

# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**PRODUCCIÓN DE SEMILLAS**

**DESCRIPTORES VARIETALES DE AVENA (*Avena* sp.)**

**CULTIVADAS EN MÉXICO**

**JESÚS INOCENTE JIMÉNEZ VALLE**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO**

**2009**

La presente tesis titulada **DESCRIPTORES VARIETALES DE AVENA (*Avena* sp.) CULTIVADAS EN MÉXICO**, realizada por el alumno: **Jesús Inocente Jiménez Valle**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobado por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**PRODUCCIÓN DE SEMILLAS**

**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO   
**Dra. Alejandrina Robledo Paz**

DIRECTOR   
**Dr. Héctor Eduardo Villaseñor Mir**

ASESOR   
**Dr. Eduardo Espitia Rangel**

Montecillo, Texcoco, Estado de México, 17 de Noviembre de 2009

# DESCRIPTORES VARIETALES DE AVENA (*Avena* sp.)

## CULTIVADAS EN MÉXICO

Jesús Inocente Jiménez Valle, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2009

### Resumen

Los estudios sobre descriptores varietales en avena son escasos en México. Por ello la importancia del presente trabajo para poder evaluar a los descriptores y ver cuales son aplicables sin que se modifiquen, cuáles se pueden considerar y cuáles podrían ser descartados, esto debido a que son fuertemente influenciados por el ambiente. El objetivo de este trabajo fue caracterizar las variedades de *Avena sativa* cultivadas en México, mediante el uso de descriptores varietales específicos. Para ello, se utilizaron 24 características descriptivas del SNICS para caracterizar las variedades de avena, así como las 8 que se proponen en este trabajo. Se establecieron en las localidades de Celaya, Gto, en el ciclo otoño-invierno 2006-2007 y en Texcoco Méx, en el ciclo primavera-verano 2007. Se realizó una transformación de los datos a arcoseno para poder hacer un análisis de componentes principales y un análisis clúster. De las variables evaluadas se tiene que el descriptor 6, 13, 20, 22 y 23 son las que no presentaron modificaciones por el ambiente por lo cual son considerados adecuados para poder llevar a cabo una descripción varietal en México.

**Palabras clave:** Avena, Descriptores, Características, Componente Principales

# VARIETAL DESCRIPTORS OF OAT (*Avena* sp.) CULTIVATED IN MEXICO

Jesús Inocente Jiménez Valle, M. C.  
Colegio de Postgraduados, 2009

## Summary

Studies on oat varietal descriptors are scarce in Mexico. Hence the importance of this study to evaluate the descriptors and see which are applicable with no change, what can be considered and which could be discarded, that because they are strongly influenced by the environment. The aim of this study was to characterize the varieties of *Avena sativa* grown in Mexico, using specific varietal descriptors. This will be used 24 descriptive characteristics of SNICS to characterize the varieties of oats, as well as the 8 proposed in this paper. They settled in the towns of Celaya, Guanajuato, in the autumn-winter cycle in 2006-2007. Texcoco, Méx and in 2006-2007 spring-summer cycle. We conducted a data transformation to arcsine to make a principal component analysis and cluster analysis. Of the variables assessed must be the descriptor 6, 13, 20, 22 and 23 which showed no changes in the environment and are therefore considered suitable to carry out a varietal description in Mexico.

**Keywords:** Oat, Descriptors, Characteristics, Principal Component.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por otorgarme la oportunidad de vivir y ver su creación así como llevar a cabo, cada una de las metas logradas, y que no será la última.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico para realizar mi programa de estudios de Maestro en Ciencias.

Al Colegio de Posgraduados por brindarme la formación profesional, en sus instalaciones, principalmente al área de Producción de Semillas.

A la Dra. Alejandrina Robledo Paz, por fungir como asesora, por apoyarme a realizar la presente investigación así como las observaciones hecha en la misma.

Al Dr. Héctor Eduardo Villaseñor Mir, por otorgarme el tiempo y estar presente, cuando requerí de su consejo, orientación y por compartir sus conocimientos.

Al Dr. Eduardo Espitia Rangel, el cual deposito su confianza en mí para la realización del presente trabajo y por contar con su gran ayuda en cada una de las etapas de la investigación siendo muy importante su visión para llevarlo a cabo.

Al M. C. Josafhat Salinas Ruiz, por sus comentarios y apoyo estadístico que permitió darle relevancia a los datos obtenidos en esta investigación.

A la Dra. Hilda V. Silva, por apoyarme, asesorarme, creer en mí y por brindarme su amistad.

Al INIFAP por darme las facilidades de poder realizar mi investigación en sus instalaciones, y la oportunidad de trabajar con la colecta nacional de avena.

Al Sr Carlos Márquez, por otorgarme, parte de su tiempo y por apoyarme en las fases de campo y de igual manera al personal del programa de trigo (Gigo, Farías, Sandi,) por haberme ofrecido en todo momento su ayuda y apoyo, para llevar los experimentos en campo.

## DEDICATORIAS

A Dios por darme la oportunidad ver lo maravilloso que es la vida, y por estar rodeado de personas que me aprecian.

A mis Padres por darme su apoyo en cada etapa de mi formación en especial a mi madre Rosa Aurora Valle Pérez, la cual siempre ha estado presente, en cada uno de mis logros y por darme siempre el voto de confianza para sobre llevar las adversidades. A mi padre Ricardo Jiménez Sánchez porque aunque él no esté físicamente ya conmigo, siempre está presente con sus consejos y comentarios realizados durante mi formación.

Doy gracias por la oportunidad de tener a mis bebés, Anany Estefanía, Uziel Kaaly, Ismael Gabriel y Menelik Guadalupe, que aunque he estado lejos de ellos siempre me han dado su amor y confianza mas en aquellos momentos difíciles de la vida.

A mi esposa Gricelda Delgadillo Mendoza, por formar parte de mi familia y darme la felicidad siendo así mi complemento en la vida, por ello y muchas otras cosas gracias amor mío, que esto es el principio de algo muy hermoso.

A mi hermana Ing. Elvira Gpe., que tanto en la licenciatura como en la maestría siempre he contado con su apoyo incondicional, que tanto en las buenas como en las malas ha estado presente y a mis sobrinos (Zadkiel Esteban, Rosalía). A mi hermano Francisco al igual que a mis sobrinos; (Krisna Samara, Francisco y Jesús Rafael), así como su esposa.

A mis abuelas Guadalupe Valle y María Pérez, que son parte de lo que soy y que siempre estuve presente en ellas y que éste es un humilde tributo a todo lo que ellas me dieron.

A la Lic. Carmen Padilla, por ser una persona optimista, por sus consejos y apoyo, en verdad muchas gracias por ser una gran amiga, por hacerme partícipe de tu alegría.

A mi comadre Sra. Lidia de los Ángeles Vela Torres, por darme su amistad y apoyo en estos meses de ausencia, por ser una persona incondicional, muchas gracias.

Sin olvidar a la Sra. Dalila mi comadre Lucia Miranda, , a mis amigos Fernando, José Agapito, Ruper, a mi compa Zambrano y José Luis. A mis paisanos de Chapingo (Asociación de Tabasqueños), que me apoyaron cuando llegue a realizar la maestría y en especial a mi paisa Andrés Jiménez por su apoyo.

## CONTENIDO

	Página
RESUMEN GENERAL.....	i
GENERAL SUMMARY.....	ii
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Hipótesis.....	2
1.4 Descriptores.....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
2.1 Aspectos generales sobre la avena.....	4
2.1.1 Taxonomía.....	4
2.2 Origen.....	10
2.3 Caracteres vegetativos.....	11
2.4 Fenología.....	14
2.5 Características útiles en la descripción.....	16
2.5.1 Características del vástago.....	18
2.5.2 Inflorescencia.....	21
2.5.3 Caracteres de la panícula.....	21
2.5.4 Flor.....	23
2.5.5 Espiguillas.....	23
2.5.6 Semillas.....	25
2.6 Descriptores varietales.....	26
2.7 El mejoramiento genético de avena en México.....	
2.8 Variables en estudio.....	34
2.9 Análisis de datos en la descripción varietal.....	37

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Información de los diez principales países productores de avena.....	<b>10</b>
<b>Cuadro 2.</b> Etapas de crecimiento de la avena e intervalos de tiempos aproximados en cada una de ellas.....	<b>16</b>
<b>Cuadro 3.</b> Descriptores utilizados por el SNICS .....	<b>35</b>
<b>Cuadro 4.</b> Descriptores adicionales a los establecidos por el SNICS .....	<b>37</b>
<b>Cuadro 5.</b> Materiales evaluados en 2006-2007 en dos localidades.....	<b>40</b>
<b>Cuadro 6.</b> Calificaciones de los descriptores tomados en Roque, Gto, Chapingo, Méx, en variedades de avena.....	<b>43</b>
<b>Cuadro 7.</b> Vectores propios (eigenvalores) de los componentes principales, derivados de 24 variables (para la caracterización) de 28 variedades de avena.....	<b>60</b>
<b>Cuadro 8.</b> Vectores propios (eigenvalores) de los componentes principales, derivados de 8 variables (para la caracterización) de 28 variedades de avena. ....	<b>64</b>
<b>Cuadro 9.</b> Vectores propios (eigenvalores) de los componentes principales, derivados de 32 variables <sup>ii</sup> (para la caracterización) de 28 variedades de avena.....	<b>67</b>



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estructura de la espiguilla .....	<b>24</b>
<b>Figura 2.</b> Dispersión de las variedades con base en los dos primeros componentes para 24 variables propuestas por el SNICS.....	<b>59</b>
<b>Figura 3.</b> Dendograma del análisis clúster con variables del SNICS para evaluar 28 variedades de avena.....	<b>62</b>
<b>Figura 4.</b> Dispersión de las variedades con base en los dos primeros componentes para ocho variables propuestas.....	<b>63</b>
<b>Figura 5.</b> Dendograma del análisis clúster con ocho variables propuestas para evaluar 28 variedades de avena.....	<b>64</b>
<b>Figura 6.</b> Dispersión de las variedades con base en los dos primeros componentes para 32 variables propuestas.....	<b>66</b>
<b>Figura 7.</b> Dendograma del análisis clúster con 32 variables propuestas para evaluar 28 variedades de avena.....	<b>69</b>

## I. INTRODUCCIÓN

El término cereales se deriva de “cerealía numera”, las ofrendas a CERES, la diosa de la Agricultura y se usa comúnmente para referirse a grupos de plantas herbáceas cultivadas que producen grano rico en almidón. Estos ocupan el lugar más destacado en la agricultura mundial debido a sus características específicas, como el grano manufacturado (González-Rojo, 2008).

Después del descubrimiento del fuego, comenzó la agricultura y ello significó el asentamiento del hombre. Los primeros cultivos conocidos desde la antigüedad, fueron: trigo, cebada, “avena”, col, higos, habas, lentejas, mijo y vid. Los griegos comenzaron a llamarla “aveo” que significa “deseo”. Se sabe que porciones a base de avena verde eran recomendadas para aligerar las afectaciones del sistema nervioso central (IVU, 2006).

A lo largo de la historia los cereales han sido el sustento alimenticio de civilizaciones legendarias. Tanto en América, Europa, Asia y África existió algún cereal como: maíz, trigo, cebada, avena, centeno, arroz y mijo, por mencionar algunos ejemplos.

Los cereales forman un amplio grupo de plantas de consumo para el hombre que son botánicamente uniformes y todas ellas utilizadas de forma similar.

Se cree que la avena tiene su origen en Europa Occidental y se piensa que era una mala hierba de la cebada y que por ello se extendió junto con ésta. En la actualidad se cultiva en muchas partes del mundo incluyendo el Norte y Oeste de Europa, los países de la antigua Unión Soviética, Norteamérica, Canadá, Australia y China (Unión Vegetariana Internacional, IVU, 2006).

Para conseguir un manejo agronómico adecuado de las plantas de avena, es necesario conocer sus características botánicas y morfológicas (González-Rojo, 2008).

## **1.1 Objetivo general.**

Caracterizar las variedades de *Avena sativa* cultivadas en México, mediante el uso de descriptores varietales específicos.

### **1.2.1 Objetivo específicos.**

Determinar los descriptores más importantes de cada genotipo, que posibiliten su identificación y que permitan diferenciar la colección nacional del INIFAP.

Identificar descriptores adicionales que faciliten la diferenciación de variedades de avena en México.

Caracterizar la colección Nacional de variedades de avena en México y determinar su parentesco.

## **1.3 Hipótesis.**

Una sola característica permitirá diferenciar a las variedades de avena de tal forma que con ello se cumple la condición de ser diferentes.

La definición de descriptores morfológicos permitirá diferenciar las variedades de avena que se cultivan en México.

#### **1.4 Descriptores.**

La descripción varietal es esencial, ya que su buena definición permitirá establecer mejor las diferencias entre las variedades. Por tanto, se debe conocer el fenotipo para tratar de diferenciar las variaciones debidas a los efectos genéticos de aquellas que ocurren por efectos ambientales (Coffman, 1977).

Muñoz (1983), indica que se entiende como designación varietal al conjunto de observaciones que permiten distinguir y caracterizar a una población de plantas que constituyen una variedad. La descripción varietal es un resumen de las características generales de la variedad, la cual es necesaria para efectuar depuraciones en diferentes fases de crecimiento (George, en 1977 citado por Rivas, 1988).

La descripción varietal se hace en el fenotipo de la planta de una variedad, la cual va a depender del potencial genético de cada una de las expresiones con los efectos ambientales que se encuentren presentes. González (2008) menciona que los caracteres cualitativos son menos influenciados por el ambiente y se pueden identificar fácilmente.

Por otro lado, la descripción de variedades es básica para el trabajo de botánicos agrícolas, laboratorios de análisis de semillas, autoridades de certificación y personal involucrado en la operación y regulación del mercado de semillas (Cooke *et al.*, 1986).

Rivas (1988) indica que es importante tomar en cuenta todas las características fisiológicas y morfológicas de la planta para identificar las diferencias entre las variedades.

La importancia de la identificación queda de manifiesto por la mayor diversidad y similitud que se establece entre especies, considerándose la variación debido a los diferentes estados de desarrollo (Jensen en 1979 citado por Martínez, 1990).

Los caracteres varietales deben contribuir a satisfacer tres funciones específicas. De acuerdo con la definición que da la Asociación de Agencias Oficiales de Semillas (OASCA), la variedad es una “subdivisión de una clase que es **diferente, uniforme y estable**; **diferente**: se puede identificar por una o más características morfológicas, físicas o de otro tipo que la distinguen de las otras variedades conocidas y que definen su identidad; **uniforme**: en el sentido de que se puede describir la variación de las características esenciales y típicas; **estable**: por cuanto la variedad permaneciera sin cambios y ofreciera un grado razonable de confiabilidad en sus características esenciales y típicas, y en su uniformidad cuando la variedad es producida o reconstruida según lo exigen sus diferentes categorías” (AOSCA citado por Poey, 1982).

Poey (1982) menciona que para cada especie y aún para cada variedad, difieren los caracteres varietales que pueden determinar la identidad, la uniformidad y la estabilidad; lo importante es que la descripción registrada sea útil para definir, en cada caso, estas funciones. La presencia de arista o la resistencia a una enfermedad sirven para definir la condición de **diferente**; otro carácter, como la altura de la planta y la fecha de floración describe la **uniformidad**; otros como el color de la flor o el color del grano determinan la **estabilidad**.

Douglas (1991) menciona que las variedades deben tener además de altos rendimientos, características uniformes y un comportamiento consistente y predecible, que permita identificarla y facilitar su multiplicación. Por tal razón al evaluar una variedad nueva, el primer paso es establecer su identidad y paralelamente, conducir los experimentos para determinar su rendimiento. Se debe observar y describir los caracteres morfológicos y fisiológicos, dando una mayor atención a los rasgos que la distinguen de las variedades ya existentes (Sneep y Hendriksen en 1979, citados por Vera, 1998).

La utilidad de una descripción varietal va a estar en función de la precisión que requieran los usuarios. Para los estudios genéticos y evolutivos que se realizan principalmente en los bancos de germoplasma, se precisan datos tomados de caracteres botánicos (CATIE, 1979).

Los programas de mejoramiento pretenden establecer conceptos básicos relacionados con la manifestación fenotípica de los caracteres varietales que definen una variedad, así como con la interpretación funcional que debe asignarseles en cada caso. La descripción varietal se hace observando el fenotipo de las plantas de una variedad. Este depende del potencial genético (genotipo) de la planta y de su expresión en relación a los efectos ambientales presentes. Por lo tanto, se debe estudiar el fenotipo para tratar de distinguir las variaciones debidas a los efectos genéticos de aquellas que ocurren por efectos ambientales (CATIE, 1979).

Los caracteres morfológicos que son relevantes en la utilización de los cultivares, pueden ser cualitativos o cuantitativos, e incluyen algunos botánicos-taxonómicos y otros que no necesariamente identifican a la especie, pero que son importantes desde el punto de vista agronómico, de mejoramiento genético y de mercado (Franco-Hidalgo, 2003).

La pureza varietal no indica necesariamente homocigosis o uniformidad total entre las plantas; lo que en realidad quiere decir es que la semilla multiplicada reproducirá fielmente el fenotipo característico de la variedad (Poey, 1982).

La utilización eficiente de germoplasma requiere una caracterización y posteriormente evaluación del mismo. Esto suele desarrollarse en dos pasos consecutivos: evaluación preliminar en la cual se reduce el estudio a un número limitado de caracteres, seguida de una evaluación más específica del material vegetal más prometedor.

Los caracteres morfológicos son utilizados para las descripciones taxonómicas formales de grandes colecciones, así como para estudios de patrones geográficos para determinar la variación de genes en los bancos de genes (Yang *et al.*, 1991).

Un descriptor es una característica cuya expresión es fácil de medir, registrar o evaluar, y que hace referencia a la forma, estructura o comportamiento. Los descriptores son aplicados en la caracterización y evaluación de accesiones debido a que ayudan a su diferenciación (Franco-Hidalgo, 2003).

El uso de la identificación taxonómica y caracterización morfológica entre variedades o bien de una colección de accesiones pueden identificar copias de un mismo genotipo (Franco-Hidalgo, 2003).

Así mismo, una descripción varietal puede contribuir a solucionar los conflictos que pueden surgir en los campos de producción de semillas y en el registro y comercialización de variedades (Poey, 1982).

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos generales sobre la avena.

#### 2.1.1 Taxonomía.

La avena fue introducida a México después de la conquista de los españoles, teniendo como problema principal la poca variabilidad genética en el país, la cual ha sido una delimitante importante para su mejoramiento genético. Su principal uso fue alimentar a los animales, cuya dieta era completada con maíz y teocintle. La avena introducida fue una mezcla de especies de *Avena sativa* y *A. bizantina* (Jiménez, 1993).

El cultivo de la avena destaca en México como una fuente importante de alimento para el ganado; como forraje verde, o henificado y en la elaboración de alimentos balanceados. Su intervalo de adaptación es amplio, ya que se produce en forma satisfactoria desde las partes altas, frías y lluviosas hasta ambientes semiáridos. En los últimos años se ha utilizado como emergente cuando los cultivos tradicionales como el maíz, frijol, trigo o cebada, se siniestran por sequía o bajas temperaturas en el verano, lo que ha propiciado que su área sembrada se incremente aproximadamente de 400 mil a 800 mil hectáreas en el período 1996 al 2007 (SIAP, 2008).

La clasificación, basada sobre todo en rasgos morfológicos es la base fundamental para la investigación, la preservación y el uso botánico de las colecciones globales de los recursos genéticos de las plantas.

La historia de la sistemática, con enfoque a la descripción comenzó aproximadamente hace trescientos años, siendo Linnaeus el primero en realizar una descripción sobre avena y dividirla en cuatro especies; pero fue en el siglo XIX cuando tomó mayor fuerza y en el cual se realizaron numerosas publicaciones dedicadas a la sistemática, siendo los autores más relevantes Biebrstein, Grisebach, Koch, Cosson y Duriede Maisonnueve (Loskutov, 1998).



La clasificación de Cosson y de Duriede Maisonnueve ha sido considerada la más detallada de su época. Los exámenes sistemáticos fueron basados en los rasgos tales como la forma de la panícula, el carácter del raquis y la pubescencia de la lema, así como el carácter de la desarticulación de los floretes de la espiguilla. Las clasificaciones naturales o filogenéticas que contornearon los grupos de especies relacionadas y las especies cultivadas derivadas de especies silvestres fueron desarrolladas más adelante por Jessen, Haussknecht, Trabut y Thellung (Loskutov, 1998).

Cada subespecie tiene áreas determinadas y éstas son diferenciadas por un número de caracteres morfológicos determinados. El desarrollo adicional de una clasificación natural para el género *Avena sp.*, fue el resultado de exploraciones de Vavilov en los años 1919, 1926 y 1927, y de las realizadas por Nevsky en 1934 y de Mordvinkina en 1936, para lo cual estos investigadores utilizaron características morfológicas y los datos inmunológicos de las plantas para las especies y los datos genéticos y citológicos para los taxa subespecíficos. A mediados del siglo XX, se establecieron varias clasificaciones de la avena L. las cuales fueron desarrolladas por Sampson en el año 1954, Stanton en 1955; y Mansfeld en 1958 y Coffman en 1961 que fue el que realizó el último trabajo en relación a la descripción morfológica (Loskutov, 1998).

Los sistemas taxonómicos intraespecíficos de la *Avena sp.*, que existen actualmente y que son ampliamente utilizados, son los de Mordvinkina en 1936, a los cuales Rodionova y otros, le hicieron modificaciones. Estos sistemas se basan en los principios y los acercamientos desarrollados por Alefeld, Koernike y otros taxonomistas que estudiaron el polimorfismo intraespecíficos de *Avena sp.* Los taxa intraespecíficos se han reconocido para cuatro especies cultivadas de la avena: *A. sativa* L., *A. byzantina* Koch, *A. abyssinica* Hochst y *A. strigosa* Schreb. Esta clasificación se basó en caracteres morfológicos claramente perceptibles, tales como forma de la panícula, color y pubescencia de la lema, longitud de glumas, barbado (arista),

carácter de la desarticulación de floretes en una espiguilla, y carácter de la cariósida (desnudo o cubierto) (Loskutov, 1998).

Actualmente existen pocas descripciones de los patrones de la clasificación intraespecíficas en avena. El primero que consideró como tal el sistema de la *Avena sp.*, era el de Alefeld, que en 1866 describió 15 variedades botánicas de las especies cultivadas *A. sativa* L; algunas de ellas fueron utilizadas por otros autores como unidades taxonómicas más pequeñas, como Seringe en 1819, Krause en 1837 y Metzger en 1824. Muchos de estos taxa fueron incluidos más adelante en otras clasificaciones como variedades botánicas. El sistema intraespecífico más comprensivo fue desarrollado por Koernike (1885) y adoptado en Rusia por otros (Flyaksberger en 1908; Flyaksberger en 1939; citados por Loskutov, 1998).

Loskutov (1999) indica que Haussknecht en 1885, estableció que la especie cultivada hexaploide se había originado no a partir de una, sino por lo menos a partir de tres o varias especies silvestres. Las opiniones similares sobre el origen polifilético de la avena fueron compartidas por otros investigadores como Thellung, Trabut, y Zade.

La avena ha sido un cultivo importante en los climas fríos del hemisferio norte; sin embargo, en los últimos años se ha ido reduciendo paulatinamente la producción, de 47 millones de toneladas en 1975 a 24.6 millones de toneladas en 2005 (FAO, 2007). En el Cuadro 1, se muestran los países con mayor producción a nivel mundial.

Cuadro 1. Los diez principales países productores de avena durante 2005  
(millones de toneladas métricas)

<b>Rusia</b>	5.1
<b>Canadá</b>	3.3
<b>Estados Unidos</b>	1.7
<b>Polonia</b>	1.3
<b>Finlandia</b>	1.2
<b>Australia</b>	1.1
<b>Alemania</b>	1.0
<b>Bielorrusia</b>	0.8
<b>China</b>	0.8
<b>Ucrania</b>	0.8
<b>Total mundial</b>	24.6

Fuente: [FAO](#) 2007

## 2.2. Origen.

Desde que la avena se utilizó como cultivo alimenticio hace aproximadamente 4,000 años, se efectuó una selección de los genotipos más sobresalientes, aunque esto fue en forma empírica y no se emplearon métodos formales de mejoramiento, sino hasta el siglo pasado en que se obtuvieron algunas mejoras por métodos más precisos (Márquez, 1990).

Se tienen registros de que la *Avena strigosa* se identificó originalmente en Egipto (Coffman, 1961), la cual es conocida como avena portuguesa o brasileña, (Phoehlman, 1971). La única variedad que existía en América fue la Saia, y fue sustituida por la *A. sativa* y *A. fatua* (Jiménez, 1979).

Candolle (citado por Díaz, 1953), indica que la avena es originaria de Europa Oriental, asegurando que la cuna de este cereal es Galitzia al norte de Cárpatos en la zona del mediterráneo; aunque en estas zonas se encontraron mezclas con cultivos como el trigo y cebada considerándose como mala hierba (Brown, 1980).

Desde el punto de vista práctico, el valor principal de este sistema taxonómico natural de la *Avena* L., era la relación constante establecida entre las formas cultivadas y silvestres dentro de este género, ya que se reconoce a grupos diploides y tetraploides como especie (Loskutov, 2001).

Si bien en épocas tempranas la avena no tuvo la importancia como la del trigo o la cebada, en Asia Central se cultivaba en extensas áreas. En búsquedas arqueológicas se encontraron pruebas de su uso en Europa Central en la Edad de Bronce. También fueron encontrados granos de este cereal en excavaciones egipcias, aunque no se pudo probar que fuera cultivada (Archilla y Hernández, 2002).

Vavilov cita a los siguientes centros de origen para la avena (Archilla y Hernández, 2002).

- China: *Avena nuda* (avena desnuda)
- Región del cercano oriente: *Avena bizantina* (avena roja)
- Región del mediterráneo: *Avena strigosa* (avena cubierta)
- Asia menor: *Avena sativa* (avena cultivada)

La avena fue la base de la alimentación de pueblos reconocidos por su vigorosidad como los hunos, el pueblo de Atila, los irlandeses y los escoceses, célebres por su fuerza física. La medicina de los antiguos chinos conocía y utilizaba ya el efecto estimulante de la avena. Más reciente en la obra de Kneipp, famoso investigador y curandero "*natural*", proclamaba a la avena como la mejor sustancia alimenticia que la naturaleza nos haya dado (Alimentos saludable, 2007).

### **2.3 Caracteres vegetativos.**

Históricamente los estudios de caracterización genética han estado relacionados con caracteres de importancia biosistemática, con un fuerte control genético, por uno o pocos genes y reducida influencia ambiental, por lo que los datos o resultados caen regularmente en clases discretas (Santacruz, 2006).

Una clasificación terminantemente botánica de la especie y de las variedades se debe basar necesariamente sobre la diversidad de los caracteres. Algunos de estos caracteres, tales como las raíces, que varían y no se pueden observar, son de poco o de ningún valor en especial para los propósitos de la clasificación. En la planta de avena, en su totalidad, son relativamente pocos los caracteres que muestran una marcada variación. Los caracteres minuciosos y numerosos son más o menos constantes, pero tales caracteres no son en conjunto satisfactorios para el uso en la identificación porque son discretos o difíciles de describir (Coffman, 1961).

Se conocen varios caracteres de interés agronómico para la identificación de variedades agrícolas de interés cualitativo o fisiológico de la planta de avena. Se sabe que en la identificación, dos variedades pueden ser similares o idénticas morfológicamente, sin embargo se pueden diferenciar extensamente por sus manifestaciones fisiológicas y patológicas, particularmente con respecto a la respuesta ambiental y a la respuesta a las enfermedades (Coffman, 1961).

La avena cultivada es un cereal que pertenece a la familia de las *Gramíneas*; de la tribu: *Aveneae*; género: *Avena*, el cual comprende dos especies cultivadas: la avena común (*Avena sativa* L.) y la avena roja (*Avena byzantina* L.). La avena común se adapta mejor a condiciones templadas. La avena roja es más resistente al calor, cultivándose en las regiones de África y América (Márquez, 1990).

En la clasificación de la avena, las separaciones importantes se hacen en el tipo de panícula, el color de la lema ya madura (grano), la época de la madurez, el hábito del crecimiento (juvenil) temprano y la altura de la planta (Coffman, 1961).

Las características comprendidas en hábito juvenil de crecimiento y el ciclo vegetativo, son características regularmente estables a pesar de la influencia del medio; en relación al macollo y la altura, éstas son inestables debido a que son influenciados por el ambiente.

De acuerdo al hábito juvenil de crecimiento se establecen las siguientes escalas:

- **Rastrero:** el follaje se extiende a los lados sobre el suelo, de tal manera que las hojas se encuentran en una inclinación de 15-20°.
- **Semirastrero:** las hojas presentan un desarrollo con un ángulo de 45°.
- **Semierecto:** en este caso las hojas de las plantas en la primera etapa (25-29 días) presentan una inclinación de 70°.
- **Erecto:** este presenta el follaje recto de tal manera que es visible la diferencia entre los hábitos antes mencionados, ya que sus hojas presentan entre 80-90°.

Casi todos los que han clasificado avena utilizaron este carácter, pero se tiene algo de duda en cuanto al valor de la época de maduración más allá de ciertos límites de un ambiente particular. Coffman (1961) utiliza los términos (1) muy tempranos, (2) tempranos, (3) de temporada, (4) tardíos y (5) muy tardíos. La mayoría de la avena cae dentro de los límites de los tres grupos medios. La fecha de siembra influencia marcadamente que se exprese un descriptor, la época de la madurez, y en comparación con una siembra tardía no es favorable y no se puede distinguir las diferencias en las variedades (Coffman, 1961).

La mayoría de la avena cae dentro de los límites de los tres grupos medios. La fecha de siembra influencia marcadamente que se exprese un descriptor; cuando la siembra es tardía y ya no es favorable, no es posible distinguir las diferencias en la variedad (Coffman, 1961).

La avena que se utiliza para la identificación o clasificación, debe ser sembrada siempre en la fecha óptima para el área determinada; de lo contrario, se podría modificar una descripción verdadera de la variedad (Coffman, 1961).

Los descriptores utilizados en una caracterización permiten una discriminación fácil y rápida entre fenotipos. Generalmente, son caracteres altamente heredables, pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes. Además, pueden incluir un número limitado de caracteres adicionales que son deseables según el consenso de los usuarios de un cultivo en particular (IBPGR, 1985).

La caracterización fenotípica es útil para estructurar la amplia gama de diversidad, porque las expresiones de carácter único y combinaciones de expresiones de carácter pueden utilizarse para definir ciertos grupos fenotípicos dentro de la especie (Loskutov, 2001).

#### **2.4. Fenología de la planta de avena.**

A partir del estado de segunda hoja, comienza el crecimiento de macollos desde yemas ubicadas en los subnodos del eje principal. Los macollos corresponden a brotes laterales y su desarrollo sigue el mismo modelo del tallo principal; así, un macollo va emitiendo hojas y produciendo raíces adventicias durante su desarrollo vegetativo. Las plantas pueden llegar a producir entre tres y cuatro macollos, siendo común que uno o dos de los macollos de formación más tardía no logren aportar al rendimiento (Bonnett, 1961).

La planta, además de producir en promedio tres entrenudos subterráneos que no se elongan, produce seis a siete entrenudos aéreos que sí lo hacen; el nudo apical del primer entrenudo que se elongan es el que porta la panícula, siendo ese mismo nudo el que se detecta subterráneamente al comenzar la etapa de encañado (Coffman, 1961).

Luego de iniciada la etapa de encañado, las raíces principales y los entrenudos de la parte aérea se van desarrollando en forma relativamente rápida; estos entrenudos, que varían en longitud y diámetro, presentan nudos prominentes, los cuales alcanzan un número promedio de seis en los cultivares más precoces y de siete en los cultivares más tardíos (Bonnett en 1961, citado por Falguebaum -Mouat, 2006).

Mientras más alta es la posición de los entrenudos en la planta, mayor es la longitud que ellos alcanzan. En este sentido, el entrenudo superior, que corresponde al pedúnculo, presenta una gran elongación, dicho entrenudo puede llegar a representar entre 40 y 55% de la altura total alcanzada por la planta (Bonnett, 1961).

Al completarse el crecimiento del entrenudo aéreo basal, el entrenudo que le sigue, segundo hacia arriba, ha completado la mitad del crecimiento; el tercero, en tanto, está comenzando a crecer (Aitken, 1977).

La diferenciación de la panícula ocurre simultáneamente con el inicio de la elongación de los entrenudos; el mayor incremento en el tamaño de la panícula, se produce durante el proceso de elongación del pedúnculo (Aitken, 1977).

Las etapas de crecimiento y desarrollo, sin importar la variedad, localización o estación del año, son a menudo identificadas por el número de hojas desarrolladas. Las etapas de desarrollo se basan en un sistema común usado para todos los cereales de grano pequeño, el cual se le asignan números del cero al nueve (Cuadro 2). Algunas etapas pueden ser subdivididas (Reeves y Sraon, 1976).

El crecimiento de una planta se considera desde la germinación de la semilla hasta la madurez del grano. El tiempo requerido para cada etapa es una guía general, porque la variedad y el ambiente en el cual está creciendo la planta, influirán para cada etapa en un momento específico. La época para cualquier etapa dada, se puede acortar o aumentar dependiendo de factores



tales como excesos o deficiencias de fertilidad y humedad (Reeves y Sraon, 1976).

Las etapas fenológicas denotan las diferentes fases del desarrollo en que se enmarca la producción y distribución de materia seca, así como rendimiento de grano. La duración de éstas se relaciona principalmente con temperatura, fotoperiodo y en ocasiones vernalización (Espitia y Villaseñor, 2000).

Cuadro 2. Etapas de crecimiento de la avena e intervalos de tiempos aproximados en cada una.

Etapa de desarrollo	Días aproximados después de la emergencia	Características identificadas
0	Primera etapa visible	<b>Germinación:</b> hinchamiento de la semilla y germinación a través de la superficie del suelo.
1	1	<b>Desarrollo de la plántula:</b> salida para llegar a ser visible.
2	5	<b>Amacollamiento:</b> iniciación y desarrollo de nuevos brotes.
3	37	<b>Elongación del tallo:</b> los nudos son visibles encima del suelo.
4	48	<b>Embuche:</b> la panícula se ubica en una vaina de la hoja bandera.
5	56	<b>Panícula:</b> existe un extendimiento de la hoja bandera.
6	60	<b>Floración:</b> el polen es diseminado y existe un desarrollo de semilla.
7	68	<b>Grano lechoso:</b> llenado del grano, desarrollando un líquido lechoso.
8	74	<b>Grano masoso:</b> los granos alcanzan a ser firmes.
9	80	<b>Madurez fisiológica:</b> los granos están completamente desarrollados.

Fuente: (Reeves y Sraon, 1976).

## 2.5. Características útiles en la descripción varietal.

Los caracteres morfológicos que describen e identifican a una especie y son comunes en todos los individuos de determinada especie, en su gran mayoría tienen una alta heredabilidad y presentan poca variabilidad, aunque en

las especies que son cultivadas presentan cierto grado de variabilidad, principalmente en aquellos que son de interés para el hombre, como son el tipo y la forma de la hoja, la forma del fruto, etc., (Franco-Hidalgo, 2003).

La expresión de la variabilidad genética puede o no manifestarse en características visibles. La variabilidad que se exprese en caracteres visibles se denomina fenotípica, y dentro de ella se encuentran las características botánicas-taxonómicas y las evolutivas como respuestas a factores bióticos y abióticos (Franco-Hidalgo, 2003).

La planta de avena posee un sistema radical potente, sus raíces son fibrosas, más abundantes y más profundas que otros cereales. La aparición de la radícula, seguida casi inmediatamente por las raíces seminales, corresponde a la primera etapa de la germinación. Estas raíces embrionarias presentan pocas ramificaciones y crecen sólo hasta que las plantas alcanzan un estado promedio de tres hojas (Aguado, 1978).

Las raíces principales son de carácter adventicio, muy ramificadas, y alcanzan un mayor crecimiento que las del trigo. Este sistema de raíces se origina inicialmente a partir del subnudo que se ubica en el punto de unión del mesocotilo con el coleoptilo, poco después el sistema comienza a expandirse desarrollándose también raíces principales desde los subnudos siguientes (Falguebaum-Mouat, 2006).

La emisión de raíces secundarias cesa al iniciarse el encañado, aunque a veces puede prolongarse a fases posteriores, cuando los órganos florales se diferencian sobre cada tallo. La capacidad de elongación y ramificación de las raíces es influenciada por las condiciones del medio tales como la humedad, temperatura y textura del suelo (López, 1991).

El desarrollo radicular, tanto de las raíces seminales como de las secundarias, es proporcional a la temperatura. El crecimiento cesa en el espigado, e incluso puede llegar a degenerar durante el período de formación de grano (López, 1991).

El coleóptilo, es la estructura que emerge inicialmente de la semilla hacia arriba, y se aproxima a la superficie del suelo a través de la elongación del mesocotilo; este último, al llegar a una distancia de 1,0 a 2,5 cm de la superficie, deja de crecer para dar paso a la elongación del coleoptilo, el cual continúa con el crecimiento de la plántula hasta lograr la emergencia. En cuanto el coleoptilo se asoma sobre el nivel del suelo, se abre para dar paso al primer par de hojas, en rápida sucesión (Falguebaum -Mouat, 2006).

El tallo es erecto y erguido, es estriado, rígido, de menor altura y diámetro que el del trigo, formado por varios entrenudos que terminan en grandes nudos. En cada uno de los entrenudos hay una hoja formada por dos partes, la vaina y el limbo. El tallo alcanza alturas de 0.6 a 1.9 m (Aguado, 1978).

El primer subnudo corresponde a la unión del escutelo con el embrión; el segundo subnudo, en tanto, corresponde al punto de unión del mesocotilo con el coleoptilo, siendo ese el lugar en que se ubica el punto de crecimiento. Posteriormente, y antes de la iniciación de la panícula, se desarrollan tres internudos que no se elongan y que permanecen en la parte subterránea; a partir de las yemas localizadas en los subnudos, se originan en definitiva los macollos. Los tallos, que son huecos a nivel de los internudos y macizos a nivel de los nudos, pueden ser gruesos, finos y flexibles (Aguado, 1978).

Cada tallo presenta en promedio seis a siete nudos aéreos, desde los cuales, a su vez, surgen hojas en forma alterna. El internudo superior, que sostiene la panícula, recibe el nombre de pedúnculo (Aguado, 1978).

### **2.5.1 Caracteres del vástago.**

- **Tamaño:** Las cañas, incluyendo el pedúnculo, de las diversas especies y variedades de avena varían de tamaño (diámetro) o tosquedad relativa. Coffman (1961) reconoció tres tamaños del vástago: (1) pequeño (fino), (2) mediano (medianamente grande) y (3) grande.

- Color: El color del vástago es muy importante en la separación de las variedades de avena roja de las de avena común. Con pocas excepciones las cañas o la paja maduras de las variedades de la avena común son amarillas, mientras que la avena roja demuestra un rojo característico al color amarillo rojizo (Stanton, 1955).
- Fuerza de la paja: La fuerza de la paja (caña) se describe como tieso (fuerte) o débil y generalmente considerada de valor solamente para la descripción general. Sin embargo, agronómicamente es un carácter más valioso (Stanton, 1955).
- Pilosidad del entrenudo: Este carácter se ha encontrado útil para distinguir entre las variedades de la avena. Hay algunas variedades en las cuales la pilosidad de los entrenudos está fuertemente marcada, especialmente en el nudo superior de la caña, el cual es utilizado como marca de la identificación confiable. Los entrenudos que se encuentran cercanos a los nudos se pueden describir como melenudos (pubescente) o glabros (no pubescentes) (Stanton, 1955).

Las dos primeras hojas son menos anchas en relación a las de la cebada, con un color verde intenso y liguladas de forma ovalada y más grandes, de nervadura paralela y en el caso de *Avena sativa* L. alcanzan hasta 2 cm de ancho, superando a las hojas de trigo y de cebada; las hojas de *Avena strigosa* son más angostas. La lígula en ambas especies es grande y ovalada, y a diferencia de lo que ocurre en los demás cereales, las hojas carecen de aurículas (Aguado, 1978).

La hoja está formada por dos partes, vaina y limbo. La vaina se inicia en el nudo inferior del entrenudo correspondiente y no abraza enteramente al tallo; en su parte superior termina en una pequeña prolongación membranosa la cual se le conoce como lígula. Ésta presenta una forma oval y de color blanquecino, su borde libre es dentado. El limbo de la hoja es estrecho y largo, de color verde más o menos oscuro, con tonos rojizos, esto se nota más al

comienzo del desarrollo de la planta, es áspero al tacto y en la base lleva numerosos pelos (Aguado, 1978).

Stanton (1955) consideraba que las piezas principales de la hoja como la lámina, la envoltura y la lígula, eran caracteres de importancia menor para la clasificación de la avena, a excepción de la ausencia de la lígula en algunas variedades de avena lateral (*A. sativa* del oriente).

- Lámina: Se describe generalmente como estrecho, medio ancho, o de par en par. Aunque estos términos son relativos y no demasiado confiables, ya que son influenciados por el ambiente (Coffman, 1961).
- Envolturas: La envoltura, o la parte más inferior de la hoja, que incluye el vástago, no producen ningún carácter satisfactorio para el uso en la clasificación. Marquand en 1922 (citado por Coffman, 1961) indicó que este carácter es genético y no de suficiente constancia para ser considerado de valor especial para la clasificación de la avena. Coffman (1961) encontró que este carácter no es confiable ni suficiente para autorizar su uso extenso para la identificación de variedades. Por lo tanto, los términos “glabros” (no melenudo) y “melenudos” (pubescente) se han utilizado solamente para los propósitos de descripción.
- Lígulas: Casi todas las variedades de la avena no tienen lígulas pero algunas presentan aurículas o garra, estructuras semejantes curvadas alrededor de la caña que se encuentran en trigo y cebada. La avena es comúnmente distinguida de estos granos en la etapa de reproducción por la ausencia de aurículas. La ausencia de la lígula en algunas variedades que pertenecen a la avena lateral (*A. sativa* del oriente) es un carácter confiable para clasificar estas variedades. (Stanton, 1955).

### **2.5.2 Inflorescencia.**

Esta es una panícula o panoja abierta, suelta y de tipo compuesta la cual presenta un eje principal o raquis central frágil, y ejes o raquis secundarios que corresponden a ramas provenientes del eje principal, el cual presenta ramas laterales, cada uno de los cuales se ramifica a la vez en la misma forma, y en el extremo de estas ramificaciones van las espiguillas. Los ejes secundarios son largos, finos, sencillos o compuestos y sostienen en cada uno un pequeño número de espiguillas, que llevan de dos a cuatro flores, de las cuales sólo dos son fértiles (Aguado, 1978).

Los ejes o raquis secundarios, por su parte, son largos y delgados, pueden tener una disposición unilateral, o sea, todos a un solo lado del eje principal, o equilátera; en este último caso, que es el más común, los ejes secundarios aparecen distribuidos en un número similar a cada lado del eje principal de la panícula (Bonnett, 1961).

### **2.5.3 Caracteres de la Panícula.**

Posición de la panícula: son alargadas y nos sirven para separar especie o subespecie, de otros grupos varietales de avena. La forma general de la panícula, o la inflorescencia, es similar en todas las especies de avena, pero dentro de la *A. sativa*, las variedades cultivadas de avena, tienen dos formas distintas que han sido reconocidas por todos los que han descrito variedades de avena (Lewis, 1951).

Estas dos formas son (1) equiláteras (ramificadas) y (2) unilaterales (ladeadas). La forma general de la panícula, especialmente en la avena, es áspera y de forma piramidal. Las ramas pueden ser cortas, y este carácter determina en parte el tamaño y la rigidez de la panícula (INSPV, 1976).

Las variedades con panículas equiláteras pueden ser divididas en tres grupos en relación al tamaño de su panícula y disposición de sus ramificaciones y son: las panículas pequeñas con ramificaciones cortas y tíasas

es fácilmente distinguida en campo, las de tamaño mediano es menos usual y tiene pequeñas ramas en posición ascendente y la panícula larga, la cual presenta las ramas largas pendulosas y colgantes (INSPV, 1976).

En la panícula unilateral las ramas y las espiguillas dan vuelta a un lado del raquis y, en la mayoría de las variedades, se extienden con mayor frecuencia hacia arriba, el cual ha conducido al uso de los términos descriptivos (Lewis, 1951).

Etheridge en 1916 (citado por Loskutov, 2001) fue el primer investigador que acentuó el valor de ciertas diferencias en el origen del espiral más bajo de ramas en el raquis para la clasificación de ciertas variedades de avena. Particularmente, en el grupo con las panículas laterales, este espiral más bajo se presenta con frecuencia en una curva articulada, en el raquis y abajo del nudo del raquis, al igual que en la mayoría de las variedades comunes. Marquand en 1922 (citado por Lewis, 1951) describió este carácter como un nudo falso y también lo designo para agrupar las variedades en estudio.

Tamaño: Las panículas de la avena se clasifican generalmente en tres tamaños: pequeño, mediano (medianamente grande) y grande. Las características usadas para describir tamaño son longitud, anchura, forma y posición de ramas (Lewis, 1951).

Raquis: Los ejes o raquis secundarios son largos y delgados, pueden tener una disposición unilateral y todos poseionados a un solo lado del eje principal (equilateral); en este último caso, que es el más común, los ejes secundarios aparecen distribuidos en un número similar a cada lado del eje principal de la panícula (Falguebaum-Mouat, 2006).

La posición de la panícula, tamaño, raquis, número de espiguillas, separación de las espiguilla y gluma, son características descriptivas de gran importancia (Jiménez, 1992).

#### **2.5.4 Flor.**

Las flores se agrupan dando origen a las espiguillas. Cada una está formada por dos o más flores. En este último caso suelen abortar algunas de ellas y únicamente se obtienen dos granos por cada espiguilla (Aguado, 1978).

Las flores van dispuestas sobre un pequeño raquis o raquilla, en cuya base hay dos glumas. Las glumas son membranosas y de color variable, según las variedades, que pueden ser de color blanco, amarillo, rojizo, gris o negro, terminan en punta y tienen de tres a siete nervaduras bien marcadas y una raquilla muy poco pronunciada, son anchas y más largas que las flores (Aguado, 1978).

Las espiguillas van dispuestas en panícula, esto es, en el eje principal como racimos laterales, que son más cortas hacia la parte superior, cada uno de los cuales se ramifica a la vez en la misma forma, y en el extremo de estas ramificaciones van las espiguillas (Aguado, 1978). Cada espiguilla está formada por dos glumas y dos a cuatro antecios. Los antecios, a su vez, están constituidos por una lema o gluma inferior, una pálea o gluma superior y una flor. Las glumas, tanto superior como inferior, miden aproximadamente 2.5 cm de largo (Falguebaum -Mouat, 2006).

#### **2.5.5 Espiguillas.**

Las espiguillas, son colgantes, se producen en los ejes secundarios, presentándose unidas a éstos por medio de un pedicelo. El número de espiguillas por panícula es muy variable y depende principalmente del cultivar, pudiendo encontrarse entre 20 y 150 espiguillas por panícula. Este carácter es relativo y puede ser usado solamente con fines descriptivos ya que es fuertemente influenciada por el ambiente (Bonnett, 1961).

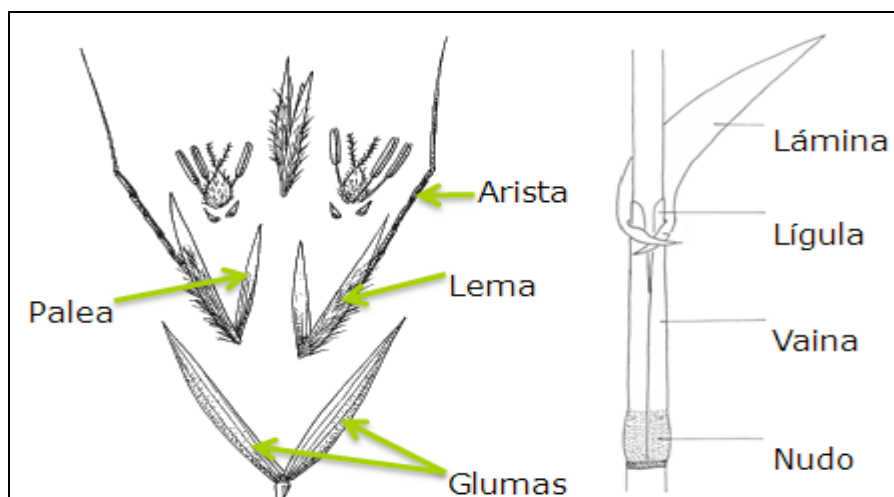
Las espiguillas de avena nacen separadamente en las ramas que salen en los nudos de los tallos de la inflorescencia, cada espiguilla está unida por un pedúnculo, estas espiguillas están protegidas por dos láminas a modo de



glumas que envuelven al grano, una espiguilla de avena puede contener 1, 2 ó 3 granos, pero para modo de identificación sólo se toman los granos primarios de las espiguillas de la parte alta de la panícula (INSP, 1976).

Las flores constan de tres estambres y un pistilo simple, el cual está formado por un ovario, un estilo y un estigma bifido de carácter plumoso. En la base del pistilo se encuentra el ovario, el cual presenta dos lodículas o glumas, (Figura 1), que se originan externamente en la parte basal del ovario y miden aproximadamente 2 cm cada una (Falguebaum - Mouat, 2006).

Figura 1. Estructura de la espiguilla.



Fuente: Las gramíneas

(<http://www.uned.ac.cr/pmd/recursos/cursos/agrostologia/files/cap%201%20prin.htm>).

Las espiguillas de los cultivares modernos producen dos granos, uno primario y uno secundario, los cuales provienen de dos antecios fértiles no aristados; en los cultivares antiguos, en cambio, se aprecian espiguillas que contienen hasta tres granos, los cuales provienen de antecios con aristas (Bonnett, 1961).

Las flores van dispuestas sobre un pequeño raquis o raquilla, en cuya base hay dos glumas. Las glumas son membranosas, de color blanco, amarillo, rojizo, gris y negro, terminan en punta y tienen de tres a seis nervios (Aguado, 1978).

La espiguilla se clasifica de acuerdo con la forma de su desarticulación y se conocen tres tipos y son los siguientes: abscisión, es cuando se observa una profunda cavidad o cicatriz por bajo de la separación, cuando es por fractura se llama fractura, y la última cuando no se tiene bien definido la desarticulación se le llama semi abscisión (Jiménez, 1992).

El color de la lema tiene una amplia gama de colores desde el negro hasta casi el blanco y la panícula puede variar considerablemente en forma. Algunas expresiones del carácter son diferentes y es importante preservar tal germoplasma. Un carácter como el color de la lema es un marcador genéticamente fenotípico y su expresión es relativamente independiente de influencias ambientales. Otros caracteres, por ejemplo, altura de planta, son influenciados fuertemente por el ambiente y para reducir efectos del ambiente es necesaria la estandarización de los datos y ciclo de siembra (Diederichsen y Williams, 2001).

La caracterización fenotípica es útil para estructurar la amplia gama de la diversidad, porque las solas expresiones de carácter y combinaciones de expresiones de carácter se pueden utilizar para definir a ciertos grupos fenotípicos dentro de la especie (Diederichsen y Williams, 2001).

#### **2.5.6 Semillas (grano).**

El color del grano, dado por la lema o cáscara es una característica taxonómica muy constante en el género *Avena* spp, sin embargo es modificado por el medio; usualmente es más oscuro que el normal en climas húmedos y cuando se alarga la cosecha, otros factores por el cual se puede modificar es en la henificación, ya que se decolora el grano. El color de grano puede ir desde crema ligero hasta café oscuro en condiciones adversas, en condiciones normales o buenas se tiene las siguientes tonalidades: blanco, crema, amarillo claro, café claro, café rojizo y negro (Jiménez, 1992).

El grano es estrecho y largo, terminando en punta, recubierto de pelos en algunas variedades y glabro en otras. El grano se encuentra envuelto por la lema y palea, los bordes de las glumas inferiores se soldán a las quillas y queda el grano encerrado entre ambas (Aguado, 1978).

Cada semilla está contenida en un fruto llamado cariósipide, el cual exteriormente presenta una estructura denominada pericarpio; éste corresponde a la fusión de las paredes del ovario y se presenta unido a la testa de la semilla. Esta última está conformada internamente por el endospermo y el embrión, el cual a su vez está constituido por la coleorriza, la radícula, la plúmula u hojas embrionarias, el coleoptilo y el escutelo o cotiledón (Bonnett, 1961).

En *A. sativa* los granos conservan la lema y la pálea después de la trilla, lo que determina que sean cubiertos. Por el contrario, en el caso de *A. nuda*, que es otra especie cultivada, la lema y la pálea se pierden, obteniéndose, por lo tanto, granos desnudos (Falguebaum-Mouat, 2006).

Una clasificación se realiza con base a la pilosidad o vellosidad la cual puede estar presente o ausente en cualquier parte de la base; éste es un valor en la identificación de las variedades de avena que se puede observar en los estadios de grano masoso a madurez (Jiménez, 1992).

## **2.6. Descriptores varietales.**

Las descripciones detalladas se convierten en una herramienta más específica, y con más opciones para poder observar en la planta. La presencia o la ausencia del número de estructuras particulares definen a la *A. sativa* como especie única e identificable. La estructura de la planta de la avena cambia continuamente a través de su ciclo reproductivo, así como al momento de la floración (Coffman, 1961).

El primer estudio sobre descriptores de variedades de avena en América fue publicado por Etheridge en 1916. El estudio morfológico en avena no es nuevo, ya que se tiene conocimiento de que fue Tournerfort en 1700 el que estableció el género avena; más tarde Linnaeus en 1853, describió cuatro especies de avena, en las cuales se tienen a la *A. esteril*, *A. fatua*, *A. sativa* y *A. nuda* (Coffman, 1977).

La caracterización fenotípica es útil para estructurar la amplia gama de diversidad, porque las expresiones de carácter único y combinaciones de expresiones de carácter pueden utilizarse para definir ciertos grupos fenotípicos dentro de la especie. El Departamento de Agricultura de Canadá considera 29 características con las cuales se pueden identificar a las variedades de avena (Baum, 1977).

CATIE (1979) define a los descriptores como características del cultivo o planta, en donde el estado del descriptor será el grado o valor del mismo. Cada aspecto que permita establecer en forma relevante una diferenciación en las variedades, dará el avance en el desarrollo de una propiedad varietal, ya que establece caracteres diferenciables que indican la distinción de una variedad de otra.

Los descriptores de caracterización permiten una discriminación fácil y rápida entre fenotipos. Generalmente son caracteres altamente heredables, fácilmente detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes. Además, pueden incluir un número limitado de caracteres adicionales que son deseables según el consenso de los usuarios de un cultivo en particular (IBPGR, 1981).

La calidad genética de la semilla depende de su identidad y pureza varietal. Cada vez es mayor el número de variedades mejoradas que se obtienen en el mundo, por lo que se ha hecho necesario que el término de semilla de alta calidad, implique los conceptos de identidad y pureza varietal (FAO, 1982).

Por ello los caracteres descriptivos pueden ser fijos o variables. Los fijos son aquellos que dependen de uno o de pocos genes que determinan una característica de distribución discreta, esto es de fácil diferenciación entre las posibles alternativas fenotípicas siendo una de ellas el color, donde se utilizan tablas o bien definiciones geométricas. Los variables son aquellos que dependen de un número mayor de genes y se manifiestan genotípicamente como una distribución continua que aparecen en ámbitos variables en la expresión fenotípica; estos caracteres descriptivos variables reciben el nombre de cuantitativos y son más afectados por el medio y se expresan en la unidad de medida usada (CIAT, 1983).

El muestreo de las plantas en las que se realiza las observaciones y mediciones debe llevarse a cabo aleatoriamente en poblaciones sembradas en condiciones y lugares típicos de la región donde se recomienda la variedad. El número de observaciones deberá ser tal que incluya varias veces la probabilidad de expresión, ya sea de una alternativa poco frecuente, pero que forma parte de la variedad si se trata de caracteres cualitativos, o bien de toda la variabilidad existente si se trata de caracteres cuantitativos (CIAT, 1983).

El efecto del ambiente se define como un conjunto de condiciones exteriores, las cuales afectan la vida y desarrollo de un organismo, siendo este medio dinámico, en donde la intensidad de los factores cambian seleccionando a individuos que genéticamente pueden permanecer y que sobresalgan, estableciéndose una relación Genotipo-Ambiente (Wilsie y Watkin, citados por Muñoz, 1983).

El CIAT (1983) menciona que las características cualitativas deben describirse según sus expresiones fenotípicas, las cuales no se pueden medir por unidades, salvo en frecuencias relativas (%). Las frecuencias de las posibles excepciones si pueden medirse y su valor deben de considerarse en la descripción varietal, primero especificando la expresión predominante del carácter, y después se obtienen en una muestra adecuada el porcentaje con la expresión predominante cuantificando así el carácter en estudio. Cuando se trata de caracteres cuantitativos que puedan ser medidos, se describen en

base a la media ( $\mu$ ) y a la variación expresada en términos de desviación estándar (S), coeficiente de variación (CV) y rango; aunque para tener una mayor confiabilidad en la descripción se debe de tomar: 1) el número óptimo de individuos para la muestra que se debe describir y 2) el coeficiente de variación como estimador que compensa el efecto ambiental.

En México la descripción varietal fenotípica es actualmente la más utilizada. Para el caso particular del maíz, avena y frijol, el SNICS ha elaborado una guía técnica que consta de 69, 24 y 56 descriptores respectivamente, basado en características morfológicas de los cultivos en diferentes estados de desarrollo y en información agronómica (SNICS, 2001).

## **2.7 El mejoramiento genético de avena en México.**

Las especies cultivadas, en su mayoría de los casos, han perdido numerosos rasgos de sus antecesores silvestres. Estas son resistencias a condiciones desfavorables del ambiente, una amplia gama de adaptación a las diversas condiciones del suelo y clima y la resistencia a los agentes patógenos (Frey en 1994, citado por Loskutov, 2008).

En la década de 1940 la Oficina de Estudios Especiales (OEE), inicia trabajos de investigación en avena en México, se introducen líneas y variedades procedentes de E.U.A. (Jiménez en 1984, citado por Mercado, 1988). Las investigaciones se llevaron a cabo en dos localidades (Tlaxcala y Texcoco) para con ello realizar dos ciclos de siembra en un solo año, por lo tanto al realizar dos evaluaciones, permitió acortar a la mitad el tiempo en la selección del germoplasma más adecuado para las condiciones de México.

En 1960 se formó el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) y se inició el mejoramiento genético de avena; la estrategia del Programa de Avena fue introducir variedades comerciales de Estado Unidos y de Canadá para seleccionar genotipos que tuvieran alta capacidad de rendimiento en forraje y grano, calidad nutritiva, cualidades forrajeras, precocidad, resistencia a

la roya del tallo, así como al desgrane y al acame, y una altura superior a un metro, lo que evitaría la importación de este cereal (Mercado, 1988).

El programa introdujo y evaluó la colección mundial de variedades; el germoplasma se sembró en el Campo Experimental Valle de México y en diferentes sitios del país. Se seleccionaron los genotipos con mayor producción de grano en ambientes de baja precipitación y con mayor tolerancia a roya del tallo (Mercado, 1988), utilizando el método de mejoramiento de selección individual (Jiménez, 1978; Jiménez y Maldonado, 1983). Para 1964 se liberan las variedades forrajeras AB-177, Saia y Ópalo, Putnam 61 en 1965 y Perla en 1967, producto de las selecciones realizadas en los viveros introducidos durante 1961-1963.

En 1962 se realizó el primer plan de cruzamientos aprovechando las características favorables de las variedades seleccionadas. Entre las cruzas, se recombinaron las variedades AB-177 por PUTNAM; en 1967 se obtienen las primeras variedades mexicanas, Chihuahua y Cuauhtémoc, superando a sus progenitores y a las variedades introducidas, sobre todo en ambientes de sequía y con presencia de roya del tallo en el norte del país (Jiménez, 1992).

Para 1968, con la aparición de la raza 31 de *Puccinia graminis avenae*, la mayoría de los materiales genéticos de la avena en el mundo sufrieron graves ataques. Los materiales resistentes a dicha raza resultaron presentar problemas agronómicos y eran tardíos, con ellos se inició un programa de cruzamientos el cual dio resultado en 1972, y se liberó la variedad Guelatao, posteriormente en 1974, las variedades Huamantla, Diamante R31, Páramo y Tarahumara. Dentro del grupo de variedades destacó Diamante R-31, por ser inmune a la enfermedad, específicamente a la raza número 31, y Páramo, por ser muy precoz, cualidad que permitió ampliar las fechas de siembra en las regiones temporaleras (Jiménez, 1992).

A mediados de la década de 1970 las variedades Chihuahua y Cuauhtémoc manifestaron susceptibilidad a roya del tallo y actualmente son altamente susceptibles, presentando pérdidas hasta del 75% (Leyva *et al.*, 2004), y difícilmente expresan resistencia, ante la diversidad de razas que prevalecen en México (Villaseñor *et al.*, 2007).

Las poblaciones segregantes que dieron origen a las variedades liberadas durante los años 1972 y 1974 fueron sembradas hasta en cinco lugares diferentes, dentro de los que se tenía: Chapingo y Toluca, Edo. de Méx., Zoapila, Tlax., Roque, Gto., Zaragoza, Coah., Cd. Cuauhtémoc y Delicias, Chih., y Mexicali, B.C. El manejo del material segregante estaba en función del vivero y de la disponibilidad de recursos, por ejemplo, la cruce de la variedad Páramo se realizó en 1969 y el vivero segregante del que formó parte se evaluó en Chapingo, Toluca y Roque, mientras que la cruce de la variedad Diamante R-31 se realizó en el ciclo de Invierno 1970-71 y el vivero segregante del que formó parte se evaluó en Roque, Chapingo, Zoapila y Cd. Cuauhtémoc.

Fue así como se liberaron dos variedades que fueron Gema en 1978 y Tulancingo en 1979; la primera con excelentes ventajas sobre las variedades forrajeras testigo, mientras que la segunda con alto rendimiento de grano y buena cualidad industrial (Jiménez, 1992).

El esquema de mejoramiento adoptado desde los inicios de 1940 y fines de la década de 1970 fue el que tradicionalmente se había utilizado en los programas de mejoramiento de cereales en México (Moreno, 1968). En la selección de segregantes, la evaluación en ambientes contrastantes y en diferentes ciclos agrícolas permitió obtener variedades con amplia adaptación e insensibles al fotoperiodo, resultados semejantes a los obtenidos en trigo (Borlaug, 1969).

En el verano de 1976, se inicia la comparación de los métodos genealógico y gravimétrico; el primero considerado como el más eficiente en las plantas autógamas pero laborioso y caro, mientras que el segundo tomaba



los principios del método masivo, que se caracterizaba por ser práctico pero ineficiente (Brauer, 1973). La diferencia entre el método gravimétrico y el masivo consiste en que en el primero, una vez cosechada masivamente la población, la semilla se sometía a un proceso de soplado y posteriormente a flotación en una solución de mayor densidad que el agua para separar la semilla ligera, después se seleccionaba la de mayor peso, sobre el principio de que provenía de plantas más tolerantes a la roya del tallo y a la sequía, de ciclo más corto y con mayor tamaño y peso de grano (Jiménez, 1982), caracteres que deberían reunir las variedades de avena.

El método masal gravimétrico era tan eficiente como el método genealógico, pero con la gran ventaja de ser adecuado cuando la selección se realizaba en ambientes limitantes. El método gravimétrico se empezó a utilizar hasta mediados de la década de 1980.

A mediados de la década de 1990 se empezó a registrar incrementos en la superficie sembrada de avena a nivel nacional; en 1996 se sembraron 385 000 ha, de las cuales 15% se destinó a la producción de grano y el resto a la producción de forraje. Ante esa realidad y debido a que la avena se empezaba a manejar como un cultivo emergente, en 1998 el Programa de Avena del INIFAP Campo Experimental Valle México puso a disposición de los agricultores las variedades KARMA y CEVAMEX (Villaseñor *et al.*, 2007).

La avena se ha utilizado tradicionalmente como forraje para el consumo animal, en 1999 se inician trabajos de investigación enfocados a determinar el momento óptimo de corte para obtener mayor cantidad y calidad en el forraje y orientar las estrategias de mejoramiento genético para generar variedades con mejores cualidades forrajeras, como grano. Estas líneas de investigación ya dieron resultado con la liberación de la variedad Turquesa en el 2006 que se destaca precisamente por su alto potencial de grano y forraje.

Durante la década de 1990 se registraron incrementos importantes en la siembra de avena en México hasta alcanzar 800 000 ha en el 2008 superficie superior a la sembrada por trigo (SIAP, 2008).

En el año 2000, el INIFAP retoma la introducción de germoplasma. Estableció el primer ensayo nacional de avena y la introducción de Estados Unidos el vivero internacional de selección. En el ciclo 2001 se sembró el segundo ensayo desde la Mixteca Alta en Oaxaca, hasta Cd. Cuauhtémoc, en Chih., se determina que entre las variedades recomendadas por el INIFAP para siembras comerciales, solamente Karma y Cevamex eran moderadamente resistentes a roya del tallo; mientras que variedades importantes en las siembras comerciales como Papigochi, Juchitepec y Rarámuri eran susceptibles, y Chihuahua, Cuauhtémoc y Páramo eran altamente susceptibles, situación que obliga a generar mayor número de variedades tolerantes a roya del tallo (Villaseñor *et al.*, 2007).

A fines del 2002 se liberan cuatro variedades: Obsidiana, Menonita, Bachíniva y Teporaca. Estas variedades destacan por su tolerancia a las diferentes razas de roya del tallo, sobresaliendo Obsidiana por su alto potencial de rendimiento en grano, la cual en evaluaciones de parcelas de validación establecidas en lugares lluviosos llegó a producir hasta 8 t ha<sup>-1</sup>. Después, se liberaron Turquesa y Arareco, la primera derivada a partir de una cruce con Karma, destaca por su resistencia a roya del tallo y su alta producción de grano y forraje, mientras que la segunda es de ciclo tardío adecuada para la producción de forraje (Villaseñor *et al.*, 2007).

El incremento de la superficie sembrada de avena en la última década se debe a que es un cultivo emergente cuando los cultivos tradicionales se siniestran; la avena presenta ventaja para resistir cambios ambientales, ya que es muy versátil en usos (forraje verde, forraje henificado y grano), es un cultivo que demanda poca inversión y sus variedades tienen amplia adaptación (Villaseñor *et al.*, 2007).

Los retos de los mejoradores de avena son mayores debido a que se deberán tener materiales tolerantes a enfermedades y con buenos rendimientos, ya que este cereal es un cultivo ideal en la reconversión productiva en áreas marginadas de temporal, y se estima que se sembrarán cerca de 1.5 millones de hectáreas, por lo que se disponga de variedades con mejores atributos tales como: alta capacidad de producción de grano y forraje, resistencia al acame, tolerancia a la sequía, e incrementar el control genético de la roya del tallo (Archila y Hernández, 2002; Leyva *et al.*, 2004).

### **2.8 Variables en estudio.**

Los descriptores que se tomaron en cuenta para este estudio son los propuestos por el SNICS (2001), los cuales se presentan en el Cuadro 3. Se integraron ocho caracteres de interés como parte de la aportación de esta investigación, los cuales se presentan en el Cuadro 4.

**Cuadro 3. Descriptores de avena utilizados por el SNICS.**

	CARACTERISTICAS	ESTADO (1)	NIVEL	
1	Planta: hábito de crecimiento	25-29	Erecto	1( )
(+)		VG	Semierecto	3( )
			Intermedio	5( )
			Semipostrado	7( )
			Postrado	9( )
2	Hojas inferiores: pilosidad de la vaina	25-29	Ausente o muy débil	1( )
(+)		VS	Débil	3( )
			Medio	5( )
			Fuerte	7( )
			Muy Fuerte	9( )
3	Limbo: pilosidad del margen	40-45	Ausente o muy débil	1( )
(*)	de la hoja por abajo de la	VS	Débil	3( )
(+)	Hoja bandera.		Medio	5( )
			Fuerte	7( )
			Muy Fuerte	9( )
4	Planta: frecuencia de plantas con hoja bandera curvada	47-51	Ausente o muy baja	1( )
(+)		VG	Baja	3( )
			Media	5( )
			Alta	7( )
			Muy Alta	9( )
5	Tiempo de emergencia de la panícula (primera espiguilla visible	50-52	Muy Precoz	1( )
(*)	en el 50% de las panículas).	VG	Precoz	3( )
			Intermedia	5( )
			Tardía	7( )
			Muy Tardía	9( )
6	Tallo: pilosidad de nudo superior	60-65	Ausente	1( )
(*)		VS	Presente	9( )
7	Tallo: intensidad de la pilosidad del nudo superior	60-65	Muy débil	1( )
(+)		VS	Débil	3( )
			Medio	5( )
			Fuerte	7( )
			Muy Fuerte	9( )
8	Panícula: orientación de las	70-75	Unilateral	1( )
(+)	Ramificaciones	VG	Subunilateral	2( )
			Equilateral	3( )
9	Panícula: posición de las	70-75	Erecta	1( )
(+)	Ramificaciones	VG	Semierecto	3( )
			Horizontal	5( )
			Caída	7( )
			Fuertemente caída	9( )
10	Panícula: posición de las	70-75	Erecta	1( )
(+)	Espiguillas	VG	Colgante	2( )
11	Glumas: glaucescencia	65-69	Ausente o muy débil	1( )
		VG	Débil	3( )
			Medio	5( )
			Fuerte	7( )
			Muy Fuerte	9( )
12	Glumas: longitud	70-75	Corta	3( )
		VG	Media	5( )
			Larga	7( )
13	Grano primario: glaucescencia	70-75	Ausente	1( )
(*)	de la lemma	VG	Presente	9( )

14 (*)	Grano primario: Intensidad de la glaucescencia de la lemma	70-75	Muy débil	1 ( )
		VG	Débil	3 ( )
			Medio	5 ( )
			Fuerte	7 ( )
			Muy Fuerte	9 ( )
15 (*)	Planta: longitud (tallo y panícula).	80-85	Muy corta	1 ( )
		M	Corta	3 ( )
			Media	5 ( )
			Larga	7 ( )
			Muy Larga	9 ( )
16	Panícula: longitud	80-85	Muy corta	1 ( )
		M	Corta	3 ( )
			Media	5 ( )
			Larga	7 ( )
			Muy Larga	9 ( )
17 (*)	Grano: cáscara	92	Ausentes	1 ( )
		VS	Presentes	9 ( )
18	Grano primario: tendencia a ser aristado	92	Ausente o muy débil	1 ( )
		VS	Débil	3 ( )
			Medio	5 ( )
			Fuerte	7 ( )
			Muy Fuerte	9 ( )
19	Grano primario: longitud de la lemma	92	Muy corta	1 ( )
		VS	Corta	3 ( )
			Media	5 ( )
			Larga	7 ( )
			Muy Larga	9 ( )
20 (*)	Grano: color de la lemma	92	Blanca	1 ( )
		VG	Amarilla	2 ( )
			Café	3 ( )
			Gris	4 ( )
			Negra	5 ( )
21 (+)	Grano primario: pilosidad posterior de la lemma (excepto para avenas blancas y amarillas)	92	Ausente	1 ( )
		VS	Presente	9 ( )
22 (+)	Grano primario: pilosidad de la base	92	Ausente o muy débil	1 ( )
		VS	Débil	3 ( )
			Media	5 ( )
			Fuerte	7 ( )
			Muy Fuerte	9 ( )
23 (+)	Grano primario: longitud de la vellosidad de la base	92	Corta	3 ( )
		VS	Media	5 ( )
			Larga	7 ( )
24 (+)	Grano primario: longitud de la Raquilla	92	Corta	3 ( )
		VS	Media	5 ( )
			Larga	7 ( )

---

**Cuadro 4. Descriptores adicionales a los establecidos por el SNICS.**

25	Ancho de la lemma	92	Muy corta	1( )
(+)		VS	Corta	3( )
			Media	5( )
			Larga	7( )
			Muy Larga	9( )
26	Ancho de glumas	92	Muy corta	1( )
(+)		VS	Corta	3( )
			Media	5( )
			Larga	7( )
			Muy Larga	9( )
27	Longitud de la arista	92	Ausente	1( )
(+)		VS	Corta	3( )
			Media	5( )
			Larga	7( )
			Muy Larga	9( )
28	Longitud de la hoja bandera	92	Muy corta	1( )
(+)		VS	Corta	3( )
			Media	5( )
			Larga	7( )
			Muy Larga	9( )
29	Ancho de la hoja bandera	92	Muy corta	1( )
(+)		VS	Corta	3( )
			Media	5( )
			Larga	7( )
			Muy Larga	9( )
30	Ancho del nudo superior	92	Muy corta	1( )
(+)		VS	Corta	3( )
			Media	5( )
			Larga	7( )
			Muy Larga	9( )
31	Largo del nudo superior	92	Muy corta	1( )
(+)		VS	Corta	3( )
			Media	5( )
			Larga	7( )
			Muy Larga	9( )
32	Posición de la pilosidad del nudo superior	92	Nula	1( )
(+)		VS	Arriba	3( )
			Abajo	5( )
			Ambas	7( )

## 2.9 Análisis de datos en la descripción varietal.

Para analizar los datos es importante determinar el trabajo a realizar y lo que se requiere obtener de ellos por lo cual es imprescindible contar con la herramienta de análisis que se apegue a nuestro interés, entre éstas se encuentra el Análisis de Componentes Principales (ACP) y el dendograma o Clúster.

El ACP consiste en transformar la serie de variables originales en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas, llamadas componentes principales. Estas nuevas variables son combinaciones lineales de las variables originales y se derivan en orden decreciente de importancia (varianza), de manera que el primer componente principal describe la mayor proporción de la variación, con respecto a los datos originales (Sánchez, 1995).

La técnica de ACP se utiliza para encontrar combinaciones lineales que expliquen una alta proporción de la varianza global. En muchos estudios exploratorios, el número inicial de variables es demasiado grande, por lo que su utilidad consiste en reducir el número de variables al descartar las combinaciones lineales con varianzas pequeñas y considerar únicamente las que tienen varianzas grandes (Anderson, 1984).

Johnson (1977) indica que el clúster da información completa sobre la similitud pero no de estabilidad. Por otro lado, el conocimiento que el analista tenga acerca del problema decidirá cuáles de los grupos obtenidos son significativos y cuáles no (Salvador, 2001).

Con la información obtenida de campo se procedió a realizar los análisis estadísticos. Para el análisis de los datos se realizó una transformación arco seno y se aplicó un análisis de varianza, considerando las 8, 24 y 32 variables en estudio.

Se realizó un análisis multivariado con base en un Análisis de Componentes Principales (ACP), utilizando la estructura de la matriz de correlaciones, y la gráfica bidimensional de Gabriel. Este análisis se hizo en tres grupos de variables: la primera considerando solamente los ocho descriptores propuestos; la segunda para las 24 variables ya preestablecidas; y por último las 32 que resulta de la suma de las variables anteriores. Después se realizó el análisis de conglomerados mediante el método de promedios. Todos los análisis se realizaron conforme al programa de SAS (versión 6.11).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización de los experimentos.**

El estudio se realizó en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) del INIFAP, situado en el municipio de Texcoco de Mora en el Estado de México cuya ubicación geográfica es 19° 29' de Latitud Norte, 98° 53' Longitud Oeste y una altitud de 2250 msnm. Su clima es Cb (wo) (w) (i') g, es decir, templado subhúmedo, con lluvias en verano, y una precipitación media anual de 636.5 mm, temperatura media anual de 15.2 °C, una temperatura media máxima de 17.9 °C y media mínima de 11.8 °C (García, 1987). La siembra en campo se realizó, en el ciclo P-V del 2007, bajo condiciones de riego. El otro lugar de siembra fue en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del INIFAP, situado en Roque municipio de Celaya, Gto., cuya ubicación geográfica es 20° 31'24" de Latitud Norte, 100° 48' 55" de longitud al Oeste y a una altura de 1780 msnm. El clima de la ciudad de Celaya es BS1h (semiseco, semicálido) con lluvias en verano y sin estación invernal definida con una precipitación media anual de 570 mm., su temperatura máxima es de 42.2 °C y mínima de 4.5 °C. La siembra en campo se realizó en el ciclo O-I 2006.

#### **3.2. Material vegetal a utilizar**

Se evaluaron 28 variedades de la Colección Nacional de Avena, proporcionadas por el Programa de Mejoramiento Genético de Avena del CEVAMEX, (Cuadro 5). Cabe mencionar que estas son variedades liberadas en el INIFAP, por lo cual están aclimatadas a las condiciones de México.



**Cuadro 5. Materiales evaluados en dos localidades (Chapingo, Edo. de México y Roque en Celaya, Guanajuato, 2006-2007).**

<b>No. Genotipo</b>	<b>Genotipo</b>	<b>No. Genotipo</b>	<b>Genotipo</b>
<b>1 (a)</b>	TEXAS	<b>15 (o)</b>	PÁRAMO
<b>2 (b)</b>	NODAWAY	<b>16 (p)</b>	GEMA
<b>3 (c)</b>	AB-177	<b>17 (q)</b>	BABÍCORO
<b>4 (d)</b>	PUTNAM 61	<b>18 (r)</b>	CUSIHUIRIACHI
<b>5 (e)</b>	PERLA	<b>19 (s)</b>	PAPIGOCHI
<b>6 (f)</b>	ÓPALO	<b>20 (t)</b>	RARÁMURI
<b>7 (g)</b>	CHIHUAHUA	<b>21 (u)</b>	KARMA
<b>8 (h)</b>	CUAUHTÉMOC	<b>22 (v)</b>	CEVAMEX
<b>9 (i)</b>	GUELATAO	<b>23 (w)</b>	MENONITA
<b>10 (j)</b>	TULANCINGO	<b>24 (x)</b>	BACHÍNIVA
<b>11 (k)</b>	JUCHITEPEC	<b>25 (y)</b>	OBSIDIANA
<b>12 (l)</b>	HUAMANTLA	<b>26 (z)</b>	TURQUESA
<b>13 (m)</b>	DIAMANTE R -31	<b>27 (*)</b>	PAMPAS
<b>14 (n)</b>	TARAHUMARA	<b>28 (+)</b>	TEPORACA

Variedades de avena que se utilizaron para la siembra de dos localidades (Texcoco, Edo, de México y Celaya, Gto, 2006-2007), \*las letras están representadas en el diagrama de componentes principales.

La siembra se llevó a cabo bajo condiciones de riego en las dos localidades, después de la preparación del suelo, que consistió en un barbecho, dos pasos de rastra, nivelación y surcado. La siembra se realizó en cuatro surcos dobles de 10 m de longitud por variedad, con una distancia entre surco de 30 cm.

La selección de caracteres se basó en la metodología para la descripción de variedades utilizadas por el SNICS. El propósito de llevar a cabo la descripción varietal es para detectar los caracteres de mayor utilidad que sirvan para diferenciar una variedad de otra. La evaluación de dichos caracteres se hizo en 100 plantas de cada variedad. En cada una de las 100 plantas se evaluó el descriptor correspondiente a una etapa fisiológica determinada, y se procedió a calificar si éste se encontraba o no. Los instrumentos de medición

son: libro de campo, regla, lupa, estadal, flexometro, bolsas, tijeras, vernier, entre otros.

La evaluación fue en dos localidades, si alguna característica importante de la variedad no podía ser observada en el lugar, la variedad podía ser evaluada en una zona adicional. Se sugiere que la variedad vegetal sea evaluada en un lugar donde será utilizada. Las evaluaciones deben ser realizadas en condiciones que aseguren un crecimiento normal. El tamaño de las parcelas debe ser tal, que las plantas o parte de las plantas puedan ser removida para medirlas y contarlas, sin perjuicio de las demás observaciones que se hacen al final del periodo de crecimiento (SNICS, 2001).

### **3.3 Procedimiento**

En ambas localidades, se sembraron cuatro surcos de 10 m de largo a una distancia entre surco de 30 cm, de cada una de las 28 variedades a evaluar. Durante el desarrollo del cultivo se dieron riegos, se realizó control químico de plagas y enfermedades, y de manera manual para la maleza.

Con el apoyo de la guía técnica del SNICS se evaluaron 24 caracteres establecidos por el SNICS, y a estos se incorporaron otros ocho: ADL (ancho de la lemma), ADG (ancho de glumas), LDA (longitud de la arista), LHB (longitud de la hoja bandera), AHB (ancho de la hoja bandera), ANS (ancho del nudo superior) y LNS (largo del nudo superior), PPS (color del nudo superior). Todos estos datos se fueron tomando en cada una de las etapas fenológicas que marca la guía, pero debe señalar que éstas pueden variar de una variedad a otra entre 2 a 7 días y entre localidades puede ser de 10 a 15 días, y que además se ven influenciados por el ambiente.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 6, se presentan los valores de todos los descriptores tomados en las variedades durante el ciclo de Otoño en Roque y en Primavera en Chapingo. Se determinaron las interrelaciones entre variedades y los diferentes descriptores mediante técnicas de análisis multivariado (SAS 9.1) con el objetivo de agrupar por medio de análisis de componentes principales, a variedades de avena por características similares. El análisis de componentes principales (ACP) ha sido una herramienta útil para la clasificación y agrupamiento de poblaciones con características afines (Sánchez, 1995).

Con el análisis de los resultados se puede señalar que existe diferencia relevante entre las variedades al evaluarse en diferentes ambientes. Pecina (2008) menciona que al llevarse poblaciones a otro ambiente, éstas no muestran su mejor expresión, bien sea por el efecto del estrés, altas temperaturas y aun cuando se siembre en las fechas recomendadas los cambios del clima hacen que de las variedades disminuyan la intensidad de su expresión o no se expresen.

El análisis de componentes principales (PCA) comprende un procedimiento matemático que transforma un conjunto de variables correlacionadas de respuesta en un conjunto menor de variables no correlacionadas llamadas componentes principales. Este tipo de análisis es el más útil para cribar datos multivariados (Dallas, 2000).

Cuadro. 6. Calificación de los descriptores tomados en Roque, Gto. y Chapingo, Méx., en variedades de Avena.

VARIETADES	DESCRIPTOR 1		DESCRIPTOR 2		DESCRIPTOR 3		DESCRIPTOR 4	
	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO
TEXAS	3	3	1	1	1	1	1	1
NODAWAY	1	3	1	1	1	1	1	1
AB-177	1	3	5	5	1	1	1	1
PUTNAM 61	5	5	1	1	1	1	3	3
PERLA	3	3	5	5	1	1	3	1
ÓPALO	3	3	1	1	1	1	1	5
CHIHUAHUA	5	5	5	5	3	5	5	1
CUAUHTÉMOC	3	5	7	7	1	3	1	1
GUELATAO	3	3	1	1	1	1	1	1
TULANCINGO	3	3	1	1	1	1	3	1
JUCHITEPEC	5	5	3	3	1	1	1	1
HUAMANTLA	5	5	1	1	1	1	1	1
DIAMANTE R -31	3	3	1	1	1	1	1	1
TARAHUMARA	5	5	1	1	1	1	1	1
PÀRAMO	3	3	3	3	1	1	1	1
GEMA	7	3	3	3	3	3	1	3
BABICORA	1	1	3	1	1	1	1	3
CUSIHUIRIACHI	5	5	3	5	1	1	3	3
PAPIGOCHI	3	3	1	1	1	1	3	5
RARÀMURI	5	5	5	5	1	3	5	1
KARMA	5	5	5	5	1	1	1	1
CEVAMEX	5	5	3	3	1	1	1	3
MENONITA	3	3	1	1	1	1	1	1
BACHÌNIVA	3	3	9	7	3	5	1	3
OBSIDIANA	3	3	3	3	3	5	3	3
TURQUESA	5	5	3	3	1	1	3	3
PAMPAS	3	3	1	1	1	1	3	3
TEPORACA	3	3	5	5	1	1	3	3

Descriptor 1. Planta hábito de crecimiento.

Descriptor 2. Hojas inferiores: pilosidad de la vaina.

Descriptor 3. Limbo pilosidad del margen de la hoja por debajo de la hoja bandera.

Descriptor 4. Planta: frecuencia de plántulas con hoja bandera curvada.

Continuación.- Cuadro 6.

VARIETADES	DESCRIPTOR 5		DESCRIPTOR 6		DESCRIPTOR 7		DESCRIPTOR 8	
	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO
TEXAS	7	3	1	1	1	1	3	3
NODAWAY	5	3	1	1	1	1	3	3
AB-177	5	3	9	9	7	7	3	3
PUTNAM 61	9	9	9	9	5	5	3	3
PERLA	9	9	9	9	7	7	3	3
ÒPALO	9	9	9	9	5	5	2	2
CHIHUAHUA	7	7	9	9	3	3	3	3
CUAUHTÈMOC	7	7	9	9	7	7	3	3
GUELATAO	5	3	1	1	1	1	3	3
TULANCINGO	5	3	1	1	1	1	3	2
JUCHITEPEC	5	5	1	1	1	1	3	3
HUAMANTLA	5	5	1	1	1	1	3	3
DIAMANTE R -31	3	3	1	1	1	1	3	3
TARAHUMARA	5	5	1	1	1	1	3	3
PÀRAMO	3	1	9	9	3	3	3	3
GEMA	9	9	9	9	3	5	3	3
BABICORA	5	5	1	1	1	1	3	3
CUSIHUIRIACHI	3	7	9	9	7	7	3	3
PAPIGOCHI	5	5	1	1	1	1	3	3
RARÀMURI	5	7	1	1	1	3	3	3
KARMA	3	7	9	9	7	7	3	3
CEVAMEX	9	7	9	9	3	3	3	2
MENONITA	3	5	9	9	9	9	3	3
BACHÌNIVA	1	3	9	9	5	5	3	3
OBSIDIANA	5	7	1	1	1	1	3	3
TURQUESA	5	5	9	9	9	9	3	3
PAMPAS	5	1	1	1	1	1	3	3
TEPORACA	3	1	1	1	1	1	3	3

Descriptor 5. Tiempo de emergencia de la panícula.

Descriptor 6. Tallo: pilosidad de nudo superior.

Descriptor 7. Tallo: intensidad de la pilosidad del nudo superior.

Descriptor 8. Panícula: orientación de las ramificaciones.

Continuación.- Cuadro 6.

VARIETADES	DESCRIPTOR 9		DESCRIPTOR 10		DESCRIPTOR 11		DESCRIPTOR 12	
	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO
TEXAS	5	5	2	2	1	1	5	5
NODAWAY	3	3	2	2	3	3	5	5
AB-177	5	5	2	2	3	3	5	3
PUTNAM 61	3	3	2	2	5	5	3	3
PERLA	5	5	2	2	3	3	5	5
ÒPALO	3	3	2	2	3	3	3	3
CHIHUAHUA	5	3	2	2	5	7	5	5
CUAUHTÈMOC	5	5	2	2	5	5	5	5
GUELATAO	3	3	2	2	5	7	3	3
TULANCINGO	5	3	2	2	3	5	5	5
JUCHITEPEC	7	3	2	2	7	7	5	5
HUAMANTLA	3	3	2	2	3	3	3	3
DIAMANTE R -31	5	3	2	2	3	3	3	3
TARAHUMARA	3	3	2	2	5	5	3	5
PÀRAMO	3	3	2	2	3	3	7	7
GEMA	5	3	2	2	3	3	7	7
BABICORA	3	3	2	2	3	3	5	3
CUSIHUIRIACHI	5	5	2	2	5	5	3	3
PAPIGOCHI	5	3	2	2	3	3	7	7
RARÀMURI	3	3	2	2	3	3	5	5
KARMA	5	5	2	2	5	5	5	5
CEVAMEX	3	3	2	2	3	5	5	3
MENONITA	3	3	2	2	1	1	5	5
BACHÌNIVA	3	3	2	2	3	3	5	5
OBSIDIANA	5	5	2	2	3	3	5	5
TURQUESA	5	3	2	2	3	3	5	3
PAMPAS	5	5	2	2	5	5	5	5
TEPORACA	5	3	2	2	3	3	7	7

Descriptor 9. Panícula: posición de las ramificaciones

Descriptor 10. Panícula: posición de las espiguillas.

Descriptor 11. Glumas: glauescencia.

Descriptor 12. Glumas: longitud.

Continuación.- Cuadro 6.

VARIETADES	DESCRIPTOR 13		DESCRIPTOR 14		DESCRIPTOR 15		DESCRIPTOR 16	
	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO
TEXAS	1	1	1	1	5	5	7	5
NODAWAY	1	1	1	1	5	7	5	5
AB-177	1	1	1	1	5	5	5	7
PUTNAM 61	1	1	1	1	9	5	7	7
PERLA	1	1	1	1	9	5	7	7
ÒPALO	1	1	1	1	9	5	7	9
CHIHUAHUA	1	1	1	1	7	9	7	9
CUAUHTÈMOC	1	1	1	1	9	3	9	9
GUELATAO	9	9	5	5	7	5	3	5
TULANCINGO	9	9	3	3	3	7	5	5
JUCHITEPEC	9	9	3	3	3	5	3	5
HUAMANTLA	9	9	3	3	1	5	5	1
DIAMANTE R -31	1	1	1	1	1	5	1	3
TARAHUMARA	9	9	5	5	1	1	3	9
PÀRAMO	1	1	1	3	5	5	9	9
GEMA	9	9	5	1	9	9	9	7
BABICORA	9	9	5	5	5	3	7	3
CUSIHUIRIACHI	9	9	3	3	3	1	3	5
PAPIGOCHI	9	9	3	1	5	7	5	7
RARÀMURI	9	9	3	3	3	7	7	5
KARMA	9	9	5	5	1	7	5	5
CEVAMEX	9	9	3	1	9	7	5	5
MENONITA	1	1	1	1	3	3	3	7
BACHÌNIVA	1	1	1	1	1	3	7	7
OBSIDIANA	1	1	1	1	3	7	7	5
TURQUESA	9	9	3	3	3	3	5	5
PAMPAS	9	9	5	5	3	7	7	7
TEPORACA	1	1	1	1	1	7	5	5

Descriptor 13. Grano primario: glaucescencia de la lemma.

Descriptor 14. Grano primario: intensidad de la glaucescencia de la lemma.

Descriptor 15. Planta: longitud (tallo y panícula).

Descriptor 16. Panícula: longitud.

Continuación.- Cuadro 6.

VARIETADES	DESCRIPTOR 17		DESCRIPTOR 18		DESCRIPTOR 19		DESCRIPTOR 20	
	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO
TEXAS	9	9	5	5	5	5	2	2
NODAWAY	9	9	3	3	7	5	3	3
AB-177	9	9	3	1	7	7	3	3
PUTNAM 61	9	9	9	9	1	5	3	3
PERLA	9	9	9	9	5	5	2	2
ÒPALO	9	9	1	1	5	3	2	2
CHIHUAHUA	9	9	3	3	5	3	2	2
CUAUHTÈMOC	9	9	7	7	7	7	3	3
GUELATAO	9	9	1	1	1	1	2	2
TULANCINGO	9	9	1	1	7	7	1	1
JUCHITEPEC	9	9	9	9	5	5	2	2
HUAMANTLA	9	9	3	3	5	1	2	2
DIAMANTE R -31	9	9	1	1	3	1	1	1
TARAHUMARA	9	9	1	1	1	1	3	3
PÀRAMO	9	9	7	7	9	5	1	1
GEMA	9	9	7	7	7	5	3	3
BABICORA	9	9	9	9	1	3	2	2
CUSIHUIRIACHI	9	9	1	1	5	1	3	3
PAPIGOCHI	9	9	7	7	9	9	3	3
RARÀMURI	9	9	3	3	7	3	3	3
KARMA	9	9	1	1	5	1	3	3
CEVAMEX	9	9	3	3	3	5	1	1
MENONITA	9	9	1	1	5	5	3	3
BACHÌNIVA	9	9	1	1	5	3	3	3
OBSIDIANA	9	9	5	5	5	7	3	3
TURQUESA	9	9	5	5	5	3	3	3
PAMPAS	9	9	7	7	7	7	3	3
TEPORACA	9	9	7	7	9	9	3	3

Descriptor 17. Grano: cáscara.

Descriptor 18. Grano primario: tendencia a ser aristado.

Descriptor 19. Grano primario: longitud de la lemma.

Descriptor 20. Grano: color de la lemma.



Continuación.- Cuadro 6.

VARIETADES	DESCRIPTOR 21		DESCRIPTOR 22		DESCRIPTOR 23		DESCRIPTOR 24	
	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO
TEXAS	1	1	1	1	1	1	5	3
NODAWAY	1	1	1	1	1	1	3	3
AB-177	1	1	1	1	1	1	5	5
PUTNAM 61	1	1	1	1	1	1	3	3
PERLA	1	1	1	1	1	1	3	3
ÒPALO	1	1	1	1	1	1	5	5
CHIHUAHUA	1	1	5	3	7	5	3	5
CUAUHTÈMOC	1	1	3	3	5	5	5	5
GUELATAO	1	1	1	1	1	1	7	5
TULANCINGO	1	1	1	1	1	1	3	3
JUCHITEPEC	1	1	1	1	3	3	3	3
HUAMANTLA	1	1	1	1	1	1	3	3
DIAMANTE R -31	1	1	1	1	5	5	5	5
TARAHUMARA	1	1	1	1	1	1	3	3
PÀRAMO	1	1	1	1	5	5	5	5
GEMA	1	1	1	1	3	3	3	3
BABICORA	1	1	5	5	3	3	3	3
CUSIHUIRIACHI	1	1	1	1	1	1	3	3
PAPIGOCHI	1	1	1	1	1	1	3	3
RARÀMURI	1	1	1	1	1	1	7	5
KARMA	1	1	1	1	1	1	3	5
CEVAMEX	1	1	1	1	1	1	5	5
MENONITA	1	1	3	3	1	1	3	3
BACHÌNIVA	1	1	3	3	3	3	5	3
OBSIDIANA	1	1	3	3	3	5	5	5
TURQUESA	1	1	1	1	1	1	5	5
PAMPAS	1	1	1	1	3	3	3	1
TEPORACA	1	1	1	1	3	3	1	3

Descriptor 21. Grano primario: pilosidad posterior de la lemma.

Descriptor 22. Grano primario: pilosidad de la base.

Descriptor 23. Grano primario: longitud de la velloidad de la base.

Descriptor 24. Grano primario: longitud de la raquilla.

Continuación.- Cuadro 6.

VARIETADES	DESCRIPTOR 25		DESCRIPTOR 26		DESCRIPTOR 27		DESCRIPTOR 28	
	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO
TEXAS	5	5	3	3	7	7	7	5
NODAWAY	7	7	5	5	3	3	7	5
AB-177	7	7	9	9	5	5	3	3
PUTNAM 61	3	5	5	7	7	7	9	9
PERLA	3	5	5	5	7	7	9	7
ÒPALO	1	1	1	3	1	1	9	7
CHIHUAHUA	1	1	7	5	3	3	9	9
CUAUHTÈMOC	9	7	7	5	7	7	7	3
GUELATAO	3	3	1	7	1	1	3	1
TULANCINGO	3	3	5	5	5	5	1	1
JUCHITEPEC	3	3	9	9	7	9	3	3
HUAMANTLA	3	3	7	5	5	7	1	3
DIAMANTE R -31	3	5	7	5	1	1	5	3
TARAHUMARA	3	5	7	7	1	1	7	5
PÀRAMO	7	5	7	3	7	9	7	5
GEMA	7	7	7	9	7	9	3	5
BABICORA	5	7	7	3	7	9	3	5
CUSIHUIRIACHI	5	7	5	5	1	1	5	3
PAPIGOCHI	9	9	7	3	9	9	5	1
RARÀMURI	7	5	7	5	1	1	7	3
KARMA	3	9	3	3	1	1	1	1
CEVAMEX	3	9	9	1	1	1	1	3
MENONITA	1	5	3	9	1	1	1	5
BACHÌNIVA	3	5	5	7	1	1	1	3
OBSIDIANA	5	5	7	9	7	7	3	9
TURQUESA	5	5	5	5	9	9	5	3
PAMPAS	7	5	7	9	9	9	5	3
TEPORACA	3	5	3	7	9	9	3	3

Descriptor 25. Ancho de la lemma.

Descriptor 26. Ancho de las glumas.

Descriptor 27. Longitud de la arista.

Descriptor 28. Longitud de la hoja bandera.

Continuación.- Cuadro 6.

VARIETADES	DESCRIPTOR 29		DESCRIPTOR 30		DESCRIPTOR 31		DESCRIPTOR 32	
	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO	ROQUE	CHAPINGO
TEXAS	1	3	3	3	7	7	1	1
NODAWAY	3	3	5	9	5	5	1	1
AB-177	3	3	9	7	9	7	7	7
PUTNAM 61	9	9	9	3	7	5	7	7
PERLA	7	7	5	5	1	1	7	7
ÒPALO	7	9	9	5	3	3	7	7
CHIHUAHUA	7	9	7	9	5	5	5	5
CUAUHTÈMOC	5	5	9	3	3	3	7	1
GUELATAO	7	7	9	3	7	7	1	1
TULANCINGO	1	1	7	5	5	3	1	1
JUCHITEPEC	3	3	5	5	1	1	1	1
HUAMANTLA	5	5	7	3	5	1	1	1
DIAMANTE R -31	5	5	5	3	1	5	1	1
TARAHUMARA	3	3	5	5	1	7	1	5
PÀRAMO	9	3	5	5	5	5	7	7
GEMA	3	3	5	9	7	7	7	1
BABICORA	3	3	9	5	5	5	1	3
CUSIHUIRIACHI	5	5	5	3	5	5	7	1
PAPIGOCHI	9	9	7	9	5	7	1	1
RARÀMURI	7	7	9	7	7	7	1	5
KARMA	1	1	7	5	5	5	7	5
CEVAMEX	3	3	9	5	7	9	3	7
MENONITA	1	1	5	3	5	5	7	3
BACHÌNIVA	1	1	3	1	1	1	7	3
OBSIDIANA	5	5	7	7	5	5	1	7
TURQUESA	1	1	5	5	5	5	7	1
PAMPAS	3	3	5	1	3	3	1	1
TEPORACA	3	3	9	9	3	3	1	1

Descriptor 29. Ancho de la hoja bandera.

Descriptor 30. Ancho del nudo superior.

Descriptor 31. Largo del nudo superior.

Descriptor 32. Posición de la pilosidad del nudo superior.

#### **4.1 Comportamiento de los descriptores.**

En el descriptor 1, (Cuadro 6) solamente en cuatro variedades se presentó alteración en su comportamiento, lo cual se debe a que este descriptor está influenciado por el alargamiento del ciclo debido a la interacción con el ambiente. A pesar de esa variación, se considera como un descriptor adecuado para diferenciar variedades. Ceccarelli (1994) *menciona que se ha buscado como resolver las interacciones con el ambiente. Éstas se aceptan casi universalmente como los principales factores que limitan la eficacia de los programas de mejoramiento, principalmente cuando los genotipos cambian de ambientes.*

En el descriptor 2 sólo en tres variedades se presentaron alteraciones debido al efecto del ambiente. Por lo tanto se considera un buen descriptor.

Para el descriptor 3 hubo diferencias en relación a las localidades y éstas se manifestaron sólo en cinco variedades; por lo cual este descriptor se considera idóneo para poder diferenciar variedades. La variedad Cevamex presentó vellosidad en el margen y en el haz de la hoja, pero en etapas más desarrolladas éstas desaparecen.

En el descriptor 4 se tiene que en diez variedades se presentó variación con el ambiente por lo cual éste no es buen descriptor.

El descriptor 5 se tiene que en 15 variedades se mostraron diferencias, por el efecto del ambiente, por lo cual no se considera para ser aplicado en una caracterización.

El descriptor 6 no presentó ninguna diferencia entre ambientes, por lo cual se considera como buena alternativa para caracterizar.

El descriptor 7 sólo en dos de las variedades evaluadas presentó diferencias, por lo cual se considera como buen descriptor.

Respecto al descriptor 8 sólo en dos variedades presentó diferencia, por lo tanto si se considera como buen descriptor.

En el descriptor 9 se presentó interacción con el ambiente en ocho variedades, por lo tanto no es bueno para caracterizar.

El descriptor 10 no presentó variación entre variedades, ya que todas presentan espiguillas colgantes, por lo cual se considera que este no es útil para la descripción.

El descriptor 11 en cuatro variedades se presentó diferencia entre localidades, lo que se atribuye que está influenciado por el ambiente, sin embargo si es de utilidad para evaluar una variedad.

En relación al descriptor 12 en cinco variedades se observó diferencia debido al efecto del ambiente, y es un carácter medible, por lo tanto si se considera útil.

El descriptor 13 no varió y se considera adecuado para caracterizar.

En el descriptor 14 sólo cuatro variedades presentaron diferencias debido al ambiente y se considera como bueno y aplicable.

Para el descriptor 15, se observó que veinte variedades tuvieron modificaciones debido a su alta interacción con el ambiente, por lo cual es un carácter inadecuado en una caracterización. Poey (1982) considera que cada especie y cada variedad difieren en las características que pueden determinar su identidad, uniformidad y la estabilidad. Diederichsen y Williams (2001) mencionan que la altura de la planta está fuertemente influenciada por el ambiente.

El descriptor 16 presenta las mismas características que el anterior (15), por tal razón no se considera aplicable.

El descriptor 17 no varió en ninguna de las variedades, ya que todas presentan cáscara, por tal motivo este no es un buen descriptor para México.

El descriptor 18 sólo en una variedad presentó diferencia, por tal motivo éste se considera bueno y útil para la descripción de las variedades.

El descriptor 19 se considera inadecuado para la descripción, ya que en veinte variedades se tiene variación debido a la interacción con el ambiente.

El descriptor 20 no tuvo variación ni presentó diferencias en el color de la lemma al evaluar las variedades en Roque y Chapingo, por lo cual se considera adecuado para ser utilizado como una herramienta. Diederichsen y Williams (2001) mencionan que el color de la lemma es un carácter fenotípico y no influenciado por el ambiente.

El descriptor 21 no tuvo variación entre ambientes ni entre variedades, por tal motivo no es adecuado para la descripción varietal.

En el descriptor 22 se presentó modificación sólo en una variedad, por lo cual se considera bueno y aplicable para caracterizar la colección.

Para el descriptor 23 en dos variedades se mostraron diferencias entre ambientes, por lo que se considera bueno y aplicable. En éste la calificación 1 se refiere a que no hay presencia de vellosidad; ésta categoría no está contemplada en la guía y se adicionó. La pilosidad se clasifica si está presente o ausente en cualquier parte de la base, y se puede utilizar para identificar las variedades de avena (Jiménez, 1992).

El descriptor 24 tuvo diferencias en ocho variedades al probarse en Chapingo y Roque, por lo cual se considera inadecuado para realizar una descripción.

Para el descriptor 25 se tiene que en 14 variedades se presentan diferencias entre ambientes, y por ello se considera inapropiado como descriptor.

En el descriptor 26 se presenta en 18 variedades diferencias por el efecto ambiente, por tal razón se considera inadecuado.

El descriptor 27 presenta diferencia en sólo cinco variedades, por lo que se considera un buen descriptor.

Para el descriptor 28 se tiene que en veintidós de las variedades se presentó diferencia entre ambientes, por lo que se considera inadecuado.

En el descriptor 29 sólo en cuatro variedades se presentó diferencia en los dos ambientes y de esta manera pudiera considerar para la caracterización.

El descriptor 30 presentó en veintidós variedades diferencias debido al efecto ambiente, y por lo tanto no es aplicable.

Para el descriptor 31 nueve variedades se mostraron diferencias en ambos ambientes, razón por la que se determina no aplicable.

En el descriptor 32 se observaron diferencias debido al ambiente en 13 variedades, por lo que no es aplicable.

El ambiente es un conjunto de condiciones exteriores que afectan la vida y desarrollo de un organismo que cambian constantemente (Wilsie y Watkin, citado por Muñoz, 1983). Stanton (1955) y Coffman (1977) indican que en varias temporadas el ambiente influyó en la expresión de los caracteres fenotípicos

## **4.2. Clasificación de descriptores.**

### **4.2.1. Descriptores que no varían entre las variedades.**

Los descriptores 10, 17 y 21 se consideran como inadecuados debido a que no fueron distintos entre las variedades; un ejemplo de ello es que la posición de las espiguillas en todas las variedades es colgante, presentan grano con cáscara y que no tienen pilosidad posterior de la lemma.

### **4.2.2. Descriptores cualitativos con mucha variación.**

Los descriptores 4, 9 y 32 se vieron fuertemente influenciados por el ambiente, motivo por el cual se catalogan inadecuados para aplicarse y tener datos confiables, por lo que se consideran caracteres fijos pero inestables por su variación debido al ambiente (CIAT, 1983).

### **4.2.3. Descriptores cuantitativos con mucha variación.**

Los descriptores 5, 15, 16, 19, 24, 25, 26, 28, 30 y 31 no se consideran viables, debido a que presentó en gran medida variabilidad, los cuales están influenciados por el ambiente; durante todo el ciclo de cultivo se encontraron diferencias entre las dos localidades, por lo tanto son poco confiables en una descripción varietal, al menos para el caso del presente estudio (CIAT, 1983).

### **4.2.4. Descriptores con poca I G\*A.**

Los descriptores 1, 2, 3, 7, 8, 11, 12, 14, 18, 27 y 29 se consideran los más factibles para poder llevar a cabo una descripción varietal, debido a que son poco influenciados por el ambiente. Coffman (1961) menciona que la avena debe sembrarse en la fecha óptima, para el área determinada para que no se modifique algún descriptor, sin embargo, en el presente estudio se observó que para estos descriptores no importa si se siembran las variedades en fechas y/o ciclos muy diferentes .



#### **4.2.5. Descriptores sin I G\*A.**

Los descriptores que no presentaron variación son: 6, 13, 20, 22 y 23 los cuales se consideran muy útiles, información que permite realizar una buena descripción y diferenciación entre los materiales evaluados, lo que es importante cuando se pretende diferenciar genotipos de una especie (Poey, 1982; CATIE, 1979), y que coincide con lo mencionado por Pérez *et al.*, (2002) al comparar los caracteres de las variedades en estudio, en donde se observó que se tienen similitudes entre ambientes aunque se presentan diferencias estadísticas entre los grupos de variables. Los caracteres son altamente heredables y se expresan en todos los ambientes (IBPGR, 1981).

La precocidad es una característica ligada a las condiciones climáticas locales donde se realizan los estudios de mejoramiento genético en maíz, las cuales pueden variar de 104 a 115 días, (Arellano *et al.*, 2003; Herrera *et al.*, 2004).

#### **4.3 Similitud entre las variedades.**

Con la información de la fase de campo se procedió a realizar los análisis estadísticos. Para el análisis de los datos se realizó una transformación arco seno y se aplicó un análisis de varianza, considerando las 24, 8 y 32 variables en estudio.

Se realizó un análisis tipo clúster, ya que la información que este proporciona permite conocer la similitud que puede estar presente entre las variedades evaluadas, aparte se puede formar grupos de individuos los cuales presentan características similares y otros con características diferentes.

En esta investigación se aplicó la metodología Cluster con los objetivos que a continuación se describen.

- 1- Ver el patrón de agrupamiento de las variedades de avena dado por el Cluster.
- 2- Determinar la posible relación entre las características de las variedades con base en el agrupamiento.
- 3- Definir cuáles son las características que los podría hacer semejantes según los Cluster.

Por su parte, Cornelius *et al.*, (1993), señalan que el análisis de clúster puede ser usado por los mejoradores de plantas en el proceso de selección y/o en la prueba e identificación de los genotipos superiores.

Se realizaron análisis de componentes principales para los tres grupos de variables. El primero para evaluar las 24 características fenológicas establecidos por el SNICS: HDC (hábito de crecimiento), HIP (pilosidad de la vaina), LPM (limbo pilosidad del margen de la hoja), FHC (frecuencia de plantas con hojas vaderas curvadas), TEP (tiempo de emergencia de la panícula 50%, PNS tallo pilosidad de nudo superior), IPN (tallo intensidad de la pilosidad del nudo superior), POR (panícula orientación de las ramificaciones), PLR (posición de las ramificaciones), PPE (posición de las espiguillas), GGC (glauescencia de la lemma), GLD (longitud de las glumas), GGP (grano primario glauescencia de la lemma), IGL (intensidad de la glauescencia de la lemma), PLT (planta longitud tallo y panícula), PLD (panícula longitud), GCA (grano cáscara), GTA (grano primario tendencia a ser aristado), GLL (grano primario longitud de la lemma), GCL (grano color de la lemma), PPL (pilosidad posterior a lemma grano primario), PPB (grano primario pilosidad de la base), PLV (grano primario longitud de la vellosidad de la base), PL2 (grano primario longitud de la raquis).

El segundo para las ocho características fisiológicas propuestas en el presente trabajo: ADL (ancho de la lemma), ADG (ancho de glumas), LDA (longitud de la arista), LHB (longitud de la hoja bandera), AHB (ancho de la hoja bandera), ANS (ancho del nudo superior), LNS (largo del nudo superior), PPS (posición de la pilosidad del nudo superior); y el tercero para las 32 características de la planta donde se incluyeron las 24 del primer grupo y las 8 del segundo grupo.

El ACP ha sido útil en la clasificación de variedades de trigo desde un punto de vista multivariado (Plana *et al.*, 2001); también se ha aplicado para el estudio a nivel racial de la diversidad del maíz en México (Sánchez *et al.*, 2000), y la diversidad en áreas geográficas específicas (Herrera-Cabrera *et al.*, 2004) y se han agrupado poblaciones con base en su coloración de grano (Espinosa-Trujillo *et al.*, 2006).

#### **4.3.1 Con 24 descriptores.**

Para 24 caracteres de la guía del SNICS (Figura 2) en el plano bidimensional definido por los “eigenvalores” = 0.55, para los componentes 1, 2, 3 y 4, cuyas variables acumuladas fueron: 20.36, 13.4, 11.1 y 10.3%, con un total de varianza explicada de 0.55, se pudo observar que las variedades se agregaron en cuatro grupos. Las variables que más contribuyeron a determinar el componente 1 (C1) fueron, pilosidad de la vaina, pilosidad del margen del limbo de la hoja y longitud de panícula; en el componente 2 (C2) fueron hábito de crecimiento, emergencia de la panícula, pilosidad del nudo superior del tallo e intensidad de la pilosidad del nudo superior; en el componente 3 (C3) fueron glaucescencia de la lemma del grano primario e intensidad de la glaucescencia en la lemma; para el componente 4 (C4) fueron longitud del tallo y panícula y en el grano primario longitud de la lemma.

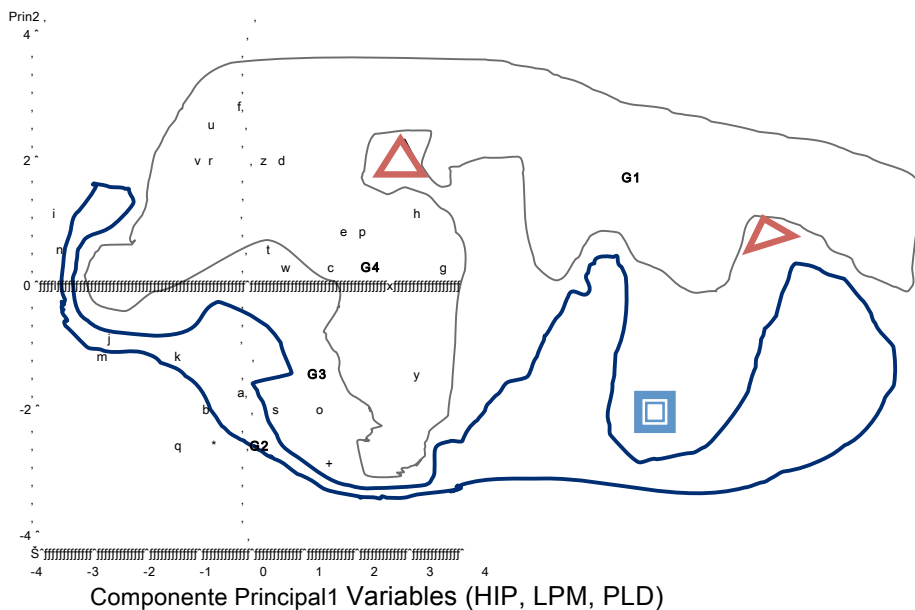


Figura 2. Dispersión de las variedades con base en los dos primeros componentes principales para 24 variables establecidos por el SNICS. (Cada letra está representando a una variedad y G1, G2, G3 y G4 es el número de grupos que se formaron dentro de la gráfica) HDC (hábito de crecimiento), LPM (Limbo: pilosidad del margen de la hoja) y PLD (Panícula: longitud), HDC (hábito de crecimiento), TEP (Tiempo de emergencia de la panícula) e IPN (Tallo: intensidad de la pilosidad).

En el Cuadro 7, se muestran las variables que están describiendo a las variedades de avena al unirlos a los resultados del análisis de componentes principales para cada grupo de variable, con sus respectivos vectores, en donde se representa el peso con que cada variable está contribuyendo a explicar la variabilidad dentro de cada componente.

El análisis de componentes principales PCA, transforman un conjunto de variables correlacionadas en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas. La dimensionalidad real de los datos es igual al número de variables respuesta medidas. Así, un componente principal (Prin) es una combinación lineal de las variables no correlacionadas (Dallas, 2000).

Cuadro 7. Vectores propios (eigenvalores) de los componentes principales, derivados de 24 variables de 28 variedades de avena.

	Prin1	Prin2	Prin3	Prin4
HDC	0.007198	<b>0.369699*</b>	0.286825	0.103975
HIP	<b>0.329200*</b>	0.141016	0.182196	-0.221821
LPM	<b>0.300853*</b>	-0.023102	0.11353	-0.102049
FHC	0.200439	-0.020399	0.207576	0.172222
TEP	0.096968	<b>0.368563*</b>	0.02543	0.297172
PNS	0.259233	<b>0.393922*</b>	-0.079403	-0.116748
IPN	0.214964	<b>0.405283*</b>	-0.053173	-0.146642
POR	0.084839	-0.151863	0.332283	-0.25982
PLR	0.156515	-0.022366	0.212796	0.08638
PPE	0	0	0	0
GGC	-0.086677	0.148168	0.369934	-0.01476
GLD	0.284742	-0.276539	0.095437	0.13183
GGP	-0.27386	0.084383	<b>0.407005*</b>	0.189167
IGL	-0.293604	0.02127	<b>0.388546*</b>	0.007836
PLT	0.091706	0.088859	-0.130291	<b>0.472189*</b>
PLD	<b>0.323683*</b>	0.035934	-0.049592	0.176829
GCA	0	0	0	0
GTA	0.179297	-0.219018	0.238502	0.243657
GLL	0.298582	-0.26148	-0.080098	<b>0.350812</b>
GCL	0.177411	0.085029	0.266176	0.070609
PPL	0	0	0	0
PPB	0.202694	-0.0839	0.071091	-0.333605
PLV	0.205222	-0.233463	0.111901	-0.28593
PL2	0.0862	0.251701	-0.171307	-0.115551

HDC (hábito de crecimiento), HIP (pilosidad de la vaina), LPM (limbo: pilosidad del margen de la hoja), FHC (frecuencia de plantas con hojas vaderas curvadas), TEP (tiempo de emergencia de la panícula 50%), PNS (tallo: pilosidad de nudo superior), IPN (tallo: intensidad de la pilosidad del nudo superior), POR (panícula: orientación de las ramificaciones), PLR (posición de las ramificaciones), PPE (posición de las espiguillas), GGC (glumas glauescencia), GLD (longitud de las glumas), GGP (grano primario: glauescencia de la lemma), IGL (intensidad de la glauescencia de la lemma), PLT (planta: longitud tallo y panícula), PLD (panícula: longitud), GCA (grano: cáscara), GTA (grano primario tendencia a ser aristado), GLL (grano primario: longitud de la lemma), GCL (grano color de la lemma), PPL (pilosidad posterior a lemma grano primario), PPB (grano primario pilosidad de la base), PLV (grano primario longitud de la vellosidad de la base), PL2 (grano primario longitud de la raquis).

En el cuadro 7 podemos apreciar que en el componente principal 1 (C1) las variables que tienden a tener una relación fuerte (es decir tienen elementos en el eigenvector que tienden a ser mayores en el valor absoluto que los otros en el propio eigenvector) son HIP, PLD y LPM. Este componente nos describe la presencia e intensidad de la pilosidad de la vaina en las hojas. En el componente 2 (C 2) las variables que presentan una fuerte presencia son: IPN, PNS, HDC Y TEP, este componente nos hace referencia al nudo superior y a la presencia e intensidad de la pilosidad. El componente 3 (C3) en donde cuyas variables que tienden a presentar una mayor relación son: GGP e IGL, nos hace referencia a la presencia e intensidad en la cual está presente la glaucescencia en la lema. El componente 4 (C4) las variables que tienden a ser mayores en el valor absoluto que otros en su propio eigenvalores son: PLT y GLL que se refiere a las dimensiones que presenta la lemma y a la presencia de la pilosidad que se puede encontrar en este carácter.

Con los componentes de las 24 variables se realizó un análisis de conglomerados para evaluar las 28 variedades de avena.

La mejor definición se obtuvo a una distancia centroíde de 8.5, a éste nivel de discriminación se definieron cuatro grupos (Figura 3). Los grupos 1 y 2 se caracterizan por incluir a la mayoría de las variedades, el grupo 3, lo formó Páramo, el grupo 4 lo conformaron Gema y Cevamex.

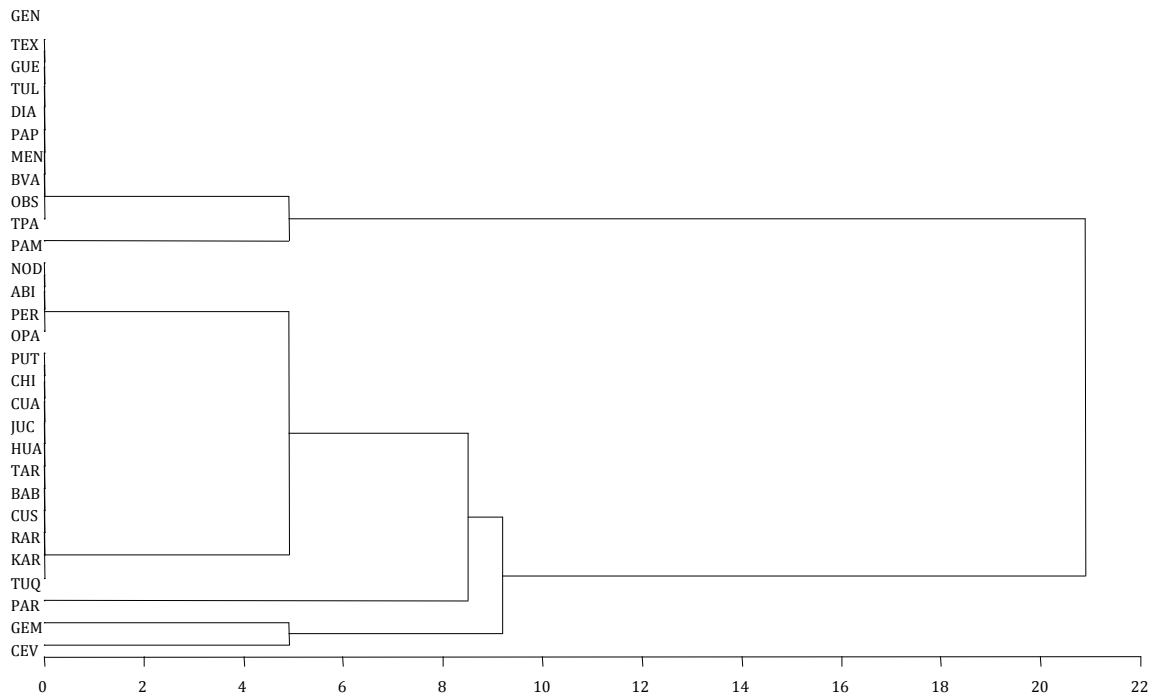


Figura 3. Dendrograma del Análisis Cluster con variables del SNICS para evaluar 28 variedades de avena.

Castañón *et al.*, (1998) mencionan que la similitud entre los genotipos sobre la base de las características fenotípicas, no sólo se da por la semejanza de las características, sino también por cierta tendencia a asociarse por parentesco, aunque esta última es determinante en la formación de los grupos.

La caracterización nos sirve para poder hacer grupos que sean fenotípicamente parecidos entre especies o variedades, por su expresión y combinaciones de los caracteres (Diederichsen y Williams, 2001).

#### 4.3.1. Con ocho descriptores propuestos.

En la Figura 4, se representa en forma gráfica para ocho caracteres, en el plano bidimensional definido por los “eigenvalores” = 0.63, para los componentes 1, 2 y 3, cuyas varianzas acumuladas fueron: 25.6, 21.9 y 16.3%, con un total de varianza explicada de 0.63. En esa figura se puede observar que se forman tres grupos de la variación global; las variables que más contribuyeron para determinar el componente1 (C1) fue el ancho de la hoja

bandera, ancho del nudo superior y largo del nudo superior; para el componente 2 (C2) son ancho de la lema, largo de hoja bandera y color del nudo superior; y el componente 3 (C3) se explicó por el ancho de glumas y la longitud de la arista.

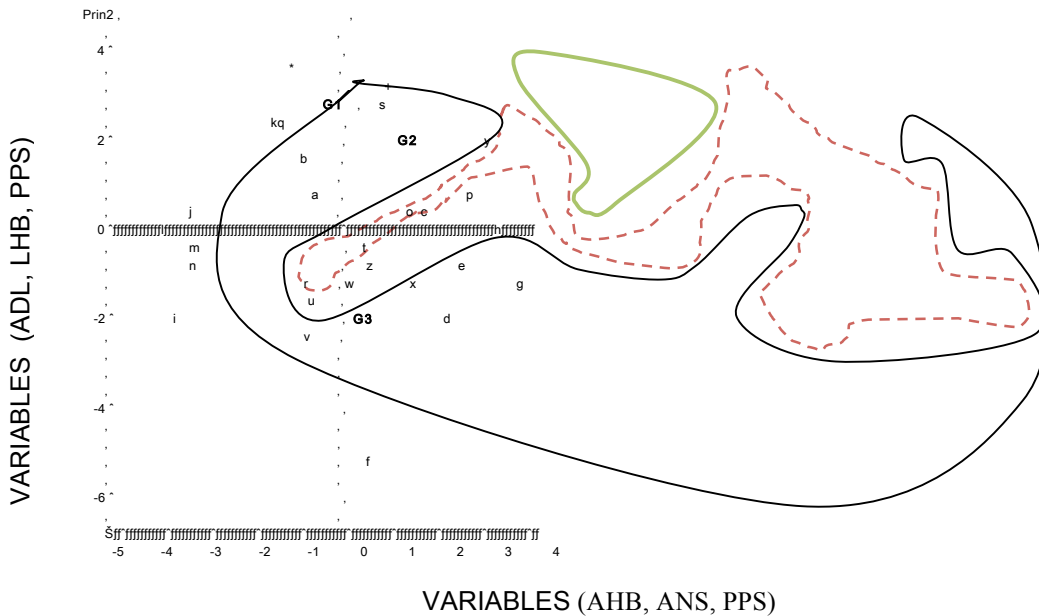


Figura 4. Dispersión de las variedades con base en los dos primeros componentes principales para 8 variables propuestas (Cada letra está representando a una variedad y G1, G2 y G3 es el número de grupo que se formaron). AHB (ancho de la hoja bandera), ANS (ancho del nudo superior) y PPS (color del nudo superior), ADL (ancho de la lemma), LHB (largo de la hoja bandera) y PPS (posición de la pilosidad del nudo superior).

En el Cuadro 8, se muestran las ocho variables que están describiendo a las variedades de avena que al unir las a los resultados del análisis de componentes principales para cada grupo de variables con sus respectivos vectores, nos representa el peso con que cada variable está contribuyendo a explicar la variabilidad dentro de cada componente.



Cuadro 8. Vectores propios (eigenvalores) de los componentes principales, derivados de 8 variables (para la caracterización) de 28 variedades de avena.

	Prin1	Prin2	Prin3
ADL	0.053192	<b>0.568722*</b>	-0.090646
ADG	-0.168555	0.236690	<b>0.544722*</b>
LDA	0.006752	0.236627	<b>0.660976*</b>
LHB	0.410297	<b>-0.404301*</b>	0.359656
AHB	<b>0.483143*</b>	-0.301415	0.195124
ANS	<b>0.537607*</b>	0.324094	-0.015966
LNS	<b>0.517755*</b>	0.33840	-0.236962
PPS	0.099251	<b>-0.301129*</b>	-0.185311

ADL (ancho de la lemma), ADG (ancho de glumas), LDA (longitud de la arista), LHB (longitud de la hoja bandera), AHB (ancho de la hoja bandera), ANS (ancho del nudo superior), LNS (largo del nudo superior), PPS (posición de la pilosidad del nudo superior). \* Significativas.

En el Cuadro 8, podemos apreciar que en el componente principal 1 (C1) las variables que tienden a tener una relación fuerte (es decir tienen elementos en el eigenvector que tienden a ser mayores en el valor absoluto que los otros en el propio eigenvector) son: AHB, ANS y LNS lo cual nos hace referencia a la dimensión de la hoja bandera que para nuestro caso tiene una marcada presencia al tener valores mucho mayores que las de otras variables evaluadas. Para el componente 2 (C2) podemos observar que la variable con mayor presencia es ADL, el cual nos hace referencia al ancho de la lema; el componente 3 (C3) las variables que tienden a ser mayores son: LDA y ADG, las cuales hacen referencia a la longitud de la arista y ancho de la gluma.

Con los componentes de las ocho variables propuestas se realizó un análisis de conglomerados para evaluar las 28 variedades de avena. La mejor definición se obtuvo a una distancia centroíde de 6.1; a este nivel de discriminación se definieron 3 grupos (Figura 5). Los grupos 2 y 3 se caracterizan por incluir a la mayoría de las variedades; mientras que en el grupo 1 sólo se tiene a tres variedades (Texas, Pampa y Papigochi).

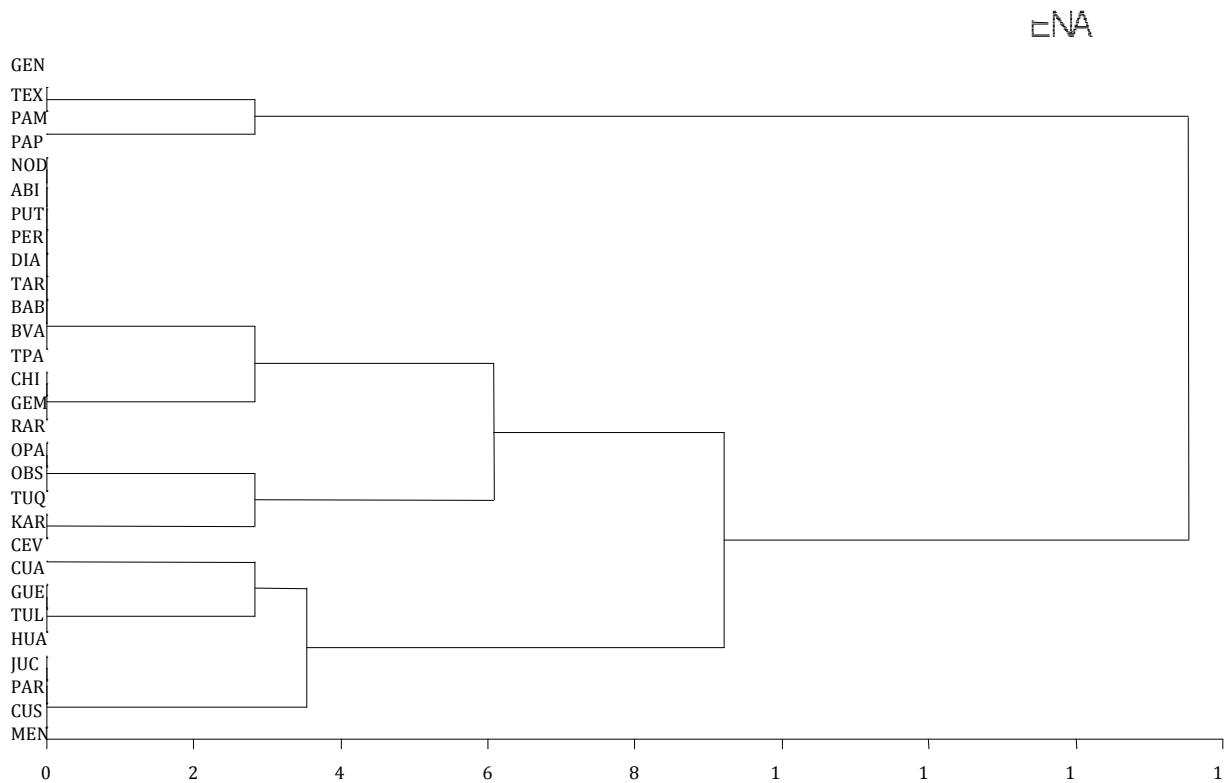


Figura 5. Dendrograma del Análisis Cluster con ocho variables propuestas para evaluar 28 variedades de Avena.

En el dendrograma se observa que el ámbito de 6.1 de distancia de ligamiento promedio se formó tres grupos, en los cuales como era de esperarse hubo mucho parecido de esta clasificación a la dada por componentes principales 1, 2 y 3 (Figura 5).

Ortega y Sánchez (1989) mencionan que el análisis de grupos permite una agrupación confiable de las poblaciones con base a los caracteres evaluados; el uso de poblaciones sobresalientes o como variables con mayor estabilidad, como las que emplearon Ortega y Sánchez (1989), Sánchez y Gooman (1992 citado por González *et al.*, 2008) y Herrera *et al.*, (2004), serían de gran utilidad en estudios futuros para evaluar la diversidad y especialmente, para determinar las interrelaciones entre éstas y otras poblaciones de genealogía desconocida.

#### 4.3.2. Con 32 descriptores.

Para 32 carácter es (Figura 6) en el plano bidimensional definido por los “eigenvalores” = 0.51, para los componentes 1, 2, 3 y 4, cuyas varianzas acumuladas fueron: 17.2, 13.5, 10.8 y 0.97%, con un total de varianza explicada de 0.513. En la Figura 6 se puede observar que las variedades se agregaron en cuatro grupos. Las variedades que más contribuyeron a determinar el componente 1(C1) fueron, hojas inferiores pilosidad de la vaina, tallo pilosidad del nudo superior, panícula longitud y el color del nudo superior; en el componente 2 (C2) fueron, longitud de las glumas, grano primario tendencia de ser aristado y longitud de la arista; en el componente 3 (C3) fueron, planta: longitud tallo y panícula, ancho de nudo superior y largo del nudo superior; para el componente 4 (C4) fueron, grano primario glaucescencia de la lemma y ancho de la lemma.

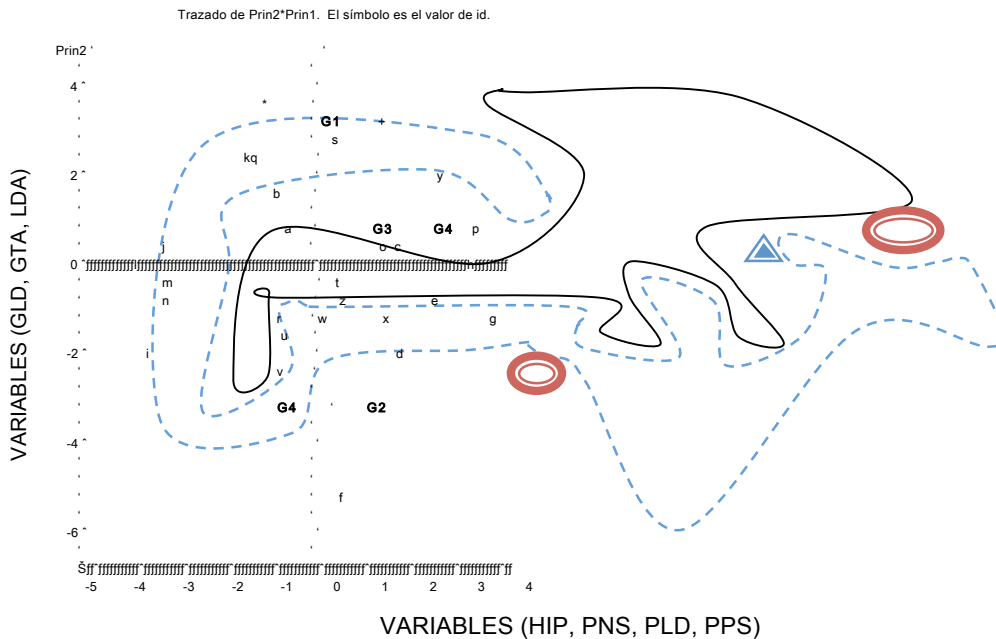


Figura 6. Dispersión de las variedades con base en los dos primeros componentes principales para 32 variables propuestas (Cada letra está representando a una variedad y G1, G2, G3 y G4 es el número de grupo que se formaron). HIP (hábito de crecimiento), PNS (tallo: pilosidad de nudo superior), PLD (panícula: longitud) y PPS (posición de la pilosidad del nudo superior). GLD (longitud de las glumas), GTA (grano primario: tendencia a ser aristado) y LDA (longitud de la arista).

En el Cuadro 9, se muestran las variables que están describiendo a las variedades de avena como resultado del análisis de componentes principales para cada grupo de variables con sus respectivos vectores y representa la magnitud con que cada variable está contribuyendo a explicar la variabilidad dentro de cada componente.

Cuadro 9. Vectores propios (eigenvalores) de los componentes principales, derivados de 32 variables de 28 variedades de avena.

	Prin1	Prin2	Prin3	Prin4
--	-------	-------	-------	-------

HDC	0.035349	-0.184075	0.029594	0.291778
HIP	<b>0.281444*</b>	-0.029736	-0.238978	0.184282
LPM	0.24341	0.032792	-0.065071	-0.029344
FHC	0.181642	0.071355	0.064444	0.051829
TEP	0.155564	-0.224101	0.258895	0.143469
PNS	<b>0.270238*</b>	-0.298043	-0.152832	0.128391
IPN	0.218114	-0.279822	-0.229954	0.183899
POR	0.065255	0.214804	-0.216688	0.160494
PLR	0.129089	0.156944	-0.102657	0.185823
PPE	0	0	0	0
GGC	-0.045812	-0.031604	0.046612	0.216895
GLD	0.225952	<b>0.289892*</b>	-0.017111	0.053584
GGP	-0.239354	0.063984	0.100445	<b>0.400723*</b>
IGL	-0.260302	0.062009	-0.001578	0.301051
PLT	0.10715	-0.033991	<b>0.394294*</b>	0.082908
PLD	<b>0.329048*</b>	-0.032073	0.152063	-0.071433
GCA	0	0	0	0
GTA	0.192407	<b>0.292506*</b>	0.109853	0.031979
GLL	0.255696	0.264481	0.139935	-0.068831
GCL	0.160724	0.075353	-0.067272	0.280979
PPL	0	0	0	0
PPB	0.155394	0.018906	-0.193051	-0.149211
PLV	0.164796	0.152998	-0.152201	-0.213557
PL2	0.084674	-0.241022	0.034269	0.042125
ADL	0.061667	0.203619	-0.040504	<b>0.367643*</b>
ADG	0.058198	0.213528	-0.177686	0.085999
LDA	0.137143	<b>0.350240*</b>	0.077895	-0.026072
LHB	0.195659	-0.089734	0.125827	-0.228696
AHB	0.099364	-0.093099	0.304183	-0.153958
ANS	0.16255	0.075973	<b>0.361734*</b>	0.110046
LNS	0.042832	-0.036185	<b>0.385218*</b>	0.203422
PPS	<b>0.272947*</b>	-0.314982	-0.130595	0.077429

HDC (hábito de crecimiento), HIP (pilosidad de la vaina), LPM (limbo: pilosidad del margen de la hoja), FHC (frecuencia de plantas con hojas vaderas curvadas), TEP (tiempo de emergencia de la panícula 50%), PNS (tallo: pilosidad de nudo superior), IPN (tallo: intensidad de la pilosidad del nudo superior), POR (panícula: orientación de las ramificaciones), PLR (panícula: posición de las ramificaciones), PPE (panícula: posición de las espiguillas), GGC (glumas: glaucescencia), GLD (longitud de las glumas), GGP (grano primario: glaucescencia de la lemma), IGL (intensidad de la glaucescencia de la lemma), PLT (planta: longitud tallo y panícula), PLD (panícula: longitud), GCA (grano: cascara), GTA (grano primario: tendencia a ser arestado), GLL (grano primario: longitud de la lemma), GCL (grano: color de la lemma), PPL (pilosidad posterior a lemma grano primario), PPB (grano primario: pilosidad de la base), PLV (grano primario: longitud de la velloidad de la base), PL2 (grano primario: longitud de la raquis), ADL (ancho de la lemma), ADG (ancho de glumas), LDA (longitud de la arista), LHB (longitud de la hoja bandera), AHB (ancho de la hoja bandera), ANS (ancho del nudo superior), LNS (largo del nudo superior), PPS (posición de la pilosidad del nudo superior). \* Significativas.

En el Cuadro 9, podemos apreciar que en el componente principal 1 (C1) las variables que tienden a tener una relación fuerte son: PLD, HIP, PPS y PNS, y se hace referencia a la longitud de la panícula en este componente.

Para el componente principal 2 (C2) las variables que tienden a tener una relación fuerte son: LDA, GTA y GLD, componente que hace referencia a la arista; en el componente principal 3 (C3) las variables que tienden a tener presencia son: PLT, LNS y ANS, éste tiene mayor importancia en relación a la altura de las plantas; el componente 4 (C4) las variables que tienden a tener una relación fuerte son: GGP y ADL, éste tiene presencia en relación de la serosidad o glaucescencia en la lema, la cual no fue muy importante al menos para este análisis.

La mejor definición se obtuvo a una distancia centroíde de 9.6, a éste nivel de discriminación se definieron cuatro grupos (Figura 7). Los grupos 1 y 2 se caracterizan por incluir a la mayoría de las variedades, el grupo 3, lo formó Páramo, el grupo 4 lo conformaron Gema y Cevamex. Como se puede observar en este análisis se repite la información arrojada, al evaluar las 24 variables, la única diferencia que se tiene es la distancia en la cual se llevó a cabo el corte. Lo anterior plantea la posibilidad de que en algunas variedades, las variables analizadas tengan componentes hereditarios (Yu y Tuinstra, 2001).

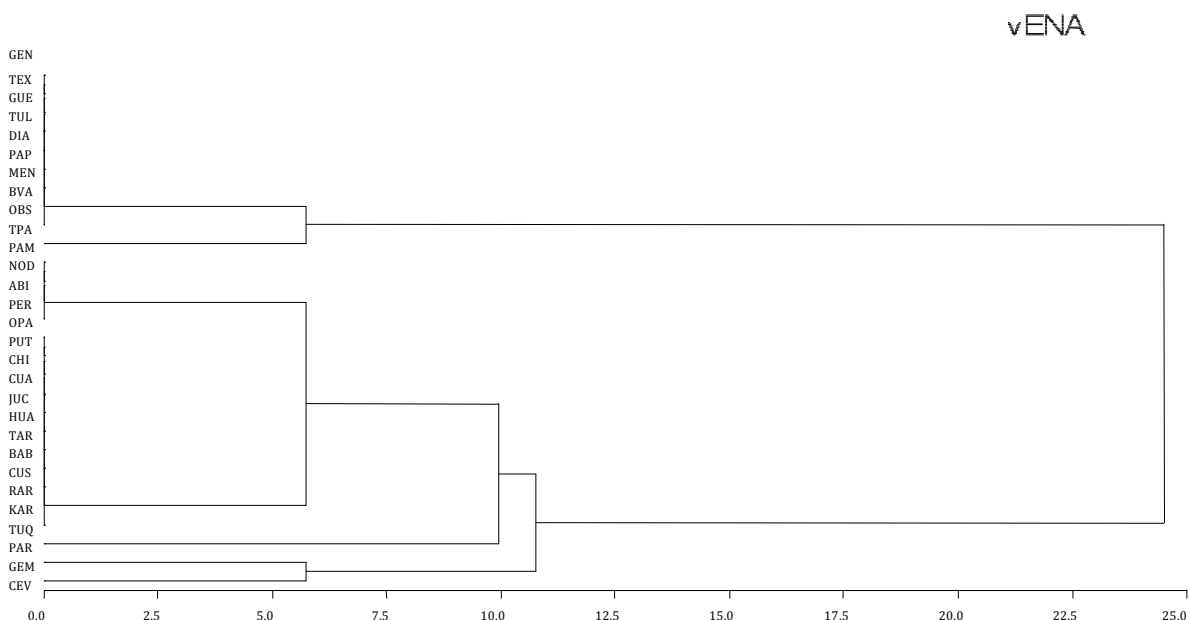


Figura 7. Dendrograma del Análisis Cluster con 32 variables para evaluar 28 variedades de avena

De la Cuadra y Rey (1992) mencionan que el carácter pilosidad es más constante, los caracteres de producción de las semillas, número de semillas por panícula, peso de la semilla y porcentaje de semillas abortadas, están muy influidos por las condiciones ambientales en las que se desarrollan las plantas progenitoras.

## V. CONCLUSIONES

Las variedades presentan diferencia en relación a similitudes, ya que las características por las cuales se relacionan son menores. Las características que agrupan las variedades son: **LPM, PLR, PPE, GGC, GGP, GCA y PPL**, sólo 7 de 32 características, son las que están involucradas en diferente grado de presencia, por lo tanto se considera que las variedades evaluadas si son diferentes.

Observaciones a la guía técnica del SNICS, la cual no contempla ciertos caracteres, como: el descriptor No. 7 (Tallo: intensidad de la pilosidad del nudo superior), en el cual indique si ésta se encuentra arriba, abajo, en ambas partes o nula; en el descriptor No. 14 (Grano primario: Intensidad de la glaucescencia de la lema), en vez de muy débil que se aplique el término nula; y para el

descriptor No. 23 (Grano primario: longitud de la vellosidad de la base), siendo las únicas opciones: corta, media y larga, a lo que se sugiere incorporar la categoría nula, debido a que se tienen variedades en las que no se presenta.

Los descriptores que son útiles y de aplicación general son los siguientes: 1, 2, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 18, 20, 22, 23 y 27. Pero si somos más estrictos con los descriptores de la guía, para poder llevar a cabo una descripción confiable de las variedades de avena cultivadas en nuestro país serían: 6, 13, 20, 22 y 23, ya que éstos no son modificadas por el ambiente.

Se deberá buscar otros caracteres para facilitar la discriminación entre variedades, ya que de los 24 establecidos por el SNICS algunos son confusos o de poca utilidad. En algunos se observó variación a través de ambientes.

Como producto del análisis de resultados se concluye que: de los descriptores propuestos el número 27 (longitud de arista) es eficiente para la caracterización de variedades de avena.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- Aitken**, Y. 1977. Conceptos agronómicos y producción foliar. *Agrociencia* 28: 115-143.
- Aguado** M., A. M. 1978. Diez temas sobre los cereales. Tercera edición. Ministerio de Agricultura. Publicaciones de extensiones agrarias. Madrid, España. pp. 102-107.
- Alimento** saludable 2007. [<http://alimentos-saludables.cl/avena.html> consultado el 25/05/07].
- Anderson**, T. W. 1984. *An Introduction to Multivariate Statistical Analysis*. Second edition. Wiley and Sons. United States of America. California 675 p.
- Archilla** M, A. B. y **M. Hernández** M. 2002. Efecto de la roya (*Puccinia graminis* f. sp. *avenae* Eriks y Henn) sobre el rendimiento y sus componentes en avena (*Avena sativa* L). Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 50 p.

- Baum**, B. R. 1977. Oats: wild and cultivated. A monograph of the genus *Avena* L (Poaceae). Canada Department of Agricultura, No. 14 Ottawa. pp. 31-35.
- Brauer** H., O. 1973. Fitogenética Aplicada. Primera reimpresión. Limusa. México. Primera reimpresión institud fur verfahrenstechnik, Berlin 518 p.
- Bonnet**, O. T. 1961. The oat plant: its histology and development. Boletín 672. University of Illinois. Agricultural Experiment al Station, Urbana, Illinois, EUA. 112 p.
- Borlaug**, N.E. 1969. Mejoramiento de trigo, su impacto en el abastecimiento mundial de alimentos. Sobretiro No. 2. CIMMYT, El Batán, Edo. de Méx., México. 40 p.
- Brown**, C. M. 1980. Oat; In hybridization of crops plants. Publisher Walter R. Fehr and Herry H. Hadley. American Society of Agronomy and Crop Science Society, of American, Wisconsin, U.S.A. pp. 427- 441.
- Castañón**, N G. 1998. Análisis clúster en híbridos y sintéticos de maíz de temporal en Veracruz, México. Universidad de Costa Rica. Agronomía Mesoamericana 9(2): 77-81. 1998.
- Duffus**, D. 1985. Las semillas y sus usos. AGT EDITOR, S.A. México. DF. 188 p.
- CATIE**. 1979. Los Recursos Genéticos de las Plantas Cultivadas de América Central. Centro de Agricultura Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 217 pp.
- Ceccarelli**, S. 1994. Specific Adaptation and breeding for marginal conditions. *Euphytica*, 77: pp 205-219.
- CIAT**. 1983. Metodología para obtener semillas de calidad. Arroz, Frijol, Maíz, Sorgo. Unidad de Semillas. CIAT. Cali, Colombia. 194 pp.
- Coffman**, F. A. 1961. Oats and oats improvement. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. E.U.A. pp 87-119.
- Coffman**, F.A. 1977. Oat history, identification & classification. Technical Bull N 1516. USDAARS, Washington D.C. pp 85-95.
- Cornelius**, P. L., Van Sanford and D. A. Seyedsadr. 1993. Clustering cultivars into groups without rank-change interactions. *Crop Sci.*33: 1193-1200.
- Chong**, James. 2001. OAT NEWSLETTER, Edited by, Cereal Research Centre, Agriculture & Agri-Food Canada, Winnipeg. Volume 47 August.



- Dallas**, E. J. 2000. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Brooks Cole Publishing. Kansas State University. E.U.A. 561p.
- De la Cuadra**, C. y **Rey C.**, 1992. Características agronómicas de la especie *Avena sterilis* (L.) en relación con su papel de mala hierba. Depto. de Producción y Tecnología de Alimentos. CITINIA. Revista Boletín de Sanidad Vegetal y Plagas. pp 789-800.
- Díaz del Pino A.** 1953. Cereales de primavera. Ed. Salvat Barcelona, España. 458 p.
- Diederichsen A.** y **D. J. Williams** 2001. La caracterización de germoplasma Agrobotanica *Avena sativa* en los recursos de los genes de plantas de Canada, Agriculture and Agri-Food Canada, 107 Ciencia Lugar, Saskatoon, Canada.
- Espinosa-Trujillo E.**, **C. Mendoza-Castillo** y **F. Castillo-González.** 2006. Diversidad fenotípica entre poblaciones de maíz con diferentes grados de pigmentación. Revista Fitotecnia Mexicana. 29: 19-23.
- Espitia R.**, **E y H. E. Villaseñor, M.** 2000. El rendimiento de grano en relación a la morfología, desarrollo y fisiología en trigo. *In*: Villaseñor-M, H. y Espitia E. El Trigo de Temporal en México. SAGAR; INIFAP, Campo Experimental Valle de México (libro técnico No. 1). Chapingo, México. pp 54-83
- Espitia R. E.**, **H. E Villaseñor M.**, **R. Tovar, P. Pérez y A. Limón.** 2002. Momento óptimo de corte y comparación de genotipos de avena forrajera. *In*: Memoria del XIX Congreso Nacional de Fitogenética. Saltillo, Coah., México. 282 p.
- FAO.** 1982. Technical guideline for maize seed technology for agricultural development. Seed Sci. and Technology. 3: pp 415-420.
- FAO.** 2007. World information and early warning system of PGRFA. <http://apps3.fao.org/wIEWS/wIEWS.jsp>. Cited December 2007.
- Falguera M. H.** y **Mouat Z. P.** 2006 *Avena sativa* para grano o forraje y *A. strigosa* para alimentación animal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile.

- Franco**, L. T. y R. Hidalgo 2003. Análisis estadístico de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín técnico No.8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p.
- Flores**, B. O. 2006. La avena: obsequio de la naturaleza <http://www.cuadracontigo.com/avena.htm>. [Visitada el 18 de noviembre el 2007]
- García** M, E. 1987. Modificaciones del sistema de clasificación climático de Kopen. 4ª edición, México, D.F. 55 p.
- González** H. A. L. M; Vázquez G. J.; Sahagún C. y. Rodríguez P J. E. 2008. Diversidad fenotípica de variedades e híbridos de maíz en el valle Toluca-Atacomulco, México. Revista Fitotecnia Mexicana 31: 67-76.
- González** T. F., H. C. Rojo. 2008. Gramíneas y Seudocereales. Ed. Mundi Prensa, Portuario de agricultura: cultivos agrícolas, 1 - 20 p.
- Herrera-Cabrera**, B. E., F. Castillo-González, J. J. Sánchez-González, J. M. Hernández-Casillas, R. A Ortega-Pazkca y M. Major-Goodman. 2004. Diversidad del maíz chalqueño. Agrociencia 38: 191-206.
- IBPGR**, 1981. Oat descriptors. International Board for plant Genetic Resources, Roma. 150 p.
- Instituto** Nacional de Semillas y Plantas de Viveros (**INSPV**). 1976. Apuntes sobre identificación de cereales, Madrid, España. pp 45-55.
- Jiménez** G., C. 1979. Descripción de variedades de avena cultivada en México. INIA, CAEVAMEX. México. DF. 65 p.
- Jiménez** G., C. A. 1982. Selección masal gravimétrica en avena (*Avena sativa* L.) y su eficiencia relativa al método genealógico. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de Méx., México. 85 p.
- Jiménez** G., C. A. y U. Maldonado. 1983. Oat cultivars in México. Oat Newsletter 34:45-48.
- Jiménez** G., C. A. 1992. Descripción de variedades de avena cultivadas en México. SARH, INIFAP, CIRCE, CEVAMEX. (Folleto Técnico No. 3). Chapingo, Edo. de Méx., México. 72 p.
- Johnson**, G. R. 1977. Analisis of genotypic similary in terms of mean yield and stability of environmental response in a set of maize hybrids. Crops Sci 17: 837-843.

- Leonard**, W. H. and Martin. J. H. 1963. Cereal crops. The Macmillan Company. New York, New York. E.U.A. 824 p.
- Lewis**, D. 1951. Structure of the incompatibility gene. III. Types of spontaneous and induced mutation. *Heredity* 5:399-414.
- Leyva** M., S. G., E. Espitia R., H. E. Villaseñor M. y J. Huerta E. 2004. Pérdidas ocasionadas por *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* Eriks. y Henn., causante de la roya del tallo en seis variedades de avena (*Avena sativa* L.) en los Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22: 166-171.
- López** B. L. 1991. Cultivos herbáceos. Vol. 1, CEREALES. Editorial Mundi Prensa. Madrid España. pp 69-289.
- Loskutov** I. G. 1998. The collection of wild oat species of CIS as a source of diversity in agricultural traits. *Genetic Resources and Crop Evolution* 45:291–295.
- Loskutov** I. G. 1999. Vavilov and his institute. A history of the world collection of plant genetic resources in Russia. IPGRI, Rome. Italia pp. 1-5
- Loskutov**, I. G., 2001. Interspecific crosses in the genus *Avena* L. (Russ.). *Genetika (Moskva)* 37:581-590.
- Márquez**, C.L.A.1990. Rendimiento y calidad de la semilla de avena en relación a la fertilización, densidad de siembra y zona de producción. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 105 p.
- Martínez-Valdés**, M. G. 1990. Descripción varietal de 10 cultivares de avena (*Avena sativa* L.) bajo condiciones de laboratorio e invernadero. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 115 p.
- Mercado** P., L. A. 1988. Evaluación del avance obtenido por mejoramiento genético en las variedades mexicanas de avena. Tesis de Licenciatura. FES, Cuautitlán. UNAM. México, D.F. 127 p.
- Moreno** G., R. 1968. Aspectos del mejoramiento de los cereales en México. *In: Memoria del Tercer Congreso Nacional de Fitogenética*. Chapingo, Edo. de Méx., México. 16 p.
- Muñoz**, A.G. 1983. Efecto de tres dosis de nitrógeno sobre los descriptores varietales de arroz. Tesis Maestría en Ciencias en Ingeniería Agrícola. Bogotá, Colombia. pp 25- 57.

- Ortega** P. R, y G. J. Sánchez. 1989. Aportaciones al estudio de la diversidad de maíz en las partes altas de México. *Rev. Fitotec. Méx.* 12:105-119.
- Plana**, R., M. Álvarez., I. Moreno., A. Ramírez y A. Caballero. 2001. Evaluación de una colección de variedades de trigo (*Triticum aestivum*) resistentes a *Helminthosporium sativum* en el occidente de Cuba. *Cultivos Tropicales* 22 2: 29-31.
- Pecina** M., J. A., 2008. Diversidad genética y potencial de poblaciones criollas de maíz del Centro-Sur de Tamaulipas, México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 98 p.
- Pérez** C. A., J. D. Molina G. y A. Martínez G. 2002. Adaptación a clima templado de razas tropicales y subtropicales de maíz de México por selección masal visual. Rendimiento, altura de planta y precocidad. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 25: 435-441.
- Poehlman**, J. M. 1971. Mejoramiento genético de las cosechas. Ed. Trillas, México. 511 p.
- Poey**, F. 1982. La descripción varietal: Fundamentos para el control de la pureza genética de las semillas. Reunión regional de semillas en la 28. Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, PCCMCA. [3. Regional seed meeting at the 28. Annual meeting of the Central American Cooperative Program for Food Crops Improvement, PCCMCA]. 210 p.
- Reeves** D. L. and Sraon S. H. 1976. How an oat plant develops. Bolletin 645. Agricultural Experiment Station South Dakota State University, U.S.A.
- Rincon- Sánchez**, F. 1996. The use of multivariate analysis in developing subsets of a Caribbean collection of maize. pH D Thesis. Lincon, Nebraska University. 85 p.
- Rivas** A., O. A. 1988. Identidad varietal en maíz es relación con la estabilidad de diversos caracteres. Tesis M. C. Colegio de posgraduados, Centro de Genética, Montecillos México. 110 p.

- Salvador** F. M. 2001. Análisis de conglomerados o cluster ", [en línea] *5campus.org, Estadística* <<http://www.5campus.org/leccion/cluster> > Mayo 2006.
- Sánchez** G., J. J. 1995. El análisis Biplot en clasificación. *Revista Fitotecnia Mexicana* 18:188-203.
- Sánchez** G., J. J., Goodman, M. M. and Stuber. C. W. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Economic Botany* 54:43-59.
- Santacruz** V., A. 2006. Utilización de los recursos fitogenéticos. Sociedad Mexicana de Fitotecnia. Informe nacional. 1 11-115 p.
- Semillas Purasangre**. 1997. Variedades mexicanas de avena, producidas por Semillas Purasangre. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Chihuahua, México. 65 p.
- SIAP**. 2008. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. SAGARPA. México.
- SNICS**. Guía Técnica para la descripción varietal de avena, 2001. pp. 5-17
- Stanton**, T.R., 1955. Oat identification and classification. USDA, Washington D.C. 206 p.
- Unión Vegetariana Internacional (IVU)** 2006. <http://www.ivu.org/spanish/recipes/>
- University** of California, Division of Agriculture and Natural Resources. 1990. Integrated pest management for small grains. Publicación 3333. University of California, Oakland, California. E.U.A. 126 p.
- Villaseñor** M., H. E., J. Huerta E., R. González., G. Leyva., J. Salmerón., L. Osorio., C. Jiménez., J. López., E. Solís., B. Cabañas y E. Espitia. 2007. Estrategias en la selección de líneas avanzadas de avena por resistencia durable a roya del tallo (*Puccinia graminis* f. sp. *avenae*). In: Memorias del IX Congreso Internacional y XXXIV Congresos Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitogenética A.C. Cancún, Quintana Roo, México. p. 72.
- Yang** R. C., Jana S., Clarke J. M. 1991. Phenotypic diversity and association of some potentially drought-responsive characters in durum wheat. *Crop. Sci.* 31:1484–1491

**Yu, J., Tuinstra M. R; Claassen M. M; W.B. Gordon, and M.D. Witt. 2001.**  
Analysis of cold tolerance in sorghum under controlled environment  
conditions. *Field Crops Res.* 85:21–30.