenciales, provenientes del embrión, y donde la semilla, propicia la capacidad para producir una planta normal en condiciones favorables.

Se llama germinación al acto por el cual la semilla en estado de vida latente entra de pronto en actividad y origina una nueva planta. La germinación es el proceso de reactivación de la maquinaria metabólica de la semilla, junto con la emergencia de la radícula (raíz) y plúmula (tallo), conducentes a la producción de una plántula (Jann y Amen, 1977).

### **Vigor**

El vigor es un concepto relativamente nuevo comparado con el de la germinación y surgió de la observación de las diferencias del establecimiento de plántulas entre lotes de semillas, trayendo como resultados una prueba adicional de calidad capaz de predecir la emergencia de plántulas bajo condiciones, ambas adversas y favorables de campo (Sayers, 1982).

El vigor de la semilla es la suma de los atributos de la semilla que favorecen un establecimiento rápido y uniforme en el campo aún bajo condiciones desfavorables. Sin embargo, los atributos como peso seco de la planta, velocidad de emergencia y germinación de la semilla son dañados por factores adversos, trayendo como consecuencia un bajo establecimiento de

plántulas en el campo debido al bajo vigor de la semilla. (Barrie y Drenan, 1971).

Las semillas que son capaces de extender la raíz durante la germinación, pueden no tener vigor para establecer una planta en condiciones de campo. El vigor es por lo tanto indicador de la calidad de la semilla, denota la completa habilidad de la semilla para funcionar bien bajo condiciones de campo (Bustamante, 1995).

### **Importancia del Sorgo en México**

La producción de sorgo en México ha venido creciendo y se utiliza principalmente para la elaboración de alimentos balanceados para consumo de rumiantes. La introducción del cultivo al país es relativamente reciente, para el año de 1961 se cosecharon 116,993 hectáreas, cinco años más tarde la superficie cosechada se incrementó 69%, creciendo lustro tras lustro en forma vertiginosa, de tal manera que para 1999 ya se cosechaban alrededor de 2 millones de hectáreas, que refleja altas tasas de crecimiento de este cultivo.

El crecimiento de la producción de sorgo se explica principalmente porque las empresas de alimentos balanceados, así como las grandes explotaciones ganaderas que existen en México, han venido demandando la producción de sorgo para la formulación de varias dietas para el ganado, utilizando como insumo principal el sorgo. La producción de sorgo en México se concentra en los estados de Tamaulipas, Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Sinaloa. La producción de sorgo se ha venido incrementando aunque ha sido insuficiente para crear la brecha entre consumo y producción por lo que se ha tenido que importar cantidades importantes para satisfacer la demanda nacional.

## Producción de sorgo grano en México

### Distribución de la producción nacional

México produjo 6,566, 535 toneladas de sorgo; Tamaulipas ocupó el primer lugar con 2.1 millones de toneladas, Guanajuato el segundo lugar con 1,615, 337 toneladas, el tercer lugar lo ocupó Michoacán con 852,677 toneladas y el cuarto lugar Sinaloa con 482,652 toneladas, que representan el 32.4%, 24.6%, 13.0% y 7.4% de la producción total, respectivamente; estos cuatro estados producen el 77.3% del volumen producido de sorgo en ese año 2001.

En cuanto a superficie cosechada, los cuatro primeros lugares fueron para Tamaulipas con 974,952 hectáreas, Guanajuato el segundo lugar con 242,274 hectáreas, Sinaloa con 205,843 hectáreas en el tercer lugar y en el cuarto lugar Michoacán con 142,739 hectáreas, representando el 50.2%, 12.5%, 10.6% y 7.3%, respectivamente, de la superficie cosechada de sorgo del país. Estos cuatro estados aportaron el 80.6% de la superficie cosechada nacional.

Cuadro 2.1. Principales Estados productores de sorgo. Año agrícola 2001.

Estado	Sup. Semb. (has)	%	Sup. Cos. (has)	%	Rend. (ton/ha)	Prod. (ton)	%	Valor de la Prod. (miles de \$)	%
<b>Tamaulipas</b>	1,148,841	51.9	974,952	50.2	2.18	2,127,417	32.4	1,785,784	27.4
<b>Guanajuato</b>	242,282	10.9	242,274	12.5	6.67	1,615,337	24.6	1,703,146	26.2
<b>Michoacán</b>	154,606	7.0	142,739	7.3	5.97	852,677	13.0	907,408	13.9
<b>Jalisco</b>	91,713	4.1	90,518	4.7	5.18	468,622	7.1	507,469	7.8
<b>Sinaloa</b>	267,990	12.1	205,843	10.6	2.35	482,676	7.4	482,652	7.4
<b>Nayarit</b>	59,741	2.7	56,426	2.9	4.50	253,835	3.9	275,428	4.2
<b>Otros</b>	247,604	11.2	230,031	11.8	3.33	765,971	11.7	845,459	13.0
<b>Total</b>	2,212,777	100.0	1,942,783	100.0	3.38	6,566,535	100.0	6,507,346	100.0

Fuente: SAGARPA. Centro de Estadística Agropecuaria. Subsistema de Información Agrícola 2001

En el país en el 2001 se sembró una superficie de 2, 212, 777 hectáreas, aunque solamente se cosecharon 1,942, 783 hectáreas, que representaron el 87.8% de la superficie sembrada. Esto significa que durante 2001 se perdieron 269,994 hectáreas, que equivalen al 12.2% de la superficie sembrada. Esta situación refleja un alto índice de siniestralidad ocasionado principalmente por escasez de lluvias, presencia de fenómenos meteorológicos, labores culturales inadecuadas, entre otros.

El Estado con mayores rendimientos por unidad de superficie es Guanajuato, en el 2001 tuvo un rendimiento de 6.67 ton/ha, y teniendo la quinta parte de la superficie sembrada aportó prácticamente lo mismo que Tamaulipas al valor de la producción nacional. El segundo lugar en rendimiento lo ocupa Michoacán con 5.97 ton/ha, seguido de Jalisco y después Nayarit con 5.18 y 4.5 toneladas por hectárea.

Es de destacar que los altos rendimientos que presentan estos estados, se logran a partir de que en esas zonas agrícolas se cuenta con tecnologías de producción de riego, siendo generalmente un riego de siembra denominado como “punteado”, desarrollándose posteriormente el cultivo con la humedad proveniente de las precipitaciones pluviales que se presentan en el verano.

A pesar de que Tamaulipas aporta la mitad de la superficie sembrada y cosechada de sorgo, sólo produce 2,127,417 toneladas de sorgo, que representa el 32.4% de la producción total. Por el contrario Guanajuato con el 10.9% de la superficie sembrada produce 1,615,337 toneladas, que representa el 24.6% de la producción nacional. Michoacán ocupa el tercer lugar en producción con el 13% de la producción total.

Con respecto al valor de la producción, se observa que Tamaulipas aporta el mayor valor con el 27.4%, Guanajuato el segundo valor con el 26.2% y Michoacán el tercer valor con el 13.9% del valor de la producción nacional de sorgo.

#### Superficie de riego y temporal

De la superficie nacional destinada al cultivo de sorgo para grano, únicamente 373,091 hectáreas correspondieron a zonas agrícolas de riego, mismas que representaron el 16.9% de la superficie total, Cuadro (2.2).

La superficie de temporal que se dedicó para el cultivo del sorgo fue de 1,839, 686 hectáreas que representó el 83.1% del total. Esta situación indica que el sorgo es un cultivo que se explota preponderantemente en áreas donde se desarrolla una agricultura de temporal.

Cuadro 2.2. Superficie (Has) sembrada de sorgo bajo condiciones de riego y temporal en México. Año agrícola 2001

Estado	Superficie total	%	Superficie temporal	%	Superficie de riego	%
Tamaulipas	1, 148, 841	100.0	1, 093, 343	95.2	55, 498	4.8
Guanajuato	242, 282	100.0	102, 923	42.5	139, 359	57.5
Michoacán	154, 606	100.0	97, 729	63.2	56, 877	36.8
Jalisco	91, 713	100.0	85, 593	93.3	6, 120	6.7
Sinaloa	267, 990	100.0	202, 669	75.6	65, 321	24.4
Nayarit	59, 741	100.0	52, 698	88.2	7, 043	11.8
Otros	247, 604	100.0	204, 731	82.7	42, 873	17.3
<b>Total</b>	<b>2, 212, 777</b>	<b>100.0</b>	<b>1, 839, 686</b>	<b>83.1</b>	<b>373, 091</b>	<b>16.9</b>

Fuente: SAGARPA. Centro de Estadística Agropecuaria. Subsistema de Información Agrícola 2001.

De la superficie cultivada de Tamaulipas el 95.2% es de temporal y el 4.8% de riego. Jalisco tiene el 93.3% de la superficie cultivada en condiciones de temporal y el 6.7% en riego. En Guanajuato la superficie de temporal es de

42.5% y la de riego es de 57.5%; finalmente, en Michoacán la superficie del sorgo de temporal es de 63.2% y de riego representa el 36.8%, Cuadro (2.2)

## Rendimiento

En el 2001 el rendimiento promedio se mantuvo constante, creció en 1.2%. Guanajuato ha observado un crecimiento constante en cuanto al rendimiento, de 1980 al 2000 pasó de 4.48 ton/ha a 6.21 ton/ha, lo que representa un incremento del 38.7%. En segundo lugar se ubica Sinaloa con un crecimiento del 27.7%, aunque sus rendimientos son de 1.30 ton/ha en 1980 a 1.66 ton/ha en el 2000. En tercer lugar se encuentra Michoacán con un 25.4%, al pasar de 3.69 ton/ha en 1980 a 4.62 ton/ha en el 2000. Tamaulipas es el único estado que registra una disminución en el rendimiento al pasar de 2.45 ton/ha que tenía en 1980 a 2.27 ton/ha en 2000, esto es, una disminución del 7.5%, Cuadro (2.3).

El rendimiento creció en el 2000 con respecto a 1995 el 1.31%, pasó de 3.04 a 3.08 ton/ha, el estado de Tamaulipas fue el que más creció al pasar de 1.84 a 2.27 ton/ha, representando un crecimiento de 23.4%, le siguió Nayarit y Michoacán con 5.29% y 5.24%, respectivamente

Cuadro 2.3. Rendimiento de sorgo en México (Ton/ha). 1980 - 2000.

Estado	1980	1985	1990	1995	2000
<b>Tamaulipas</b>	2.45	3.11	2.37	1.84	2.27
<b>Guanajuato</b>	4.48	4.93	6.06	6.09	6.21
<b>Michoacán</b>	3.69	3.58	3.37	4.39	4.62
<b>Jalisco</b>	3.74	4.76	3.44	3.35	4.57
<b>Sinaloa</b>	1.30	2.43	2.67	1.66	1.66
<b>Nayarit</b>	3.69	3.02	2.66	4.72	4.47
<b>Otros</b>	3.22	2.81	3.11	3.26	3.38
<b>Total</b>	3.04	3.54	3.29	3.04	3.08

Fuente: SAGARPA. Centro de Estadística Agropecuaria. Subsistema de Información Agrícola 2001.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Material genético**

El material genético que se utilizó para realizar este estudio fue la semilla cosechada de 135 líneas endogámicas recombinantes (LER) las cuales previamente fueron sembradas y cosechadas en el ciclo PV 2006 en Valle Hermoso Tamulipas y San Pedro Coahuila. Las LER son la descendencia de la cruce entre dos progenitores contrastantes los cuales son el RTx430 (macho) y la variedad denominada Sureño (hembra), de ambos progenitores se obtuvieron dichas líneas, las cuales se formaron a través del método de descendencia de una sola semilla.

Sureño es una variedad de doble propósito (grano y forraje) con moderada resistencia al moho de grano, tiene un color de la planta canela y de glumas canela, la semilla de Sureño presenta un pericarpio traslucido. RTx430 es una línea endogámica ampliamente adaptada con excelente habilidad combinatoria y un restaurador de fertilidad común en muchos híbridos de sorgo comercial. RTx430 es altamente susceptible a moho de grano y a muchas enfermedades foliares. El grano es blanco con un endospermo amarillo. RTx 430 es una línea triple enana con un color de planta púrpura. Estas líneas se escogieron por ser muy contrastantes entre sí por lo cual la población resultante de esta cruce segregaría para muchas características.

## Localidades

Las localidades donde se realizaron las siembras en el ciclo PV 2006, fueron Valle Hermoso, Tamaulipas (1) y San Pedro, Coahuila (2), las cuales presentan características climáticas muy diferentes entre si, Cuadro (3.1),

Cuadro 3.1. Características de las localidades de Valle Hermoso, Tamaulipas y San Pedro, Coahuila.

Localidad	Altitud (msnm)	Temp. Media °C	Precipitación Anual (mm)	Latitud (norte)	Longitud (Norte)	Tipo de clima
Valle Hermoso, Tamaulipas (1)	27	24	600	25°40	97°49	Bs,(h')hx'(e')
San Pedro, Coahuila (2)	1090	18	300	25°45	102°56	BWhw (e')

La siembra se realizó de manera manual a chorrillo en surcos de cinco metros de longitud. El manejo del cultivo se realizó de acuerdo con las prácticas culturales recomendadas en cada una de las regiones, Cuadro (3.2). Las evaluaciones se establecieron en cada localidad bajo un diseño de alfa latice 9 x 15 con dos repeticiones.

Cuadro 3.2 Fechas de siembra y cosecha de los progenitores Sureño y TRx430.

Localidad	Año	Fecha de siembra	Fecha de cosecha
Valle Hermoso, (VH06)	2006	16 de febrero	6 y 7 de junio
San Pedro, (SP06)	2006	19 de abril	10 y 11 de agosto

## Pruebas de Laboratorio

La calidad de la semilla se analizó en los laboratorios de ensayos de semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas



(CCDTS), del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, la cual está ubicada en Buenavista Saltillo, Coahuila, México, con una latitud norte de 25° 22', una longitud Oeste 101° 00' y una altitud de 1742 msnm.

### Calidad fisiológica

La calidad fisiológica de los materiales estudiados se realizaron mediante pruebas de germinación y vigor según las reglas de la ISTA (2004), considerando: Capacidad de germinación y la prueba de longitud media de plúmula y radícula y peso seco.

### Capacidad de germinación

Se utilizaron cuatro repeticiones de 25 semillas por genotipo, en papel de germinación previamente humedecido y formando un taco por repetición e incubados en una cámara germinadora a 25°C con 8 horas de luz y 16 horas de oscuridad. El conteo de plántulas normales (PN), anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG), se realizó a los 7 días, evaluando conforme al manual de la Association of Oficial Seed Análisis (AOSA, 1992).

### Longitud media de plúmula (LMP).

Se utilizaron cuatro repeticiones de 25 semillas para cada material, utilizando la metodología descrita por Perry (1977), la cual considera para la evaluación las plántulas normales de la prueba de germinación. El número de plúmulas que quedaron entre dos paralelas se multiplicó por el valor medio en centímetros de dichas paralelas y los productos se sumaron, la longitud total se dividió entre el número de plántulas sembradas en la prueba (25 semillas).

Longitud media de radícula.(LMR)

De las plántulas normales resultantes de la prueba de longitud media de plúmula, se evaluaron las radículas de cada una de ellas, utilizando una regla expresando el resultado en centímetros.

Tasa de crecimiento de plántula (peso seco - PS -).

Se utilizaron cuatro repeticiones de 25 semillas de cada genotipo, de acuerdo a la metodología descrita por la AOSA (1993 y 1992). Realizando la siembra de la semilla a formar tacos como en la capacidad de germinación y colocándolos en las condiciones de 25°C con 8 horas luz y 12 horas oscuridad, por 7 días; se evaluaron las plántulas normales, las que fueron llevadas a una estufa a 65 ±1 °C, por 24 horas; determinando el peso en una balanza analítica de 0.0001 g de precisión y reportando en mg/plántula.

### **Análisis Estadístico**

Cada una de las variables consideradas se analizó a través del un análisis de varianza de bloques al azar combinado, que considero los efectos de las localidades, repeticiones dentro de localidades, entradas (líneas) y la interacción entre entradas por localidad, todo lo anterior bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + R_j (A_i) + G_k + A_i G_k + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Valor observado en el k-ésimo genotipo en la j-ésima repetición anidada

en el i-ésimo ambiente.

$\mu$ = Efecto de la media general

$A_i$ = Efecto del i-ésimo ambiente

$R_j(A_i)$  = Efecto de la j-ésima repetición anidada en el i-ésimo ambiente.

$G_k$ = Efecto de k-ésimo genotipo.

$A_iG_k$ = Efecto de la interacción entre el k-ésimo genotipo con el i-ésimo ambiente del.

$E_{ijk}$ = Efecto del error experimental.

Cuadro 3.3. Análisis de varianza de bloques al azar combinado sobre localidades.

Fuentes de Variacion	G.L.	C.M.
Localidades	l - 1	M5
Reps/Localidades	(r-1) l	M4
Tratamientos	t - 1	M3
Trat * Localidad	(l - 1)(t - 1)	M2
Error Exp.	(r - 1)(t - 1)l	M1
Total	rtl - 1	

Además a cada variable se le estimo su coeficiente de variación de acuerdo con la siguiente formula

$$C. V. = \frac{\sqrt{CMEE}}{\bar{X}} = X 100$$

Donde:

C.V. = Coeficiente de variación.

C.M.E.E. = Cuadrado medio del error experimental.

X. = Media general.

Las medias de cada variable se compararon mediante la prueba de tukey.

En el cual se utilizo el paquete estadístico SAS al nivel de significancia al 0.05.

$$W = q_{(trat, glee, \alpha)} * \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

Donde:

W: Comparador Tukey

q: Valor de las tablas de Tukey que depende del número de tratamientos (trat), grados de libertad del error (glee) y el nivel de significancia (alpha)

CME: Cuadrado medio del error

r: Número de repeticiones

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Plántulas Normales

En el análisis de varianza aplicado para esta variable se encontró una diferencia altamente significativa entre localidades, genotipos y la interacción localidad por genotipo, por lo cual se que existió un comportamiento diferente entre las líneas y entre las localidades estudiadas, mostrando un coeficiente de variación de 19.97% (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1 Cuadrados medios, grados de libertad y significancias del análisis de varianza para las variables en estudio obtenidas de la semilla de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) de 135 LER sembradas en Valle Hermoso, Tamaulipas y San Pedro, Coahuila durante el ciclo PV 2006.

FV	GL	% Plántulas normales	% Plántulas anormales	% Semillas sin germinar
Localidad	1	11179.35**	2847.41**	26572.12**
LER	134	514.95**	96.59**	357.39**
Loc x LER	134	319.98**	132.49**	247.40**
E E	268	189.50	42.72	165.37
CV		19.97%	43.09%	80.45%
Media		68.95	15.17	15.99
Valor mas alto		89.5%	38.5%	46.5%
Valor mas bajo		29%	6.5%	3.0%
Rango		60.5	32	43.5

\*\* = Alta significancia al 0.05% de probabilidad; CV= Porcentaje de coeficiente de variación; Media= Es la media general de las dos localidades; Valor mas alto= Es el porcentaje más alto reportado entre los 135 genotipos; Valor mas bajo= Es el porcentaje mas bajo reportado entre los 135 genotipos.

Se observa en la prueba de medias que la localidad San Pedro registro un promedio de germinación general entre todos los genotipos de 73.5%,

mientras que en la localidad Valle Hermoso fue menor con 64.4%. Esta diferencia pudo haberse debido a las condiciones climáticas entre las dos localidades las cuales son muy contrastantes, además de que el cultivo en la localidad Valle Hermoso se maneja bajo condiciones de temporal y en San Pedro bajo riego, lo anterior pudo marcar aún más esa diferencia. Sin embargo se observaron algunos materiales sobresalientes en ambas localidades con una germinación por arriba del 85% en la media general de las localidades, como fueron los genotipos 1008 (89.5% de germinación) y 1129 (87% de germinación), seguido del 1091 (85% de germinación), quienes posiblemente revelaron algunas características hereditarias de la variedad progenitora Sureño la cual posee una amplia adaptabilidad dada su naturaleza y además obtuvo los valores mas altos en las dos localidades.

En la prueba de comparación de medias de las LER, se encontraron materiales sobresalientes adicionales a las mencionadas anteriormente, que en conjunto llegaron a formar el primer grupo estadístico con el resto de las líneas, con excepción de la 1016, 1037, 1102, 1118 y 1056 quienes presentaron los más bajos porcentajes de germinación cuadro (A1).

En la comparación de medias entre localidades Figura 4.1, se observaron materiales sobresalientes en cada localidad, considerando los porcentajes de germinación por arriba del 85%, por ejemplo en la localidad de Valle Hermoso sobresalieron las LER 1008, 1040, 1046, 1055, 1065, 1081, 1082, 1086, 1091, 1098, 1115, 1121 y 1129, encontrando que 1008, 1091 y 1129 reportaron valores de 87, 86 y 87% respectivamente, indicando que se pueden adaptar a condiciones de temporal; sin embargo en este grupo de sobresalientes no todos los materiales se comportaron de la misma manera en la localidad San Pedro, lo que muestra su respuesta diferencial al medio ambiente.

En la Figura 4.1 también se muestra el comportamiento dado en la localidad San Pedro representando los genotipos que tuvieron porcentajes por arriba de 85%, encontrando a 1006, 1007, 1008, 1030, 1045, 1066, 1069, 1070, 1071, 1072, 1084, 1101, 1108, 1125 y 1127, los cuales fueron los más sobresalientes incluyendo a 1008 con un 92% y otro genotipo 1045, quien destacó en esta localidad con 96% de germinación. Como se puede observar los genotipos sobresalientes de una localidad en algunos casos fueron diferentes por lo que se deduce que el ambiente juega un papel importante determinando el crecimiento y desarrollo de un cultivo respecto a lo anterior Elston 1980, menciona, que la expresión de las cualidades fenotípicas es el resultado de la interacciones del genotipo y el ambiente, de igual forma Fisher y Turner, 1978 consideran que la germinación y la emergencia, son las fases mas importantes del cultivo y están influenciadas ampliamente por la humedad del suelo, temperatura, densidad del suelo, etc.

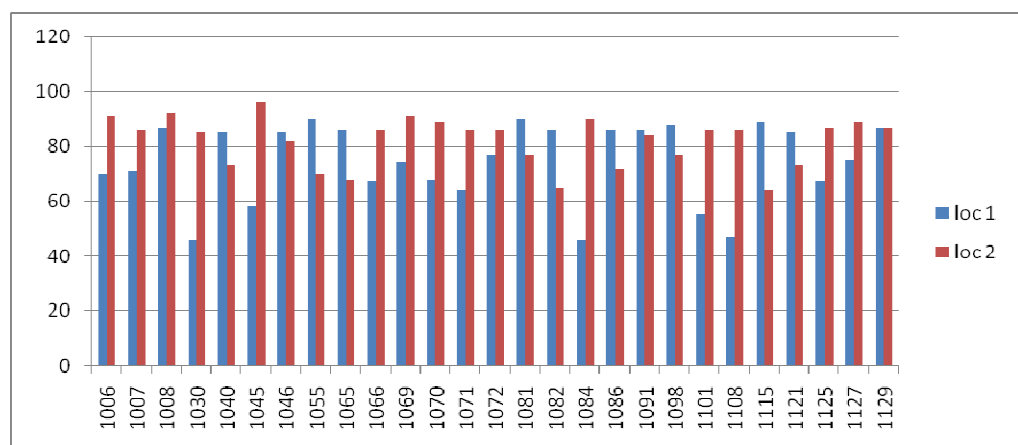


Figura 4.1. Comparación de medias de los LER de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) con porcentajes arriba del 85% de la capacidad de germinación en las dos localidades, Valle Hermoso, Tamaulipas y San Pedro, Coahuila.

En la comparación de medias de localidades se puede observar que respecto a los progenitores mostrado en el Cuadro 4.2; se observó que Sureño

fue el que presento una mejor respuesta ya que obtuvo una media de germinación de 79.66% en la localidad dos, mientras que en la localidad uno fue de 60.66%. El progenitor RTx430 presento mayor germinación en la localidad San Pedro con 69% y menor en la localidad Valle Hermoso con 64% de germinación. Este resultado coincide con la media de los de los genotipos pues esto mostró un mejor comportamiento en San Pedro Coahuila.

Cuadro 4.2 Medias generales de localidades y progenitores por localidad en las variables: % de Plántulas normales, anormales y semillas sin germinar; longitud media de plúmula, longitud media radícula y tasa de crecimiento de plántula (peso seco).

Localidad y progenitores	PN	PA	SSG	LMP	LMR	P S
<b>Valle Hermoso</b>	62.3*	7.5*	28.66*	4.12*	10.75*	0.007421*
<b>Sureño</b>	60.66**	4**	32.33**	3.78**	10.76**	0.00772**
<b>RTx430</b>	64**	11**	25**	4.47**	10.74**	0.007121**
<b>San Pedro</b>	74.3*	16.6*	8.99*	4.22*	9.77*	0.006479*
<b>Sureño</b>	79.66**	17**	3.33**	4.27**	9.52**	0.005869**
<b>RTx430</b>	69**	16.33**	14.66**	4.22**	10.02**	0.007089**

\* Media general de ambos progenitores en cada localidad;\*\* Media general de cada progenitor en la localidad

### Plántulas Anormales

En esta variable se encontraron diferencias altamente significativas en las fuentes de variación localidades, genotipos y la interacción localidad por genotipo, dando a notar que existió un comportamiento diferente entre los materiales así como en las localidades estudiadas, con un coeficiente de variación de 43.09%, esta variación se debió tal vez a que algunos genotipos presentaron valores cero. (Cuadro 4.1).



La prueba de comparación de medias en localidades, indica que la localidad Valle Hermoso obtuvo un promedio de plántulas anormales de 12.87% mientras que en San Pedro fue mayor con 17.46%, confirmando que en esta última los genotipos posiblemente sufrieron algún tipo de estrés por lo que se incrementó la anormalidad de las plántulas, debido probablemente a las condiciones climáticas prevalecientes en dicha localidad.

En la comparación de medias general se encontraron dos grupos estadísticos donde el primero comprende desde 6.5 hasta 17.5% de plántulas anormales, mientras que el segundo grupo está formado por los genotipos que resultaron del 17.75 hasta 38% donde se marcan los más sobresalientes como 1129 y 1008 con una anormalidad de 6.5% seguido de 1127 y 1103 con 7%. Cuadro (A1).

En cuanto a la comparación de medias de los genotipos por localidad, (Figura 4.2) se encontró que en la localidad San Pedro los genotipos 1045 y 1125 resultaron tener los valores más bajos de plántulas anormales (4 y 5% respectivamente), mientras que en la localidad de Valle Hermoso estos mismos obtuvieron mayor anormalidad (19 y 20% respectivamente); en esta última localidad los genotipos que resultaron por debajo del 5% de anormalidades fueron: 1103, 1081, 1088, 1072, 1090, 1129, 1098, 1015, 1032, 1067, 1083, 1091, 1115, 1136, 1008, 1046, 1132, 1134. Sobresaliendo los genotipos 1103, 1088 y 1081 ya que tuvieron anormalidades de 0 y 1% en esta localidad, pero dichos porcentajes no indican que son mejores, sino que el porcentaje se debe a semillas muertas, caso contrario en la localidad San Pedro donde los genotipos sobresalientes (1045 y 1125) tienen en su restante porcentaje de plántulas normales.

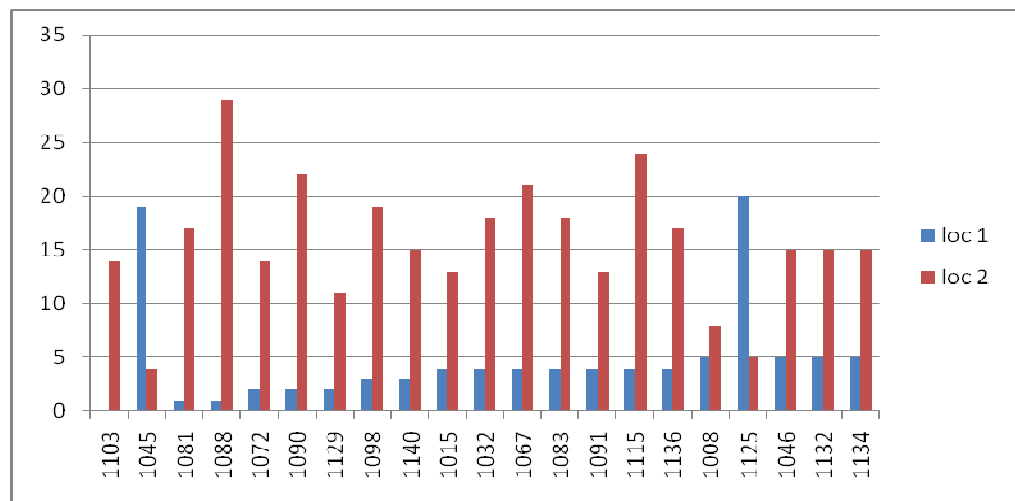


Figura 4.2. Comparación de medias de los LER de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) con porcentajes por debajo del 5% de anomalía en las dos localidades, Valle Hermoso, Tamaulipas y San Pedro, Coahuila.

En la comparación de medias de localidades se puede observar que respecto a los progenitores mostrado en el Cuadro 4.2; se observó que Sureño fue el que presentó un menor porcentaje de plántulas anormales en Valle Hermoso (con 4%) mientras que en San Pedro fue mayor con 17%. El progenitor RTx430 presentó menor porcentaje en Valle Hermoso con 11% y en San Pedro fue mayor con 16.33% de plántulas anormales, teniendo en promedio entre las dos localidades una media de 7.5% en la localidad uno y 16.6 en la localidad dos. Este resultado coincide con el comportamiento de los genotipos pues estos tuvieron el menor porcentaje de plántulas anormales en la localidad de Valle Hermoso y el mayor en San Pedro.

Besnier, (1989) menciona que las anomalías de tipo morfológico se producen, cuando son, plántulas que difícilmente puedan dar lugar a plantas capaces de vegetar adecuadamente. Tales anomalías deben su origen a diferentes causas: deficiencias nutritivas de las plantas madres, deficiente maduración, infección por microorganismos y plagas, daños mecánicos

ocasionados en la trilla y en la limpieza, daños provocados por tratamientos inadecuados con productos fitosanitarios, etc. Las plántulas anormales no llegan a nacer o mueren rápidamente poco después de haberlo hecho

### **Semillas Sin Germinar.**

En esta variable se encontró una diferencia altamente significativa entre las localidades estudiadas, genotipos y la interacción localidad por genotipo, lo cual indica que existió un comportamiento diferente entre las LER y entre localidades, mostrando un coeficiente de variación de 80.45%, este se debió a que existieron valores cero en algunos genotipos, (Cuadro 4.1).

En lo que respecta a la prueba de comparación de medias de localidades, San Pedro registro un promedio general de semillas sin germinar en genotipos de 8.97%, mientras que en la localidad Valle Hermoso fue mayor con 23%, lo cual demuestra que afecto negativamente las condiciones climáticas de la localidad aunado a las características hereditarias de los materiales.

El comportamiento de las LER en la prueba de comparación de medias se encontraron tres grupos estadísticos, donde los mejores genotipos fueron 1034 (con 3%), 1008 y 1070 (4%), 1065 (con 4.5%) y 1076 (con 5%) por presentar menores porcentajes de semillas sin germinar, a diferencia de 1056 (con 46.5 %) y 1102 (con 44%); quienes forman parte del último grupo estadístico.

Con respecto a el comportamiento de los genotipos en la localidad Valle Hermoso, se encontró que algunos de los genotipos estudiados obtuvieron

menor porcentaje de semillas sin germinar, para lo cual se trato de representar a los más sobresalientes en esta variable en la Figura 4.3, en su promedio en diferentes porcentajes a partir de 1 al 10%, que como lo muestra la mencionada Figura el genotipo 1121 (con 1%) resultó tener el más bajo valor de SSG, en segunda posición los genotipos 1034, 1055, 1070, 1094 y 1040 (con 4.1%); en el tercero estuvo formado por 1002, 1020, 1086 y 1109 (con 6%), el cuarto lo formaron los genotipos 1028, 1115 y 1122 (con 7%), el quinto estuvo constituido por 1008, 1009, 1031, 1064, 1065, 1082 y 1118 (con 8%), el sexto estuvo formado por 1003, 1044, 1081, 1098, 1063 (con 9.1%) y el séptimo grupo formado por los siguientes 1002, 1036, 1038, 1042, 1046, 1076, 1091, 1113 y 1123 (con 10%).

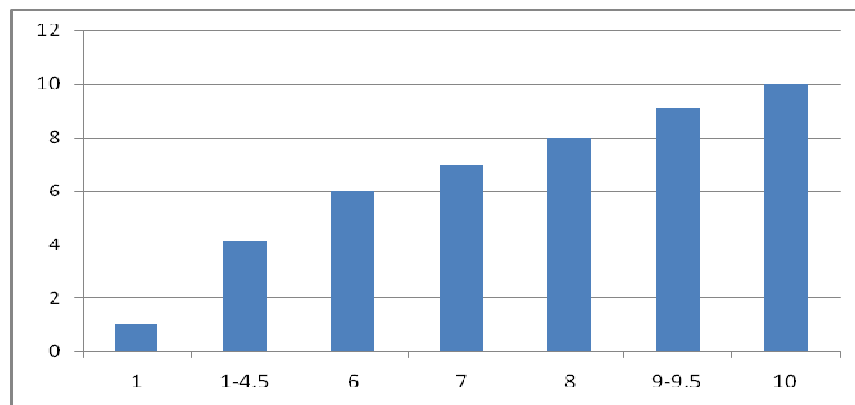


Figura 4.3. Medias de algunas LER de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) en la variable semillas sin germinar menores del 10%, en la localidad de Valle Hermoso Tamaulipas.

En lo que respecta a la localidad San Pedro Coahuila los mejores genotipos lo formaron los genotipos 1008, 1016, 1045, 1072, 1076 y 1084 donde no se presentaron semillas sin germinar mostrándose en la Figura 4.4. (Se representó de la misma manera que la figura anterior, a partir de 0 al 10.5%), sin embargo en el segundo grupo formado por 1005, 1065 y 1069 (con

1%) se consideraron también dentro de los mejores al tener bajo por ciento de semillas sin germinar, en el tercer grupo mostrado en la misma figura se encontraron 1007,1010, 1030, 1034, 1077, 1106, 1129 (con 2%); en el cuarto grupo a los genotipos 1006, 1017, 1043, 1044, 1046, 1053, 1061, 1073, 1085, 1091, 1113 y 1140 (con 3%), al quinto grupo lo formaron 1102, 1003, 1009, 1021, 1066, 1070, 1090, 1098, 1101, 1105, 1138 y 1122 (de 4 a 4.5%), en el sexto grupo se encontraron a 1022, 1024, 1052, 1058, 1071, 1088, 1095, 1096 y 1127 (con 5%), el séptimo grupo fue por 1074, 1081, 1086, 1092, 1093, 1104, 1112, 1117 y 1135 (con 6%), el octavo grupo representado por 1074, 1081, 1086, 1092, 1093, 1104, 1112, 1117 y 1135 (7%), el noveno grupo fue dado por 1013, 1049, 1064, 1067, 1089, 1100, 1125, 1131, 1132 y 1136 (con 8%), el décimo y onceavo grupo fue formado por 1018, 1025, 1028, 1059,1079, 1099, 1120 y 1083 (de 9 al 9.5%) así como los genotipos 1014, 1029, 1031, 1042, 1048, 1075, 1087, 1097, 1103 y 1057 (con 10%).

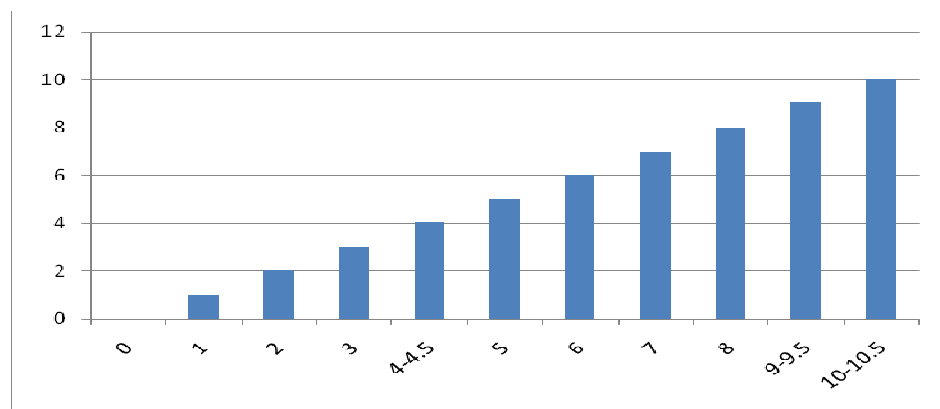


Figura 4.4. Medias de algunas LER de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) en la variable semillas muertas debajo de 10.5%, en la localidad de San Pedro, Coahuila.

Los genotipos se comportaron de la misma manera que sus progenitores ya que estos también presentaron el menor número de semillas sin germinar en la localidad de San Pedro y en Valle Hermoso los genotipos presentaron mayor numero de semillas sin germinar coincidiendo con los progenitores (Cuadro

4.2); esto posiblemente al tipo de riego. Corroborando que en esta variable, los genotipos 1008, 1129 y 1091 mostraron porcentajes de SM muy variables en las dos localidades sobresaliendo la 1008 en San Pedro (Cero porciento) pero se vio afectada en Valle Hermoso, mientras que la 1129 y 1091 solo reportaron bajo porcentaje en San Pedro quedando discriminadas en la localidad Valle Hermoso por su altos valores.

Las condiciones climáticas de cada localidad afectaron directamente a la semilla presentando porcentajes de semillas sin germinar, coincidiendo con Togani, (1982) quien menciona que puede existir daño de la semilla en el campo por demora de la cosecha, efecto de heladas en lotes de maduras tardía y otros factores que, en su mayoría, se deben a las condiciones ambientales tales como nubosidad, niebla, lluvia persistente, temperatura todos los elementos de difícil control. Otros daños son producidos después de la cosecha, como pueden ser: granos alterados, ardidos y hasta podridos por haberse cosechado, embolsado y almacenado verdes o húmedos sin previo secado todos estos factores dan lugar a importantes fallas de germinación.

### **Longitud Media de Plúmula.**

En el análisis de varianza aplicado para esta variable se encontraron diferencias altamente significativas en las fuentes de variación localidades, genotipos y la interacción localidad por genotipo, nuevamente indica un comportamiento diferente entre los genotipos así como en las localidades estudiadas, resultando un coeficiente de variación de 28.88% (Cuadro 4.3). La prueba de comparación de medias en localidades, mostró que en la localidad Valle Hermoso se obtuvo un promedio de plúmula de 4.26 mientras que en San Pedro fue mayor con 4.74.

Cuadro 4.3 Cuadrados medios, grados de libertad y significancias del análisis de varianza para las variables en estudio obtenidas de la semilla de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) de 135 LER sembradas en Valle Hermoso, Tamaulipas y San Pedro, Coahuila durante el ciclo PV 2006.

FV	GL	Longitud media de plúmula	Longitud media de radícula (cm)	Peso seco
<b>Localidad</b>	1	31.78**	5.60**	0.000028**
<b>LER</b>	134	5.25**	8.06**	0.0000064**
<b>Loc x LER</b>	134	3.15**	5.02**	0.0000028**
<b>E E</b>	268	1.69	2.01	0.0000064
<b>CV</b>		28.88	13.94	43.09
<b>Media</b>		4.50	10.17	0.0074
<b>Valor mas alto</b>		7.5	13.25	0.0107525
<b>Valor mas bajo</b>		1.0	5.25	0.0037750
<b>RANGO</b>		6.5	8	6.9775

\*\* = Alta significancia al 0.05% de probabilidad; CV= Porcentaje de coeficiente de variación; Media= Es la media general de las dos localidades; Valor alto= Es el porcentaje más alto reportado entre los 135 genotipos; Valor mas bajo= es el porcentaje mas bajo reportado entre los 135 genotipos.

En la comparación de medias general se encontraron seis grupos estadísticos en donde los mejores materiales resultaron 1008 y 1086 con 7.5 cm, 1037 y 1129 con 7 cm en ambas localidades por obtener buen vigor, no fue el más alto pero se pudiera clasificar como bueno ya que según Perry (1987), el más alto valor de vigor en prueba de LMP es de 13 cm; mientras que los que presentaron menor longitud de plúmula fueron 1118, 1124 con igual LMP de 2 cm y 1102 con 1 cm; donde estos últimos se clasificaron de bajo vigor.

En la comparación de media entre localidades para esta variable los genotipos que tuvieron mayor longitud de plúmula en Valle Hermoso, a partir de 5 a 9 cm fueron 1086 con 9 cm seguidos del siguiente grupo de genotipos 1055,

1098, 1129, 1042, 1109 (con 7.11 cm) clasificados todos ellos de buen vigor a pesar de las condiciones estresantes de la localidad, el tercero fueron 1015, 1065, 1115, 1017,1077 (con 6.6 cm) quienes a partir de aquí ya no fueron considerados vigorosos, el cuarto formado por 1088, 1008, 1081, 1020 y 1061 (con 6.06 cm), el quinto lo formaron 1002, 1007, 1064, 1119, 1014, 1134, 1003, 1046, 1006, 1072, 1027, 1123, 1136, 1127 y 1025 (con 5.68 cm) y el sexto grupo fue el que menor vigor presentaron formado por 1024, 1082, 1051, 1040, 1113, 1033, 1104, 1096, 1104, 1011, 1031,1070, 1094, 1099 (con 5.12 cm) de longitud de plúmula, esto fue debido a que estos materiales se vieron afectado negativamente por las condiciones climáticas del lugar así como la falta de humedad ya que fueron de temporal.

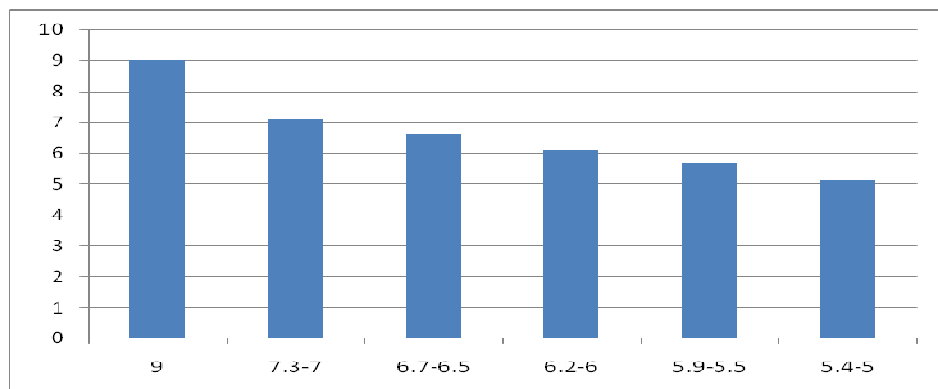


Figura 4.5 Medias de algunas LER de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) en la variable longitud media de plúmula mayores del 5%, en la localidad de Valle Hermoso, Tamaulipas.

En la localidad de San Pedro Coahuila los genotipos que obtuvieron la mayor longitud de plúmula y por lo tanto de mayor vigor fue en el primer 1008 (con 8.6 cm), seguido de un segundo grupo formado por los genotipos 1045,1069, 1127, 1108, 1101 y 1042 con 7.58 cm, quienes también fueron considerados de buen vigor; un tercer grupo conformado por los genotipos 1032, 1006,1129, 1054 y 1092 con un promedio de (6.6), quienes a partir de aquí se consideraron de bajo vigor; otro grupo marcado como cuarto fueron



1136, 1031, 1058, 1072, 1005, 1133, 1125, 1007, 1078, 1022, 1055, 1086 y 1081 (en promedio de 6.12 cm), el quinto por 1052, 1084, 1140, 1030, 1010, 1025, 1113, 1096, 1071, 1046, 1027 y 1117 ( 5.63 cm) y por último los conformado por los genotipos 1003, 1075, 1049, 1028, 1073, 1126, 1014, 1094, 1036, 1053, 1064, 1122, 1018, 1070 y 1061 (5.32 cm), que como se aprecia en la Figura 4.6 son los de valores más bajos y con menor vigor. Es de resaltar que los genotipos 1094 y 1070 resultaron tener menor vigor en ambas localidades además de tener una germinación debajo del 85% y una anormalidad de 17%; lo cual indica que en estos materiales la calidad de la semilla que fue fuertemente afectada por las condiciones ambientales prevalecientes en las localidades de prueba.

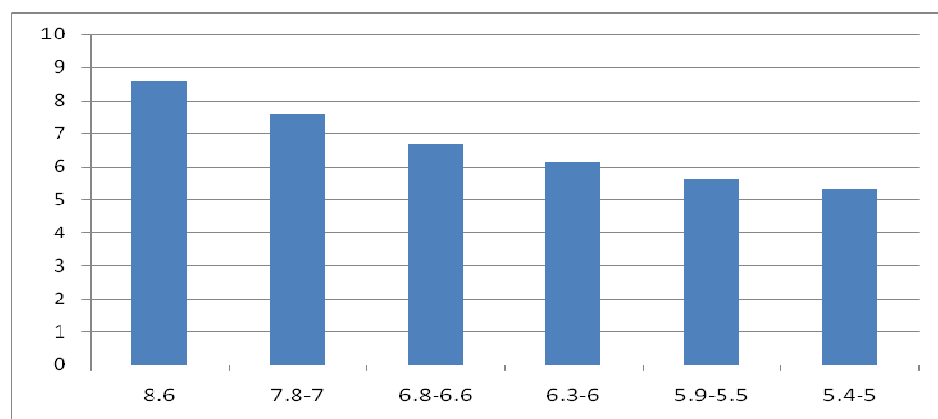


Figura 4.6 Medias de algunas LER de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) en la variable longitud media de plúmula mayor del 5%, en la localidad de San Pedro, Coahuila.

Se puede mencionar que los progenitores tuvieron mayor vigor en la localidad San Pedro con 4.75 cm (Cuadro 4.2), donde su comportamiento fue muy similar en ambos progenitores con 4.22 cm (RTx430) y 4.27 cm (Sureño); coincidiendo en sus descendientes, en cambio en la localidad Valle Hermoso sobresalió el progenitor RTx430 con 4.47 cm, mientras que Sureño presentó 3.78 cm de promedio en LMP, todo indica que este último se vio afectado por la

condiciones dadas en la localidad por lo que disminuyo su vigor, mientras en San Pedro fueron más aceptables para el vigor.

Besnier, (1980) menciona que la falta de vigor es una cuestión diferente, ya que se puede apreciar en plántulas que se consideran normales, es decir, completas, intactas y sanas aunque, evidentemente, las plántulas con defectos leves muestran a veces escaso vigor. También menciona que el vigor es cierta capacidad para producir plántulas normales en condiciones de campo, ya sea en situaciones típicas o ya sea en condiciones desfavorables

### **Longitud Media de Radícula.**

En el análisis de varianza aplicado para está variable se encontró una diferencia altamente significativa entre localidades (Cuadro 4.3), genotipos y la interacción localidad por genotipo, por lo cual se asume que se comportaron diferente las líneas en las localidades estudiadas, mostrando un coeficiente de variación de 13.94%.

En el mismo Cuadro, se observa que en la prueba de medias, la localidad Valle Hermoso registro un promedio de longitud media de radícula general entre todos los genotipos de 10.07 cm, mientras que en la localidad San Pedro fue mayor con 10.27 cm, por los resultados señalados se confirma un pequeño efecto negativo en esta variable, por las condiciones de cada localidad.

En la comparación de medias general (Cuadro A2), se encontraron ocho grupos estadísticos donde los genotipos con mayor vigor en LMR fueron 1081, 1125 y 1137 con una media de 13.25 cm, seguido el genotipo 1074 (con 12.75

cm), 1027 y 1129 (con 12.5 cm) y 1008 (12 cm) todos ellos con alto vigor, no todos los materiales coinciden en la LMP y germinación reportados, por ejemplo los genotipos 1137 y 1074, quienes tuvieron LMP por debajo de 4 cm y una germinación por debajo de 66.5% indicando una baja calidad fisiológica, por lo que no pueden ser clasificadas como de buen vigor; sin embargo es de enfatizar que los genotipos 1008 y 1129, son clasificados como vigorosos ya que tiene una LMP media (7.5 y 7 cm) y un alto porcentaje de germinación (89.5 y 87% respectivamente); por otro lado los genotipos que mostraron los mas bajos promedios de LMR fueron 1082 (con 5.25 cm) seguido de 1102 (con 5.5 cm) y 1087 (con 7 cm), confirmando que estos genotipos no tienen vigor ya que sus resultados tanto de germinación como de LMP fueron también bajos.

En la localidad Valle Hermoso Tamaulipas, se observó que algunos genotipos tuvieron comportamientos similares, por lo que se agruparon en diferentes rangos de promedio tomando como referencia el valor más alto de 14.3 cm y el más bajo de 10.5 cm de LMR, donde los genotipos 1081, 1129, 1015, 1074, 1098 y 1137 resultaron con la mayor longitud media de radícula, clasificados como de buen vigor, en el siguiente grupos los formaron 1125, 1054, 1106, 1083, 1088, 1064, 1046, 1115, 1110, 1126, 1017, 1135 y 1028 también clasificados de buen vigor con un promedio de 12.42 cm; el tercero lo conformaron 1065, 1058, 1027, 1101, 1100, 1008, 1039, 1105, 1123, 1053 y 1120 (con 11.7cm); el cuarto formado por 1072, 1069, 1022, 1122, 1104, 1067, 1032, 1134, 1133, 1040, 1002, 1052, 1085, 1061, 1094, 1113 y 1107 (con 11.1 cm), el quinto por 1047, 1093, 1103, 1005, 1121, 1095, 1059, 1073, 1063, 1112, 1013 y 1060 (con 10.8cm) y el sexto por 1128, 1119, 1050, 1045, 1051, 1007 y 1055 con valores por debajo de 10.6 cm. Sobresaliendo en esta variable los genotipos 1008, 1040, 1046, 1065, 1081, 1098, 1115 y 1129 ya que presentaron buena germinación y por lo tanto buen vigor en esta localidad.

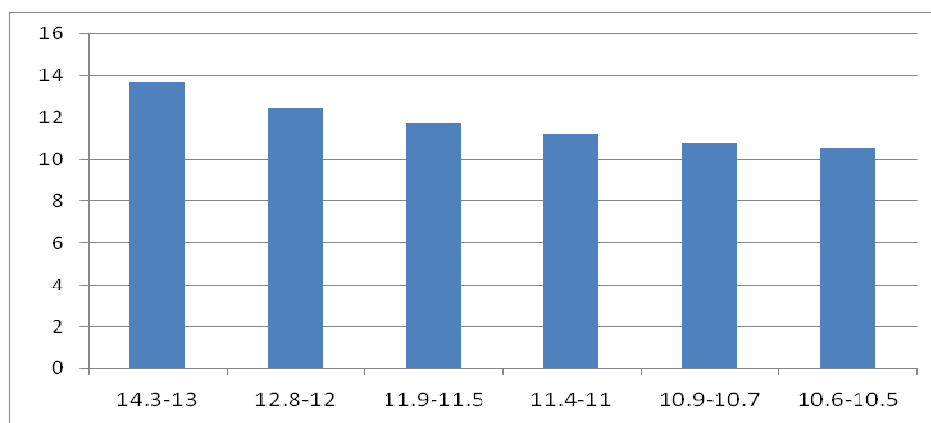


Figura 4.5 Medias de algunas LER de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) en la variable longitud media de radícula mayor del 10.5%, en la localidad de V. Hermoso Tamaulipas.

En San Pedro Coahuila los genotipos que presentaron mayor longitud de radícula fueron 1108, 1027, 1137, 1125, 1084 por encontrarse en el más alto rango de LMR mostrado en el Figura 4.8 que va desde 14.5 a 13.2 cm; el segundo grupo fue 12.8 a 12.1 cm dado por 1043, 1092, 1028, 1086, 1122, 1083, 1009, 1101; el tercero grupo que va desde 11.9 a 11.5 cm conformado por 1008, 1117, 1074, 1140, 1136, 1088, 1081, 1055, 1061, 1076, 1093, 1113, 1031, 1072; en el siguiente dado en el rango 11.4 a 11 cm que lo formaron 1077, 1073, 1090, 1049, 1054, 1098, 1120, 112, 1123, 1075, 1069, 1091, 1034, 1023, 1109, 1105, 1129, 1022, 1007, 1011, 1015, 1053; en el quinto (10.9 - 10.7 cm) que lo integraron 1046, 1127, 1014, 1130, 1045, 1059, 1002, 1064 y por último el que tiene un rango de 10.6 a 10.5 cm 1032, 1058, 1066, 1115, 1128, 1119, 1096, 1126, 1010, 1040, 1062, 1094. Es de resaltar nuevamente algunos materiales que están incluidos en los mejores por tener buena germinación y vigor en esta localidad los genotipos 1007, 1008, 1045, 1066, 1069, 1072, 1084, 1101, 1108, 1125 y 1127.

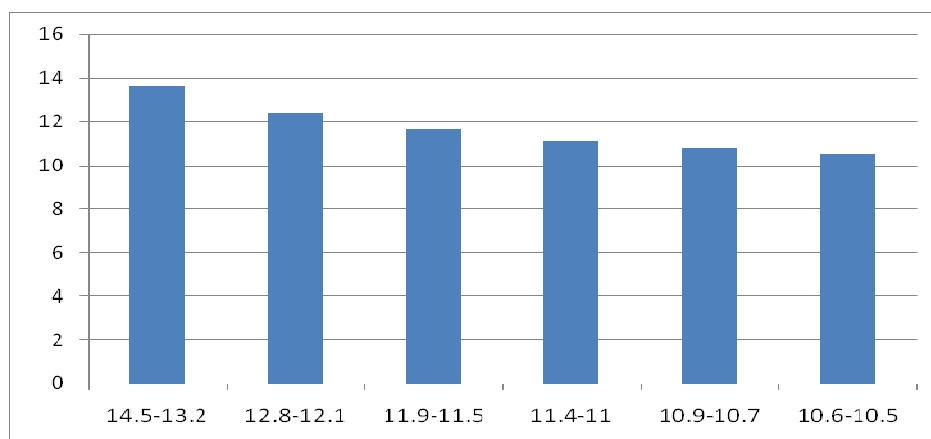


Figura 4.8 Medias de algunas LER de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) en la variable en la variable longitud media de radícula mayores del 10.5%, en la localidad de San Pedro, Coahuila.

En base a los progenitores se puede decir que tuvieron un buen comportamiento en las dos localidades, encontrando una mínima diferencia en la localidad Valle Hermoso de 0.21 cm, mencionando que los progenitores tuvieron mayor vigor en la localidad San Pedro con 10.28 cm (Cuadro 4.2), donde sobresalió el progenitor RTx430 con 10.2 cm, mientras que Sureño presentó 9.52 cm de promedio en LMR; mientras que en la localidad Valle Hermoso, los progenitores tuvieron un comportamiento muy similar con 10.74 cm (RTx430) y 10.76 cm (Sureño); coincidiendo en sus descendientes, todo indica que este último fue poco el efecto de las condiciones de cada localidad por lo que en ambas hubo un buen vigor de LMR.

Maiti, (1986) menciona que la radícula crece hacia abajo con la producción de pelos absorbentes para dar lugar a la raíz seminal primaria y lograr el establecimiento de la plántula, aunque las semillas pierden su viabilidad por un almacenaje largo lo que ocasiona también una baja longitud de radícula, pero conservadas en cuartos fríos retienen su viabilidad por periodos largos.

## Peso Seco

En esta variable se encontraron diferencias altamente significativas en las fuentes de variación localidades, genotipos y la interacción localidad por genotipo, dando a notar que existió diferente comportamiento entre los materiales así como en las localidades estudiadas, con un coeficiente de variación de 43.09 % (Cuadro 4.3). La prueba de comparación de medias en localidades, indica que Valle Hermoso obtuvo el mayor promedio de peso seco de 0.0076 mg/plántula mientras que en San Pedro fue menor con 0.0071 mg/plántula.

En la comparación de medias general (Cuadro A2), se encontraron 14 grupos estadísticos donde los genotipos con mayor tasa de crecimiento (PS) fueron 1054, 1027, 1074 con valores de 0.0107525, 0.01008 y 0.0099225 mg/plántula respectivamente, todos ellos al parecer nos demuestran un alto vigor sin embargo no todos los materiales coinciden con los valores altos de LMP, LMR y PN reportados anteriormente; por ejemplo los genotipos 1054 Y 1074, quienes tuvieron LMP por debajo de 4.5 cm, presentaron un alto valor de longitud de radícula (12 y 12.75 cm respectivamente) sin embargo su germinación estuvo por debajo del 61% indicando una baja calidad fisiológica, por lo que no pueden ser clasificadas como de buen vigor. La LER 1027 posiblemente se puede clasificar como vigorosa ya que tiene una LMP de 5.5 cm, una LMR de 12.5 cm y una germinación del 78.5%.

Por otro lado los genotipos que mostraron la tasa mas baja de crecimiento fueron el 1118 (0.003775 mg/plántula), 1102 (0.00404 mg/plántula) y el 1048 (0.00427mg/plántula) estos resultados confirman que estos genotipos no presentaron un buen vigor ya además obtuvieron los resultados mas bajos en las variables LMP, LMR y PN.

En la comparación de medias entre localidades en Valle Hermoso el grupo de los genotipos de mayor tasa de crecimiento incluyen el 1068, 1126, 1004, 1003, 1074, 1054, 1058 (con 0.0116mg), grupo considerado de buen vigor, el segundo grupo incluye el 1072, 1135, 1027, 1015, 1081, 1033, 1129, 1132, 1006, 1064, 1098, 1083, 1104, 1088, 1017, 1113, 1115 (con 0.0097mg), el tercero grupo con el 1046, 1014, 1110, 1106, 1073, 1125, 1060, 1086, 1057, 1100, 1138, 1052, 1007, 1021, 1067, 1031, 1134, 1123 (0.0087mg), el cuarto grupo formado por el 1094, 1120, 1008, 1045, 1065, 1028 (0.0083mg) y el quinto grupo que fue el de mas bajo vigor formado por 1040, 1047, 1011, 1076, 1085, 1039, 1005, 1032, 1133, 1127, 1137, 1055 (0.0080mg), esta respuesta pudo haberse debido posiblemente a las condiciones prevalecientes de la región.

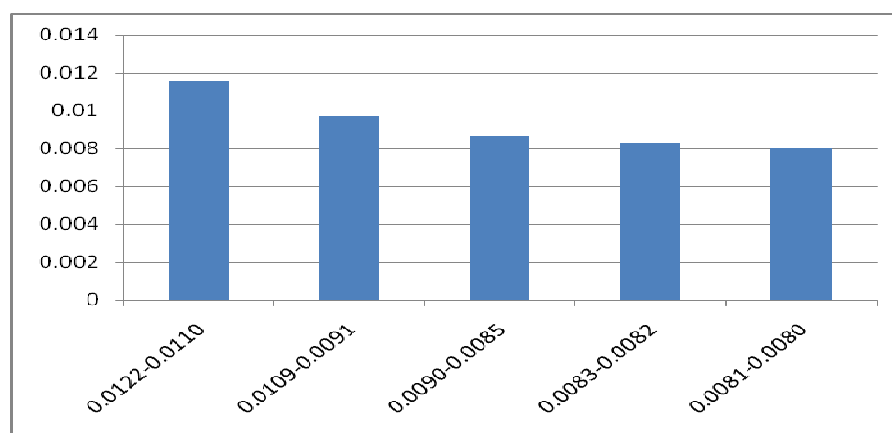


Figura 4.9 Medias de algunas LER de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) en la variable tasa de crecimiento de plántula (peso seco) mayor de 0.0080, en la localidad de Valle Hermoso, Tamaulipas.

En San Pedro los genotipos con mayor tasa de crecimiento (PS) el primer grupo estuvo formado por los siguientes 1045, 1054, 1027, 1058 con una media de 0.0101, que fueron considerado los de mayor vigor, el segundo grupo

estuvo formado por los genotipos 1086, 1055,1008, 1009, 1127, 1125, 1064, 1081, 1108, 1006 y 1031 (con 0.0093), el tercero por los genotipos 1092, 1094, 1083, 1049, 1043, 1014, 1101, 1028, 1005, 1020 (con 0.0087) , el cuarto por 1110, 1093, 1116, 1074, 1120, 1136, 1129, 1052 (con 0.0084), y el quinto considerado de menor vigor, formado por 1061, 1032, 1036, 1115, 1063, 1096, 1075 (con 0.0081mg).

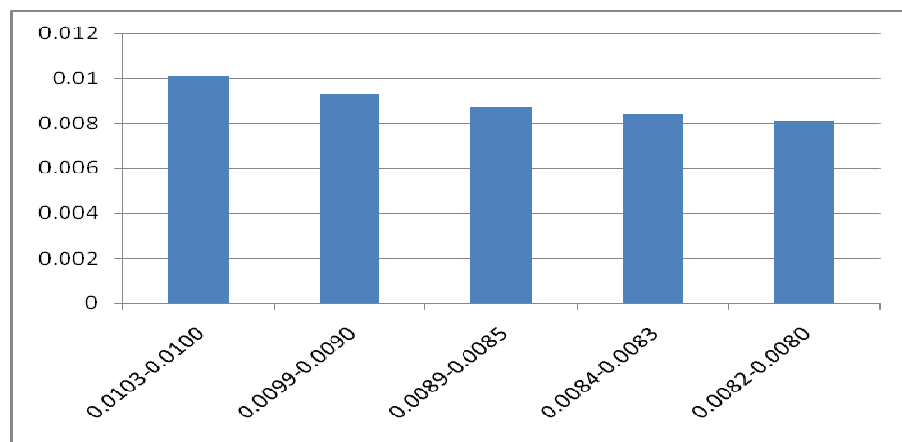


Figura 4.10 Medias de algunas LER de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) en la variable Tasa de crecimiento de plántula (peso seco - ps) mayor de 0.0080, en la localidad de San Pedro, Coahuila.

En base a los progenitores se puede mencionar que el mayor vigor se presento en la localidad de Valle Hermoso Tamp. Cuadro 4.2 Con una media de 0.007421 mg/plántula, sobresaliendo el progenitor Sureño con 0.00772. Mientras que en la localidad de San Pedro Coah. Fué menor con 0.005869 mg/plántula, sobresaliendo el genotipo RTx430 con 0.007089 mg/plántula. Este dato coincide con los genotipos pues estos también presentaron el mayor vigor en la localidad de Valle Hermoso con una media general de 0.0076mg/plántula y 0.0071 en san Pedro Coah.



Besnier, (1989). Menciona que el vigor puede verse alterado por anomalías en la constitución de las semillas o por condiciones desfavorables de nacimiento provocando así bajo peso seco de la plántula.

## **CONCLUSIONES**

De acuerdo con los objetivos planteados y los resultados obtenidos se pueden deducir las siguientes conclusiones:

Existe la calidad fisiológica de la semilla de las LER interacción genotipo - ambiente.

Las LER que manifestaron la mejor calidad fisiológica de su semilla en las dos localidades (Valle Hermoso, Tamaulipas. y San Pedro, Coahuila), en base a su capacidad de germinación fueron la 1008, 1129 y 1045.

Las LER que sobresalieron en la localidad Valle Hermoso por su alto porcentaje de germinación fueron la 1008, 1091 y 1129.

Las LER que sobresalieron en la localidad San Pedro por su alta capacidad de germinación por arriba del 85%, fueron la 1006, 1007, 1008, 1030, 1045, 1066, 1069, 1070, 1071, 1072, 1084, 1101, 1108, 1125 y 1127.

En ambas localidades se encontró que las LER 1008 y 1129 sobresalieron por obtener una buena calidad fisiológica en base a su buen vigor expresado por sus altos valores en LMP y LMR.

En ambas localidades se encontró que el genotipo 1027 sobresalió por obtener buen vigor considerando su tasa de crecimiento de plántula (peso seco).

Los mejores materiales que sobresalieron por su mayor calidad fisiológica (germinación y vigor) en ambas localidades fueron, 1008y 1129.

## Literatura Citada

- AOSA 1993. Seed Vigor Testing Handbook. Contribution No. 32 to the Handbook on Seed Testing, U. S. A.
- Barreiro, P. M. 1997. El sorgo mexicano: entre la autosuficiencia y la dependencia externa. Revista Claridades Agropecuarias. Numero 46.[Enlínea]:  
<http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/046/ca046.pdf>
- Barrie A.M. M. and Drenan, D. S. H. 1971. The effect of hydration – dehydration on seed germination. New Phytol. 79: 135- 142. U.S.A.
- Besnier R., F. 1988. Semillas biología y tecnología. Ediciones mundi-prensa Castelló, 37. 28,001 Madrid.
- Besnier, F. R. 1989. Semillas Biología y Tecnología. Ediciones Mundi-Prensa Madrid. 637 pp.
- Bustamante, G. L. A. 1995 Pruebas de germinación y vigor en semillas y sus aplicaciones. Curso de actualización sobre tecnología de semillas Memoria Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Bustamante, L. A. 1979. La pureza varietal en la producción de semillas. Curso de tecnología de semillas en opción a tesis. Escuela Superior de Agricultura Hermanos Escobar. Ciudad Juárez, Chihuahua.
- Consumer. 2005. El sorgo, un cereal poco conocido. [En línea]:  
[http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender\\_a\\_comer\\_bien/alimentacion\\_alternativa/2005/03/31/140820.php](http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender_a_comer_bien/alimentacion_alternativa/2005/03/31/140820.php)

Delouche, J. C. 1986. Physiological seed quality. Short course for seedsmen, Mississippi States University. 27:55-59.

Estero 1071 (5900) Villa María, Córdoba – Argentina. [Enlínea]: [http://www.agrobit.com/Info\\_tecnica/agricultura/sorgo/AG\\_000009sg.m](http://www.agrobit.com/Info_tecnica/agricultura/sorgo/AG_000009sg.m)

FAO, 1995. El Sorgo y el mijo en la nutrición humana: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. FAO (ed.) Alimentación Nutrición No. 27. Roma. Italia.

Garay, A. E. 1989. La calidad de la semilla y sus componentes. En: Memorias del primer curso avanzado sobre sistemas de semillas para pequeños agricultores. CIAT. Cali, Colombia. Pp.2-11.

Galván, B. E. 2004. Evaluación de híbridos experimentales de sorgo (*Sorghum bicolor* L.Moench), en la región del Bajío. Tesis de Licenciatura. División de agronomía. Universidad Autónoma Agraria, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

International Seed Testing Association (ISTA). 1996. International rules for seed testing. Rules 1996. Seed Sci. Technol. 13(2); 322. Holanda.

ISTA 1996. Handbook of Vigor Test Methods. 2<sup>nd</sup>. Edition. Ed. F. Fiala. Switzerland.

International Seed Testing Association (ISTA), 2004 International Rules for Seed Testing. Switzerland. 3, 4, 5 y 9.pp.

Jann, R. C., and Amen. R. D. 1977. What is germination? In the physiology and biochemistry of seed germination, A. A: Khan, ed. Amsterdam: North-Holanda Publishing Co., pp. 7-28.

Jiménez, M. A, 1989. "La producción de forrajes en México", Talleres, U. A. Chapingo, México. Pp. 100.

Maiti, R.1986 Morfología Crecimiento y Desarrollo del Sorgo. Universidad Autónoma de Nuevo León, Marín, N. L., México 419 pp.

Cargill 2008 Manual del Cultivo de Sorgo. Origen del cultivo de sorgo. Santiago del Estero 1071 (5900) Villa María, Córdoba – Argentina. [Enlínea]:[http://www.agrobit.com/Info\\_tecnica/agricultura/sorgo/AG\\_000009sg.m](http://www.agrobit.com/Info_tecnica/agricultura/sorgo/AG_000009sg.m)

Moreno M., E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Programa universitario de alimentos. Tercera edición. UNAM. México

Robles S.R. 1990. Producción de granos y forrajes. Quinta Ed. Limusa. México. Pg.153, 54,

Robles S. R. 1983. Producción de granos y forrajes. Cuarta Ed. Editorial Limusa. México.

Robles, S. R. 1981 Producción de granos y forrajes. Segunda Ed. Limusa México.

SAGARPA. Sistema Nacional de Consulta SIACÓN. 1980-2002. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. México.

SAGARPA. 2003. Tercer informe de labores. México.

Sayers; R. 1982. Pruebas de Germinación y vigor. En: Memorias del curso de actualización sobre tecnología de semillas. UAAAN, México. 129- 136p.

Perreti, A. 1994. Manual para el análisis de semillas. INTA. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 281p.

Perry D.A. 1987. ISTA, Handbook of Vigour Test Methods, 2nd Edition, The International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland. 8-21 pp.

Togani. H. 1982. El sorgo Editorial Albatros, Buenos Aires Argentina. Pp. 90,91 y 92.

### **Citas de Internet**

(<http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/sorgo.htm>).

(<http://www.unavarra.es/genmic/genetica%20y%20mejora/endogamia/endogamia.pdf>)

(<http://www.unavarra.es/genmic/genetica%20y%20mejora/endogamia/endogamia.pdf>)

<http://www.unavarra.es/genmic/genetica%20y%20mejora/endogamia/endogamia.pdf>)

(<http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/sorgo.htm>).

<http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/chiapas/agricultura/Ciclicos/sorgo.htm>

<http://www.economia.gob.mx/pics/p/p1763/SORGO290204.pdf>

## APENDICE

Cuadro (A1). Medias para las variables plántulas normales, plántulas anormales y semillas sin germinar.

IDENTIF	P. NORMALES			P. ANORMALES		S. MUERTAS	
	GENOTIPO	%	CLASIFIC	%	CLASIF	%	CLASIF
1	1002	78	ABCDE	15	B	7	ABC
2	1003	81	ABCDE	12.5	B	6.5	ABC
3	1004	75	ABCDE	16	B	9	ABC
4	1005	50.5	ABCDEF	18	AB	30.5	ABC
5	1006	80.5	ABCDE	8	B	11.5	ABC
6	1007	78.5	ABCDE	12.5	B	9	ABC
7	1008	89.5	A	6.5	B	4	BC
8	1009	75	ABCDE	19	AB	6	ABC
9	1010	60	ABCDEF	19	AB	21	ABC
10	1011	71	ABCDEF	13.5	B	15.5	ABC
11	1012	51.5	ABCDEF	19	AB	29.5	ABC
12	1013	69.5	ABCDEF	18.5	AB	12	ABC
13	1014	78.5	ABCDE	10	B	11.5	ABC
14	1015	78	ABCDE	8.5	B	13.5	ABC
15	1016	43	CDEF	15.5	B	41.5	ABC
16	1017	70	ABCDEF	23	AB	7	ABC
17	1018	66.5	ABCDEF	19	AB	14.5	ABC
18	1020	67.5	ABCDEF	20.5	AB	12	ABC
19	1021	75.5	ABCDE	15	B	9.5	ABC
20	1022	80	ABCDE	11.5	B	8.5	ABC
21	1023	61.5	ABCDEF	16	B	22.5	ABC
22	1024	74.5	ABCDE	10	B	15.5	ABC
23	1025	82.5	ABCDE	7.5	B	10	ABC
24	1027	78.5	ABCDE	11.5	B	10	ABC
25	1028	80.5	ABCDE	11.5	B	8	ABC
26	1029	69	ABCDEF	19	AB	12	ABC
27	1030	65.5	ABCDEF	10.5	B	23	ABC
28	1031	72.5	ABCDEF	18.5	AB	9	ABC
29	1032	69	ABCDEF	11	B	20	ABC
30	1033	68.5	ABCDEF	12.5	B	19	ABC



31	1034	81	ABCDE	16	B	3	C
32	1035	68.5	ABCDEF	17	B	14.5	ABC
33	1036	71	ABCDEF	16	B	13	ABC
34	1037	43	CDEF	25	AB	32	ABC
35	1038	73.5	ABCDE	18	AB	8.5	ABC
36	1039	53.5	ABCDEF	11	B	36	ABC
37	1040	79.25	ABCDE	15	B	5.75	ABC
38	1041	48	ABCDEF	21.5	AB	30.5	ABC
39	1042	82	ABCDE	8	B	10	ABC
40	1043	68	ABCDEF	13	B	19	ABC
41	1044	73.5	ABCDE	20.5	AB	6	ABC
42	1045	77	ABCDE	11.5	B	11.5	ABC
43	1046	83.5	ABCD	10	B	6.5	ABC
44	1047	63.5	ABCDEF	13.25	B	23.25	ABC
45	1048	64.5	ABCDEF	19.5	AB	16	ABC
46	1049	70	ABCDEF	10.5	B	19.5	ABC
47	1050	62.5	ABCDEF	16.5	B	21	ABC
48	1051	66	ABCDEF	17.5	B	16.5	ABC
49	1052	72.5	ABCDEF	15.5	B	12	ABC
50	1053	67.5	ABCDEF	12	B	20.5	ABC
51	1054	47.5	ABCDEF	13	B	39.5	ABC
52	1055	80	ABCDE	9.5	B	10.5	ABC
53	1056	39.5	EF	14	B	46.5	A
54	1057	63.25	ABCDEF	14	B	22.75	ABC
55	1058	67	ABCDEF	15.5	B	17.5	ABC
56	1059	71.5	ABCDEF	10	B	18.5	ABC
57	1060	56.5	ABCDEF	10.5	B	33	ABC
58	1061	75	ABCDE	17.5	B	7.5	ABC
59	1062	72	ABCDEF	11.5	B	16.5	ABC
60	1063	69.75	ABCDEF	17.75	AB	12.75	ABC
61	1064	73.5	ABCDE	18.5	AB	8	ABC
62	1065	77	ABCDE	18.5	AB	4.5	BC
63	1066	76.5	ABCDE	38.5	A	9.5	ABC
64	1067	74	ABCDE	12.5	B	13.5	ABC
65	1068	45	BCDEF	14.5	B	40.5	ABC
66	1069	82.5	ABCDE	10	B	7.5	ABC
67	1070	78.5	ABCDE	17.5	B	4	BC
68	1071	75	ABCDE	14.5	B	10.5	ABC
69	1072	81.5	ABCDE	8	B	10.5	ABC
70	1073	74	ABCDE	14.5	B	11.5	ABC
71	1074	61	ABCDEF	13	B	26	ABC
72	1075	70	ABCDEF	17	B	13	ABC
73	1076	77	ABCDE	18	AB	5	BC

74	1077	82.5	ABCDE	11	B	6.5	ABC
75	1078	64	ABCDEF	9	B	27	ABC
76	1079	53	ABCDEF	23	AB	24	ABC
77	1080	58	ABCDEF	9	B	33	ABC
78	1081	83.5	ABCD	9	B	7.5	ABC
79	1082	75.5	ABCDE	14.5	B	10	ABC
80	1083	75.75	ABCDE	11	B	13.25	ABC
81	1084	68	ABCDEF	13	B	19	ABC
82	1085	75	ABCDE	17	B	8	ABC
83	1086	79	ABCDE	15	B	6	ABC
84	1087	69	ABCDEF	17	B	14	ABC
85	1088	71.5	ABCDEF	15	B	13.5	ABC
86	1089	68	ABCDEF	17	B	15	ABC
87	1090	66	ABCDEF	12	B	22	ABC
88	1091	85	ABC	8.5	B	6.5	ABC
89	1092	68	ABCDEF	12.5	B	19.5	ABC
90	1093	69	ABCDEF	17.5	B	13.5	ABC
91	1094	79.5	ABCDE	13	B	7.5	ABC
92	1095	70	ABCDEF	20.5	AB	9.5	ABC
93	1096	76	ABCDE	14	B	10	ABC
94	1097	49	ABCDEF	23	AB	28	ABC
95	1098	82.5	ABCDE	11	B	6.5	ABC
96	1099	64.5	ABCDEF	20	AB	15.5	ABC
97	1100	73	ABCDE	15.5	B	11.5	ABC
98	1101	70.5	ABCDEF	13.5	B	16	ABC
99	1102	29	F	27	AB	44	AB
100	1103	68	ABCDEF	7	B	25	ABC
101	1104	66.5	ABCDEF	24.5	AB	9	ABC
102	1105	77	ABCDE	13.5	B	9.5	ABC
103	1106	70	ABCDEF	16.5	B	13.5	ABC
104	1107	59	ABCDEF	17	B	24	ABC
105	1108	66.5	ABCDEF	13.5	B	20	ABC
106	1109	72	ABCDEF	15.5	B	15	ABC
107	1110	76	ABCDE	16.5	B	7.5	ABC
108	1112	79	ABCDE	11	B	10	ABC
109	1113	72	ABCDEF	21.5	AB	6.5	ABC
110	1114	48	ABCDEF	21	AB	31	ABC
111	1115	76.5	ABCDE	14	B	9.5	ABC
112	1116	40.5	DEF	20	AB	39.5	ABC
113	1117	66	ABCDEF	18	AB	16	ABC
114	1118	39.5	EF	23.5	AB	24.5	ABC
115	1119	69.5	ABCDEF	17.5	B	13	ABC
116	1120	73	ABCDE	15	B	12	ABC

117	1121	79	ABCDE	14	B	7	ABC
118	1122	79.25	ABCDE	15	B	5.75	ABC
119	1123	62.5	ABCDEF	25	AB	12.5	ABC
120	1124	44.5	BCDEF	19	AB	36.5	ABC
121	1125	77	ABCDEF	12.5	B	10.5	ABC
122	1126	51	ABCDEF	26	AB	23	ABC
123	1127	82	ABCDE	7	B	11	ABC
124	1128	63	ABCDEF	18	AB	19	ABC
125	1129	87	AB	6.5	B	6.5	ABC
126	1130	47.5	ABCDEF	23	AB	29.5	ABC
127	1131	72	ABCDEF	16	B	12	ABC
128	1132	70.5	ABCDEF	15.5	B	14	ABC
129	1133	60.5	ABCDEF	13.5	B	26	ABC
130	1134	72	ABCDEF	12.5	B	15.5	ABC
131	1135	71	ABCDEF	16	B	13	ABC
132	1136	78.5	ABCDE	10.5	B	11	ABC
133	1137	66.5	ABCDEF	10	B	23.5	ABC
134	1138	58.5	ABCDEF	20.5	AB	21	ABC
135	1140	65	ABCDEF	9	B	26	ABC

Cuadro (A2). Medias para las variables longitud media de plúmula, longitud media de radícula y peso seco.

Identific	L. M. PLUMULA			L. M. RADICULA		PESO SECO	
	Genotipo	cm	Clasific	Cm	Clasific	Mg/plántula	Clasif
1	1002	5.25	ABCDE	10.75	ABCDEF	0.0077325	ABCDEFGHIJKLM
2	1003	5.5	ABCDE	9.75	ABCDEFGH	0.00918	ABCDEFGHI
3	1004	4	ABCDEF	9	ABCDEFGH	0.005755	GHIJKLMN
4	1005	4	ABCDEF	10.5	ABCDEF	0.008255	ABCDEFGHIJK
5	1006	6.5	ABCD	10	ABCDEF	0.00922	ABCDEFGHI
6	1007	6	ABCDE	10.75	ABCDEF	0.0081775	ABCDEFGHIJK
7	1008	7.5	A	12	ABCDE	0.00889	ABCDEFGHIJ
8	1009	4.5	ABCDEF	11	ABCDEF	0.007275	ABCDEFGHIJKLMN
9	1010	4	ABCDEF	8.75	ABCDEFGH	0.0064975	CDEFGHIJKLMN
10	1011	4.25	ABCDEF	10.5	ABCDEF	0.007535	ABCDEFGHIJKLMN
11	1012	2.75	CDEF	7.75	DEF	0.0047375	KLMN

12	1013	3.5	ABCDEF	10	ABCDEFG	0.006475	CDEFGHIJKLMN
13	1014	5.25	ABCDE	10.5	ABCDEF	0.00889	ABCDEFGHIJ
14	1015	5.75	ABCDE	12.25	ABCD	0.0083875	ABCDEFGHIJK
15	1016	2.5	DEF	8.5	BCDEFGH	0.006315	CDEFGHIJKLMN
16	1017	5	ABCDEF	10.5	ABCDEF	0.0073275	ABCDEFGHIJKLMN
17	1018	4	ABCDEF	8.5	BCDEFGH	0.0055575	GHIJKLMN
18	1020	5.25	ABCDE	10	ABCDEFG	0.007235	ABCDEFGHIJKLMN
19	1021	5.25	ABCDE	9.5	ABCDEFGH	0.00741	ABCDEFGHIJKLMN
20	1022	5.25	ABCDE	11.25	ABCDEF	0.00688	BCDEFGHIJKLMN
21	1023	3.75	ABCDEF	10	ABCDEFG	0.00779	ABCDEFGHIJKLM
22	1024	4.5	ABCDEF	8.75	ABCDEFGH	0.0047525	KLMN
23	1025	6	ABCDE	9.5	ABCDEFGH	0.007045	ABCDEFGHIJKLMN
24	1027	5.5	ABCDE	12.5	ABC	0.01008	ABC
25	1028	5	ABCDEF	12.25	ABCD	0.0083975	ABCDEFGHIJK
26	1029	3.25	BCDEF	9.5	ABCDEFGH	0.0067	BCDEFGHIJKLMN
27	1030	4	ABCDEF	7.75	DEFGH	0.0070275	ABCDEFGHIJKLMN
28	1031	5.5	ABCDE	11.25	ABCDEF	0.0087775	ABCDEFGHIJ
29	1032	5.25	ABCDE	11.25	ABCDEF	0.0080625	ABCDEFGHIJKL
30	1033	4.5	ABCDEF	8.5	BCDEFGH	0.0080375	ABCDEFGHIJKL
31	1034	4.25	ABCDEF	10	ABCDEFG	0.005465	HIJKLMN
32	1035	3.25	BCDEF	8.25	BCDEFGH	0.00605	EFGHIJKLMN
33	1036	4.75	ABCDEF	9.5	ABCDEFGH	0.0073275	ABCDEFGHIJKLMN
34	1037	2	EF	7.5	EFGH	0.0057775	GHIJKLMN
35	1038	4.5	ABCDEF	9.5	ABCDEFGH	0.0068175	BCDEFGHIJKLMN
36	1039	3.75	ABCDEF	10.25	ABCDEF	0.00719	ABCDEFGHIJKLMN
37	1040	4.25	ABCDEF	11	ABCDEF	0.00711	ABCDEFGHIJKLMN
38	1041	3	BCDEF	9.25	ABCDEFGH	0.006355	CDEFGHIJKLMN
39	1042	7	AB	9	ABCDEFGH	0.00752	ABCDEFGHIJKLMN
40	1043	3.75	ABCDEF	10.5	ABCDEF	0.00763	ABCDEFGHIJKLM
41	1044	4.25	ABCDEF	8.25	BCDEFGH	0.005445	IJKLMN
42	1045	6.25	ABCD	10.75	ABCDEF	0.00925	ABCDEFGH
43	1046	5.75	ABCDE	11.25	ABCDEF	0.008335	ABCDEFGHIJK
44	1047	3.25	BCDEF	10.25	ABCDEF	0.007175	ABCDEFGHIJKLMN
45	1048	3	BCDEF	8	CDEFGH	0.00427	LMN
46	1049	5.25	ABCDE	10.5	ABCDEF	0.008345	ABCDEFGHIJK
47	1050	3.5	ABCDEF	10.25	ABCDEF	0.0067975	BCDEFGHIJKLMN
48	1051	5	ABCDEF	10	ABCDEFG	0.0067925	BCDEFGHIJKLMN
49	1052	5	ABCDEF	11	ABCDEF	0.0084425	ABCDEFGHIJK
50	1053	3.75	ABCDEF	11	ABCDEF	0.0073225	ABCDEFGHIJKLMN
51	1054	4.25	ABCDEF	12	ABCDE	0.0107525	A
52	1055	6.5	ABCD	10.75	ABCDEF	0.008815	ABCDEFGHIJ
53	1056	3	BCDEF	8.25	BCDEFGH	0.00675	BCDEFGHIJKLMN
54	1057	4	ABCDEF	9.25	ABCDEFGH	0.0069375	BCDEFGHIJKLMN

55	1058	5	ABCDEF	11.25	ABCDEF	0.0104875	AB
56	1059	4.5	ABCDEF	10.5	ABCDEF	0.0064475	CDEFGHIJKLMN
57	1060	3.75	ABCDEF	10	ABCDEF	0.00822	ABCDEF
58	1061	5.75	ABCDE	11.25	ABCDEF	0.007635	ABCDEF
59	1062	3.75	ABCDEF	9.75	ABCDEF	0.0066275	CDEFGHIJKLMN
60	1063	4.25	ABCDEF	10.25	ABCDEF	0.007485	ABCDEF
61	1064	5.5	ABCDE	11.5	ABCDEF	0.0092225	ABCDEF
62	1065	5.25	ABCDE	11	ABCDEF	0.0072775	ABCDEF
63	1066	5	ABCDEF	9.5	ABCDEF	0.007265	ABCDEF
64	1067	4.25	ABCDEF	10.25	ABCDEF	0.0071325	ABCDEF
65	1068	2.5	DEF	9.25	ABCDEF	0.0088675	ABCDEF
66	1069	6.25	ABCD	11.25	ABCDEF	0.007175	ABCDEF
67	1070	5	ABCDEF	9	ABCDEF	0.00631	CDEFGHIJKLMN
68	1071	4.75	ABCDEF	8.5	BCDEF	0.005995	EFGHIJKLMN
69	1072	6	ABCDE	11	ABCDEF	0.007445	ABCDEF
70	1073	5.25	ABCDE	11	ABCDEF	0.0082625	ABCDEF
71	1074	4	ABCDEF	12.75	AB	0.0099225	ABCD
72	1075	4.75	ABCDEF	10.25	ABCDEF	0.00721	ABCDEF
73	1076	4	ABCDEF	10.25	ABCDEF	0.007355	ABCDEF
74	1077	5.5	ABCDE	10.75	ABCDEF	0.0074825	ABCDEF
75	1078	4.5	ABCDEF	9	ABCDEF	0.00682	BCDEF
76	1079	2.75	CDEF	9.75	ABCDEF	0.006415	CDEFGHIJKLMN
77	1080	3.5	ABCDEF	8	CDEF	0.0060075	EFGHIJKLMN
78	1081	6	ABCDE	13.25	A	0.009575	ABCDEF
79	1082	4.5	ABCDEF	5.25	H	0.006665	CDEFGHIJKLMN
80	1083	3.75	ABCDEF	12.75	AB	0.0090675	ABCDEF
81	1084	4	ABCDEF	11.25	ABCDEF	0.0073725	ABCDEF
82	1085	4.75	ABCDEF	9.5	ABCDEF	0.006555	CDEFGHIJKLMN
83	1086	7.5	A	10.5	ABCDEF	0.0092875	ABCDEF
84	1087	3.5	ABCDEF	7	FGH	0.00549	HIJKLMN
85	1088	5.25	ABCDE	11.75	ABCDE	0.008185	ABCDEF
86	1089	3.75	ABCDEF	8.75	ABCDEF	0.00514	JKLMN
87	1090	3.75	ABCDEF	9.5	ABCDEF	0.0076	ABCDEF
88	1091	4.5	ABCDEF	10	ABCDEF	0.005825	FGHIJKLMN
89	1092	4.75	ABCDEF	10.25	ABCDEF	0.007685	ABCDEF
90	1093	3.5	ABCDEF	11.25	ABCDEF	0.0074	ABCDEF
91	1094	5.25	ABCDE	10.75	ABCDEF	0.008595	ABCDEF
92	1095	3.75	ABCDEF	10.5	ABCDEF	0.00675	BCDEF
93	1096	5.5	ABCDE	9.75	ABCDEF	0.0075675	ABCDEF
94	1097	3	BCDEF	7.75	DEF	0.00518	JKLMN
95	1098	5.75	ABCDE	12.25	ABCD	0.0082075	ABCDEF
96	1099	4.25	ABCDEF	9.5	ABCDEF	0.007035	ABCDEF
97	1100	4	ABCDEF	10	ABCDEF	0.006755	BCDEF

<b>98</b>	1101	5.25	ABCDE	12	ABCDE	0.0078725	ABCDEFGHijkl
<b>99</b>	1102	1	F	5.5	GH	0.00404	MN
<b>100</b>	1103	4.5	ABCDEF	10.5	ABCDEF	0.0071375	ABCDEFGHijklmN
<b>101</b>	1104	3.5	ABCDEF	9.25	ABCDEFGH	0.007555	ABCDEFGHijklmN
<b>102</b>	1105	4.25	ABCDEF	11.5	ABCDEF	0.0070625	ABCDEFGHijklmN
<b>103</b>	1106	4.25	ABCDEF	11.5	ABCDEF	0.008275	ABCDEFGHIJK
<b>104</b>	1107	3	BCDEF	10	ABCDEF	0.0065	CDEFGHIJKLMN
<b>105</b>	1108	5.5	ABCDE	11.25	ABCDEF	0.0073975	ABCDEFGHijklmN
<b>106</b>	1109	5.75	ABCDE	10.5	ABCDEF	0.0077325	ABCDEFGHijklm
<b>107</b>	1110	4.75	ABCDEF	11	ABCDEF	0.0079325	ABCDEFGHijkl
<b>108</b>	1112	4.25	ABCDEF	10.75	ABCDEF	0.0074475	ABCDEFGHijklmN
<b>109</b>	1113	5.25	ABCDE	11.25	ABCDEF	0.00827	ABCDEFGHIJK
<b>110</b>	1114	2.75	CDEF	7.75	DEF	0.0047425	KLmN
<b>111</b>	1115	5.75	ABCDE	11.5	ABCDEF	0.00858	ABCDEFGHIJ
<b>112</b>	1116	3.25	BCDEF	8	CDEF	0.00676	BCDEFGHIJKLMN
<b>113</b>	1117	3.75	ABCDEF	10	ABCDEF	0.0063175	CDEFGHIJKLMN
<b>114</b>	1118	2	EF	7.75	DEF	0.003775	N
<b>115</b>	1119	5.5	ABCDE	10.5	ABCDEF	0.0076625	ABCDEFGHijklm
<b>116</b>	1120	4.25	ABCDEF	11.25	ABCDEF	0.00832	ABCDEFGHIJK
<b>117</b>	1121	4.25	ABCDEF	10.5	ABCDEF	0.0071975	ABCDEFGHijklmN
<b>118</b>	1122	5.25	ABCDE	11.5	ABCDEF	0.0074875	ABCDEFGHijklmN
<b>119</b>	1123	4.5	ABCDEF	11.5	ABCDEF	0.0079275	ABCDEFGHijkl
<b>120</b>	1124	2	EF	8.25	BCDEF	0.005895	FGHIJKLMN
<b>121</b>	1125	5	ABCDEF	13.25	A	0.00898	ABCDEFGHI
<b>122</b>	1126	4.25	ABCDEF	11.25	ABCDEF	0.0098	ABCDE
<b>123</b>	1127	6.75	ABC	10.75	ABCDEF	0.008665	ABCDEFGHIJ
<b>124</b>	1128	4.5	ABCDEF	10.5	ABCDEF	0.007345	ABCDEFGHijklmN
<b>125</b>	1129	7	AB	12.5	ABC	0.00898	ABCDEFGHI
<b>126</b>	1130	2.75	CDEF	9.75	ABCDEF	0.0062775	DEFGHIJKLMN
<b>127</b>	1131	4.25	ABCDEF	9.5	ABCDEF	0.0063925	CDEFGHIJKLMN
<b>128</b>	1132	4	ABCDEF	9	ABCDEF	0.008075	ABCDEFGHIJK
<b>129</b>	1133	4.75	ABCDEF	10.5	ABCDEF	0.00769	ABCDEFGHijklm
<b>130</b>	1134	5.25	ABCDE	10.75	ABCDEF	0.007855	ABCDEFGHijkl
<b>131</b>	1135	4	ABCDEF	11.25	ABCDEF	0.0086725	ABCDEFGHIJ
<b>132</b>	1136	6	ABCDE	10	ABCDEF	0.0077975	ABCDEFGHijklm
<b>133</b>	1137	3.75	ABCDEF	13.25	A	0.00732	ABCDEFGHijklmN
<b>134</b>	1138	3.5	ABCDEF	10	ABCDEF	0.0072275	ABCDEFGHijklmN
<b>135</b>	1140	4.25	ABCDEF	10.75	ABCDEF	0.0072025	ABCDEFGHijklmN