



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GENÉTICA

**INTEGRACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA COLECCIÓN
NÚCLEO DE TRIGO DURO (*Triticum turgidum* subsp. *durum*)
PROVENIENTE DEL CENTRO DE RECURSOS FITOGENÉTICOS
DE CIMMYT**

BIBIANA MERCEDES ESPINOSA GARCÍA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO
2014

La presente tesis titulada: Integración y caracterización de una colección núcleo de trigo duro (*Triticum turgidum* subsp. *durum*) proveniente del Centro de Recursos Fitogenéticos de CIMMYT, realizada por la alumna: Bibiana Mercedes Espinosa García, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GENÉTICA

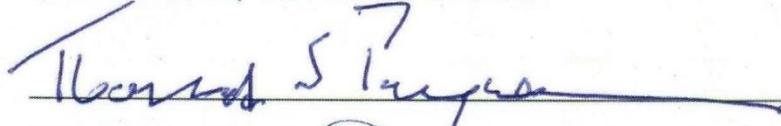
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. TARSICIO CORONA TORRES

DIRECTOR:
DE TESIS



DR. THOMAS S. PAYNE

ASESOR:



DR. ROBERTO JAVIER PEÑA BAUTISTA

ASESOR:



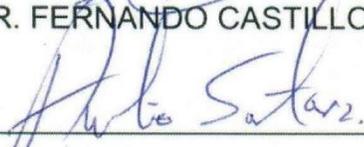
DR. IGNACIO BENITEZ RIQUELME

ASESOR:



DR. FERNANDO CASTILLO GONZÁLEZ

ASESOR:



DR. AMALIO SANTACRUZ VARELA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Octubre de 2014

AGRADECIMIENTOS

Al Banco de Germoplasma y Programa de Trigo Duro de CIMMYT; al Departamento de Genética del Colegio de Postgraduados y CONACYT por el apoyo brindado para la realización de mis estudios de doctorado.

Al Dr. Thomas S. Payne y Dr. Roberto J. Peña Bautista por la confianza que tuvieron en mí desde el día en que me conocieron, y por el apoyo incondicional que me han brindado después de haber trabajado conmigo y descubrir los matices de mi peculiar forma de ser. Los respeto y aprecio inmensamente.

A los Doctores Tarsicio Corona T.; Ignacio Benítez R.; Amalio Santacruz V.; Fernando Castillo G., Karim Ammar y Jorge Franco por el apoyo, paciencia y constancia en el seguimiento de este proyecto de investigación. Gracias por sus enseñanzas y consejos, fue un placer haberlos conocido y que me hayan asesorado durante este proceso.

A Dalila por la ayuda y guía que me brindó con los procedimientos y protocolos a seguir en el Colegio de Posgraduados y el Departamento de Genética. Tu paciencia y consejos siempre estarán en mi memoria y corazón.

Al Dr. Suketoshi Taba, quien aconsejó al Dr. Tom que me entrevistara para la posición de Asistente Principal de Investigación para la Colección de Trigo en el Banco de Germoplasma, y marcó el inicio de un trayecto que continuo recorriendo con mucha satisfacción.

A mi equipo de trabajo: Fernando, Jesús, Hedilberto, Rocío, Sergio, Clara, Octavio, Alejo, *et al.* por el esfuerzo, compromiso y dedicación para lograr cada una de las metas que hemos fijado. Son trabajadores excelentes y personas muy especiales que me hacen sentir orgullosa y me inspiran a seguir buscando nuevas brechas.

DEDICATORIAS

A mi hijo Rodrigo Y. Espinosa García, que luchó por su vida tres veces desde antes de nacer. Eres el guerrero que me inspira cada día, te amo y sé que te debo muchos fines de semana, guerras de cosquillas y canciones.

A mis padres, Nicolás y María Elia, por su amor, apoyo y comprensión en cada etapa de mi vida. Gracias a ustedes, y a nuestra historia me he convertido en la persona que soy hoy. Los amo a ambos y agradezco a Dios por sus vidas.

A mis hermanos Miriam, Norma, Nohemí y Salvador; mis cuñados Alejandro y Enrique; mis sobrinos Priscila, Leo, Isaías y Danae. Por ayudarme a cuidar a Rodrigo y hacer ligeras para él mis ausencias en fines de semana y durante mis viajes. Sin su amor y ayuda no habría logrado terminar esta meta.

A David Jiménez Torres por 16 años de amistad y presencia en mi vida sin importar la distancia física. Tu apoyo y cariño son invaluableles.

A mis amigos y compañeros de CIMMYT a quienes admiro y aprecio mucho. Gracias por su apoyo, regaños, ánimos, pero sobre todo por su cariño y tiempo.

CONTENIDO

RESUMEN GENERAL	1
GENERAL ABSTRACT	2
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Objetivo general	6
1.3 Objetivos específicos	6
1.4 Hipótesis	7
CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
2.1 Programa de mejoramiento de trigo duro de CIMMYT	8
2.2 Conservación de germoplasma de trigo en CIMMYT	14
2.3 Formación de colecciones núcleo	17
2.4 Diversidad genética en trigo duro.....	21
2.5 Colecciones núcleo de trigo duro	22
CAPITULO III. COLECCIÓN NÚCLEO DE LÍNEAS ELITE DE TRIGO DURO (<i>Triticum turgidum</i> subsp. <i>durum</i>) DE CIMMYT UTILIZANDO INFORMACIÓN FENOTÍPICA	25
Resumen.....	25
3.1 Introducción.....	26
3.2 Materiales y Métodos	29
3.2.1 Siembra.....	29
3.2.2 Parámetros fenotípicos	30
3.2.3. Análisis estadísticos	32
3.3 Resultados	34
3.4 Discusión.....	49
3.5 Conclusiones.....	54
3.6 Bibliografía	55

CAPITULO IV. COLECCIÓN NÚCLEO DE LÍNEAS ELITE DE TRIGO DURO (<i>Triticum turgidum</i> subsp. <i>durum</i>) de CIMMYT UTILIZANDO INFORMACIÓN GENOTÍPICA.....	57
Resumen.....	57
4.1 Introducción.....	59
4.2 Materiales y Métodos	62
4.2.1 Material vegetal	62
4.2.2 Muestras de ADN	62
4.2.3 Genotipo por secuenciación (GBS)	63
4.2.4 Frecuencias alélicas y medidas de la diversidad genética	65
4.2.5 Método de agrupamiento	66
4.2.6 Elección de la colección núcleo.....	67
4.3 Resultados	68
4.3.1 GBS para evaluar la diversidad genética	68
4.3.2 Determinación de grupos	68
4.3.3 Elección de las accesiones para la colección núcleo	71
4.4 Discusión.....	79
4.4.1 GBS como herramienta para evaluar diversidad genética	79
4.4.2 Eras del programa de mejoramiento de trigo duro de CIMMYT	81
4.4.3 Agrupamiento y selección de la muestra para la colección núcleo	82
4.4.4 Implicaciones para el manejo de recursos genéticos	83
4.5 Conclusiones.....	85
4.6 Bibliografía	86
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN GENERAL	89
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES GENERALES	95
BIBLIOGRAFÍA GENERAL	97
ANEXOS	104

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Eras de Mejoramiento en el Programa de Trigo Duro de CIMMYT	12
Cuadro 2.2 Especies que componen la colección de Trigo del Banco de germoplasma de CIMMYT.....	16
Cuadro 3.1 Variables fenotípicas registradas en la valoración agro-morfológica de 1362 accesiones de trigo duro (líneas del IDYN de 1969 a 2011) del Banco de Germoplasma de CIMMYT, Cd. Obregón, Sonora 2010-2011 y 2011-2012	31
Cuadro 3.2 Estadística descriptiva de las variables cuantitativas medidas en 1362 accesiones de trigo duro (líneas del IDYN de 1969 a 2011) del Banco de Germoplasma de CIMMYT, Cd. Obregón, Sonora 2010-2011 y 2011-2012	35
Cuadro 3.3 Estimadores de los componentes de varianza (REML) para el modelo mixto de 1361 accesiones de trigo duro distribuidas como parte del ensayo IDYN de 1969 a 2011. Cd. Obregón, Sonora 2010-11 y 2011-12	41
Cuadro 3.4 Asignación del número de muestras por subgrupo en una colección núcleo del 10 % (CS-10 %) de 1361 accesiones de trigo duro distribuidas como parte del ensayo IDYN de 1969 a 2011 utilizando el Método D (Franco <i>et al.</i> , 2005).....	44
Cuadro 3.5 Colección Núcleo (CS-10 %) establecida a partir de datos fenotípicos de 1361 accesiones de trigo duro distribuidas como parte del ensayo IDYN de 1969 a 2011.....	45
Cuadro 4.1 Elección de muestras con el Método-ND para la formación de tres tamaños de colección núcleo (CS) de 910 líneas avanzadas de CIMMYT incluidas en el Ensayo Internacional de Rendimiento de Trigo Duro (IDYN por sus siglas en inglés) de 1969-2011.....	73

Cuadro 4.2 Comparación de los criterios de diversidad genética de 910 accesiones de las líneas del Ensayo Internacional de Rendimiento de Trigo Duro (IDYN, 1969-2011) de CIMMYT contra tres tamaños de muestra de colección núcleo (CS) 75

Cuadro 4.3 Accesiones que forman la Colección núcleo (CS-10 %) de 910 líneas avanzadas de CIMMYT incluidas en el Ensayo Internacional de Rendimiento de Trigo Duro (IDYN por sus siglas en inglés) de 1969 a 2011 77

ÍNDICE DE CUADROS DE LOS ANEXOS

Cuadro 1A. Población de accesiones de trigo duro (líneas del ensayo IDYN) utilizadas para la caracterización fenotípica.....	104
Cuadro 2A. Población de accesiones de trigo duro (líneas del ensayo IDYN) utilizadas para la caracterización genotípica.....	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Características fenotípicas medidas en 1361 accesiones de trigo duro distribuidas como parte del ensayo IDYN de 1969 a 2011. a) NDVI etapa vegetativa; b) NDVI etapa de llenado de grano; c) Días a espigamiento; d) Días a madurez; e) Altura de la planta; f) Densidad de espigas; g) Peso de mil granos; h) Peso hectolítrico; i) Proteína en grano; j) Volumen de sedimentación; k) Índice de sedimentación; l) Color en semolina; m) Longitud del grano; n) Ancho del grano; o) Espesor del grano.....	38
Figura 3.2 Histogramas de frecuencia de variables cualitativas de 1361 accesiones de trigo duro distribuidas como parte del ensayo IDYN de 1969 a 2011 a) Tipo de hoja; b) Color de barba; c) Color de gluma; d) Pubescencia de la gluma; e) Vigor inicial; f) Vigor final.....	39
Figura 3.3 Incidencia de roya de la hoja (<i>Puccinia triticina</i>) presentada por 1361 accesiones de trigo duro distribuidas como parte del ensayo IDYN de 1969 a 2011. a) Histograma; b) Progreso temporal	40
Figura 3.4 Representación de 1361 accesiones de trigo duro distribuidas como parte del ensayo IDYN de 1969 a 2011 en dos ejes principales obtenidos mediante el método de Análisis de Factores Múltiples (MFA)	42
Figura 3.5 Contribución por tipo de variables al porcentaje de la inercia total (o máxima varianza) en los ejes principales obtenidos por el método de Análisis de Factores Múltiples (MFA) de 1361 accesiones de trigo duro distribuidas como parte del ensayo IDYN de 1969 a 2011.....	42
Figura 4.1 Dendrograma de 910 líneas avanzadas de CIMMYT incluidas dentro del Ensayo Internacional para Rendimiento de Trigo duro (IDYN por sus siglas en inglés) de 1969 a 2011.....	70
Figura 4.2 Distribución de 910 líneas avanzadas de CIMMYT incluidas en el Ensayo Internacional de Rendimiento de Trigo Duro (IDYN, por sus siglas en inglés) de 1969-	

2011. Estas líneas se clasificaron en cinco grupos (G1 a G5) y cuatro Eras de mejoramiento del programa de trigo duro de CIMMYT. 72

Figura 4.3 Representación de la estructura genética de un conjunto de 910 líneas avanzadas de CIMMYT incluidas en el Ensayo Internacional de Rendimiento de Trigo Duro (IDYN por sus siglas en inglés) de 1969-2011, y tres tamaños de colección núcleo. Los ejes G1 a G5 representan los cinco subgrupos de germoplasma presentes en la población. **a)** Población, N= 910 accesiones **b)** Colección núcleo del 30 %, n= 273 **c)** Colección núcleo del 10 %, n=91 **d)** Colección núcleo del 5 %, n=46 74

Figura 4.4 Representación gráfica de la Colección núcleo (CS-10 %) de 910 líneas avanzadas de CIMMYT incluidas en el Ensayo Internacional de Rendimiento de Trigo Duro (IDYN por sus siglas en inglés) de 1969 a 2011. G1 a G5 representan los subgrupos de la población. 76

INTEGRACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA COLECCIÓN NÚCLEO DE TRIGO DURO (*Triticum turgidum* subsp. *durum*) PROVENIENTE DEL CENTRO DE RECURSOS FITOGENÉTICOS DE CIMMYT

Bibiana Mercedes Espinosa García, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2014

RESUMEN GENERAL

El Banco de Germoplasma de CIMMYT mantiene más de 21,000 accesiones de trigo duro incluyendo las líneas avanzadas incluidas en el Ensayo Internacional de Rendimiento de Trigo Duro (IDYN, por sus siglas en inglés) que ha sido distribuido anualmente a más de 100 países desde 1969. Estas líneas fueron seleccionadas para potencial de rendimiento, amplia adaptación, resistencia a enfermedades, calidad y uso final. En este proyecto se desarrollaron dos colecciones núcleo de las líneas del IDYN, una con base en la información fenotípica y la otra en la información genotípica. La colección núcleo con datos fenotípicos se definió utilizando un método probabilístico para el agrupamiento de las accesiones, dicho método fue muy estricto y produjo 30 subgrupos que dificultaron obtener una explicación biológica del agrupamiento. Para la conformación de la colección núcleo con información genotípica se utilizó un método jerárquico tradicional (Ward) en el que fue más sencillo identificar cinco grupos de germoplasma que se relacionaron con los objetivos y parámetros de selección en las diferentes etapas del programa de mejoramiento de trigo duro de CIMMYT. Los métodos utilizados en la asignación de las accesiones que conformarían ambas colecciones núcleo, permitieron conservar la estructura genética de la población original y revelaron la existencia de redundancia dentro del conjunto original de líneas del IDYN. Con los resultados de este trabajo de investigación, el Banco de Germoplasma de CIMMYT cuenta con dos opciones para el establecimiento de una colección núcleo de las líneas del IDYN, que podría poner a disponibilidad de los investigadores en trigo duro de todo el mundo para utilizarla en sus estudios.

Palabras clave: Diversidad genética, IDYN, Métodos de agrupamiento, Métodos de elección de muestras

INTEGRATION AND CHARACTERIZATION OF A CORE COLLECTION OF DURUM
WHEAT (*Triticum turgidum* subsp. *durum*) FROM THE CIMMYT PLANT GENETIC
RESOURCES CENTER

Bibiana Mercedes Espinosa García, Dra.
Colegio de Postgraduados, 2014

GENERAL ABSTRACT

The CIMMYT Germplasm Bank preserves over 21,000 accessions of durum wheat lines containing the advanced lines included within the International Durum Wheat Yield Trial (IDYN) which has been distributed annually over 100 countries since 1969. These lines were selected towards yield potential, wide adaptation, disease resistance, quality and end use. In this project two IDYN lines core collections were formed, one based on phenotypic data and the other on genotypic information. The core phenotypic data collection was defined using a probabilistic method for grouping the accessions, that method was very strict and produced 30 subgroups that hindered obtaining a biological explanation of the grouping. With the genotypic data a traditional hierarchical method (Ward) was used, and it allowed the identification of five groups of germplasm related with the objectives and selection parameters at different stages of the CIMMYT durum wheat breeding program. The methods used in the allocation of accessions that would form both core collections, allowed retaining the genetic structure of the original population and revealed the existence of redundancy within IDYN lines original complete set. With these results, the CIMMYT Germplasm Bank has two options for establishing an IDYN lines core collection, which might be available to durum wheat researches worldwide for use in their studies.

Key words: Genetic diversity, IDYN, Clustering methods, Sample allocation methods.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 Planteamiento del problema

Las colecciones *ex situ* de recursos genéticos son importantes fuentes de diversidad para el mejoramiento de cultivos, por lo que el conocimiento sobre su naturaleza y dinámica en términos de la genética de poblaciones, contexto ambiental y social, manejo, conservación y estrategia para su aprovechamiento son aspectos críticos para asegurar el futuro de la agricultura y la alimentación a nivel internacional. En las últimas tres décadas, éstas colecciones se han incrementado enormemente en número y tamaño como resultado de un esfuerzo global para conservar los recursos fitogenéticos. Más de siete millones de accesiones de diferentes cultivos se conservan en alrededor de 1759 bancos de germoplasma (Upadhyaya *et al.*, 2010).

La importancia de conservar el acervo genético de un cultivo en bancos de germoplasma, radica en que dentro del conjunto de accesiones que se resguardan se encuentra gran parte de la diversidad necesaria para el mejoramiento genético, ya que las accesiones son de diversa naturaleza (parientes silvestres y domesticados, cultivares nativos, líneas mejoradas y variedades liberadas,) y de diversos orígenes geográficos. El gran tamaño de las colecciones puede dificultar la utilización de todos los recursos genéticos existentes y la conservación *ex situ* a nivel internacional requiere de un financiamiento amplio y continuo; por lo tanto es crítico que con las colecciones actuales se lleve a cabo un manejo eficiente y efectivo (FAO 2014; Pardey *et al.*, 2001),

sin perder de vista la planeación de su crecimiento dentro de la disponibilidad de recursos (infraestructura, personal, fondos).

La colección de semillas de cereales de grano pequeño preservada en el Banco de Germoplasma de CIMMYT, con más de 150,000 accesiones, es una de las más grandes del mundo. Está integrada por muestras de semilla de trigo harinero (*Triticum aestivum* sp.), trigo duro (*Triticum turgidum* sp.), cebada (*Hordeum vulgare*), triticale (*xTriticosecale* spp.), centeno (*Secale cereale*) y algunas especies de los géneros *Aegilops* y *Triticum* que son parientes silvestres y domesticados del trigo.

Específicamente, la colección de trigo duro (*Triticum turgidum* subsp. *durum*) de CIMMYT consiste de 21,968 accesiones provenientes de más de 70 países (CIMMYT 2014a), que se clasifican en cultivares nativos, cultivares modernos y líneas mejoradas. Dentro del grupo de líneas mejoradas, hay un conjunto especial formado por las accesiones que se han incluido en los ensayos internacionales de CIMMYT, esto es, las líneas que se han generado en el programa de trigo duro de CIMMYT. El Ensayo Internacional de Trigo Duro para Rendimiento (IDYN, por sus siglas en inglés) forma parte de dicho conjunto y se ha distribuido anualmente desde 1969-1970 en más de 100 países diferentes (CIMMYT 2014b). Las líneas del IDYN han sido evaluadas hacia potencial de rendimiento, adaptación, resistencia a plagas/enfermedades y calidad industrial bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo agrícola.

En el caso de colecciones de germoplasma tan grandes como la de CIMMYT, la formación de colecciones núcleo responde a la necesidad de hacer más eficiente el manejo de los recursos genéticos que resguarda, y diseñar estrategias que permitan su aprovechamiento. La metodología fue introducida por Frankel (1984), quien definió una colección núcleo como un conjunto, de número limitado, de accesiones que representan con un mínimo de repetitividad, la diversidad genética de un cultivo y sus ancestros evolutivos. Brown (1989) sugirió que el tamaño de una colección núcleo debía aproximarse al 10 % de la colección, ya que en este tamaño de muestra se encuentra de forma efectiva el 70 % de los alelos del total de las accesiones.

Una dificultad para el establecimiento de una colección núcleo a partir de un conjunto de accesiones, es la heterogeneidad de su composición e información disponible, tanto en el aspecto taxonómico como del mejoramiento, por lo que este estudio se basó en la determinación de una colección núcleo de un grupo específico de germoplasma: las líneas elite utilizadas en el ensayo IDYN de CIMMYT a través del tiempo. Las razones por la que se eligieron materiales mejorados en lugar de cultivares nativos (que en expectativa tienen una diversidad genética más amplia), fue procurar información que sirviera como referencia para valorar la importancia de la conservación de líneas avanzadas y establecer políticas para su manejo; así como poner a disposición de los investigadores de trigo duro un conjunto de accesiones genéticamente diversas que puedan utilizarse como progenitores en los programas de mejoramiento, en estudios de caracterización y/o evaluación fenotípica, genotípica, mapeo de asociación (loci determinantes de atributos agronómicos) y selección asistida

manteniendo las características de importancia económica que se han ganado en el tiempo como son alto potencial de rendimiento, amplia adaptación, calidad industrial y resistencia a enfermedades, etc.

1.2 Objetivo general

Integrar y caracterizar una colección núcleo de las líneas mejoradas de trigo duro (*Triticum durum subsp. durum*) que se han incluido en el ensayo IDYN y están resguardadas en el Banco de Germoplasma de CIMMYT.

1.3 Objetivos específicos

- Obtener las accesiones disponibles en el Banco de Germoplasma de CIMMYT de las líneas incluidas en el ensayo IDYN de 1969 a 2011.
- Efectuar la caracterización fenotípica (agro-morfológica) de las líneas del IDYN sembradas en un ambiente propicio y bajo condiciones óptimas para el cultivo.
- Determinar los parámetros de calidad de las líneas del IDYN en la semilla obtenida de la siembra en un ambiente propicio para el cultivo.
- Llevar a cabo la caracterización molecular de las líneas de IDYN utilizando la metodología de genotipo-por-secuenciación (GBS, por sus siglas en inglés).
- Analizar los datos con las herramientas estadísticas apropiadas para establecer una colección núcleo de las líneas IDYN utilizando la información fenotípica y otra con la información genotípica.

1.4 Hipótesis

La colección núcleo representará la estructura y diversidad genética de la población original con un menor número de accesiones. Las accesiones de la colección núcleo cambiarán de acuerdo al tipo de información utilizada para la formación de ésta.

CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

El trigo duro (*Triticum turgidum* subsp. *durum*) es uno de los cereales más importantes y ampliamente cultivados en el mundo (17 millones de hectáreas). Su producción se sitúa en el Medio Este, África del Norte, Asia y la región del Mediterráneo en Europa. Otras áreas de producción incluyen Argentina, Chile, México, Estados Unidos y Canadá. La productividad del trigo duro en los países en desarrollo generalmente es baja, esto puede atribuirse al hecho de que el cultivo crece bajo condiciones de temporal y el clima es muy fluctuante. Bajo condiciones favorables de siembra, el rendimiento de trigo duro puede igualar e incluso superar el rendimiento de trigo harinero (*Triticum aestivum*) (Abdalla *et al.*, 1992).

El CIMMYT ha contribuido a nivel internacional para el desarrollo y distribución de germoplasma genéticamente diverso (porque descende de muchos progenitores de varios orígenes geográficos), y con adaptación a regiones productivas bajo condiciones favorables y desfavorables (Skovmand *et al.*, 1992). Sin embargo, es necesaria la incorporación de variación genética para seguir incrementando el rendimiento y los parámetros de calidad que permitan avanzar aún más en el mejoramiento del cultivo.

2.1 Programa de mejoramiento de trigo duro de CIMMYT

Una de las principales actividades de CIMMYT es el desarrollo y distribución de una serie de diferentes ensayos o viveros internacionales que contienen líneas avanzadas de mejoramiento con el propósito de evaluarlas para rendimiento de grano y

adaptación en un amplio espectro de ambientes. El objeto inicial de esta actividad era el trigo harinero, pero se reconoció la necesidad de expandir el esfuerzo del mejoramiento hacia el trigo duro, por lo que en 1969 se estableció el programa de mejoramiento de trigo duro de CIMMYT. Una de las principales actividades de este programa fue la conformación del primer IDYN, con 13 líneas y cultivares provistos por México (Inia 66, trigo harinero utilizado como testigo de amplia adaptación, Tehuacán 60, Albatross, Anhinga, Brant y Crane), Italia (Capeiti, Gab-125, Castel del Monte, Gerardo VZ 466), Irán ((DurE-Turg) St 464 x Tc²), Estados Unidos (Wells), e India (S-9). Este ensayo se envió a 42 diferentes localidades que representaban las áreas de mayor producción de trigo en el mundo (MacKenzie *et al.*, 1972). La respuesta de los países colaboradores fue tan gratificante que el ensayo IDYN ha sido enviado durante cada año hasta la actualidad.

Los objetivos del IDYN han sido obtener información básica de la adaptación, potencial de rendimiento, resistencia a enfermedades, plagas y parámetros de calidad de las líneas de trigo duro; así como proveer cultivares de trigo que puedan ser introducidos inmediatamente dentro de las áreas con potencial de alta producción o utilizarlas como padres para acelerar el mejoramiento en los programas nacionales (MacKenzie *et al.*, 1972). Algunas de las líneas del IDYN se han liberado como variedades en diversas regiones del mundo, predominantemente en Asia, África y América Latina (Abdalla *et al.*, 1992; Heisey *et al.*, 1999). Entre 1988-2002, el 60 % de las variedades de trigo duro liberadas por los programas nacionales de mejoramiento (NARs, por sus siglas en inglés) fueron originadas a partir de cruces de CIMMYT y

aproximadamente el 20 % fueron de cruzas hechas en los NARs con al menos una líneas de CIMMYT utilizada como progenitor (Lantican *et al.*, 2005).

El éxito del programa de trigo duro de CIMMYT puede ser atribuido a la filosofía y metodologías empleadas en el mejoramiento (Borlaug 2007), vinculados a los objetivos de selección establecidos por los mejoradores en las diferentes épocas (Eras). En el Cuadro 2.1 se presentan las diferentes Eras de Mejoramiento por las que ha pasado el Programa de Trigo Duro de CIMMYT. Esta clasificación está hecha con base en el objetivo del mejoramiento, los caracteres de selección y el tiempo que estuvieron los líderes del programa, ya que ellos tenían la responsabilidad de establecer y guiar los esfuerzos del mejoramiento.

La Era I (1969-1982) se caracterizó por enfocar la selección en el aumento del potencial de rendimiento, lo que ocurrió en parte por la selección hacia rendimiento en grano y por la adopción de algunos aspectos del ideotipo de la planta, esto es, caracteres morfológicos asociados con alto rendimiento como reducir la altura de la planta (introducción del gen de enanismo, *Rht1*, con trigo harinero como progenitor donador), insensibilidad al fotoperiodo, fertilidad floral, hojas erectas y aumento del número de granos por espiguilla y peso seco promedio de los granos. Hasta finales de los años 70, el énfasis del programa se dirigió hacia ambientes subtropicales con irrigación. La problemática de las áreas de temporal, zonas secas y los aspectos de calidad del grano se abordaron hasta la década de los años 80 (Waddington *et al.*, 1987; Pfeiffer *et al.*, 2000). El cultivar de trigo duro más viejo del que se tiene referencia

en México es Tehuacán 60 que tenía un rendimiento de 3.7 t/ha. La variedad liberada a finales de la Era I, Yavaros C79, presentaba un potencial de rendimiento de 7.3 t/ha y tenía amplia adaptación y respuesta a las mejoras en las condiciones de cultivo.

En la Era II, los objetivos del mejoramiento se expandieron a otras zonas agroecológicas para incluir condiciones de alta precipitación, sequía, o ambientes para trigos invernales y facultativos, alta latitud y al mismo tiempo mejorar la calidad industrial. El principal reto fue expandir la selección para detectar y desarrollar germoplasma resistente a las plagas de mayor incidencia en esos ambientes, como son roya de la hoja (*Puccinia triticina*), del tallo (*Puccinia graminis*) y amarilla (*Puccinia striiformis*), septoria (*Septoria tritici*), podredumbre del cuello (*Fusarium graminea*), oidio del trigo (*Blumeria graminis f. sp. tritici*), carbón parcial del trigo (*Tilletia indica*) y dos insectos *Phytophaga destructor* Say y *Cephus cinctus* Norton, los dos últimos son plagas importantes del trigo duro en África del Norte y el Medio Este. El aumento del potencial de rendimiento durante la Era II se ha asociado con el incremento de biomasa y el índice de cosecha (Abdalla 1994); en ese momento la mayor limitación para incrementar el cultivo de trigo duro, eran los niveles insatisfactorios en resistencia a enfermedades.

El principal objetivo de la Era III fue expandir el acervo genético del germoplasma utilizado en el programa de trigo duro para lograr un avance continuo en el aumento del rendimiento y evitar la vulnerabilidad genética de las líneas avanzadas a enfermedades. Durante la Era III, se desarrollaron algunas variedades con buen nivel de resistencia a roya de la hoja, roya del tallo, roya amarilla y adaptables a la región

Cuadro 2.1 Eras de Mejoramiento en el Programa de Trigo Duro de CIMMYT

	Director del Programa de Trigo	Líder del Programa de Mejoramiento de Trigo Duro	Objetivo del Mejoramiento	Caracter de Selección	Varietades liberadas en México
E R A I	Norman E. Borlaug (1966-1970)	Frank Zillinsky & George Varughese (1968-1970)	<ul style="list-style-type: none"> - Alto rendimiento y amplia adaptación en ambientes favorables - Resistencia a las enfermedades e insectos de mayor incidencia - Calidad industrial para la elaboración de pasta 	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilidad del rendimiento - Madurez temprana - Hoja erecta, espiga ramificada, tallo fuerte, planta enana o semienana - Tolerancia al frío y sequía - Alta vitrosidad del grano, contenido de proteína, gluten fuerte, y pigmento amarillo. - Resistencia a royas 	Jori 69
		Marco A. Quiñones (1970-1977)			Cocorit C71, Mexicali C75
	R. Glenn Anderson (1979-1980) Clive James (1981)	Gregorio Vásquez G (1978-1982)			Yavaros C79
E R A I	Byrd C. Curtis (1982-1987)	Pedro Brajcich G. (1983-1988)	<ul style="list-style-type: none"> - Alto rendimiento y amplia adaptación en ambientes favorables y no favorables - Resistencia a enfermedades e insectos para las plagas de mayor incidencia global y regional - Calidad industrial para la elaboración de pasta 	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilidad del rendimiento - Resistencia a roya de la hoja, tallo y amarilla; septoria, fusarium, mildew, scab Leaf, stem and stripe rust; Resistencia a insectos (Russian wheat aphid) - Hojas erectas, mayor número de ganos por espiguilla, mayor peso por grano - Trigos facultativos - Tolerancia al frío y sequía - Alta vitrosidad del grano, contenido de proteína, gluten fuerte, y pigmento amarillo. 	Altar C84
	R.A. Fisher (1988-1994)	Osman S. Abdalla (1989-1993)			Aconchi C89
E R A I I I	Sanjaya Rajaram (1995-2002) Thomas S. Payne (2003)	Wolfgang H. Pfeiffer (1994-2004)	<i>Idem</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Tolerancia al frío y sequía - Resistencia a enfermedades de alta incidencia en áreas con alta precipitación anual - Eficiencia en el uso del agua - Mayor biomasa, tallos/m² - Alta vitrosidad del grano, contenido de proteína, gluten fuerte, y pigmento amarillo. - Ampliación de la base genética del germoplasma utilizado en el programa 	Ambar C97, Nacori C97, Rafi C97, Topacio C97, Atil C2000, Río Colorado C2000, Júpate C2001, Gema C2004, Banamichi C2004, Batakez C2004, Samayoa C2004
E R A I V	Hans-Joachim Braun (2004-to present)	Karim Ammar (2005-to present)	<i>Idem</i> , - Condiciones del suelo y enfoque en prácticas de agricultura sustentable	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia a roya de la hoja y del tallo enfocada a razas específicas - Resistencia a roya amarilla, fusarium y septoria - Alto contenido de hierro en grano - Tolerancia a sequía, calor y frío - Estrés de nutrientes en el suelo - Alta vitrosidad del grano, contenido de proteína, gluten fuerte, y pigmento amarillo. 	Cemexi C2008, Cirno C2008, Patronato Oro C2008, Huatabampo Oro C2008, Movas C2009, Sahuali Oro C 2008

Las fechas entre paréntesis representan el periodo de tiempo en la posición laboral mencionada.

Fuente: CIMMYT Annual Reports (CIMMYT, 1966 a 2011)

noroeste de México (Rafi C97, Nacori C97, Atil C2000) y otras adaptables a la región central del Bajío del mismo país (Topacio C97, Ambar C97). En el año 2001 una severa epidemia de roya de la hoja atacó al trigo duro producido en el Noroeste de México y destruyó a la variedad Altar 84, que era la más popular entre los agricultores de la zona. Esta variedad había permanecido resistente a las royas de la hoja existentes de la región (BBB/BN) por dieciséis años, pero la incidencia de una nueva raza de la roya de la hoja (BBG/BN) acabó con la producción generando pérdidas estimadas en 32 millones de dólares. Esto hizo que se pusiera énfasis en la necesidad de generar germoplasma resistente y mayor información sobre la base genética de la resistencia a roya (Singh *et al.*, 2004).

CIMMYT desarrolló un cultivar resistente rápidamente, Júpare C 2001, y se entregó a los productores de trigo de la región, pero el daño fue más allá de las pérdidas económicas, ya que la mayoría de las líneas avanzadas de CIMMYT eran susceptibles a esta nueva raza de la roya de la hoja por lo que las ganancias genéticas en potencial de rendimiento de tres décadas fueron severamente afectadas. La estrategia institucional para recuperar la resistencia de las líneas de alto rendimiento fue incorporar genes con resistencia a esa raza a través del retrocruzamiento con germoplasma resistente, sin embargo los genes con resistencia a razas específicas tienen una vida corta, así que el reto era muy grande ya que los mejoradores de CIMMYT tenían que pensar en cómo identificar y acumular un número suficiente de genes aditivos para lograr resistencia a la roya durable en los cultivares de trigo duro (Singh *et al.*, 2004).

En la Era IV el mayor reto ha sido combinar el alto rendimiento y alta calidad industrial para la elaboración de pasta (contenido de proteína y concentración de pigmento amarillo) con la resistencia a las principales enfermedades que afectan al trigo duro mencionadas anteriormente y en el caso de las royas, resistencia a razas específicas. Entonces, el programa se ha enfocado en producir líneas avanzadas que igualen o superen los parámetros de calidad y potencial de rendimiento de Júpare C2001, que continúa siendo la variedad más cultivada en México (Fuentes-Dávila *et al.*, 2010). Durante la Era IV se han liberado variedades como Cirno C2008, Patronato C2008 y Movas C2009 que presentan un potencial de rendimiento y color amarillo en semolina más altos que Júpare C2001 y al mismo tiempo mantienen la resistencia a roya del tallo, amarilla y de la hoja (BBG/BN).

2.2 Conservación de germoplasma de trigo en CIMMYT

Desde sus comienzos en 1966, el programa de trigo de CIMMYT contó con una instalación relativamente limitada de almacenamiento de germoplasma a baja temperatura, en la que se conservaban pequeñas cantidades de algunos materiales que se usaban como progenitores y sus segregantes resultantes. Con el curso de los años, CIMMYT aumentó el alcance y extensión de la colaboración mundial, esto incremento el volumen del material que debía mantener y como respuesta construyó un Banco de Germoplasma que entró en operación a finales de 1981. A partir de ese año, la colección comenzó a tomar forma y se trabajó en la documentación, clasificación y regeneración de semilla (CIMMYT 1981).

En 1984, el banco de germoplasma de CIMMYT contaba con 22,722 accesiones de trigo harinero, trigo duro, triticale y cebada proveniente del programa de mejoramiento de trigo y 18,193 nuevas introducciones de germoplasma provenientes de otros bancos de germoplasma del mundo y cada año se agregaban nuevas accesiones a la colección, en esa época comenzaron los primeros esfuerzos para digitalizar la información de estos recursos genéticos (CIMMYT 1984).

En 1988, el CIMMYT firmó un acuerdo con el Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGR, por sus siglas en inglés), posteriormente Instituto Internacional de recursos fitogenéticos (IPGRI, por sus siglas en inglés) y actualmente Bioversity, en el que se estableció la cooperación y se formalizó la responsabilidad y compromiso de CIMMYT con la conservación de los recursos genéticos de trigo a largo plazo. Esto involucraba la ejecución de actividades como recolectar, intercambiar, caracterizar, evaluar, y documentar la colección, además de la participación en las reuniones del IPGRI (CIMMYT 1988 y 1992).

En Septiembre de 1996, el CIMMYT inauguró el Centro de Recursos Fitogenéticos Wellhausen-Anderson, un edificio construido para reemplazar las instalaciones iniciales utilizadas para conservación y manejo de germoplasma. El nuevo edificio cuenta con cámaras de conservación para almacenamiento a mediano y largo plazo e instalaciones especiales para la limpieza, procesamiento y envasado de la colección de maíz y trigo; con esto el CIMMYT afirmó su compromiso con la conservación y uso de los recursos genéticos para beneficio de la humanidad (CIMMYT 1996).

En la actualidad, la colección de trigo del Banco de Germoplasma de CIMMYT cuenta con 168,322 accesiones (CIMMYT 2014a), las especies contenidas en dicha colección se muestran en el Cuadro 2.2.

Cuadro 2.2 Especies que componen la colección de Trigo del Banco de germoplasma de CIMMYT

Especie	Número de accesiones	Porcentaje de la colección (%)
<i>Triticum aestivum</i> subsp. <i>aestivum</i>	93,048	56.6
<i>Triticum turgidum</i> subsp. <i>durum</i>	21,986	13.4
<i>xTriticosecale</i> sp.	20,722	12.6
<i>Hordeum vulgare</i>	16,531	10.1
<i>Triticum turgidum</i> subsp. <i>dicoccon</i>	2,914	1.8
<i>Triticum aestivum</i> subsp. <i>spelta</i>	1,276	0.8
<i>xTriticoaegilops</i> sp.	1,051	0.6
<i>Secale cereale</i>	663	0.4
Otras especies de los géneros <i>Aegilops</i> y <i>Triticum</i>	6,131	3.7
Total	164,322	100.0

Fuente: CIMMYT 2014a

Las accesiones se mantienen en la Colección Activa (-2°C, 25 % HR), donde pueden mantenerse viables por más de 25 años, y en la Colección Base (-18°C) donde su vida puede prolongarse por más de 50 años. Periódicamente se monitorea la viabilidad de los inventarios de semilla y cuando se encuentra por debajo del 70 % se programa para regeneración en campo, a fin de obtener muestras frescas que garanticen la disponibilidad de germoplasma viable y sano para distribución.

Desde finales del 2012, el Banco de Germoplasma de CIMMYT tiene una certificación ISO 9001:2008 para los procesos de Introducciones, Procesamiento de semilla, Conservación y Distribución. También es un colaborador importante para la

implementación del programa para manejo de recursos genéticos denominado GRIN-Global que será de acceso libre para cualquier colección de germoplasma que quiera utilizarlo (GRIN-Global 2014). La implementación total de este programa en el CIMMYT se prevé para el 2015. A la fecha los avances en la implementación son significativos y ya se cuenta con el catálogo de la colección de maíz y trigo disponible en internet y un sistema de solicitud de germoplasma en línea (CIMMYT 2014a).

Con la certificación ISO 9001:2008 y los avances en la implementación de GRIN-Global, el Banco de Germoplasma de CIMMYT se ha posicionado como uno de los líderes dentro del grupo CGIAR y ha reiterado su compromiso con la búsqueda de la eficiencia en la conservación y manejo a largo plazo de la colección bajo su resguardo.

2.3 Formación de colecciones núcleo

Los curadores de los Bancos de Germoplasma tienen la responsabilidad de documentar, conservar, regenerar, caracterizar y enviar duplicados de seguridad de sus respectivas colecciones. Estas actividades requieren la toma de decisiones para priorizar entre las accesiones, lo que se vuelve complejo cuando la colección de recursos genéticos es muy grande, la información de todas las accesiones no está completa y hay recursos escasos.

Frankel (1984) definió una colección núcleo como un número limitado de accesiones que representaban con un mínimo de repetitividad, la diversidad genética de un cultivo y sus ancestros primitivos. Esta metodología se introdujo como una forma de ayudar en el manejo y la utilización de todos los recursos genéticos acumulados durante mucho tiempo en las colecciones de germoplasma. Esta propuesta se continuó desarrollando por Frankel y Brown (1984) quienes enfocaron sus estudios en explicar cómo lograr cubrir la mayor parte de la diversidad genética de una colección en una colección núcleo. Brown (1989) planteó que una colección núcleo debería ser una muestra de alrededor del 10 % para asegurar la presencia del 70 % de los alelos de la colección original.

La propuesta original de la colección núcleo, sugería que las accesiones que la integran debían ser mantenidas como un grupo aparte de la colección general, y el resto debía considerarse como colección de reserva y mantenerse como fuentes de origen secundarias (Brown 1989).

Las colecciones núcleo han sido una estrategia atractiva en el área de recursos genéticos para hacer frente a las dificultades en el manejo de germoplasma y atraer el interés de los usuarios hacia la diversidad genética para enriquecer los programas de mejoramiento (van Hintum *et al.*, 2000). El tamaño limitado de una colección núcleo es clave para su fácil manejo, y puede funcionar como un conjunto de referencia cuando se evalúa y caracteriza adecuadamente (Brown y Spillane 1999).

A tres décadas del surgimiento de la propuesta de las colecciones núcleo, existen publicaciones sobre la teoría y práctica para su formación. Hasta el día de hoy se han establecido colecciones núcleo de diversas especies, como maíz (Malosetti y Abadie 2001), garbanzo (Upadhyaya *et al.*, 2001), arroz (Yan *et al.*, 2007), soya (Ma *et al.*, 2006), trigo harinero (Balfourier *et al.*, 2007), frijol (Paredes *et al.*, 2010), cebada (Fu 2012) por mencionar algunos ejemplos. La designación de una colección núcleo involucra una serie de pasos y decisiones especialmente en metodologías de muestreo cuantitativo. Los puntos clave son: a) la elección del tamaño de la colección núcleo; b) determinación de la estructura de la colección; c) determinación del número de accesiones que se elegirán de cada grupo; d) método para la selección de accesiones de cada grupo diferente; y e) evaluación de la calidad de la colección núcleo (Odong 2012; Odong *et al.*, 2011).

Actualmente, la determinación de la estructura genética (estratificación) de una colección de germoplasma heterogénea es un componente esencial en el muestreo de colecciones núcleo. La estratificación antes del muestreo asegura que el espectro genético y biológico de la colección estará completamente representado (Brown 1995; van Hintum *et al.*, 2000). Adicionalmente, aún en los casos donde la colección núcleo se selecciona sin estratificación, es necesario asociar una entrada en la colección núcleo con las accesiones a las que representa dentro de la colección completa.

La determinación de la estructura de la población se ha hecho principalmente con datos de pasaporte (van Hintum *et al.*, 2000) o métodos de estadística multivariada

tales como análisis de grupos, componentes principales, ajuste multidimensional basados usualmente en información morfológica (Peeters y Martinelli 1989; Franco *et al.*, 1997, Franco *et al.*, 2005, Franco *et al.*, 2006). En años recientes, se han desarrollado métodos nuevos, enfocados especialmente en el estudio de la estructura genética de poblaciones con base en información sobre polimorfismo de marcadores moleculares, por ejemplo STRUCTURE (Pritchard *et al.*, 2000a), PCA (Patterson *et al.*, 2006) y PCO-MC (Reeves y Richards 2009). A pesar de la introducción de estas metodologías, la mayoría de los investigadores aún emplea los métodos tradicionales, especialmente las técnicas de agrupamiento jerárquico, para los estudios de diversidad genética de cultivos (Folkertsma *et al.*, 2005; Perumal *et al.*, 2007; Barro-Kondombo *et al.*, 2010; D'hoop *et al.*, 2010).

El surgimiento de las diversas técnicas de marcadores moleculares, agregó otra dimensión en la selección de colecciones núcleo, ya que abrió la posibilidad de cuantificar la diversidad genética con base en características genotípicas que, al no estar influenciadas por el ambiente, permiten una estimación sin sesgo de la diversidad genética en una colección. Entre las estrategias para la selección de colecciones núcleo con datos moleculares que se han publicado se encuentran M-Strat (Gouesnard *et al.*, 2001), Método D (Franco *et al.*, 2005), Muestreo de la Distancia Genética (Jansen y van Hintum 2007), PowerCore (Kim *et al.*, 2007) Core Hunter (Thachuk *et al.*, 2009) y el HMFA (Franco *et al.*, 2010). La selección de las muestras que se incluyen en una colección núcleo usualmente se hace con base en la estructura genética (estratificación) y en proporción logarítmica o absoluta al tamaño de cada grupo.

2.4 Diversidad genética en trigo duro

La diversidad genética en trigo duro ha sido estimada con base en la información de caracteres morfo-agronómicos (Kebebew *et al.*, 2001; Maniee *et al.*, 2009; Rawashdeh *et al.*, 2007), marcadores bioquímicos como es el perfil de gliadinas de alto (HMW) y bajo peso molecular (LMW) (Moragues *et al.*, 2006; Figliuolo *et al.*, 2007; Hamdi *et al.*, 2010; Carmona *et al.*, 2010; Ruíz *et al.*, 2012), y marcadores moleculares como RFLPs (Autrique *et al.*, 1996); AFLPs (Soleimani *et al.*, 2002; Medini *et al.*, 2005; Shoaib y Arabi 2006), RAPDs (Mantzavinou *et al.*, 2005), SSR (Maccaferri *et al.*, 2003; Teklu *et al.*, 2007; Eujayl *et al.*, 2002; Al-Khanjari *et al.*, 2007), SNPs (Ren *et al.*, 2013) y DArT (Ruiz *et al.*, 2012).

Algunas publicaciones han estimado la diversidad genética en grupos de accesiones de *Triticum turgidum* y algunas de sus subespecies como *durum*, *dicoccon*, *turgidum* entre otros (Eujayl *et al.*, 2002; Medini *et al.*, 2005; Teklu *et al.*, 2007; Hamdi *et al.*, 2010; Al-Khanjari *et al.*, 2007) y han concluido que la especie y/o subespecie taxonómica era el factor que determinaba la formación de grupos dentro de los conjuntos de accesiones analizadas.

En otros estudios relacionados con la diversidad genética en trigo duro, el objetivo ha sido determinar el efecto de la erosión genética, esto es, la estimación de la pérdida (o aumento) de la diversidad genética en el tiempo, al comparar cultivares nativos (landraces), obsoletos y modernos de diversos orígenes geográficos

(Maccaferri *et al.*, 2003; Medini *et al.*, 2005; Mantzavinou *et al.*, 2005; Shoaib y Arabi 2006; Figliuolo *et al.*, 2007; Ren *et al.*, 2013). Las conclusiones en este tipo de estudios han sido divergentes, la mayoría de los autores se pronuncia por una disminución de la diversidad genética de los cultivares nativos hacia las líneas mejoradas, y solamente Maccaferri *et al.*, (2003) y Ren *et al.* (2013) han concluido que el mejoramiento genético en trigo duro ha determinado un incremento en la diversidad genética en el tiempo, debido a la acumulación de genes que codifican hacia caracteres deseables que en muchas ocasiones se presentan como alelos raros (como la resistencia a enfermedades). Un dato interesante es que la diferencia en tamaño de muestra por tipo de germoplasma (cultivares nativos versus líneas mejoradas) utilizados en los estudios, ha influenciado los resultados. En aquellos estudios donde se incluyó un mayor número de accesiones de cultivares nativos encontraron una mayor diversidad genética dentro de este grupo, mientras que en los estudios con mayor número de líneas elite o cultivares modernos, fue este grupo el que presentó la mayor diversidad genética. Hacen falta más estudios con tamaños de muestra equilibrados para poder determinar si ha habido o no erosión genética, y para valorar los cambios que ha tenido el genoma A y B en el tiempo como producto de la selección recurrente en el mejoramiento genético.

2.5 Colecciones núcleo de trigo duro

Existen referencias previas del establecimiento de colecciones núcleo de trigo duro. Spagnoletti y Qualset (1993) determinaron una colección núcleo de trigo duro proveniente de la Colección Nacional de Granos Pequeños de Estados Unidos (de

aprox. 3000 accesiones en total) utilizando datos de pasaporte y evaluación. En este estudio se registraron cuatro caracteres cualitativos y ocho cuantitativos de las espigas y se seleccionaron 500 accesiones (aprox. 16 %) utilizando cinco diferentes estrategias para la formación de la colección núcleo. Las cinco estrategias fueron: selección aleatoria, aleatoria sistemática de acuerdo a la fecha de entrada en la colección, estratificada por país de origen, estratificada por el logaritmo de la frecuencia del país de origen y estratificada con base en las variables canónicas. La utilización de alguna de estas estrategias dependerá del tipo de información y/o los recursos para obtener dicha información, sobre todo en el caso de datos de evaluación.

Hamdi *et al.* (2010) realizó un estudio sobre la diversidad geográfica y genética de 856 accesiones de cultivares nativos de trigo duro en Algeria, su principal objetivo fue evaluar los polimorfismos de las subunidades de gliadinas de alto y bajo peso molecular en la población, y el secundario determinar una colección núcleo, por lo que no se hizo mucho énfasis en la metodología para establecer la colección núcleo y sólo mencionan que eligieron 21 accesiones que cubrían toda la variabilidad de los parámetros en estudio.

Recientemente, Ruíz *et al.* (2013) reportó el establecimiento de una colección núcleo de trigo duro del Centro Nacional de Recursos Fitogenéticos de España (CRF-INIA). La colección integra cultivares nativos de *Triticum turgidum* de las subespecies *turgidum*, *dicoccon* y *durum*. En el estudio se obtuvo información sobrepolimorfismo de SSR y dos métodos para establecer la colección núcleo: el primero se basó en la

determinación de la estructura de la población con la metodología de agrupamiento Bayesiano del programa STRUCTURE v 2.1 (Pritchard *et al.*, 2000b) y en el segundo método se utilizaron los datos de los marcadores moleculares con el programa Core Hunter (Thachuk *et al.*, 2009). Con ambos métodos se obtuvieron muestras con alta representatividad de la población.

CAPITULO III.

COLECCIÓN NÚCLEO DE LÍNEAS ELITE DE TRIGO DURO (*Triticum turgidum* subsp. *durum*) DE CIMMYT UTILIZANDO INFORMACIÓN FENOTÍPICA

Resumen

El Banco de Germoplasma de CIMMYT mantiene más de 21,000 accesiones de trigo duro entre las que se incluyen las líneas avanzadas del Ensayo Internacional de Rendimiento de Trigo Duro (IDYN, por sus siglas en inglés) que ha sido distribuido anualmente a más de 100 países desde 1969. En este estudio 1361 accesiones del IDYN se caracterizaron con 13 variables agro-morfológicas y 9 parámetros de calidad para establecer una colección núcleo del 10 % que representara la diversidad de este grupo de germoplasma. Las variables cuantitativas se analizaron con un modelo lineal mixto para estimar los componentes de varianza utilizando la máxima verosimilitud restringida (REML) y se determinaron los mejores predictores lineales insesgados (BLUPs). Los BLUPs de las variables cuantitativas (15) se conjuntaron con las variables discretas (7) con el Método de Factores Múltiples. El agrupamiento probabilístico determinó la existencia de 30 subgrupos dentro de la población utilizando el criterio de información bayesiana (BIC). La colección núcleo resultante está formada por 136 accesiones que fueron seleccionadas con el Método D, donde se consideró la diversidad genética, (distancia de Gower) y la proporción de cada grupo dentro de la población.

Palabras clave: Diversidad genética, Método de agrupamiento probabilístico, Método-D para elección de muestras, IDYN

3.1 Introducción

Las metodologías para el establecimiento de colecciones núcleo de germoplasma usualmente se basan en el tipo de información disponible (datos de pasaporte, morfología, datos fisiológicos) para generar una estructura usualmente jerárquica, de las accesiones que permita determinar criterios para el establecimiento de colecciones núcleo que sean representativas y proporcionales con respecto a la colección completa (Spagnoletti y Qualset 1993; Ortiz *et al.*, 1998; Upadhyaya *et al.*, 2009).

En la conservación de recursos genéticos y mejoramiento de cultivos, usualmente se colecta información multivariada de variables continuas y categóricas con el objetivo de valorar a los genotipos y accesiones. Los genotipos individuales pueden conceptualizarse como si estuvieran ubicados en un espacio multidimensional en el que hay una dimensión para cada variable. La forma y estructura de los grupos de genotipos en este espacio multidimensional se desconoce, pero la asociación (correlación) entre variables determina la formación de los grupos y la estructura es determinada por la verdadera composición de los grupos. Así, la mejor estrategia de clasificación es aquella que produzca los grupos más diferenciados y compactos, esto es, con la mínima variabilidad dentro de grupos y máxima variabilidad entre grupos (Crossa y Franco 2004).

El tipo de variables determina la distancia o coeficiente de similitud a utilizar en el análisis de la información y la clasificación numérica que se puede aplicar. Cuando todas las variables son continuas, las distancias más comúnmente utilizadas son la distancia Euclidiana y la de Manhattan. Se recomienda estandarizar las variables como un paso previo al cálculo de las distancias, con el propósito de eliminar el efecto de las escalas en los resultados. En el caso de las variables binarias (presencia/ausencia) la distancia de Jaccard y Simple Matching son las más frecuentes. Las variables nominales frecuentemente se tratan como binomiales y se utiliza Simple Matching. Las variables ordinales se pueden tratar como variables continuas mediante la aplicación de otros coeficientes de distancia como Spearman. Cuando los datos disponibles corresponden a una mezcla de tipos de variables, se recomienda utilizar la distancia de Gower (1971).

Los métodos de agrupamiento pueden separarse en dos grandes grupos, aquellos basados en las propiedades geométricas de la nube de puntos (P.e. UPGMA, Ward), y los que se basan en las propiedades de distribución de los vectores de observaciones, es decir, los que utilizan un proceso de clasificación basado en la probabilidad de que un individuo pertenezca a un grupo (Crossa y Franco 2004). La posibilidad de introducir los conceptos de probabilidad dentro de las clasificaciones numéricas está ligada al tema de teoría estadística en distribuciones mixtas. El método de distribución mixta es una técnica de agrupación y optimización, ya que requiere una determinación previa de una función objetivo, el logaritmo de la función de verosimilitud. La prueba de la relación de verosimilitud requiere del soporte de un

modelo estadístico, y sólo puede utilizarse en ese caso. La idea es probar la hipótesis nula: el número de componentes de la distribución mixta (grupos) es igual a g , contra la hipótesis alternativa donde $g' \neq g$ (Crossa y Franco 2004).

Odong *et al.* (2012) comentó que a pesar de que la construcción de colecciones núcleo ha sido una práctica común en muchos bancos de germoplasma, esto no es una actividad trivial ya que la metodología utilizada para formarlas está relacionada directamente con el uso que se pretenda, así como al tipo de información disponible. Si estos criterios no se establecen desde el principio, la formación de la colección núcleo podría fallar en su propósito u originar conclusiones falsas.

Existen referencias previas sobre el establecimiento de colecciones núcleo de trigo duro. Spagnoletti y Qualset (1993) establecieron una colección núcleo de la Colección Nacional de Granos Pequeños de Estados Unidos, utilizando cinco estrategias para su formación, basándose en información de pasaporte y de evaluación del germoplasma.

Hamdi *et al.* (2010) seleccionó una colección núcleo de trigo duro colectado en Algeria utilizando información de las proteínas presentes en las muestras. Recientemente, Ruiz *et al.* (2013) reportaron una colección de trigo duro del Centro Nacional de Recursos Genéticos en España (CRF-INIA) con base en polimorfismos de SSR con dos métodos: uno basado en la estructura de la población y otro utilizando el programa Core Hunter (Thachuk *et al.*, 2009).

El objetivo de este estudio fue valorar la diversidad genética de las accesiones de las líneas avanzadas de trigo duro, líneas del IDYN, que fueron seleccionadas hacia potencial de rendimiento, amplia adaptación, resistencia a enfermedades, calidad y uso final por el programa de mejoramiento de trigo duro de CIMMYT de 1969 a 2011. Con esta base, proponer una colección núcleo que represente la diversidad de la población original; el propósito de uso de esta colección núcleo es su utilización por los investigadores y mejoradores de trigo de todo el mundo en estudios de evaluación, mapeo de asociación e introducción de líneas promisorias bajo un esquema de cooperación internacional.

3.2 Materiales y Métodos

3.2.1 Siembra

Las 1361 accesiones de trigo duro que se emplearon en este estudio se obtuvieron del Banco de Germoplasma de CIMMYT, la lista completa se muestra en el Anexo 1. Estas muestras de germoplasma estaban compuestas por líneas avanzadas, variedades obsoletas y variedades modernas que fueron utilizadas como entradas en el IDYN desde el primer año hasta el número 43 que se corresponden con los años 1969 al 2011 respectivamente.

La siembra se realizó en el Centro Experimental Norman E. Borlaug (CENEB), Ciudad Obregón, Sonora, México (Lat. 27.29° N, Lon.109.55° W, 38 m snm) durante los

ciclos otoño-invierno 2010-2011 y 2011-2012 bajo condiciones de riego y sin aplicación de pesticidas. Se sembraron 350 semillas de cada una de las accesiones en un surco doble de 2.1 m de largo con separación de 0.3 m, más 0.6 m de calle bajo condiciones de riego y aplicación de pesticidas. Se utilizó un diseño aumentado de bloques incompletos al azar, en donde cada uno de los ensayos IDYN representaba un bloque, con tres testigos repetidos (Movas C2009, Cirno C2009 y Júpare C2000). Durante el ciclo 2010-2011 se sembró una repetición del experimento en la misma estación en parcelas pequeñas de 1.2 m de largo más 0.8 m de calle para evaluar la incidencia de roya de la hoja.

3.2.2 Parámetros fenotípicos

Los caracteres agro-morfológicos se evaluaron visualmente mediante la observación de varias plantas tipo (o partes de plantas tipo) de cada una de las parcelas. Los detalles de las variables, sus unidades y escalas se presentan en el Cuadro 3.1. La medición del Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada (NDVI ó índice verde, como indicador de biomasa) se hizo con un equipo GreenSeeker®. Se tomaron dos lecturas en etapa vegetativa (50 y 70 días después de la siembra) y dos lecturas en llenado de grano (105 y 120 días después de la siembra) y se promediaron los resultados por etapa.

Cuadro 3.1 Variables fenotípicas registradas en la valoración agro-morfológica de 1362 accesiones de trigo duro (líneas del IDYN de 1969 a 2011) del Banco de Germoplasma de CIMMYT, Cd. Obregón, Sonora 2010-2011 y 2011-2012

Variable	Abreviatura	Unidades	Método de medición	Tipo de variable
Parámetros agro-morfológicos				
NDVI ¹ , etapa vegetativa	VEG	Adimensional	NDVI GreenSeeker® a los 50 y 70 días después de la siembra	continua
NDVI ¹ , llenado de grano	GF	Adimensional	NDVI GreenSeeker® a los 105 y 120 días después de la siembra	continua
Días a espigamiento	DES	días	Días después de la siembra	continua
Días a madurez	DMA	días	Días después de la siembra	continua
Altura de la planta	ALT	cm	Medida de la base de la planta a la punta de la espiga (sin tomar en cuenta las barbas)	continua
Densidad de espigas	DEN	Espigas/m ²	Promedio de dos repeticiones del conteo	continua
Tipo de hoja	TH		1=erecta, 2=Semierecta, 3= caída	nominal
Color de barba	CB		1=Blanco, 2=Rojo, 3=Negro	nominal
Color de gluma	CG		1=Blanco, 2=Rojo, 3=Negro	nominal
Pubescencia de la gluma	PG		1=Presente, 0=Ausente	nominal
Vigor inicial	VI		1=muy débil, 2=débil, 3=regular, 4=fuerte, 5=muy fuerte	ordinal
Vigor final	VF		1=muy débil, 2=débil, 3=regular, 4=fuerte, 5=muy fuerte	ordinal
Roya de la hoja	LR	%	Porcentaje de incidencia (0 a 100 %)	ordinal
Parámetros de calidad del grano				
Peso de mil granos	PMG	g	SeedCount SC5000R	continua
Peso hectolítrico	HEC	g/hec	Winchester Bushel Meter u. Ohaus	continua
Proteína en grano	PRO	%	NIRSystems modelo 6500	continua
Volumen de sedimentación	SED	mL	SDS	continua
Índice de sedimentación	IND	proteína/mL		continua
Color en semolina	COL	Valor b	Minolta Modelo CR-410	continua
Longitud del grano	LAR	mm	SeedCount SC5000R	continua
Ancho del grano	ANC	mm	SeedCount SC5000R	continua
Espesor del grano	ESP	mm	SeedCount SC5000R	continua

¹ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Los análisis de calidad del grano se determinaron en el Laboratorio de calidad y uso final de Trigo de CIMMYT. A cada muestra se le determinó el peso de mil granos (ISTA 1999), peso hectolítrico (con una balanza Winchester Bushel Meter u. Ohaus, método 55-10, AACC 1995), porcentaje de proteína en grano con un espectrofotómetro de reflectancia en el rango de infrarrojo cercano (NIRSystems modelo 6500, método

39-10, AACC 1995). La curva de calibración para determinar proteína en grano de trigos cristalinos fue desarrollada en el laboratorio con ayuda del software Winlsi ver 1.50 utilizando valores de proteína obtenidos por el método de Kjeldahl (método 46-11, AACC 1995).

El color en semolina (valor b) se determinó con un colorímetro Minolta Modelo CR-410. El volumen de sedimentación (mL) se midió en una muestra de 1 g de harina a la que se agregó dodecil sulfato de sodio (SDS, por sus siglas en inglés) de acuerdo con el procedimiento descrito por Peña *et al.* (1990), este valor se utilizó para determinar el índice de sedimentación (sedimentación/proteína). También se midieron el largo, ancho y espesor promedio de los granos con un equipo SeedCount SC5000R, que se basa en un sistema de análisis de imagen para determinar las medidas promedio de los granos de cada muestra analizada.

3.2.3. Análisis estadísticos

Los datos cuantitativos agromorfológicos y de calidad (las 15 variables continuas del Cuadro 3.1) obtenidos en los dos ciclos (2010-2011 y 2011-2012), se analizaron con un Modelo de Efectos Lineales Mixtos para estimar los componentes de varianza por medio del método de máxima verosimilitud restringida (REML) en el programa SAS. El modelo utilizado fue el siguiente:

$$y_{ij} = \mu + \text{año} + \text{testigo} + (\text{año} * \text{testigo}) + \text{entrada}(\text{testigo}) + \epsilon$$

Donde los efectos fijos del modelo fueron el año, los testigos repetidos y la interacción año*testigo. Como efectos aleatorios se consideraron entradas dentro de testigos. Se determinaron los predictores BLUPs (Best linear unbiased predictor) de los efectos aleatorios. Los BLUPs se conjuntaron con los resultados de las mediciones de las variables ordinales (3) y nominales (4). Para mezclar los diferentes tipos de variables se utilizó el Análisis de Factores Múltiples (MFA, por sus siglas en inglés) propuesta por Escofier y Pagès, (1994) y utilizada por Franco *et al.* (2010) en un estudio similar. El método combina las tablas de las variables cuantitativas y categóricas y genera nuevos ejes o dimensiones principales (Principal Axes PA, por sus siglas en inglés), considerando la contribución de cada tipo de variable a la variabilidad total o inercia. Las coordenadas de las accesiones en estas nuevas dimensiones se utilizaron como datos de entrada para el agrupamiento.

El agrupamiento se hizo con un modelo probabilístico en el que se considera que los datos provienen de una mezcla de distribuciones de probabilidad, y cada una de las distribuciones representa a un grupo diferente. El número de grupos se estableció utilizando el máximo valor del criterio de información bayesiana (BIC), un mayor valor del BIC evidencia mejor ajuste del modelo con cada número de grupos. Esto se hizo con el programa MClust en R, donde se utilizó el método basado en el Modelo Mixto Gaussiano.

El tamaño de la colección núcleo se definió en 10 % y la asignación del número de accesiones para formar la colección núcleo se hizo utilizando el método D (Franco *et al.*, 2005), donde el tamaño de la muestra es proporcional a la diversidad dentro del grupo estimada con la distancia de Gower (Gower, 1971). Para esto se hicieron 1000

selecciones aleatorias de la posible colección núcleo y se eligió aquella que tenía el mayor valor promedio de la distancia de Gower.

3.3 Resultados

La siembra de las accesiones en los dos ciclos se llevó a cabo sin contratiempos. No obstante, algunos parámetros evaluados difirieron en cada ciclo: el porcentaje de incidencia de la roya y los días a madurez se evaluaron solamente en el ciclo 2010-2011, mientras que la densidad de espigas/m² se evaluó sólo en el ciclo 2011-2012.

En el Cuadro 3.2 se presenta la estadística descriptiva de las variables cuantitativas considerando el promedio de todas las accesiones en ambos ciclos; los valores mínimos y máximos por variable muestran la amplitud de diversidad por cada parámetro presentados en estas 1361 accesiones de trigo duro.

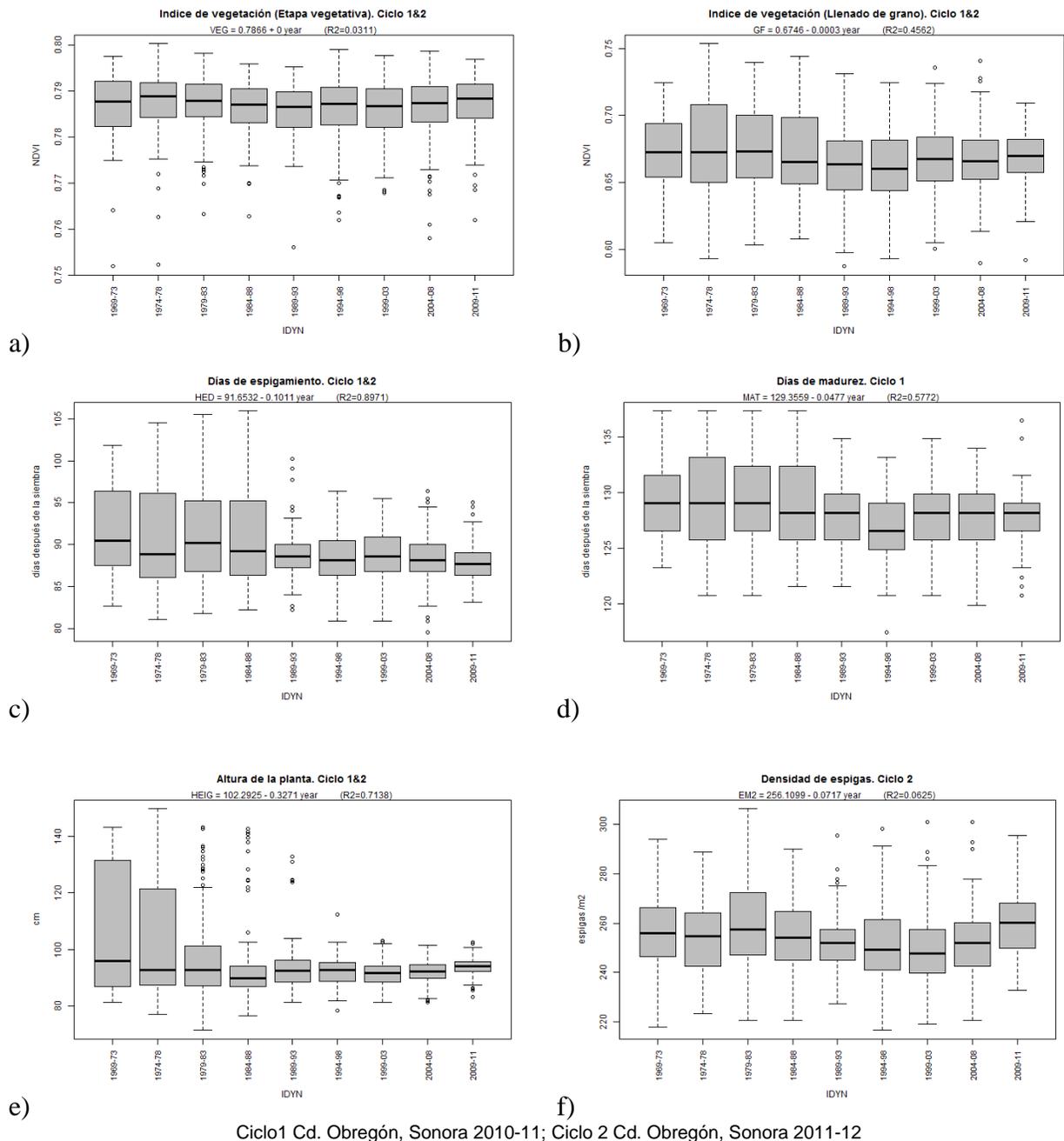
El índice NDVI se determinó como indicador de la biomasa total de las parcelas. En la Figura 3.1a y b puede observarse que el NDVI fue mayor en la etapa vegetativa y disminuyó en el llenado de grano; esto podría relacionarse con la reducción en la actividad fotosintética de las hojas y follaje y mayor actividad de translocación a las estructuras reproductivas. El NDVI no se relacionó con factores limitantes del suelo porque las accesiones se sembraron en condiciones óptimas para el cultivo.

Cuadro 3.2 Estadística descriptiva de las variables cuantitativas medidas en 1362 accesiones de trigo duro (líneas del IDYN de 1969 a 2011) del Banco de Germoplasma de CIMMYT, Cd. Obregón, Sonora 2010-2011 y 2011-2012

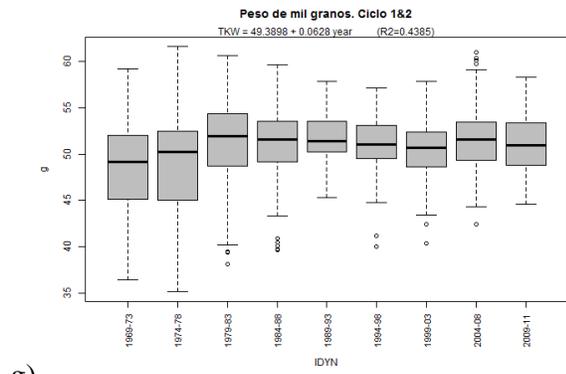
Variable	Unidades	Mínimo	Máximo	Promedio	Mediana	Desviación estándar
Índice de biomasa, etapa vegetativa	Índice	0.544	0.846	0.786	0.792	0.030
Índice de biomasa, etapa de llenado de grano	Índice	0.480	0.828	0.669	0.669	0.057
Días a espigamiento	Días	77	109	89	89	5
Días a madurez	Días	115	139	128	128	4
Altura de la planta	cm	65	155	95	93	12
Densidad de espigas	Espigas/m ²	161.3	383.0	253.5	248.6	36.7
Peso de mil granos	g	28.5	69.0	51.0	51.2	5.1
Peso hectolítrico	g/hec	73.0	98.6	82.7	83.0	1.6
Proteína en grano	%	8.7	18.5	11.7	11.5	1.3
Sedimentación	mL	3.0	17.5	8.3	8.0	1.9
Índice de sedimentación	Proteína/mL	0.2	1.4	0.7	0.7	0.2
Color amarillo	Valor b	9.3	19.3	15.9	15.9	1.0
Longitud del grano	mm	6.26	8.20	7.39	7.40	0.26
Ancho de grano	mm	2.77	3.90	3.35	3.36	0.14
Espesor de grano	mm	2.40	3.60	3.15	3.19	0.17

La Figura 3.1 c y d muestran que los días a espigamiento y a madurez se han reducido a lo largo de cuatro décadas, lo que podría indicar que ha habido una reducción en el ciclo del cultivo. La altura de las plantas fue muy variable en los inicios del IDYN (1969-1983), sin embargo de 1984 a la fecha se muestra menor espectro de variación oscilando entre los 90-95 cm (Figura 3.1e). El peso hectolítrico, la sedimentación y el índice de sedimentación (Figura 3.1h,j,k) mostraron un aumento de 1969 a 1993 y de 1994 a la fecha se han mantenido estables. El porcentaje de proteína mostró una disminución considerable de 1969 a 1993 y de 1994 a la fecha este valor se

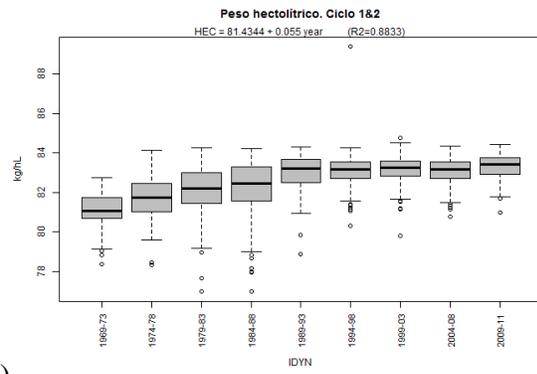
muestra más estable (Fig 3.1i) aunque sigue disminuyendo. El peso de mil granos, las medidas de los granos y la densidad de espigas no mostraron alguna tendencia definida en el tiempo (Figura 3.1g,m,n,o,f). El color amarillo (Figura 3.1l) presentó un aumento continuo de 1969 a 2011 y aún no se ven indicios de que el mejoramiento en este parámetro haya llegado a una etapa de estabilización.



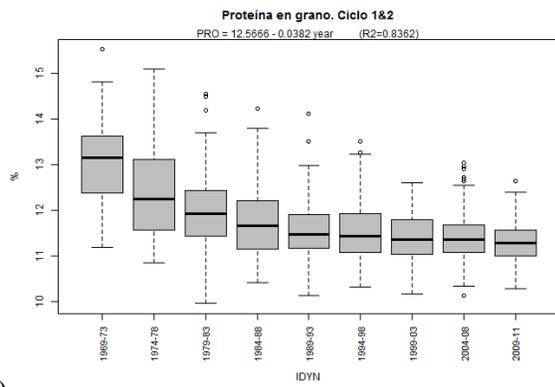
Ciclo 1 Cd. Obregón, Sonora 2010-11; Ciclo 2 Cd. Obregón, Sonora 2011-12



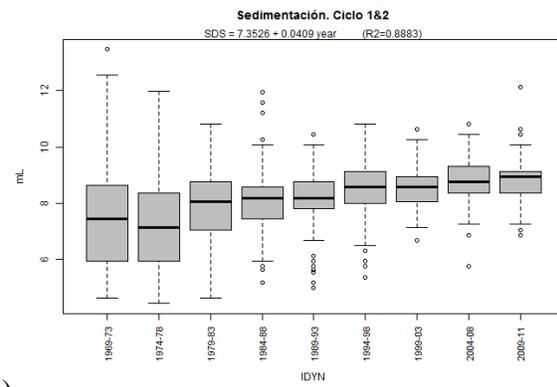
g)



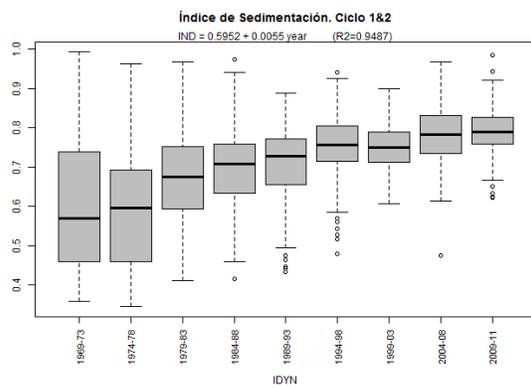
h)



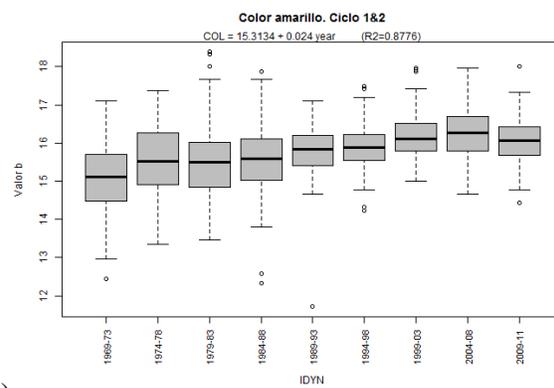
i)



j)

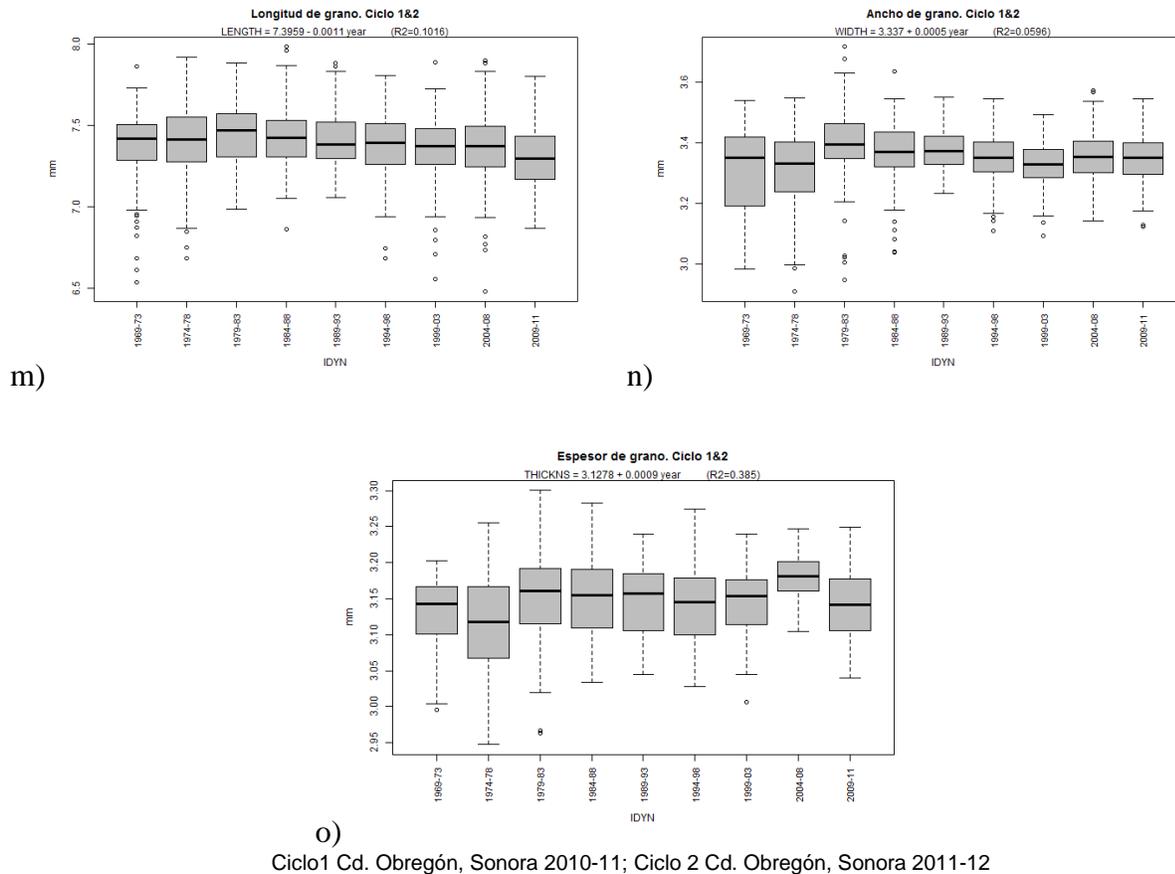


k)



l)

Ciclo1 Cd. Obregón, Sonora 2010-11; Ciclo 2 Cd. Obregón, Sonora 2011-12



Ciclo1 Cd. Obregón, Sonora 2010-11; Ciclo 2 Cd. Obregón, Sonora 2011-12

Figura 3.1 Características fenotípicas medidas en 1361 accesiones de trigo duro distribuidas como parte del ensayo IDYN de 1969 a 2011. a) NDVI etapa vegetativa; b) NDVI etapa de llenado de grano; c) Días a espigamiento; d) Días a madurez; e) Altura de la planta; f) Densidad de espigas; g) Peso de mil granos; h) Peso hectolítrico; i) Proteína en grano; j) Volumen de sedimentación; k) Índice de sedimentación; l) Color en semolina; m) Longitud del grano; n) Ancho del grano; o) Espesor del grano.

En la Figura 3.2 se presentan los resultados de las variables categóricas o cualitativas, puede observarse que el ideotipo más frecuente en los trigos duros del IDYN son plantas con hoja erecta, color de barba negro, gluma blanca sin pubescencia y plantas vigorosas.

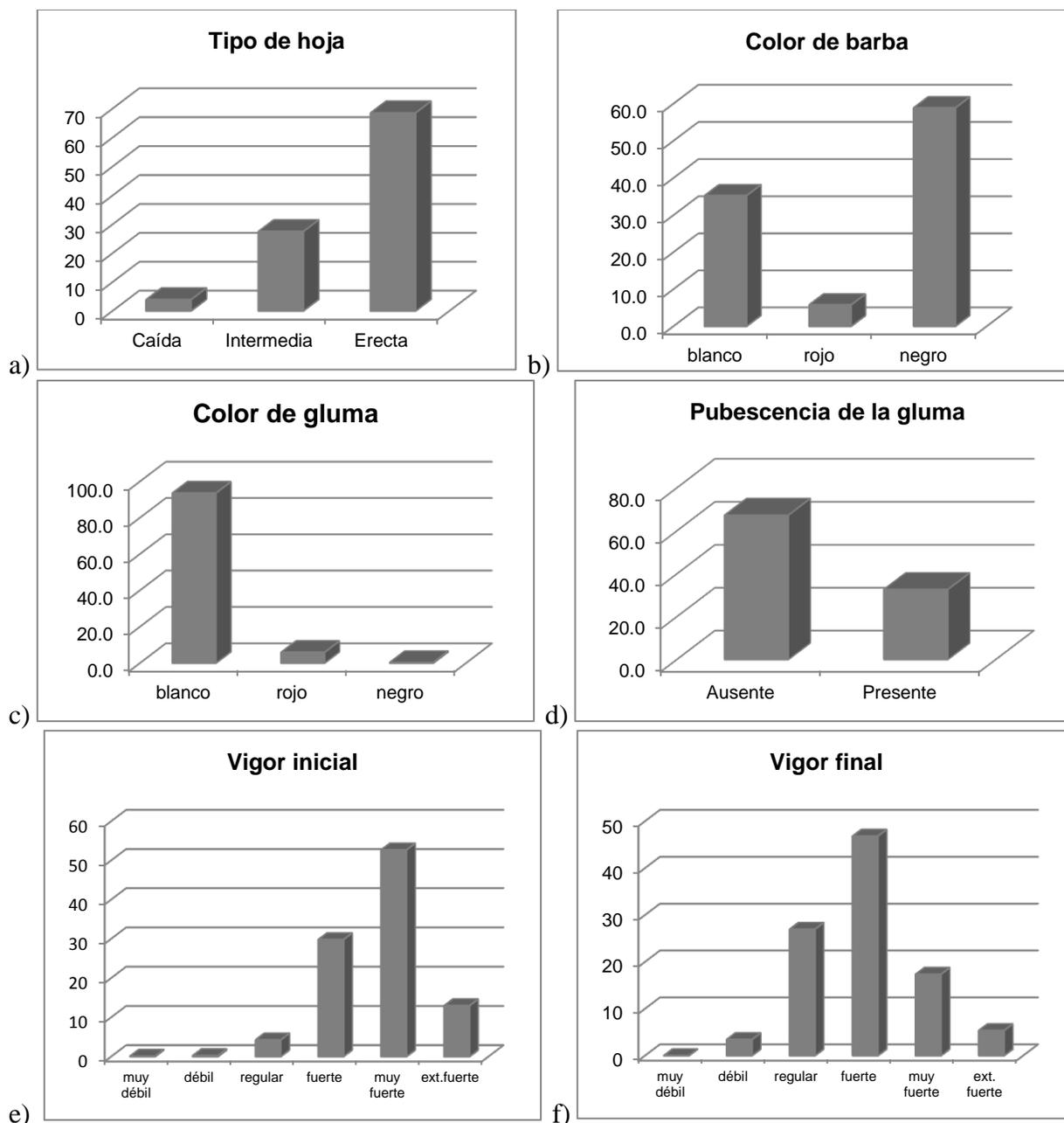


Figura 3.2 Histogramas de frecuencia de variables cualitativas de 1361 accesiones de trigo duro distribuidas como parte del ensayo IDYN de 1969 a 2011 a) Tipo de hoja; b) Color de barba; c) Color de gluma; d) Pubescencia de la gluma; e) Vigor inicial; f) Vigor final

La incidencia de roya de la hoja (*Puccinia triticina*) se consideró como una variable ordinal al tomar valores entre 0 y 100. El 15 % de los genotipos son resistentes a esta enfermedad; el 26 % son moderadamente resistentes (5-50 % de incidencia) y el 56 % son susceptibles o extremadamente susceptibles (50-90 % de incidencia, Figura 3.3a). En el año 2001 comenzaron a desarrollarse genotipos resistentes a esta enfermedad, a partir de ese año se puede apreciar un cambio drástico en el comportamiento de la gráfica de la Figura 3.3b, y prácticamente desde el 2008 todas las líneas distribuidas como parte del IDYN son genotipos resistentes a roya de la hoja.

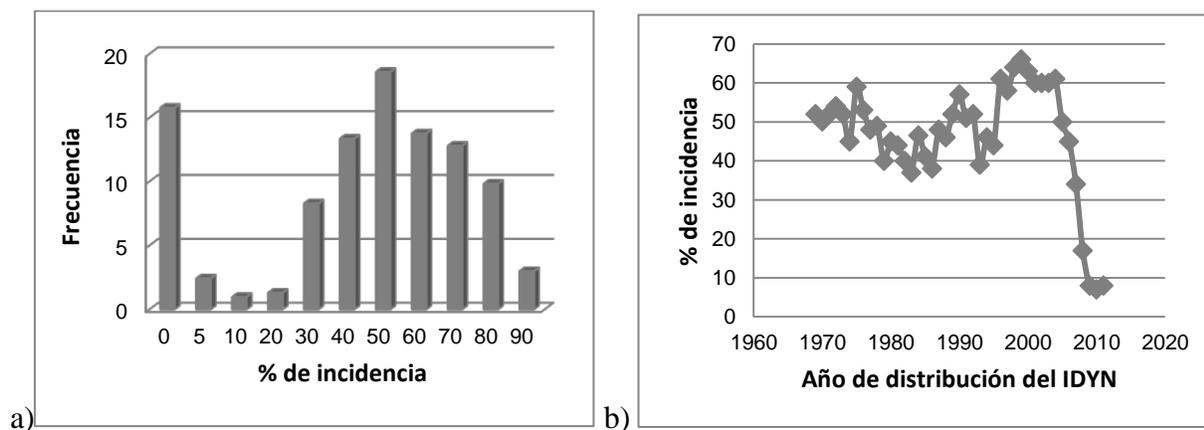


Figura 3.3 Incidencia de roya de la hoja (*Puccinia triticina*) presentada por 1361 accesiones de trigo duro distribuidas como parte del ensayo IDYN de 1969 a 2011. a) Histograma; b) Progreso temporal

Los resultados de los estimadores de los parámetros de varianza para los efectos aleatorios de todas las variables obtenidos por el método REML se presentan en el Cuadro 3.3, hubo convergencia del modelo para todas las variables analizadas.

Cuadro 3.3 Estimadores de los componentes de varianza (REML) para el modelo mixto de 1361 accesiones de trigo duro distribuidas como parte del ensayo IDYN de 1969 a 2011. Cd. Obregón, Sonora 2010-11 y 2011-12

Variable	Entrada (testigo)	Residual
Índice de biomasa, etapa vegetativa	5.97*	27.43
Índice de biomasa, etapa de llenado de grano	13.42*	27.40
Días a espigamiento	23.40*	27.32
Días a madurez	18.15*	7.94
Altura de la planta	24.35*	27.29
Densidad de espigas	4.81*	7.94
Peso de mil granos	19.99*	27.23
Peso hectolítrico	19.50*	27.13
Proteína en grano	17.49*	27.14
Sedimentación	18.08*	26.81
Índice de sedimentación	18.27*	27.02
Color amarillo	21.26*	27.04
Longitud del grano	21.45*	27.00
Ancho de grano	19.44*	27.07
Espesor de grano	8.36*	27.02

*p<0.0001

Con los datos conjuntos de las variables continuas (BLUPs), ordinales y nominales se procedió al análisis de factores múltiples y se generaron los ejes principales (PA). En la Figura 3.4 se muestra la dispersión de las accesiones en el plano determinado por los dos ejes principales que explican el 29 % del total a la inercia (Figura 3.5).

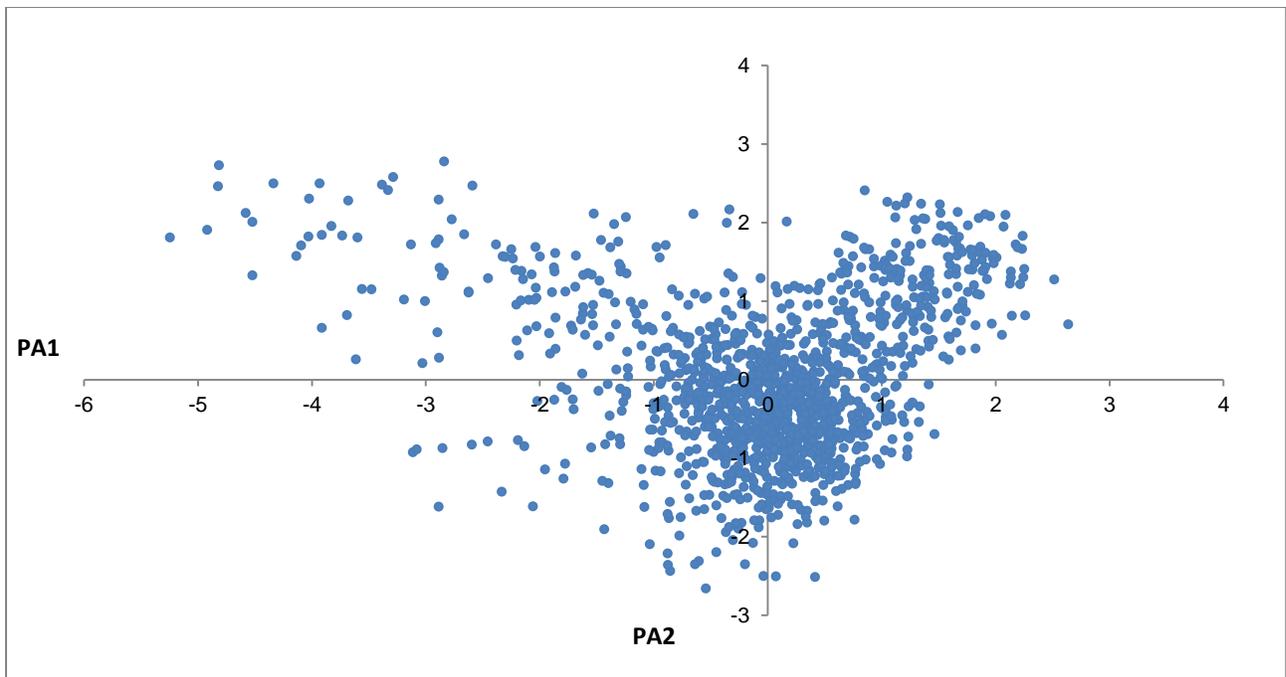


Figura 3.4 Representación de 1361 accesiones de trigo duro distribuidas como parte del ensayo IDYN de 1969 a 2011 en dos ejes principales obtenidos mediante el método de Análisis de Factores Múltiples (MFA)

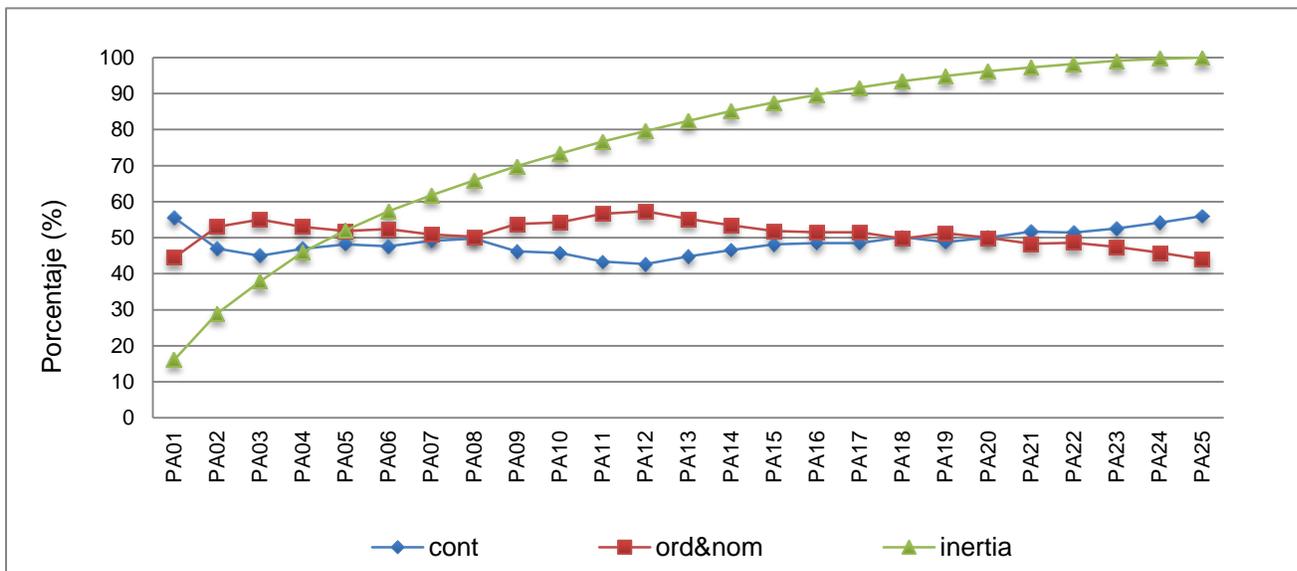


Figura 3.5 Contribución por tipo de variables al porcentaje de la inercia total (o máxima varianza) en los ejes principales obtenidos por el método de Análisis de Factores Múltiples (MFA) de 1361 accesiones de trigo duro distribuidas como parte del ensayo IDYN de 1969 a 2011

En el análisis de factores múltiples, es importante identificar el número de ejes en los que las variables continuas y discretas contribuyen en la misma proporción a la explicación de la varianza de la población, en este caso esto ocurre en el PA8 con 66 % de la inercia; en el PA18 con 93 % y en el PA20 con 96 % de la máxima varianza (Figura 3.5). Las coordenadas de las accesiones en estos ejes se utilizaron como datos de entrada para el agrupamiento.

El modelo probabilístico BIC utilizado para el agrupamiento reveló la existencia de 30 diferentes subgrupos de germoplasma; el mejor ajuste del modelo se logró considerando que los subgrupos en los que se divide la población tienen la misma forma y volumen (o tamaño) variable (VEI).

La distancia de Gower para los 30 subgrupos de la población se ubicó entre 0.109-0.281, con un valor promedio de 0.180. Los grupos más abundantes, con más de 70 accesiones cada uno, fueron el 26, 13, 30 y 24, todos con un promedio de $d^2=0.154$. Los grupos menos abundantes fueron el grupo 11 y el grupo 9 con 5 y 6 accesiones respectivamente. Los grupos más diversos (con $d^2 \geq 0.267$) fueron el grupo 1, 3 y 11; cabe señalar que el grupo 11 fue uno de los menos abundantes y más diversos dentro de la población (Cuadro 3.4).

La asignación del número de muestras por subgrupo para formar la colección núcleo se hizo con el Método D donde el tamaño es proporcional a la diversidad y tamaño del grupo (Cuadro 3.4). En los grupos donde el valor de $N-n$ resultó negativo,

se asignó arbitrariamente el número de muestras. La colección núcleo del 10 % quedó constituida por 136 accesiones que se enlistan en el Cuadro 3.5. La distancia de Gower de la población completa fue de 0.195 y la de la colección núcleo de 0.230, por lo que la colección núcleo presentó una ganancia en diversidad del 17.9 % con respecto a la población lo que indica un alto nivel de redundancia entre las accesiones del IDYN.

Cuadro 3.4 Asignación del número de muestras por subgrupo en una colección núcleo del 10 % (CS-10 %) de 1361 accesiones de trigo duro distribuidas como parte del ensayo IDYN de 1969 a 2011 utilizando el Método D (Franco *et al.*, 2005)

Grupo	Ni	Distancia de Gower	p	n	CS-10 %
1	41	0.281	0.052	3	8
2	52	0.195	0.036	2	6
3	10	0.267	0.050	1	3
4	24	0.196	0.036	1	6
5	31	0.230	0.043	2	7
6	17	0.126	0.023	1	3
7	41	0.188	0.035	1	6
8	50	0.229	0.042	3	7
9	6	0.198	0.037	1	2
10	42	0.221	0.041	2	6
11	5	0.267	0.050	1	2
12	51	0.109	0.020	1	3
13	79	0.168	0.031	3	5
14	40	0.175	0.032	2	5
15	58	0.161	0.030	2	4
16	48	0.206	0.038	2	6
17	32	0.165	0.031	1	4
18	29	0.176	0.033	1	5
19	62	0.183	0.034	3	5
20	41	0.151	0.028	2	4
21	54	0.158	0.029	2	4
22	67	0.165	0.031	2	4
23	30	0.163	0.030	1	4
24	70	0.148	0.027	2	4
25	66	0.132	0.025	2	3
26	91	0.163	0.030	3	5
27	50	0.131	0.024	2	3
28	52	0.160	0.030	2	4
29	48	0.148	0.027	2	4
30	74	0.134	0.025	2	4
Población	1361	0.195	1.000	55	136
Colección núcleo	136	0.230	1		

Ni= Número de accesiones por subgrupo

p= Distancia de Gower por grupo/ \sum Distancias de Gower

n= (Ni x p), ajustado a un número entero

Cuadro 3.5 Colección Núcleo (CS-10 %) establecida a partir de datos fenotípicos de 1361 accesiones de trigo duro distribuidas como parte del ensayo IDYN de 1969 a 2011

Entrada	Número de accesión (INTRID)	Grupo	Nombre/ Cruza	Número de cruza (CID)	Número de selección (SID)	Número de germoplasma (GID)	País de cruza	Año de asignación de nombre
1	CWI23349	1	WELLS	2951	1	970	Estados Unidos	1960
2	CWI6990	3	S-9	250615	-9	5193941	Rusia	1926
3	CWI24115	18	BRANT	640	0	2836	México	1969
4	CWI24116	6	CRANE	1315	0	1010	México	1970
5	CWI22382	4	ANHINGA	88619	0	1074	México	1969
6	CWI23528	5	D6647	123479	0	133471	Estados Unidos	1966
7	CWI13220	9	QUILAFEN	4303	0	3407257	Chile	1970
8	CWI13203	6	COCORIT C71	1244	3	1606	México	1971
9	DW2335	10	ALIFEN	5957	0	2980	Chile	1964
10	CWI13220	9	QUILAFEN	4303	0	3407257	Chile	1970
11	CWI23349	1	WELLS	2951	1	970	Estados Unidos	1960
12	CWI22413	11	INRAT 69	2378	1	400393	Tunez	1969
13	CWI23355	10	LEEDS	2995	1	972	Estados Unidos	1966
14	CWI22382	4	ANHINGA	88619	0	1074	México	1969
15	DW2283	1		319924	0	341527		0
16	CWI13203	6	COCORIT C71	1244	3	1606	México	1971
17	CWI23600	10	MACOUN	3132	1	7963	Canadá	1974
18	CWI23594	1	WARD	5605	0	1021	Estados Unidos	1972
19	CWI22341	3	GEDIZ 75	1885	16	5792225		1975
20	DW823	2		2695	38	400668	México	0
21	CWI22365	11	BADRI	409	1	154581	Tunez	1969
22	DW1129	4		4476	6	404106	México	0
23	CWI24129	22	GDOVZ512	123501	0	5566	Italia	0
24	DW3876	1		320039	-1	5171822		0
25	DW2227	8	USDA508	124440	0	134308	Estados Unidos	0
26	DW3174	13		1971	-1	5241242	México	0
27	DW1609	13		4476	5	404089	México	0
28	G452	8		123282	6	1583282	México	0
29	CWI325	8	CRESO	1317	1	133247	Italia	0
30	DW2859	16	CLICENO 85	21942	10	671158	México	1985
31	DW2808	2	BUCK CANDISUR	6101	3	32679	México	1982
32	DW1587	2		1802	17	398943	México	0
33	DW2074	26		193306	4	1944350	México	0

Continuación Cuadro 3.5

Entrada	Número de accesión (INTRID)	Grupo	Nombre/ Cruza	Número de cruza (CID)	Número de selección (SID)	Número de germoplas ma (GID)	País de cruza	Año de asiganció n de nombre
34	DW1752	21		319451	4	2350666	México	0
35	DW3122	1	JORRO	2519	1	133729	Etiopía	1983
36	DW3123	5		214288	3	2064360	México	0
37	DW9293	16		615	3	62787	México	0
38	DW3111	12	VALNOVA	5486	1	134282	Italia	1983
39	DW3019	5	TARAY_3	21941	17	671149	México	0
40	DW3068	5		319602	4	2351068	México	0
41	DW7129	2	HORA	2180	1	62778	Etiopía	1979
42	CWI23599	10	WAKOOMA	5591	0	7336	Canadá	1973
43	DW5379	8	GSK.Y	143344	0	154375	Serbia	1982
44	DW5566	8	OHO	319885	0	341487		0
45	DW9237	19	DWL5023	50194	0	13475	India	0
46	DW4608	8	POCHARD	89584	3	96278	México	1982
47	DW5567	5	PHIBIROL84	319886	0	341488		0
48	DW8843	14	CHAM_3	124437	4	60219	México	1988
49	DW6128	7	TARAY 85	88339	0	94953	Perú	1985
50	DW7256	16	HD 4530	136857	0	147000	India	1979
51	DW12227	10	MEDORA	3278	1	141752	Canadá	1982
52	DW11387	12	MEXICALI C75	3305	6	1137	México	1975
53	DW6127	10	MONROE	86295	0	92687	Estados Unidos	1986
54	DW6130	1	REGAL,CI7363	4392	1	135523	Estados Unidos	1926
55	DW6350	26	BINTEPE 85	142749	0	153731	Turquía	0
56	DW2865	1		123685	2	1583768	México	0
57	CWI14069	3	SAN MARTIN	792	1	363	Argentina	0
58	DW11388	19	YAVAROS 79	56343	13	4570	México	1979
59	DW9074	5		149373	5	1747022	México	0
60	DW6427	2		181677	7	1921910	México	0
61	DW6090	22		149448	9	1750885	México	0
62	DW9695	23	YAVAROS 79	56343	13	4570	México	1979
63	DW9070	15	TOTANUS_1	89103	3	142548		1991
64	DW11389	12	ALTAR 84	50955	8	30374	México	1984
65	DW10014	27	CARBO_1	124245	4	148143	México	1993
66	DW10019	7	GODRIN_1	123782	7	156114	México	1991
67	DW10287	5	WAHA	123343	16	141236	México	1986
68	DW10298	19	SHAG_6	89609	20	140776	México	1992

Continuación Cuadro 3.5

Entrada	Número de accesión (INTRID)	Grupo	Nombre/ Cruza	Número de cruza (CID)	Número de selección (SID)	Número de germoplas ma (GID)	País de cruza	Año de asiganció n de nombre
69	DW10299	14	SHAG_10	89609	31	140797	México	1992
70	DW10303	15	YAZI_8	89116	161	1282660	México	1991
71	DW11387	4	MEXICALI C75	3305	6	1137	México	1975
72	DW10579	16	OCEAN_2	124413	12	1586756	México	1993
73	DW10583	7	ANSER_5	123900	16	140662	México	1992
74	DW11093	15	MOJO_2	89578	5	96996	México	1992
75	DW10601	27	MUSK_8	72286	28	213503	México	1992
76	DW10603	7	PLATA_16	58894	34	134865	México	1992
77	DW10609	14	SILVER_13	89541	65	1285632	México	1991
78	DW10620	13	TOPDY_6	124046	21	140599	México	1992
79	DW10621	13		125194	7	1590344	México	0
80	DW9695	18	YAVAROS 79	56343	13	4570	México	1979
81	DW11069	18		142081	132	274714	México	0
82	DW11077	18	AVILLO_1	126654	5	301327	México	1993
83	DW10294	7	BOOMER_33	88947	14	137593	México	1992
84	DW11095	18	PATAMARILLA_2	126445	7	213193	México	1993
85	DW11102	2	RASCON_31	89114	113	275205	México	1991
86	DW11387	4	MEXICALI C75	3305	6	1137	México	1975
87	DW11407	7		142356	5	301495	México	0
88	DW11421	19		143607	5	301862	México	0
89	DW11422	8		126448	5	275230	México	0
90	DW11989	14		147140	11	350108	México	0
91	DW11387	4	MEXICALI C75	3305	6	1137	México	1975
92	DW12822	21		142311	33	382203	México	0
93	DW12837	19		142105	84	350480	México	0
94	DW13936	22		144829	120	382910	México	0
95	DW12845	24	VANRRIKSE_6.2	126541	57	382308	México	1993
96	DW14371	24		133002	76	383036	México	0
97	DW13457	25		142069	21	363796	México	0
98	DW13460	17		144992	22	350326	México	0
99	DW13923	15		142206	49	1711544	México	0
100	DW13482	24		142841	18	349576	México	0
101	DW14366	23		133085	63	382944	México	0
102	DW14377	24		173649	20	1906349	México	0
103	DW15811	17		148682	27	349988	México	0

Continuación Cuadro 3.5

Entrada	Número de accesión (INTRID)	Grupo	Nombre/ Cruza	Número de cruza (CID)	Número de selección (SID)	Número de germoplas ma (GID)	País de cruza	Año de asiganció n de nombre
104	DW14398	21		128860	26	364565	México	0
105	DW14404	22		173194	31	1897984	México	0
106	DW14536	16		173740	22	1907446	México	0
107	DW14544	17		327920	63	4745996	México	0
108	DW14551	28		261458	122	4560516	México	0
109	DW14565	27		283704	25	3824705	México	0
110	DW15399	25	ALTAR 84	50955	8	30374	México	1984
111	DW15400	21		283975	18	3822754	México	0
112	DW15414	17		295215	19	4310916	México	0
113	DW15435	20		296037	27	4874891	México	0
114	DW15440	26		261670	40	3822750	México	0
115	DW15729	30		339657	33	4875942	México	0
116	DW15430	25		327957	53	4749309	México	0
117	DW16030	23		261726	46	3822743	México	0
118	DW14945	14		328345	17	4314965	México	0
119	DW15562	26		403621	134	4899645	México	0
120	DW15443	26		173932	39	4063623	México	0
121	DW16370	30		456241	40	5081124	México	0
122	DW16371	30		456241	41	5081123	México	0
123	DW16382	20		457069	19	5079616	México	0
124	DW16386	28		457154	19	5079333	México	0
125	DW16516	13		459213	186	5532387	México	0
126	DW16528	30		477009	240	5536366	México	0
127	DW16465	16		477637	81	5546215	México	0
128	DW16492	20		478260	36	5550532	México	0
129	DW11388	23	YAVAROS 79	56343	13	4570	México	1979
130	DW16570	28		477133	98	5539233	México	0
131	DW16629	29		477383	94	5827222	México	0
132	DW16607	29		478429	24	5551155	México	0
133	DW16613	28		478452	113	5551495	México	0
134	DW16637	29		489618	59	5828208	México	0
135	DW16640	20		490017	86	5828341	México	0
136	DW16768	29		504810	103	6004821	México	0

3.4 Discusión

La formación de una colección núcleo a partir de un conjunto de accesiones de líneas avanzadas (o variedades) derivadas del mejoramiento genético es un caso poco usual en recursos genéticos. Este es el primer estudio que se ha reportado sobre el comportamiento de los principales atributos fenotípicos de las líneas mejoradas de trigo duro a lo largo de 43 años del programa de mejoramiento en CIMMYT (1969-2011).

El CIMMYT es conocido mundialmente por el desarrollo de líneas avanzadas de trigo de amplia adaptación desde la década de los años 60. Las variedades desarrolladas por Borlaug y sus colaboradores, producían rendimientos altos y eran insensibles al fotoperiodo. Además, con la metodología de mejoramiento rotativo en dos o más ambientes contrastantes, se logró reducir el tiempo empleado en el mejoramiento de trigo al lograr producir dos ciclos de crecimiento por año (Borlaug 2007). Si bien, los inicios de la revolución verde se enfocaron al trigo harinero, puede decirse que a partir de la década de los años 70 los esfuerzos en el mejoramiento también se enfocaron en el trigo duro, al reconocerse su importancia como cultivo básico en la alimentación de una amplia población de países en desarrollo.

En la Era I del programa de mejoramiento de trigo duro en CIMMYT, el principal objetivo fue la modificación del ideotipo de la planta; entre la evidencia notoria de estos cambios se encuentra el acortamiento del ciclo del cultivo reflejado por la disminución en los días de espigamiento y madurez de las plantas (Figura 3.2c y d); y la variabilidad en la altura de las plantas que hubo entre 1969 y 1984 (Figura 3.2e) hasta llegar a la

estabilización de la altura promedio que en la actualidad es de 90-95 cm. En la Era I se comenzó la selección dirigida hacia plantas con hojas erectas. Se pudo constatar que en los inicios del programa de trigo duro el peso de mil granos, peso hectolítrico y color amarillo eran bajos (Fig. 3.2 g,h,j,k,l), y en las Eras subsecuentes estos parámetros se fueron mejorando.

Es bien sabido que el aumento de rendimiento en trigo tiene un efecto negativo en el contenido de proteína, esto se muestra en la Figura 3.2i, donde se ve la disminución drástica en el porcentaje de proteína en la Era I y II, y el esfuerzo por mantener el contenido de proteína en niveles aceptables para la industria de pastificación (11-12 %) en las Eras III y IV. Otro parámetro de calidad importante para la industria es la fuerza del gluten, en este caso se refleja de forma indirecta por los valores de sedimentación y el índice de sedimentación presentados en la Fig. 3.1j,k, ahí puede observarse que ha ido aumentando en el tiempo. Esta información es muy importante, porque a pesar de que la presión de selección hacia rendimiento ha sido muy intensa, la disminución del porcentaje de proteína no ha sido drástica, y junto con el aumento en la fuerza del gluten; parecen indicar que la calidad del trigo duro se ha mejorado considerablemente de la Era I a la Era IV.

Si el contenido de proteína ha disminuido pero la calidad ha aumentado, esto podría sugerir que lo que se ha modificado en estas cuatro décadas ha sido el perfil de proteínas de alto y bajo peso molecular presentes en el gluten (combinación de alelos). Es decir, que las proteínas presentes en las líneas modernas tienen una mayor

aportación en las propiedades funcionales de la semolina. Este resultado y el aumento del color amarillo (Figura 3.1 l) reflejan un caso exitoso en el mejoramiento del trigo duro de CIMMYT hacia la calidad industrial, y sin duda ha repercutido en que el trigo duro producido en México sea un producto de exportación (Fuentes-Dávila *et al.*, 2012).

El peso de mil granos, y el tamaño del grano (Figura 3.1g, m,n,o) no han presentado una tendencia definida a través del tiempo, por lo que es posible que el aumento en rendimiento se deba al ideotipo de la planta, es decir que se haya aumentado la eficiencia en la producción de grano a partir del incremento en el número de granos por espiga o espigas por espiguilla.

La situación que se presentó en México en 2001 cuando la variedad de trigo duro Altar C84, que ocupaba la mayor proporción de la superficie sembrada en la zona de producción en el noroeste y se había mantenido resistente a la roya de la hoja (raza BBB/BN), fue atacada por una nueva raza de la roya de la hoja (BBG/BN) causó cuantiosas pérdidas económicas y un retroceso genético ya que la mayoría de las líneas desarrolladas por CIMMYT eran susceptibles a esta raza de la roya (Singh *et al.*, 2004). En la Figura 3.3b puede observarse cómo los esfuerzos de CIMMYT hacia la producción de líneas resistentes a esta enfermedad, tuvieron un efecto positivo drástico y desde el año 2008 todas las líneas distribuidas como parte del IDYN son resistentes a roya de la hoja (BBG/BN).

En el Cuadro 1A se muestra la lista completa de las 1361 accesiones utilizadas en este estudio. Una característica del IDYN (y otros ensayos internacionales de trigo de CIMMYT) es que algunas líneas se han incluido en diferentes años de distribución del ensayo, por lo que desde ahí es evidente la redundancia dentro de este conjunto de accesiones. Sin embargo, se decidió incluir las repeticiones para validar los datos fenotípicos y el método de agrupamiento.

La proporción de líneas mejoradas de trigo que se conservan en la colección de trigo CIMMYT es alta, los resultados obtenidos permiten apreciar el valor intrínseco de la conservación de estas líneas desde 1969, y corroborar que la visión que se tuvo de preservarlas fue acertado, ya que esto permitió tenerlas disponibles para llevar a cabo este estudio y otros que podrían dar continuación a este. Sin embargo, en casos donde el espacio en las cámaras de conservación sea una limitante, la alta redundancia encontrada obliga a considerar la posibilidad de eliminar los duplicados para reducir el número de inventarios de las accesiones mejoradas; disminuir la cantidad de semilla que se conserva en la colección; o reasignar el material mejorado sólo para conservación a largo plazo (cámara base).

La convergencia de todas las variables en el análisis de REML muestra que el modelo fue el adecuado para este conjunto de datos. El MFA produjo 25 PA para explicar el 100 % de la variabilidad de las accesiones con variables fenotípicas, y fue hasta el PA 18 cuando se obtuvo el mismo aporte o proporción de las variables continuas y discretas al conjunto de datos y una inercia del 93 %. El modelo

probabilístico de agrupamiento produjo 30 subgrupos de germoplasma, al no ser un método jerárquico no produce un dendrograma para poder visualizar y elegir el punto de corte para encontrar una explicación biológica a cierto nivel de agrupamiento. Por lo anterior se puede decir que éste método fue muy estricto para la formación de los subgrupos, sin embargo fue muy preciso en la clasificación de las líneas repetidas en diferentes años de distribución del IDYN (Anexo 1) ya que, a excepción de Mexicali C75 y Yavaros C79, todas las líneas duplicadas quedaron clasificadas dentro del mismo subgrupo de germoplasma.

La diversidad del conjunto de accesiones del IDYN es baja ($d^2=0.195$; Cuadro 3.3) porque son líneas que son resultado del mejoramiento genético y están altamente relacionadas, el aporte de nueva variación ha sido por introducción de líneas avanzadas o variedades de otros países (Anexo 1). El método D para la asignación de muestras en la colección núcleo fue muy asertivo ya que, al considerar la diversidad genética de cada grupo y su proporción con respecto a la población total, mantiene la representación de la estructura genética de la población en la colección núcleo.

La alta redundancia de la población estudiada, su impacto en el mejoramiento genético del trigo duro y repercusiones a nivel mundial, hacen que la formación de una colección núcleo tenga sentido. Desde el punto de vista de conservación de recursos genéticos, esta información resulta útil en la toma de decisiones para el establecimiento de políticas de conservación y manejo del germoplasma mejorado. Para los programas de mejoramiento genético, esta colección núcleo podría utilizarse como una población

candidata para mapeo de asociación o cómo fuente de germoplasma de rápida introducción en los programas de mejoramiento genético.

3.5 Conclusiones

El conjunto de líneas del IDYN han sufrido cambios fenotípicos notables en 43 años de mejoramiento. El ciclo del cultivo, la altura de la planta y el contenido de proteína han disminuido; el índice de sedimentación, el color b de la semolina y el peso hectolítrico han aumentado. El tamaño del grano, peso de mil granos, índice de biomasa, y densidad de espigas no presentaron una tendencia específica en el tiempo. El ideotipo más frecuente de las líneas del IDYN está representado por plantas con espiga con barba negra, gluma blanca, sin pubescencia en la gluma, de hojas erectas, resistentes a roya de la hoja y vigor fuerte. En el PA18, obtenido con el análisis de factores múltiples, las variables continuas y discretas presentaron un aporte del 50 % para la explicación del modelo con una explicación del 93 % de la variabilidad del conjunto de accesiones.

El método probabilístico para el agrupamiento fue muy estricto para la formación de grupos ya que produjo 30 subgrupos de germoplasma, sin embargo fue muy preciso en la clasificación de las muestras ya que asignó las muestras redundantes en el mismo grupo de germoplasma. El método D para la asignación de las muestras que forman la colección núcleo fue muy asertivo ya que mantuvo la estructura de la

población y permitió una ganancia del 17.9 % de diversidad con respecto a la población total de las líneas del IDYN.

3.6 Bibliografía

- AACC. 1995. Approved Methods of the AACC. Method 55-10 Test Weight per Bushel. Method 39-10 Near-Infrared Reflectance Method for Protein Determination in Small Grains. Method 46-11 Crude Protein—Improved Kjeldahl Method, Copper Catalyst Modification. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota.
- Borlaug N.E. 2007. Sixty-two years of fighting hunger: personal recollections. *Euphytica* 157:287-297.
- Crossa J., Franco J. 2004. Statistical methods for classifying genotypes. *Euphytica* 137: 19-37.
- Escofier B., Pagès J. 1994. Multiple factor analysis (AFMULT package). *Comput. Stat. & Data Anal.* 18:121-140.
- Franco J., Crossa J., Taba S., Shands H. 2005. A sampling strategy for conserving diversity when forming core subsets. *Crop Sci.* 45:1035-1044.
- Franco J., Crossa J., Desphande S. 2010. Hierarchical multiple-factor analysis for classifying genotypes based on phenotypic and genetic data. *Crop Sci.* 50:105-117.
- Fuentes-Dávila G., Figueroa-López P, Valenzuela-Herrera V., Chávez-Villalba G., Félix-Fuentes J.L., Mendoza-Lugo J.A. 2012. 'Huatabampo Oro C2009', nueva variedad de trigo cristalino para el noroeste de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 35: 351-353.
- Gower J.C. 1971. A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics.* 27: 857-871.
- ISTA. International Seed Testing Association. 1999. International rules for seed resting. *Seed Sci. Technol.* 27(Supplement): 201-244.

- Hamdi W., Bellil I., Branlard G., Khelifi D. 2010. Genetic variation and geographical diversity for seed storage proteins of seventeen durum wheat populations collected in Algeria. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj* 38(2, Special Issue): 22-32.
- Odong T.L., Jansen J., Van Eeuwijk F.A., Van Hintum T.J.L. 2012. Quality of core collections for effective utilization of genetic resources review, discussion and interpretation. *Theor Appl Genet*. Doi:10.1007/s00122-012-1971
- Ortiz, R., Ruiz-Tapia E.N., Mujica-Sanchez A. 1998. Sampling strategy for a core collection of Peruvian quinoa germplasm. *Theor. Appl. Genet.* 96:475-483.
- Peña R.J., Amaya A., Rajaram S., Mujeeb-Kazi A. 1990. Variation in quality characteristics associated with some spring 1B/1R translocation wheats. *Journal of Cereal Science* 12: 105-112.
- Ruiz M., Giraldo P., Royo C., Carrillo J.M. 2013. Creation and validation of the Spanish durum wheat core collection. *Crop Sci.* 53:2530-2537.
- Singh R.P., Huerta-Espino J., Pfeiffer W., Figueroa-López P. 2004. Occurrence and impact of a new leaf rust race on durum wheat in Northwestern Mexico from 2001 to 2003. *Plant Dis.* 88:703-708.
- Spagnoletti Z.P.L., Qualset C.O. 1993. Evaluation of five strategies for obtaining a core subset from a large genetic resources collection of durum wheat. *Theor. Appl. Genet.* 87:295-304.
- Thachuk C., Crossa J., Franco J., Dreisigacker S., Warburton M., Davenport G.F. 2009. Core Hunter: an algorithm for sampling genetic resources based on multiple genetic measures. *BMC Bioinformatics* 10:243.
- Upadhyaya H.D., Pundir R.P.S., Dwivedi S.L., Gowda C. L.L., Reddy V. G., Singh S. 2009. Developing a mini core collection of sorghum for diversified utilization of germplasm. *Crop Sci.* 49:1769-1780.

CAPITULO IV.
COLECCIÓN NÚCLEO DE LÍNEAS ELITE DE TRIGO DURO (*Triticum turgidum* subsp. *durum*) de CIMMYT UTILIZANDO INFORMACIÓN GENOTÍPICA¹

Resumen

El Banco de Germoplasma de CIMMYT mantiene más de 21,000 accesiones de trigo duro, incluyendo las líneas avanzadas incluidas en el ensayo de rendimiento de trigo duro (IDYN por sus siglas en inglés) que ha sido distribuido anualmente a más de 90 países desde 1969. En este estudio, 910 líneas del IDYN fueron caracterizadas genotípicamente utilizando la tecnología de genotipo-por-secuenciación (GBS) para estimar la diversidad genética (heterocigocidad esperada, He; alelos efectivos, eA; y porcentaje de alelos polimórficos, ppoly) y establecer una colección núcleo que represente la mayor diversidad de este grupo de germoplasma. Los análisis de GBS mostraron una amplia cobertura del genoma al identificar 4818 marcadores polimórficos (9636 alelos) dentro del grupo de 910 accesiones analizadas. El método de agrupación de Ward clasificó las muestras en cinco grupos de germoplasma, que se relacionaron con los objetivos de mejoramiento y caracteres de selección establecidos en las diferentes eras de mejoramiento del programa de trigo duro de CIMMYT. Para seleccionar las muestras para la colección núcleo se utilizó el método-ND y se probaron tres intensidades de muestreo de 30, 10 y 5 % de la población original a fin de

1 Este capítulo ha sido enviado a la revista Genetic Resources and Crop Evolution para su publicación como artículo científico

evaluar la representatividad de la colección núcleo final. Los tres tamaños de colección núcleo mantuvieron casi los mismos parámetros de diversidad genética y la estructura de la población original, lo que puede indicar un alto grado de redundancia entre las líneas del IDYN. La colección núcleo del 10 % (CS-10 %, con 91 accesiones, fue seleccionada como la muestra definitiva ya que representa casi completamente la diversidad genética de las líneas del IDYN, esta colección núcleo podría servir como muestras de germoplasma avanzado que puede ser utilizado en los programas de mejoramiento genético en todo el mundo.

Palabras clave: GBS, Diversidad Genética, Método de agrupamiento Ward, Método-ND para elección de muestras

4.1 Introducción

Las metodologías para el establecimiento de colecciones núcleo de germoplasma usualmente se basan en el tipo de información disponible (datos de pasaporte, morfología, datos fisiológicos) para generar una estructura jerárquica de las accesiones que permita la valoración de la diversidad genética, y con ese antecedente establecer colecciones núcleo que sean proporcionales con respecto a la colección completa (Spagnoletti y Qualset 1993; Ortiz *et al.*, 1998; Upadhyaya *et al.*, 2009). Recientemente, con la disponibilidad de diferentes técnicas para determinar el polimorfismo de marcadores moleculares, ha habido interés en utilizar este tipo de información para generar colecciones núcleo basadas en la medición de distancias genéticas. Los marcadores del ADN no están influenciados por factores ambientales y ofrecen la oportunidad de valorar la diversidad genética evitando sesgos pues la diferenciación entre los individuos es más objetiva y confiables (Marita *et al.*, 2000; Franco *et al.*, 2005; Franco *et al.*, 2006; Jansen y van Hintum 2007; Thachuk *et al.*, 2009). En las metodologías recientes de formación de colecciones núcleo, primero se determina la estructura de la población y después se elige a las muestras que la forman con base en las características de la población, de modo que se logre una representatividad apropiada de la diversidad de la misma (Fu 2012; Odong *et al.*, 2013).

Odong *et al.* (2012) comentó que a pesar de que la construcción de colecciones núcleo ha sido una práctica común en muchos bancos de germoplasma, esto no es una

actividad trivial, ya que la metodología utilizada para formarla está relacionada directamente con el uso que se pretende dar a la colección núcleo, así como al tipo de información disponible. Si estos criterios no se establecen desde el principio, la formación de la colección núcleo podría fallar en su propósito u originar conclusiones falsas.

Existen referencias previas sobre el establecimiento de colecciones núcleo de trigo duro. Spagnoletti y Qualset (1993) establecieron una colección núcleo de la Colección Nacional de Granos Pequeños de Estados Unidos utilizando cinco estrategias para la formación de ésta basándose en información de pasaporte y evaluación fenotípica del germoplasma.

Hamdi *et al.* (2010) eligió una colección núcleo de trigo duro colectado en Algeria utilizando información de las proteínas en las muestras. Recientemente, Ruiz *et al.* (2013) reportó una colección de trigo duro del Centro Nacional de Recursos Genéticos en España (CRF-INIA), para lo que utilizó datos de marcadores SSR con dos métodos: uno basado en la estructura de la población y otro utilizando el programa Core Hunter (Thachuk *et al.*, 2009).

Algunos puntos críticos en el uso de marcadores moleculares para la caracterización de germoplasma están relacionados con la especificidad marcador-carácter, la detección de diversidad entre loci y dentro de locus, y la cobertura del genoma. Las tecnologías de NGS se han probado a través de un amplio espectro de

especies y han demostrado ser una herramienta efectiva para generar grandes cantidades de marcadores distribuidos en el genoma de una especie, a un costo relativamente bajo por muestra (Elshire *et al.*, 2011). El GBS es una de las técnicas de NGS que se fundamenta en la utilización de enzimas de restricción para reducir la complejidad del genoma y el uso de adaptadores tipo códigos de barras en el ADN, que permiten la secuenciación de múltiples muestras en paralelo en una sola corrida en las plataformas de NGS.

El GBS se ha aplicado recientemente en los genomas de cebada y trigo y ha mostrado ser una herramienta rápida y efectiva para generar marcadores moleculares en estas especies (Poland *et al.*, 2012). Esta herramienta es apropiada para caracterizar las muestras conservadas en los bancos de germoplasma, ya que provee de una amplia cobertura del genoma y permite distinguir entre muestras con parentescos muy cercanos debido al número de loci que pueden ser identificados.

El objetivo de este estudio fue determinar la diversidad genética de la colección de accesiones integrada por líneas avanzadas de trigo duro, distribuidas como parte del ensayo IDYN de 1969 a 2011, utilizando la información obtenida del análisis molecular por GBS; y con esa base elegir una colección núcleo para representar la diversidad genética de la población original. El propósito de esta colección núcleo es su utilización por los investigadores y mejoradores de trigo de todo el mundo en estudios de evaluación, mapeo de asociación e introducción de líneas promisorias bajo un esquema de cooperación internacional.

4.2 Materiales y Métodos

4.2.1 Material vegetal

Se obtuvieron 910 líneas avanzadas del Banco de Germoplasma de CIMMYT, estas líneas fueron distribuidas y probadas en varios países como parte del Ensayo Internacional de Trigo Duro para Rendimiento (IDYN, por sus siglas en inglés) de 1969 al 2011 y son resguardadas para almacenamiento a largo plazo en CIMMYT. Los detalles de las accesiones se presentan en el Anexo 2.

4.2.2 Muestras de ADN

Las 910 líneas del IDYN se sembraron el 31 de mayo del 2011 en camas sencillas de un metro de largo en la estación experimental El Batán-CIMMYT, Texcoco, Estado de México, México (19° 31' 48.05" N, 98° 50' 47.98 W y 2,262 msnm) bajo condiciones óptimas de cultivo. Se colectaron dos hojas de una planta representativa de cada parcela en etapa vegetativa (dos semanas) y se colocaron dentro de las gradillas de 96 muestras. Los tubos que contenían las muestras de tejido se colocaron dentro de hieleras que contenían hielo seco y se transfirieron a congeladores a -80°C. Posteriormente se liofilizaron durante 6-8 h y se utilizaron para la extracción del ADN en el laboratorio de Biotecnología de CIMMYT de acuerdo a la metodología de extracción a baja escala de ADN de alta calidad utilizando balines para la molienda y el aislamiento de ADN genómico basado en el procedimiento de CTAB de Saghai-Marooif

et al. (1984) modificado por los protocolos de CIMMYT y adaptados a una gradilla de 96 tubos x 1.1 mL (CIMMYT 2005).

Las librerías del GBS se construyeron en un plex-95 utilizando el set de adaptador P384A. En cada gradilla de 96 pozos se dejaron dos celdas en las posiciones G12 y H12 que se utilizaron para el control de calidad, a fin de asegurar que las librerías no fueron cambiadas de lugar durante la construcción y secuenciación. El ADN genómico fue co-digerido con las enzimas de restricción PstI (CTGCAG) y HpaII (CCGG) y los adaptadores de código de barras se ligaron a las muestras individuales, después éstas se agruparon por gradilla en una sola librería y se amplificaron por PCR. Cada librería se secuenció en una corrida individual en el equipo Illumina HiSeq 2000 en Diversity Arrays Technology Pty Ltd, Canberra, Australia.

4.2.3 Genotipo por secuenciación (GBS)

Las muestras de ADN se procesaron en la empresa DArT™ en Canberra, Australia utilizando la técnica de GBS para el mapeo de marcadores y alineamiento hacia secuencias de la técnica DArTseq™. Esta técnica es una combinación de los métodos de reducción de la complejidad DArT y las plataformas de NGS (Kilian *et al.*, 2012; Courtois *et al.*, 2013; Raman *et al.*, 2014; Cruz *et al.*, 2013). Por lo tanto, DArTseq™ representa una nueva implementación de secuenciación por representaciones de complejidad reducida (Altshuler *et al.*, 2000) y de otras aplicaciones más recientes de este concepto en las NGS (Baird *et al.*, 2008; Elshire *et al.*, 2011).

De forma similar a los métodos DArT, basados en la hibridación de arreglos, la tecnología es optimizada para cada organismo y cada aplicación seleccionando el método de reducción de complejidad más apropiado (tanto el tamaño de la representación como la fracción de un genoma seleccionado para pruebas). Se probaron cuatro métodos de reducción en trigo (datos no presentados) y se seleccionó el método PstI-HpaII. Las muestras de ADN se procesaron en reacciones de digestión/ligación de acuerdo a la metodología de Kilian *et al.* (2012), pero reemplazando un adaptador compatible-PstI con dos diferentes adaptadores que correspondían con dos enzimas de restricción (RE) sobresalientes. El adaptador compatible-PstI fue diseñado para incluir la secuencia de Illumina en la celda, el cebador de secuenciación, variando la longitud de la región del código de barras de forma similar a lo reportado por Elshire *et al.* (2011). El adaptador inverso contenía la región de unión en la celda de flujo y la secuencia compatible con HpaII. Solamente los fragmentos mixtos (PstI-HpaII) se amplificaron eficazmente en 30 rondas de PCR usando las siguientes condiciones de reacción:

1. 94° C por 1 min
2. 30 ciclos de: 94° C por 20 s
58° C por 30 s
72° C por 45 s
3. 72° C por 7 min

Posteriormente, las cantidades equimolares de los productos de amplificación de PCR de cada muestra de la placa de microtitulación de 96 pozos, se combinaron y se aplicó el puente c-Bot (Illumina) seguido de la secuenciación en el equipo Illumina HiSeq2000. La secuenciación (una sola lectura) se realizó durante 77 ciclos.

Las secuencias generadas a partir de cada carril se procesaron utilizando metodologías que son propiedad de DArT™. Como proceso primario, los archivos FASTQ se procesan para filtrar secuencias de distancia de mala calidad, y se aplican criterios de selección rigurosos hacia la región de código de barras en comparación con el resto de la secuencia. De esa manera las asignaciones de las secuencias a muestras específicas realizadas en el paso de la división del código de barras fueron muy fiables. Aproximadamente 2.000.000 secuencias por código de barras/muestra se identificaron y utilizaron en la identificación de los marcadores. Por último, las secuencias idénticas se colapsaron en archivos "fastqcall". Estos archivos se utilizaron en el proceso secundario, patentado por DArT PL, de determinación de SNP y SilicoDArT (presencia/ausencia de fragmentos de restricción en la representación) con los algoritmos de DArTsoft14.

4.2.4 Frecuencias alélicas y medidas de la diversidad genética

Los SNPs bialélicos (presencia/ausencia) obtenidos por la técnica de GBS se identificaron a lo largo del genoma de las líneas del IDYN y se convirtieron en frecuencias alélicas (0,0.5,1) para cada marcador de GBS e individuo incluidos en este estudio. Las frecuencias de 0.5 representaban los heterocigotos. Las distancias genéticas entre accesiones se calcularon utilizando el programa R (version 3.0.3) con un algoritmo escrito para calcular la Distancia Genética Modificada de Rogers (MRD, por sus siglas en inglés) y para estimar los criterios de riqueza alélica: heterocigosis esperada (H_e), número de alelos efectivos (eA), y porcentaje de alelos polimórficos ($ppoly$) de las muestras.

La MRD entre pares de accesiones x,y ($MRD_{x,y}$) es:

$$0 \leq \frac{1}{\sqrt{2L}} \sqrt{\sum_{l=1}^L \sum_{a=1}^{n_l} (\hat{p}_{xla} - \hat{p}_{yla})^2} \leq 1 \text{ donde } \hat{p}_{xla} \text{ es la frecuencia estimada del alelo } a,$$

dentro del locus l , en el genotipo x ; L es el número de loci (marcador GBS) y n_l el número de alelos dentro del l_{th} locus (en este caso dos);

La heterocigosis esperada (He) es

$0 \leq He = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L (1 - \sum_{a=1}^{n_l} \hat{p}_{al}^2) \leq 1$. He es una medida compuesta que resume la variación genética a nivel de locus, y es calculada como la media de He de cada locus (Berg y Hamrick 1997).

El número de alelos efectivos (eA) es $1 \leq eA = \frac{1}{1-He}$

Para visualizar la distancia entre las accesiones en un espacio bidimensional, se llevó a cabo un análisis de ejes principales (PCoA) o escalamiento multidimensional (MDS) utilizando la matriz de disimilitud.

4.2.5 Método de agrupamiento

Las distancias MRD se utilizaron para hacer un análisis de agrupamiento con el método de varianza mínima dentro de grupos de Ward (Ward 1963), cuya objetivo es minimizar la varianza dentro de grupos mientras maximiza la varianza entre ellos. El dendrograma se dibujó utilizando el programa DARwin5 ver. 5.0.158. Para cada subgrupo se calculó el promedio de la MRD, He , eA y $ppoly$ como estimación de la riqueza alélica dentro de grupos con los algoritmos de R descritos anteriormente.

4.2.6 Elección de la colección núcleo

La elección de las muestras de la colección núcleo se hizo siguiendo el objetivo de conservar la máxima representatividad y estructura de la diversidad genética de las líneas de la población original. El método de elección de muestras se denotó Método-ND, que es una modificación del método de Neyman (1934) combinado con el Método-D propuesto por Franco *et al.* (2005), donde el tamaño de la muestra es proporcional al producto del tamaño del grupo por la media de la MRD entre las accesiones dentro del grupo. Con la finalidad de comparar el tamaño de la colección núcleo, se establecieron tres tamaños de muestra a 30, 10 y 5 % de la población original, la selección de las accesiones dentro de cada uno de éstos tamaños se hizo con un algoritmo escrito en el programa R, donde se ejecutaron 1000 diferentes combinaciones de muestreo de accesiones utilizando muestreo aleatorio estratificado y calculando el promedio de la MRD por muestra. Se seleccionó como muestra representativa de cada tamaño de la colección a la combinación con el mayor valor promedio de la MRD. La evaluación entre los tres tamaños de muestra de colección núcleo se hizo con base en la comparación de su estructura genética y estimadores de la diversidad genética (MRD, H_e , eA , $ppoly$) con respecto a la población original.

4.3 Resultados

4.3.1 GBS para evaluar la diversidad genética

Los análisis de GBS de las 910 muestras permitieron la identificación de 4818 marcadores polimórficos (9636 alelos) que representan una amplia cobertura del genoma. Esta enorme cantidad de marcadores moleculares permitió la ejecución de un análisis estadístico preciso de las distancias genéticas entre las líneas del IDYN analizadas. Los marcadores moleculares son recomendables para estimar la diversidad genética porque no interactúan con el ambiente y no presentan sesgos en el análisis, como podría pasar con datos agromorfológicos, sobrevaloración de datos de pasaporte o el pedigrí de las muestras. El GBS demostró ser una tecnología efectiva para permitir la estimación de las distancias genéticas entre líneas mejoradas genéticamente altamente emparentadas, ya que la identificación de alelos polimórficos permitió valorar el grado de diversidad entre accesiones.

4.3.2 Determinación de grupos

El método de Ward fue efectivo y permitió la identificación de grupos dentro de la población; hasta ahora no se tiene conocimiento de algún otro estudio en el que se hayan utilizado datos de GBS para análisis de grupo o formación de colecciones núcleo, pero con el estudio realizado se puede apreciar que este método es adecuado para analizar grandes cantidades de datos moleculares generados con las tecnologías

de NGS tal como se ha hecho con datos de marcadores moleculares como los SSR (Odong *et al.*, 2011).

En la Figura 4.1 se presenta el dendrograma de las líneas IDYN, que se agruparon en cinco subgrupos, descritos a continuación. El Grupo 1 está formado por 219 accesiones, la mayor parte de las líneas de este grupo están representadas por cruza hechas en CIMMYT de 1990 a 2011, donde los padres más frecuentes son Altar 84, Chen, Platalea, Huitle y Rascon. El Grupo 2 fue el más grande con 348 accesiones, conformado por cruza desarrolladas de 1980 a 2011. Algunos cultivares obsoletos como Jori C69, Macoun, inrat 69, Crosby, Harlequin, Carcamoun, Don Pedro 87, Nacori 97 y Bonaerense Quilaco quedaron dentro de este grupo. Los padres más frecuentes de las líneas del Grupo 2 fueron Chen, Huitle, Yavaros 79, Altar 84, Platalea y Guillemot.

El Grupo 3 está representado por 197 accesiones, la mayoría de ellas eran las líneas que se utilizaron como padres desde el inicio del programa de trigo duro de CIMMYT como Tehuacan 60, Brant, Crane, Leeds, Yemen, D6647, Wells, Ward, Rolette, Maghrebi 72, Sacaba, Creso y Shearwater. Las variedades de la época de la revolución verde como Cocorit C71, Altar C84, Mexicali C75 y Yavaros C79 junto con las variedades modernas Río Colorado C2000 y Jupare C 2001 también quedaron dentro de este grupo. Los padres más frecuentes en el pedigrí de las líneas del Grupo 3 son Tehuacan 60, Jori C69, Crane, Flamingo y Anhinga. El Grupo 4 fue el de menor representación con tan sólo 61 líneas, algunos de sus cultivares representativos fueron

Gerardo 565, Kingfisher, Goldeneye, Wakooma, Lincan Inia, Lotus y Rafi C 97 así como cruzas generadas entre 1992 y 2001. Los padres más frecuentes son Flamingo, Snitan, Altar 84 y Shearwater. Finalmente, el Grupo 5 está representado por 85 cruas desarrolladas de 1994 a 2011 cuyos padres más frecuentes son Altar 84, Huitle, Flamingo, Chen, Mexicali C75 y Shearwater.

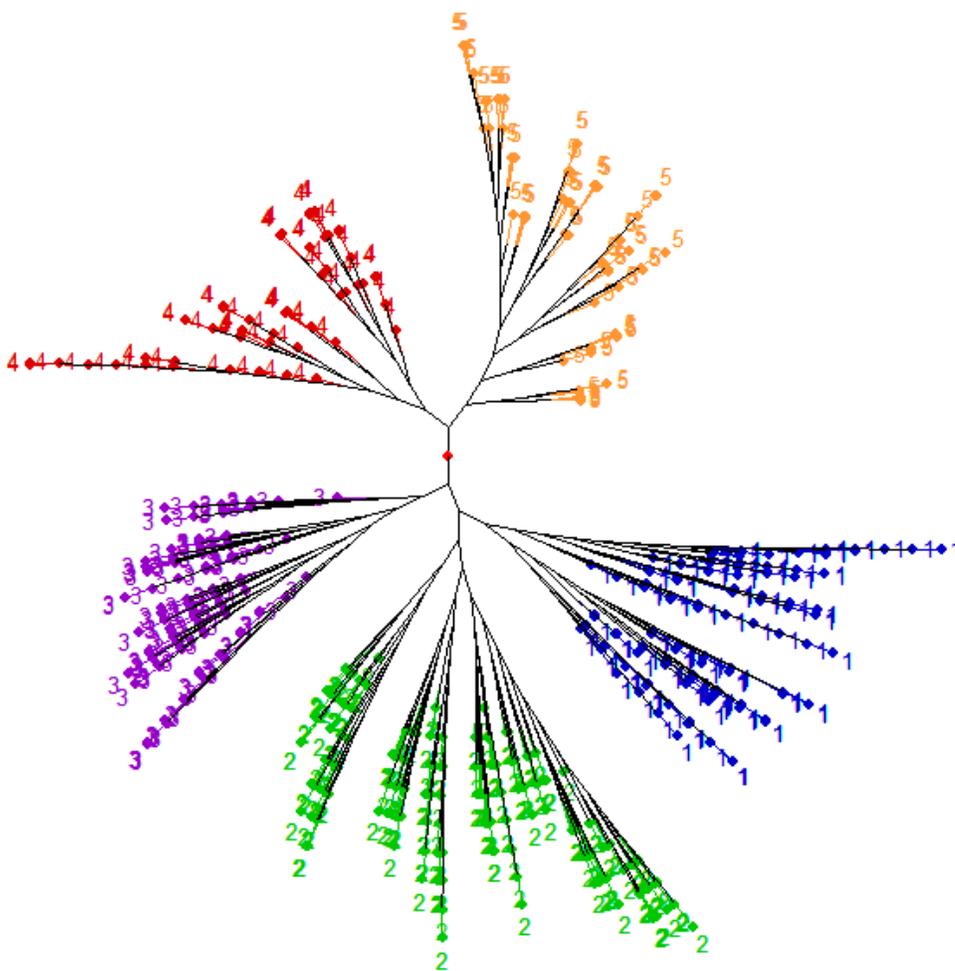


Figura 4.1 Dendrograma de 910 líneas avanzadas de CIMMYT incluidas dentro del Ensayo Internacional para Rendimiento de Trigo duro (IDYN por sus siglas en inglés) de 1969 a 2011.

La Figura 4.2 muestra la asociación de las Eras de mejoramiento del programa de trigo duro del CIMMYT (Cuadro 2.3) con los Grupos de germoplasma, así como el comportamiento en el tiempo de las líneas del IDYN. Puede observarse que los genotipos pertenecientes al Grupo 3 (Primeros padres) se utilizaron mayormente en las Eras I y II. En las Eras III y IV los Grupos 1 y 2 fueron los de mayor presencia y representan las líneas avanzadas de CIMMYT con amplia adaptación, alto rendimiento y buenos niveles de resistencia a enfermedades. Es altamente probable que el Grupo 4 contenga las líneas susceptibles a la raza BBG/BN de roya de la hoja, y ésta sea la razón por la que este germoplasma haya sido excluido del programa de mejoramiento desde la Era III. El Grupo 5 comenzó a aparecer en la Era II y continúa presente en la época actual, y aunque algunas de estas líneas podrían ser susceptibles a la raza BBG/BN de la roya, al parecer también presentan otras características de interés para el mejoramiento como alto potencial de rendimiento, contenido de proteína o color amarillo por lo que siguen siendo utilizadas en el desarrollo de cruas.

4.3.3 Elección de las accesiones para la colección núcleo

Las tres aproximaciones de colección núcleo que se utilizaron (30, 10 and 5 %) en este estudio se formaron para conservar la proporcionalidad entre los grupos de germoplasma existentes en la población original mientras mantenían la distancia genética promedio (MRD) más grande dentro de sus muestras de germoplasma respectivas. Los detalles del método-ND que se utilizó para la elección de las muestras se presentan en el Cuadro 4.1. En la Figura 4.3 se muestra cómo se mantuvo la

estructura de la población en los tres tamaños de colección núcleo evaluados. Por lo tanto, el Método-ND es altamente recomendable para la formación de colecciones núcleo, ya que considera la proporción y la diversidad dentro de los grupos que forman una población.

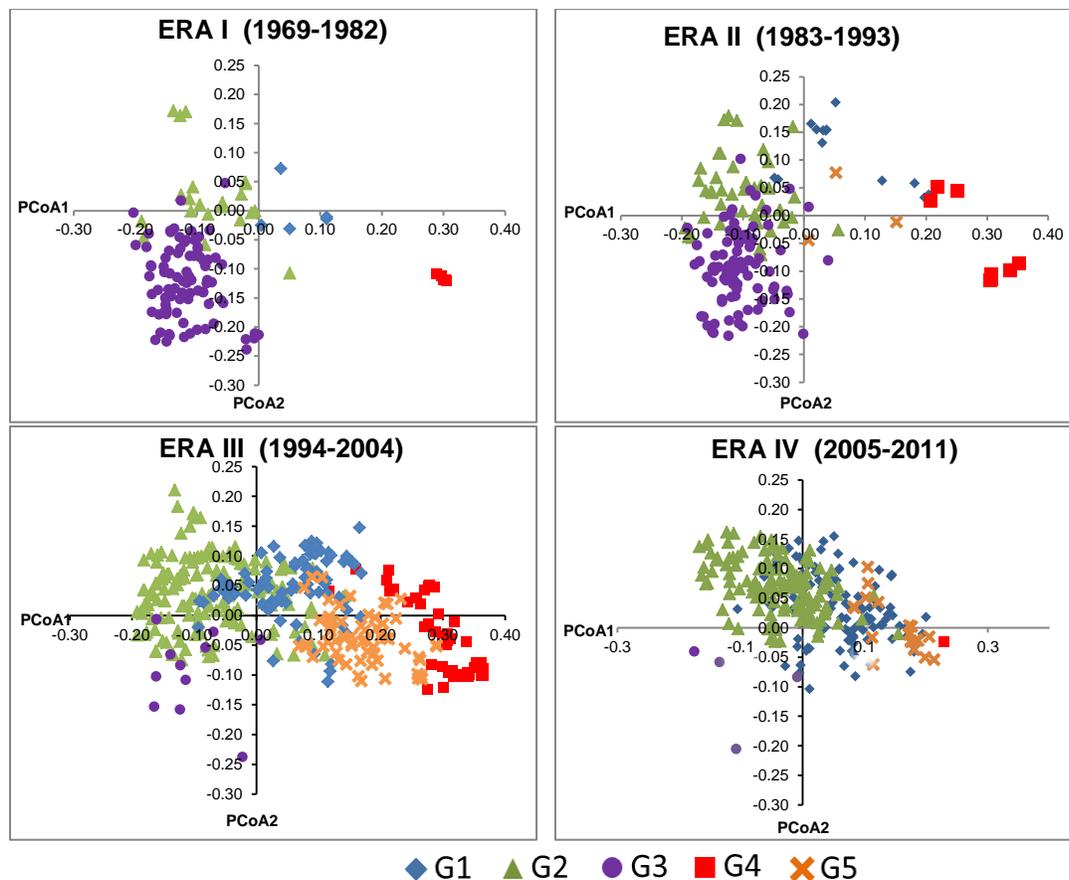


Figura 4.2 Distribución de 910 líneas avanzadas de CIMMYT incluidas en el Ensayo Internacional de Rendimiento de Trigo Duro (IDYN, por sus siglas en inglés) de 1969-2011. Estas líneas se clasificaron en cinco grupos (G1 a G5) y cuatro Eras de mejoramiento del programa de trigo duro de CIMMYT.

Cuadro 4.1 Elección de muestras con el Método-ND para la formación de tres tamaños de colección núcleo (CS) de 910 líneas avanzadas de CIMMYT incluidas en el Ensayo Internacional de Rendimiento de Trigo Duro (IDYN por sus siglas en inglés) de 1969-2011.

GRUPO*	Ni	Distancia Genética de Rogers Modificada (MRD)			p	ND	pND	CS-5 %	CS-10 %	CS-30 %
		Min	Max	promedio						
G1	219	0.0642	0.7027	0.5689	0.2193	125	0.2442	11	22	67
G2	348	0.0647	0.7070	0.5895	0.2272	205	0.4021	18	37	110
G3	197	0.0834	0.7238	0.5902	0.2275	116	0.2279	10	21	62
G4	61	0.0615	0.5461	0.3202	0.1234	19.5	0.0383	2	3	10
G5	85	0.0827	0.6340	0.5253	0.2025	44.7	0.0875	5	8	24
Suma	910			2.5941	1	510	1	46	91	273

*G1 a G5 representan los cinco subgrupos obtenidos con el Método de Ward

Ni= Número de accesiones por subgrupo

MRD= Distancia Genética de Rogers Modificada

MRD Min= Valor mínimo de la MRD dentro del grupo

MRD Max= Valor máximo de la MRD dentro del grupo

p= $MRD_i \text{ promedio} / \sum(MRD_i \text{ promedio})$

ND= $Ni \times MRD_i \text{ promedio}$

pND= $ND_i / \sum ND_i$

La comparación de los estimadores de la diversidad genética de la población y de los tres tamaños de la colección núcleo se muestra en el Cuadro 4.2. En los tres casos, la MRD promedio, He y eA fueron ligeramente mayores en las colecciones núcleo que en la población original; mientras que el porcentaje de alelos polimórficos disminuyó ligeramente conforme se reducía el tamaño de muestra de la colección núcleo. Estos resultados son poco comunes en el establecimiento de colecciones núcleo, ya que por lo general una colección núcleo tiende a representar un alto porcentaje de la diversidad contenida en una población pero no la sobrepasa. Estos resultados evidencian un alto nivel de redundancia dentro de este grupo de líneas del mejoramiento a pesar de la excelente representación de los grupos en cada colección núcleo.

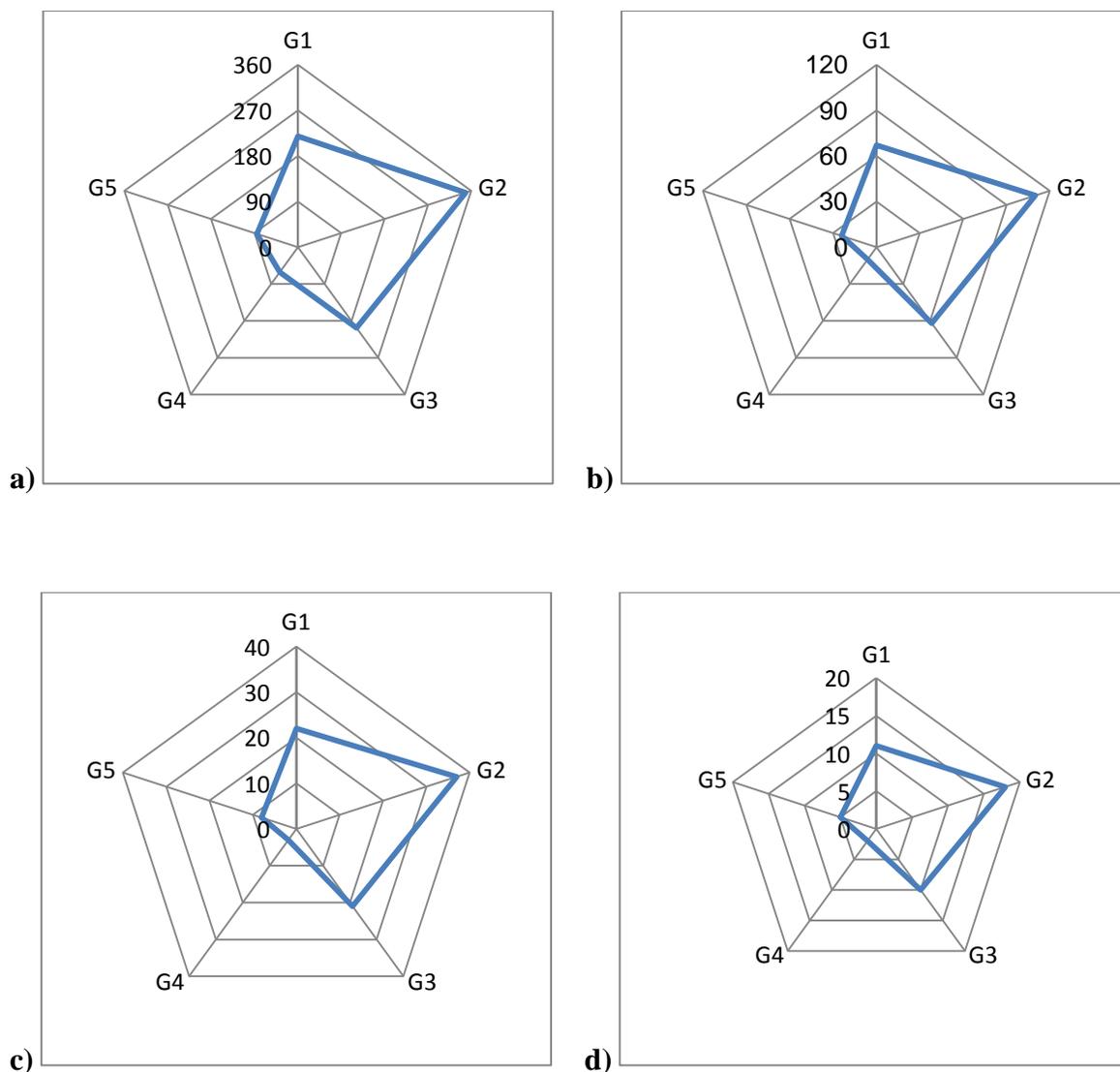


Figura 4.3 Representación de la estructura genética de un conjunto de 910 líneas avanzadas de CIMMYT incluidas en el Ensayo Internacional de Rendimiento de Trigo Duro (IDYN por sus siglas en inglés) de 1969-2011, y tres tamaños de colección núcleo. Los ejes G1 a G5 representan los cinco subgrupos de germoplasma presentes en la población. **a)** Población, N= 910 accesiones **b)** Colección núcleo del 30 %, n= 273 **c)** Colección núcleo del 10 %, n=91 **d)** Colección núcleo del 5 %, n=46

Cuadro 4.2 Comparación de los criterios de diversidad genética de 910 accesiones de las líneas del Ensayo Internacional de Rendimiento de Trigo Duro (IDYN, 1969-2011) de CIMMYT contra tres tamaños de muestra de colección núcleo (CS)

	MRD promedio	He	eA	ppoly
Población	0.598	0.339	1.573	1.000
Subgrupos dentro de la población				
G1	0.568	0.280	1.472	0.951
G2	0.589	0.309	1.522	0.988
G3	0.590	0.344	1.589	0.988
G4	0.320	0.110	1.165	0.790
G5	0.525	0.246	1.394	0.932
Tamaños de colección núcleo				
CS-30 %	0.605	0.348	1.591	1.000
CS-10 %	0.607	0.347	1.590	0.996
CS-5 %	0.609	0.348	1.596	0.985

MRD, Distancia Genética de Rogers Modificada; He, Heterocigocidad esperada;
eA, número de alelos efectivos; ppoly, porcentaje de alelos polimórficos

La colección núcleo que se eligió como la muestra representativa de las líneas del IDYN fue la de 10 % con 91 accesiones, ya que mantiene todos los marcadores polimórficos presentes en la población y una alta representatividad de los grupos, por lo que puede ser utilizada para evaluación por los programas de mejoramiento u otros propósitos de investigación relacionada con la alimentación y agricultura. Las líneas que forman la CS-10 % se muestran en la Figura 4.4 y la lista de accesiones en el Cuadro 4.3. Estas líneas están disponibles para distribución en el Banco de Germoplasma de CIMMYT bajo en Acuerdo Internacional para la Transferencia de Materiales (CIMMYT 2014a).

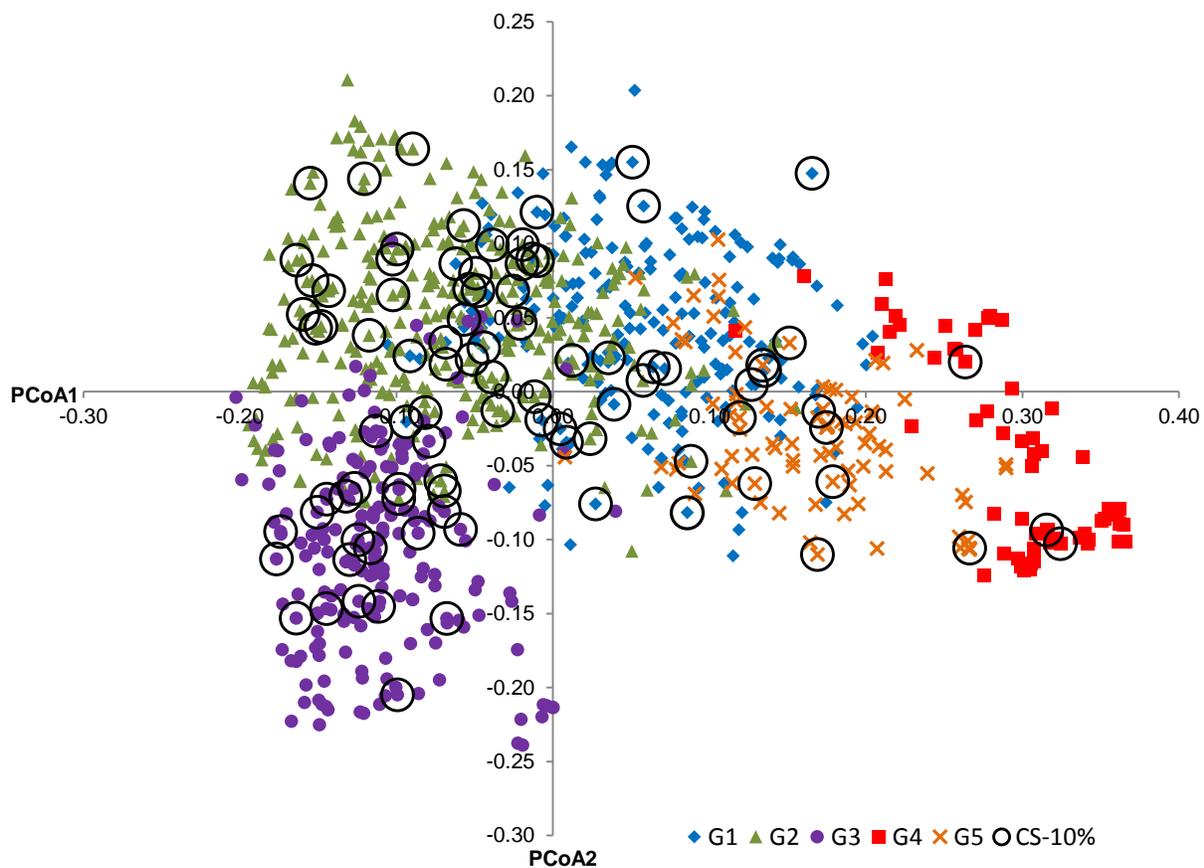


Figura 4.4 Representación gráfica de la Colección núcleo (CS-10 %) de 910 líneas avanzadas de CIMMYT incluidas en el Ensayo Internacional de Rendimiento de Trigo Duro (IDYN por sus siglas en inglés) de 1969 a 2011. G1 a G5 representan los subgrupos de la población.

Cuadro 4.3 Accesiones que forman la Colección núcleo (CS-10 %) de 910 líneas avanzadas de CIMMYT incluidas en el Ensayo Internacional de Rendimiento de Trigo Duro (IDYN por sus siglas en inglés) de 1969 a 2011

Entrada	Número de accession (INTRID)	IDYN	Número de cruza (CID)	Número de selección (SID)	Número de germoplasma (GID)	Nombre óCruza	Grupo
1	CWI22386	1970	1869	0	1099	GANSO	3
2	CWI22050	1971	242884	0	255656	PARANA 66.207	3
3	DW5172	1972	88456	0	95053	PARANA 66.270	1
4	CWI23528	1973	123479	0	133471	D6647	3
5	DW3209	1975	149372	9	1747012	CRA/PLC	3
6	DW3689	1975	4174	20	403646	PINGUINO	3
7	DW3876	1978	320039	-1	5171822	NAIMUS/LK	3
8	BW38834	1979	124190	0	96258	68.111/RGB-U/WARD	3
9	DW2220	1979	319295	10	2350234	CRA/TGBB//PG/RLL	2
10	DW8416	1979	144571	4	1728199	CFN//LDN/DURUM DWARF F2 LDN	3
11	DW1732	1980	319447	6	2350646	SCAR/GDOVZ579	3
12	CWI22356	1980	1481	1	6787	DURATI	3
13	CWI23644	1981	1529	1	7616	EDMORE	3
14	CWI22406	1981	640	2	133665	AMAL 72	3
15	DW1991	1981	1126	10	397214	CINCLUS	3
16	DW2074	1982	193306	4	1944350	MEMO/GOO	2
17	DW2899	1982	142149	23	1711213	CARCOMUN	2
18	DW3071	1983	319608	4	2351078	QFN/MEMO/3/OYCA//RUFF/FGO	3
19		1984	123418	0	133429	ILENDENKA	3
20	DW2142	1985	66180	5	1067426	RUFFOUS	3
21	DW7256	1986	136857	0	147000	HD 4530	3
22	DW6130	1987	4392	1	135523	REGAL,C17363	3
23	DW6350	1987	142749	0	153731	BINTEPE 85	3
24	DW4708	1989	182143	5	1925103	ENTE/MEXI_2//YAV_2	2
25	DW4792	1989	88902	11	1280129	EGRETA	2
26	DW9075	1990	4962	8	78902	SULA	2
27	DW9083	1990	89541	174	1285598	SILVER_50	1
28	DW2882	1991	122434	4	68356	CROC_1	2
29	DW5036	1991	1426	8	398489	DIVER	2
30	DW6431	1991	50641	31	896800	RISSA	2
31	DW9711	1992	123782	18	1583903	GODRIN_4	3
32	DW10012	1993	124158	11	1586047	PELA_1	2
33	DW10016	1993	123945	5	148156	GHOO_1	2
34	DW10295	1994	124090	33	140758	ODIN_8	2
35	DW10582	1995	126718	5	301265	ALTAR 84/SHL	5
36	DW10593	1995	123947	7	140583	GRVAND_2	5
37	DW11081	1996	124262	15	148404	CANELO_2	2
38	DW11100	1996	89579	5	1285817	PORRON_1	5
39	DW11401	1997	143811	5	275693	PLATA_7//ILBOR_1	5
40	DW11407	1997	142356	5	301495	DIPPER/PLATA_3	5
41	DW11412	1997	142456	5	275794	MINIMUS/COMB DUCK_2//CHAM_3	2
42	DW11423	1997	142100	6	1710750	RUSTICOLA_2	1
43	DW12829	1999	147200	7	349859	GODRIN/GUTROS//DUKEM	2
44	DW11935	1999	144706	106	364557	RASCON_37//TARRO_2//RASCON_37	1
45	DW13459	2000	128513	36	350288	DIPPER_2//BUSHEN_3	1
46	DW13460	2000	144992	22	350326	DUKEM_12/2*RASCON_21	1
47	DW13464	2000	128591	15	382802	HIMAN_9//LOTUS_1	4
48	DW13476	2000	148689	43	1744213	RASCON_37//GREEN_2	1
49	DW13482	2000	142841	18	349576	SNITAN	2
50	DW13920	2001	142456	13	314139	MINIMUS/COMB DUCK_2//CHAM_3	2

Continuación del Cuadro 4.3

Entrada	Número de accession (INTRID)	IDYN	Número de cruza (CID)	Número de selección (SID)	Número de germoplasma (GID)	Nombre óCruza	Grupo
51	DW13926	2001	144639	36	349971	RASCON_22/RASCON_21//MOJO_2	4
52	DW14372	2002	128513	32	349565	DIPPER_2/BUSHEN_3	5
53	DW14378	2002	133031	152	1625686	GREEN_14//YAV_10/AUK	1
54	DW14379	2002	128519	55	349764	GREEN_38/BUSHEN_4	2
55	DW14385	2002	173353	56	1901692	ISLOM_1/FNFOOT_3	2
56	DW14389	2002	173240	52	1899277	MINIMUS_4/GRO_2	2
57		2003	56343	13	4570	YAVAROS 79	3
58		2003	137991	23	1694174	HALO_2/CHAIKA_3	2
59		2003	137822	61	1691798	POD_11/YAZI_1	2
60		2003	173663	31	1906543	PROZANA/ARLIN//MUSK_6	2
61	DW14539	2004	295775	45	4874902	CHEN_1/TEZ/3/GUIL//CIT71/CII/4/SORA/	1
62	DW14541	2004	328348	18	4745986	YAZI_1/AKAKI_4//SOMAT_3/3/AUK/GUIL	5
63	DW14558	2004	283953	120	4310957	TARRO_1/2*YUAN_1//AJAIA_13/YAZI	5
64	DW14564	2004	261639	103	3824697	MINIMUS/COMB	4
65	DW15401	2005	295687	17	4310962	ADAMAR_15//ALBIA_1/ALTAR	2
66	DW15432	2005	261577	84	4053893	RCOL/THKNEE_2	2
67	DW15705	2006	328072	54	4746624	AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)	1
68	DW15729	2006	339657	33	4875942	DUKEM_1//PATKA_7/YAZI_1/3/PATKA_	2
69	DW16137	2007	328178	56	4749410	LD357E/2*TC60//JO69/3/FGO/4/GTA/5/S	2
70	DW16152	2007	404001	75	5346128	CBC 509	2
71	DW16153	2007	404090	121	5346106	ALTAR	1
72	DW16154	2007	404091	47	5346103	ALTAR	2
73	DW16369	2008	456204	43	5081219	SORA/2*PLATA_12//RASCON_37/4/YAZ	2
74	DW16372	2008	456267	38	5081034	TOSKA_26/RASCON_37//SNITAN/4/AR	2
75	DW16373	2008	456277	28	5081012	1A.1D 5+10-	1
76	DW16376	2008	456635	39	5080732	BRAK_2/AJAIA_2//SOLGA_8/3/CANELO	2
77	DW16381	2008	457067	94	5079619	BISU_1//CHEN_1/TEZ/3/HUI//CIT71/CII/4	1
78	DW16384	2008	457093	20	5079548	CBC 509 CHILE//2*TILO_1/LOTUS_4	1
79	DW16526	2009	455876	17	5081812	CADO/BOOMER_33/4/YAZI_1/AKAKI_4//	1
80	DW16391	2009	456085	43	5081448	ZHONG	1
81	DW16371	2009	456241	41	5081123	PLATA_6/GREEN_17//SNITAN/4/YAZI_1	2
82	DW16513	2009	459208	285	5532379	SOOTY_9/RASCON_37//STORLOM	1
83	DW16534	2009	477379	49	5543201	SOOTY_9/RASCON_37//WODUCK/CHA	1
84	DW16460	2009	477602	86	5545795	AINZEN_1/6/2*CMH82A.1062/3/GERAR	2
85	DW16443	2010	457094	11	5079545	CBC 509	2
86	DW16627	2010	477416	46	5827231	CNDO/VEE//CELTA/3/PATA_2/6/ARAM_	1
87	DW16607	2010	478429	24	5551155	CMH77.774/CORM//SOOTY_9/RASCON	2
88	DW16637	2010	489618	59	5828208	ALTAR	2
89		2011	496359	50	6004439	AJAIA/LOTUS_4/3/SOMAT_3/PHAX_1//T	1
90		2011	504942	84	6004855	CNDO/VEE//7*PLATA_8/6/PLATA_8/4/G	1
91		2011	505477	303	6005064	ALTAR 84/CMH82A.1062//ALTAR	1

4.4 Discusión

4.4.1 GBS como herramienta para evaluar diversidad genética

La diversidad genética del trigo duro, al igual que otros cultivos, puede estimarse utilizando información fenotípica, algunas desventajas son que el efecto de la interacción genotipo por ambiente podría sesgar la expresión de algunas características; el número de características observables es limitado (en algunos casos son menos de 20) y se requieren uno o dos ciclos de cultivo para coleccionar datos. La comparación entre el número de características que pueden ser medidas entre una caracterización fenotípica y la tecnología GBS es impresionante (miles de marcadores de ADN). Esta tecnología de la NGS ha revolucionado los alcances de la investigación en recursos genéticos y fitomejoramiento, ya que provee de una medida de distancias genéticas entre genotipos más precisa porque se basa en el registro directo de diferencias a nivel genoma en lugar de medidas indirectas como las que se pueden obtener con datos fenotípicos, geográficos o del pedigrí a un costo por muestra relativamente bajo.

Algunas ventajas del GBS es que no se requiere un mapa del genoma de referencia, lo que reduce el tiempo de los análisis en el laboratorio y la información de presencia/ausencia de alelos no aporta sesgo debido a la diversidad dentro de loci en la estimación de las distancias genéticas. Esto facilita la comparación entre accesiones ya que provee mayor confiabilidad en los resultados. Así, en los casos de colecciones de germoplasma donde no se cuente con información completa de las accesiones que

la forman, los marcadores de GBS podrían ser una herramienta efectiva para diferenciar entre ellas.

Desafortunadamente, en este momento no se cuenta con un mapa genético ni asociación marcador-carácter con marcadores GBS, pero cuando se encuentren disponibles se podría analizar a profundidad los cambios que han sufrido los genomas A y B del trigo duro en el tiempo para elucidar las alteraciones en genes y frecuencias alélicas relacionadas con la manipulación de características deseables e indeseables en las líneas del IDYN que se han manipulado durante el desarrollo de las cruzas. Adicionalmente, la cuantificación de las modificaciones del genoma podría ayudar a elucidar asuntos relacionados con erosión genética en la colección de trigo duro.

Recientemente, van Treuren y van Hintum (2014) publicaron una extensa revisión sobre el efecto que las tecnologías NGS podrían tener en el manejo de recursos genéticos, mencionando que el uso de estas tecnologías estaba lejos de llegar a ser una práctica común en la comunidad internacional de bancos de germoplasma. En el caso de la colección de trigo del banco de CIMMYT, no se predice que vaya a haber una forma fácil de poner la información de GBS a disposición de los usuarios finales de germoplasma, ni que esto vaya a facilitar su elección entre el germoplasma disponible ya que estos datos no han sido ligados a los caracteres fenotípicos y aún el hecho de que los datos fenotípicos del germoplasma estén disponibles en línea es un reto en sí mismo.

4.4.2 Eras del programa de mejoramiento de trigo duro de CIMMYT

Los objetivos del mejoramiento han evolucionado de acuerdo a la visión institucional ante las condiciones ambientales y socio-económicas, así como a la necesidad y exigencias de una población creciente tanto en los países desarrollados como en vías de desarrollo. Las características fenotípicas han sido el principal motor del programa de mejoramiento de trigo duro en CIMMYT, y a pesar de que las líneas del IDYN fueron seleccionadas primordialmente hacia alto potencial de rendimiento, se aplicaron otros criterios de selección en cada una de las Eras de mejoramiento, asociadas con los componentes de rendimiento, resistencia a enfermedades, estreses bióticos y abióticos, y calidad industrial. Estos criterios de selección, sus intensidades, los métodos de mejoramiento y la decisión de progenitores incorporar en los esquemas de segregación, influenciaron enormemente el avance en el mejoramiento. Sin duda, esto tuvo un efecto directo en las combinaciones alélicas y el genoma de las líneas del IDYN, ya que el cruzamiento intensivo involucra muchos genes y sus frecuencias.

Con el análisis de PCoA realizado con los datos de GBS se pudo obtener una visión general del cambio a través de las Eras de las líneas del IDYN (Figura 4.4). Los cinco grupos encontrados se asociaron con los principales criterios de selección definidos en cada Era, y las cuatro Eras están completamente ligadas una a la otra, ya que juntas representan un esfuerzo aditivo y continuo en el mejoramiento del programa de trigo duro de CIMMYT, y es el resultado de innumerables historias exitosas y pruebas fallidas. Por ello, sin duda alguna, las líneas del IDYN representan un grupo especial y muy valioso de germoplasma.

4.4.3 Agrupamiento y selección de la muestra para la colección núcleo

El método Ward fue una herramienta simple que permitió determinar la estructura genética de la población del IDYN. El análisis de las 910 muestras produjo 4818 marcadores GBS polimórficos (9639 alelos), y esta cantidad de información permitió un claro agrupamiento y diferenciación de las líneas del IDYN las cuales están altamente emparentadas. Por lo tanto, se espera que el método Ward sea igual o incluso mejor para analizar poblaciones con un amplio rango de diversidad genética como cultivares nativos o ancestros silvestres. Los marcadores bialélicos GBS son fáciles de analizar ya que no requieren de algoritmos sofisticados o software especial para procesar los datos.

La elección de las muestras que formarán una colección núcleo puede ser muy simple o muy compleja, ya que incluso una muestra elegida al azar podría ser considerada como una colección núcleo (van Hintum *et al.*, 2000). En este estudio el Método-ND, que es un método estadístico sencillo, produjo una elección de muestras con representación conveniente de la estructura de la población para cada uno de los tamaños de colección núcleo evaluados (5, 10 and 30 %). Sin embargo, una muestra del 30 % sería muy grande para poder considerarse como colección núcleo, y la muestra del 5 % sería una mini colección, pero se eligieron como casos extremos para desarrollar una comparación con la colección núcleo objetivo, que era la del 10 %.

Las comparaciones de los criterios de diversidad genética de los tres tamaños de colección núcleo resaltaron el alto nivel de redundancia de estas accesiones, ya que éstas se alinearon casi perfectamente a los valores de H_e , eA y $ppoly$ de la población original. La decisión de elegir la CS-10 % como la colección núcleo final, se hizo con base en la intención de uso de la misma, que es formar una colección de trabajo que esté a disposición de los mejoradores de trigo duro a nivel internacional, que usualmente requieren de una alta representatividad para expandir sus opciones al evaluar características del germoplasma en diferentes ambientes.

4.4.4 Implicaciones para el manejo de recursos genéticos

Después de este estudio surgieron algunas preguntas relacionadas con el manejo de recursos genéticos como las siguientes: ¿Las colecciones núcleo son una estrategia efectiva para promover e incrementar el uso de los recursos genéticos en los programas de mejoramiento? ¿Cuál sería el costo y las implicaciones socio-políticas de descartar las muestras redundantes? ¿Vale la pena conservar las líneas históricas de los programas de mejoramiento genético dentro de una colección de germoplasma? Como siempre, en la conservación de recursos genéticos no existe una respuesta única y/o correcta para estas preguntas.

Las colecciones núcleo siguen siendo un elemento para el diseño de una estrategia que permita tener una muestra de germoplasma representativa que esté disponible para cubrir las necesidades de los diferentes usuarios, pero deben ser visualizadas como un puente que permite acceder a la diversidad genética dentro de

una colección completa y no como el reemplazo de ésta. El costo asociado al descarte de muestras redundantes dentro de una colección es muy alto y consumiría mucho tiempo, e implicaría que se llevaran a cabo análisis genotípico de las colecciones completas para evidenciar la redundancia, esto elevaría el costo de la conservación exponencialmente. La conservación de recursos genéticos se ha llevado a cabo por décadas por múltiples propósitos, y las líneas mejoradas genéticamente son un acervo genético especial para cualquier cultivo, debido a los cambios que se han inducido en los genes y frecuencias alélicas y a la acumulación de estos cambios en el tiempo. Adicionalmente, los recursos invertidos en el desarrollo de estas líneas hacen que su preservación sea aún más valiosa, este estudio es un claro ejemplo de la importancia de conservar las líneas históricas del mejoramiento genético, ya que sin importar el bajo costo y la rapidez de las tecnologías NGS, si estas líneas no estuvieran disponibles en la colección de CIMMYT aquí y ahora, se estaría perdiendo el conocimiento del cambio temporal de la diversidad genética.

Finalmente, aunque las tecnologías NGS representan una oportunidad para profundizar en el conocimiento de la diversidad genética, deben ser utilizadas de forma inteligente y evitar la toma de decisiones radicales en el manejo de recursos genéticos. La conservación de semillas debe seguir los principios científicos y filosóficos que hasta ahora la han regido, para tomar decisiones apropiadas sobre los recursos disponibles: semilla, tecnología, infraestructura y personal.

4.5 Conclusiones

El GBS fue una técnica apropiada para analizar la diversidad genética entre las líneas del IDYN, debido a amplia cobertura del genoma y bajo costo. El Método Ward permitió una formación de grupos adecuada y lógica utilizando un gran número de marcadores GBS, ya que estuvo ligada a los criterios de selección de las diferentes eras del mejoramiento genético en el programa de trigo duro de CIMMYT. Los tres tamaños de colección núcleo seleccionados con el Método-ND permitieron una representación casi perfecta de la estructura de la población del IDYN original, mientras que los criterios de diversidad genética analizados revelaron un alto nivel de redundancia entre las muestras. La colección núcleo establecida fue la de la intensidad de 10 % (91 accesiones), ya que esta cumple con el objetivos de representar la diversidad y distribución de grupos de la población original mientras mantiene alta representatividad que le permitiría ser utilizada por los programas nacionales de mejoramiento genético a nivel internacional.

4.6 Bibliografía

- Altshuler D., Pollara V.J., Cowles C.R., Van Etten W.J., Baldwin J., Linton L., Lander E.S. 2000. An SNP map of the human genome generated by reduced representation shotgun sequencing. *Nature* 407: 513-516.
- Baird N.A., Etter P.D., Atwood T.S., Currey M.C., Shiver A.L., Lewis Z.A., Selker E.U., Cresko W.A., Johnson E.A. 2008. Rapid SNP discovery and genetic mapping using sequenced RAD markers. *PLoS One* 3: e3376.
- Berg E.E., Hamrick J.L. 1997. Quantification of genetic diversity at allozyme loci. *Can. J. For. Res.* 27:415-424.
- CIMMYT. 2005. Laboratory Protocols: CIMMYT Applied Molecular Genetics Laboratory. Third Edition. Mexico, D.F.: CIMMYT. 81 p.
- Courtois B., Audebert A., Dardou A., Roques S., Ghneim-Herrera T., Droc G., Frouin J., Rouan L., Gozé E., Kilian A., Ahmadi N., Dingkuhn M. 2013. Genome-wide association mapping of root traits in a japonica rice panel. *PLoS ONE* 8(11): e78037
- Cruz V.M.V, Kilian A., Dierig D.A. 2013. Development of DArT marker platforms and genetic diversity assessment of the U.S. collection of the new oilseed crop *Lesquerella* and related species. *PLoS One* 8(5): e64062
- Elshire R.J., Glaubitz J.C., Sun Q., Poland J.A., Kawamoto K., Buckler E.S., Mitchell S.E. 2011. A Robust, simple genotyping-by-sequencing (GBS) approach for high diversity species. *PLoS ONE* 6(5): e19379.
- Franco J., Crossa J., Taba S., Shands H. 2005. A sampling strategy for conserving diversity when forming core subsets. *Crop Sci.* 45:1035-1044.
- Franco J., Crossa J., Warburton M.L., Taba S. 2006. Sampling strategies for conserving maize diversity when forming core subsets using genetic markers. *Crop Sci.* 46:854-864.
- Fu Y.-B. 2012. Genetic structure in a core subset of cultivated barley germplasm. *Crop Sci.* 52:1195-1208.
- Hamdi W., Bellil I., Branlard G., Khelifi D. 2010. Genetic variation and geographical diversity for seed storage proteins of seventeen durum wheat populations collected in Algeria. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj* 38(2, Special Issue): 22-32.

- Jansen J., van Hintum Th. 2007. Genetic distance sampling: a novel sampling method for obtaining core collections using genetic distances with an application to cultivated lettuce. *Theor. Appl. Genet.* 114:421-428.
- Kilian A., Wenzl P., Huttner E., Carling J., Xia L., Blois H., Caig V., Heller-Uszynska K., Jaccoud D., Hopper C., Aschenbrenner-Kilian M., Evers M., Peng K., Cayla C., Hok P., Uszynski G. 2012. Diversity arrays technology: a generic genome profiling technology on open platforms. *In: Pompanon F., Bonin A. (eds.). Data Production and Analysis in Population Genomics: Methods and Protocols. Methods in Molecular Biology. Vol. 888. Springer Science & Business Media. New York. pp:67-89.*
- Marita J.M., Rodriguez J.M., Nienhuis J. 2000. Development of an algorithm identifying maximally diverse core collections. *Genet. Resour. Crop Evol.* 47: 515-526.
- Neyman J. 1934. On the two different aspects of the representative method: the method of stratified sampling and the method of purposive selection. *J. Royal Stat. Soc.* 97: 558-625.
- Odong T.L., van Heerwaarden J., Jansen J., van Hintum T.J.L., van Eeuwijk F.A. 2011. Determination of genetic structure of germplasm collections: are traditional hierarchical clustering methods appropriate for molecular marker data?. *Theor. Appl. Genet.* 123:195-205.
- Odong T.L., Jansen J., Van Eeuwijk F.A., Van Hintum T.J.L. 2012. Quality of core collections for effective utilization of genetic resources review, discussion and interpretation. *Theor Appl Genet.* Doi:10.1007/s00122-012-1971
- Odong T.L., van Heerwaarden J., van Hintum T.J.L. van Eeuwijk F.A., Jansen J. 2013. Improving hierarchical clustering of genotypic data via principal component analysis. *Crop Sci.* 53:1546-1554.
- Ortiz, R., Ruiz-Tapia E.N., Mujica-Sanchez A. 1998. Sampling strategy for a core collection of Peruvian quinoa germplasm. *Theor. Appl. Genet.* 96:475-483.
- Poland J.A., Rife T.W. 2012. Genotyping-by-sequencing for plant breeding and genetics. *The Plant Genome* 5:92-102.
- Raman H., Raman R., Kilian A., Detering F., Carling J., Coombes N., Diffey S., Kadkol G., Edwards D., McCully M., Ruperao P., Parkin I.A.P., Batley J., Luckett D.J., Wratten N. 2014. Genome-wide delineation of natural variation for pod shatter resistance in *Brassica napus*. *PLoS ONE* 9(7). e101673.

- Ruiz M., Giraldo P., Royo C., Carrillo J.M. 2013. Creation and validation of the Spanish durum wheat core collection. *Crop Sci.* 53:2530-2537.
- Saghai-Maroof M.A., Soliman K.M., Jorgensen R.A., Allard R.W. 1984. Ribosomal DNA spacer-length polymorphisms in barley: Mendelian inheritance, chromosomal location, and population dynamics. *Proc. Natl. Acad. Sci, USA* 81:8014-8018.
- Spagnoletti Z.P.L., Qualset C.O. 1993. Evaluation of five strategies for obtaining a core subset from a large genetic resources collection of durum wheat. *Theor. Appl. Genet.* 87:295-304.
- Thachuk C., Crossa J., Franco J., Dreisigacker S., Warburton M., Davenport G.F. 2009. Core Hunter: an algorithm for sampling genetic resources based on multiple genetic measures. *BMC Bioinformatics* 10:243.
- Upadhyaya H.D., Pundir R.P.S., Dwivedi S.L., Gowda C. L.L., Reddy V. G., Singh S. 2009. Developing a mini core collection of sorghum for diversified utilization of germplasm. *Crop Sci.* 49:1–12.
- van Hintum Th.J.L., Brown A.H.D., Spillane C., Hodgkin T. 2000. Core collections of plant genetic resources. IPGRI Technical Bulletin No. 3. International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. 48 p.
- van Treuren R., Van Hintum Th.J.L. 2014. Next-generation genebanking: plant genetic resources management and utilization in the sequencing era. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization:* 1-10. doi: 10.1017/S1479262114000082
- Ward J.H. 1963. Hierarchical groupings to optimize an objective function. *J. Am. Stat. Assoc.* 58:236-244.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN GENERAL

El establecimiento de una colección núcleo es una práctica común pero no trivial en recursos genéticos. En los casos presentados en este estudio, se hizo el análisis de todo el conjunto de accesiones del IDYN (que se consideró como una población) y con base en los parámetros fenotípicos y genotípicos evaluados, se eligieron las metodologías estadísticas apropiada al tipo de información para el establecimiento de las colecciones núcleo. En la práctica común, es casi imposible tener datos completos de todas las accesiones de una colección, de hecho las colecciones núcleo surgieron como respuesta a la necesidad de contar con un método de muestreo que permitiera estimar y evaluar la diversidad genética contenida dentro de una colección completa.

Un problema general al que se enfrentan todas las colecciones de germoplasma es a la heterogeneidad de la información que se tiene disponible del conjunto de accesiones que resguardan. Algunas accesiones tienen información de pasaporte, caracterización, evaluación y, cuando son líneas avanzadas, pueden tener datos del pedigrí y la historia de selección; pero otras accesiones sólo cuentan con parte de esa información o incluso puede haber casos extremos en los que sólo se tenga el número de accesión y/o país de origen y/o nombre del cultivar. Este asunto de las brechas o vacíos de información en las colecciones de germoplasma no es de sorprenderse, ya que la recolección de germoplasma y la conservación de recursos genéticos es una práctica que se comenzó hace aproximadamente 10 o 12 décadas (dependiendo del cultivo y colección), cuando no se contaba con información sobre estándares o datos

mínimos requeridos para agregar una accesión a la colección y tampoco existía tecnología para registrarla u obtener datos geográficos precisos del origen de las accesiones.

Sin embargo, esos esfuerzos pioneros en la recolección de germoplasma nativo asentaron las bases para la conservación de recursos genéticos a largo plazo. Así, esta área del conocimiento se ha ido desarrollando poco a poco, y hoy en día ya se cuenta con estándares internacionales (FAO 2014) para el manejo de germoplasma; páginas en internet con recursos técnicos para apoyar en la capacitación (IARC 2014) y, no menos importante, regulaciones internacionales para el intercambio de germoplasma (CBD 2014; ITPGRFA 2014) e iniciativas para sostener los costos implicados por la conservación de recursos genéticos (GCDT 2014).

Este estudio es un caso inusual en recursos genéticos, porque se caracterizó a la población de estudio completa, fenotípica y genotípicamente. En casos más apegados a la realidad, lo ideal sería estratificar la colección utilizando la información disponible (pasaporte, caracterización, etc) y seleccionar el número de muestras por grupo tomando como referencia su proporción dentro de la colección completa (Brown 1995).

En la colección núcleo formada a partir de información fenotípica, el método probabilístico permitió la clasificación de las accesiones en subgrupos de germoplasma y el cálculo de la diversidad genética de cada uno de ellos. Este método produjo 30

diferentes grupos de germoplasma, al ser tantos grupos fue difícil elucidar las características biológicas que pudieron haber conducido a esta clasificación. Al graficar las accesiones en los dos primeros ejes principales (Figura 3.4), se formó una nube de puntos conglomerada que no permitió la apreciación de los 30 grupos de germoplasma. Desde el punto de vista matemático este método fue muy eficaz para la clasificación y asignación de las accesiones en subgrupos (porque las líneas repetidas que había en este estudio quedaron dentro del mismo grupo), pero en el aspecto biológico complicó mucho la interpretación de los datos.

La colección núcleo formada a partir de la información genotípica estuvo libre de sesgos en la información porque se basó en las características del ADN que no son influenciadas por el ambiente o la subjetividad del observador. Esta información permitió la medición de las distancias genéticas reales entre las accesiones del IDYN y al hacer un agrupamiento jerárquico y visualizarlo en un dendrograma, fue posible seleccionar el nivel de agrupamiento en el que se podían interpretar los grupos biológicos de germoplasma. En este caso se diferenciaron cinco grupos que sí tuvieron una explicación biológica para sustentar la agrupación.

Los métodos utilizados en la elección de las accesiones que formaron ambas colecciones núcleo (Método D y Método ND) fueron muy efectivos en la selección de las accesiones ya que consideraban la diversidad y proporción de cada subgrupo de la población y lograron conservar la estructura genética de la población en las colecciones núcleo. Ambos métodos mostraron una ganancia en la diversidad de la colección

núcleo con respecto a la colección completa, lo que evidenció la existencia de redundancia entre las accesiones del IDYN.

Otro aspecto inusual de este estudio, es el hecho de que se analizaron líneas avanzadas que fueron seleccionadas hacia potencial de rendimiento, amplia adaptación y calidad industrial por más de cuatro décadas. Muchas de estas líneas estaban emparentadas, y aun así las metodologías permitieron una clasificación en grupos eficiente de las accesiones. Las gráficas de los parámetros fenotípicos (Figura 3.2 y 3.3) de las accesiones y en la distribución por Eras realizada con la información genotípica (Figura 4.2), permitieron tener una vista general del avance en el mejoramiento genético que se ha acumulado en todos estos años y cómo la diversidad genética se ha modificado en respuesta a los parámetros establecidos para la selección y mejoramiento del trigo duro. Esto da evidencias para demostrar el valor que tienen las líneas mejoradas, como un grupo especial de diversidad genética generada por selección recurrente de alelos favorables, y justificar la importancia de conservarlas a largo plazo.

El número de colecciones de germoplasma y la cantidad de accesiones dentro de estas colecciones sigue aumentando año con año, si bien es cierto que dentro de ellas se tiene representado un gran porcentaje del acervo genético de los cultivos, también es cierto que se desconoce la totalidad de los detalles fenotípicos y/o genotípicos para poder diferenciar entre (y dentro) de las accesiones y esa es la información crítica que se requiere para propiciar su utilización en los programas de

mejoramiento genético. Recientemente, McCouch *et al.* (2013) publicaron en la revista Nature un breve comentario sobre la importancia de la conservación y utilización de los recursos genéticos, mencionando algunos ejemplos exitosos y haciendo énfasis el papel crucial que estas colecciones podrían jugar en el futuro. Sin embargo, el futuro que visualizan es el presente al que estamos enfrentando y la solución en tres pasos que proponen: 1. Secuenciar todas las accesiones únicas; 2. Caracterizar y evaluar los fenotipos de dichas accesiones; 3. Desarrollar infraestructura informática para compartir información, es una visión a mediano o largo plazo. No es recomendable esperar a que se lleve a cabo la caracterización genotípica y fenotípica de una colección completa, porque hacerlo implicaría un estancamiento indefinido por el tiempo que se requeriría para hacer esto y porque los fondos para la ejecución de proyectos de esta magnitud son irregulares y escasos.

Las colecciones núcleo son excelentes candidatos para llevar a cabo caracterizaciones genotípicas que permitirían explorar la diversidad genética de las colecciones, pero se deben de considerar como un punto de inicio y no dejar de lado la estrategia a largo plazo donde se considera la caracterización genotípica de toda la colección. Otra estrategia que podría ser muy útil es la utilización de los grupos de germoplasma con características específicas. En los bancos de germoplasma tenemos identificadas accesiones con parámetros fenotípicos conocidos que incluyen características morfológicas, parámetros de calidad, respuesta genética a plagas, enfermedades, adaptación y rendimiento. Esto permitiría proceder con proyectos de

secuenciación y mapeo de asociación para identificar y localizar genes, QTLs o alelos raros en el corto plazo.

La propuesta de utilización de colecciones núcleo y grupos de germoplasma con características específicas, se fundamenta en el método inductivo, es decir partir de lo particular a lo general. Como ya se tiene información de casos fenotípicos particulares que se han acumulado en el tiempo para la mayoría de los cultivos, utilizarlos como casos de estudio específicos representaría tomar un atajo hacia la meta final, que es promover su uso en los programas de mejoramiento.

Por otro lado, la información de las colecciones núcleo podría ser utilizada como caso piloto para el desarrollo de programas y/o bases de datos complejas que permitan registrar información fenotípica de múltiples ambientes, evaluadas en diferentes años y la información genotípica obtenida con diversos marcadores moleculares o técnicas de secuenciación. La disponibilidad de infraestructura informática adecuada para manejar, almacenar y compartir información, también es trascendental para la utilización de los recursos genéticos y es inaceptable dejarla como el paso final de un proceso, cuando debería ser otro de los puntos de partida.

CAPÍTULO VI.

CONCLUSIONES GENERALES

Las líneas avanzadas de trigo duro de CIMMYT distribuidas en el ensayo IDYN presentaron cambios fenotípicos notables en 43 años de mejoramiento genético. El ciclo del cultivo, la altura de la planta y el contenido de proteína han disminuido; el índice de sedimentación, el color b de la semolina y el peso hectolítrico han aumentado. El tamaño del grano, peso de mil granos, índice de biomasa, y densidad de espigas no presentaron una tendencia consistente en el tiempo. El ideotipo más frecuente de las líneas del IDYN está representado por plantas con espiga de barba negra, gluma blanca, sin pubescencia en la gluma, de hojas erectas, resistentes a roya de la hoja y vigor fuerte.

El método probabilístico para el agrupamiento de las accesiones basado en información fenotípica, fue muy estricto para la formación de grupos ya que produjo 30 subgrupos de germoplasma y dificultó elucidar una razón biológica para dicho agrupamiento, sin embargo fue muy preciso en la clasificación de las muestras ya que asignó las muestras redundantes en el mismo grupo de germoplasma.

El GBS fue una técnica apropiada para analizar la diversidad genética entre las líneas del IDYN, debido a amplia cobertura del genoma y bajo costo. El Método Ward permitió una formación de grupos adecuada y lógica utilizando un gran número de marcadores GBS, ya que estuvo ligada a los criterios de selección de las diferentes eras del mejoramiento genético en el programa de trigo duro de CIMMYT.

El método D y ND para la asignación de las muestras que formaron las colecciones núcleo, fueron muy asertivos al mantener la estructura genética de la población y permitir una ganancia en la diversidad genética de la colección núcleo con respecto a la población inicial.

Ambas metodologías para establecer la colección núcleo revelaron un alto nivel de redundancia entre las muestras analizadas, por lo que la formación de la colección núcleo cobró más sentido, y se cumplió con el objetivo de obtener una muestra de germoplasma de las líneas del IDYN manteniendo la diversidad y una alta representatividad del grupo de accesiones original.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- Abdalla O.S. 1994. Durum wheat breeding at CIMMYT. *In*: Rajaram, S., Hettel G.P. (eds.). Wheat Breeding at CIMMYT: Commemorating 50 Years of Research in Mexico for Global Wheat Improvement. Wheat Special Report No. 29. CIMMYT. Mexico, D.F. pp: 68-76.
- Abdalla O., Dieseth J.A., Singh R.P. 1992. Breeding durum wheat at CIMMYT. *In*: Rajaram, S., Saari E.E., Hettel G.P. (eds.). Durum Wheats: Challenges and Opportunities. Wheat Special Report No. 9. CIMMYT. México, D.F. pp: 1-13.
- Al-Khanjari S., Hammer K., Buerkert A., Röder M.S. 2007. Molecular diversity of Omani wheat revealed by microsatellites: I. Tetraploid landraces. *Genet. Resour. Crop Evol.* 54:1291-1300.
- Autrique E., Nachit M., Monneveux P., Tanksley S.D., Sorrells M.E. 1996. Genetic diversity in durum wheat based on RFLPs, morphophysiological traits, and coefficient of parentage. *Crop Sci.* 36:735-742.
- Balfourier F., Roussel V., Strelchenko P., Exbrayat-Vinson F., Sourdille P., Boutet G., Koenig J., Ravel C., Mitrofanova O., Beckert M., Charmet G. 2007. A worldwide bread wheat core collection arrayed in a 384-well plate. *Theor. Appl. Genet.* 114:1265-1275.
- Barro-Kondombo C., Sagnard F., Chantereau J., Deu M., vom Brocke K., Durand P., Gozé E., Zongo J.D. 2010. Genetic structure among sorghum landraces as revealed by morphological variation and microsatellite markers in three agroclimatic regions of Burkina Faso. *Theor. Appl. Genet.* 120:1511-1523.
- Borlaug N.E. 2007. Sixty-two years of fighting hunger: personal recollections. *Euphytica* 157:287-297.
- Brown A.H.D. 1989. Core collections: a practical approach to genetic resources management. *Genome* 31: 818-824.
- Brown A.H.D. 1995. The core collection at the crossroads. *In*: Hodgkin T., Brown A.H.D., van Hintum Th.J.L., Morales E.A.V. Morales (eds.). Core Collections of Plant Genetic Resources. John Wiley and Sons. Chichester, UK. pp: 3-19.
- Brown A.H.D., Spillane C. 1999. Implementing core collections - principles, procedures, progress, problems and promise. *In*: Johnson R.C., Hodgkin T. (eds.). Core

- Collections for Today and Tomorrow. Crop Science Society of America: Madison, Wisconsin. pp: 1-10.
- Carmona S., Alvarez J.B., Caballero L. 2010. Genetic diversity for morphological traits and seed storage proteins in Spanish rivet wheat. *Biol. Plantarum* 54: 69-75.
- CBD. Convention on Biological Diversity. 2014. Global Biodiversity Outlook 4. United Nations Environment Programme. <http://www.cbd.int/> Consultado 02 Junio 2014.
- CIMMYT. 1966 a 2011. CIMMYT Annual Report. Mexico, D.F.
- CIMMYT. 2014a. CIMMYT-Wheat Germplasm Bank. <http://wgb.cimmyt.org/gringlobal/search.aspx> Consultado 02 Junio 2014.
- CIMMYT. 2014b International Wheat Improvement Network (IWIN). CIMMYT. http://apps.cimmyt.org/english/wps/obtain_seed/iwin/ Consultado 02 Junio 2014.
- D'hoop B.B., Paulo M.J., Kowitwanich K., Sengers M., Visser R.G.F., van Eck H.J. van Eeuwijk F.A. 2010. Population structure and linkage disequilibrium unravelled in tetraploid potato. *Theor Appl Genet* 121:1151-1170.
- Eujayl I., Sorrells M.E., Baum M., Wolters P., Powell W. 2002. Isolation of EST-derived microsatellite markers for genotyping the A and B genomes of wheat. *Theor. Appl. Genet.* 104:399-407.
- FAO. Food and Agriculture Organization. 2014. Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization. Rome. 182 p.
- Figliuolo G., Mazzeo M., Greco I. 2007. Temporal variation of diversity in Italian durum wheat germplasm. *Genet. Res. Crop Evol.* 54: 615-626.
- Folkertsma R.T., Rattunde H.F.W., Chandra S., Raju G.S., Hash C.T. 2005. The pattern of genetic diversity of Guinea-race *Sorghum bicolor* (L.) Moench landraces as revealed with SSR markers. *Theor. Appl. Genet.* 111:399-409.
- Franco J., Crossa J., Villaseñor J., Taba S., Eberhart S.A. 1997. Classifying Mexican maize accessions using hierarchical and density search methods. *Crop Sci.* 37:972-980.
- Franco J., Crossa J., Taba S., Shands H. 2005. A sampling strategy for conserving diversity when forming core subsets. *Crop Sci.* 45:1035-1044.

- Franco J., Crossa J., Warburton M.L., Taba S. 2006. Sampling strategies for conserving maize diversity when forming core subsets using genetic markers. *Crop Sci.* 46:854-864.
- Franco J., Crossa J., Desphande S. 2010. Hierarchical multiple-factor analysis for classifying genotypes based on phenotypic and genetic data. *Crop Sci.* 50:105-117.
- Frankel O.H. 1984. Genetic perspectives of germplasm conservation. *In: Arber W, Illmensee K, Peacock W J, Starlinger, P. (ed.). Genetic Manipulation: Impact on Man and Society.* Cambridge University Press. Cambridge. pp: 161-170.
- Frankel, O.H., Brown A.H.D. 1984. Plant genetic resources today: a critical appraisal. *In: Holden J.H.W., Williams J.T. (eds.). Crop Genetic Resources: Conservation and Evaluation.* George Allen and Unwin. London. pp: 249-257.
- Fu Y.-B. 2012. Genetic structure in a core subset of cultivated barley germplasm. *Crop Sci.* 52:1195-1208.
- Fuentes D.G., Valenzuela H.V., Chávez V.G., Félix F.J.L., Figueroa L.P., Mendoza L.J.A. 2010. CEVI ORO C2008: Variedad de trigo cristalino para el noroeste de México. Folleto Técnico Núm. 70. INIFAP. Cd. Obregón, Sonora, México. 32 p.
- GCDT. Global Crop Diversity Trust. 2014. Global Crop Diversity Trust. A Foundation for Food Security. <http://www.croptrust.org/> Consultado 22 Julio 2014.
- Gouesnard B., Bataillon T.M., Decoux G., Rozale C., Schoen D.J., David J.L. 2001. MSTRAT: An algorithm for building germplasm core collections by maximizing allelic or phenotypic richness. *J. Hered.* 92:93-94.
- GRIN-Global. 2014. <http://www.grin-global.org/> Consultado 22 Julio 2014.
- Hamdi W., Bellil I., Branlard G., Khelifi D. 2010. Genetic variation and geographical diversity for seed storage proteins of seventeen durum wheat populations collected in Algeria. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj* 38(2, Special Issue): 22-32.
- Heisey P.V., Lantican M.A., Dubin H.J. 1999. Assessing the benefits of international wheat breeding research: an overview of the global wheat impacts study. *In: Pingali, P.L. (ed.). 1998/99 World Wheat Facts and Trends. Global Wheat Research in a Changing World: Challenges and Achievements.* CIMMYT. Mexico, D.F. pp: 19-26.

- IARC. International Agricultural Research Centers. 2014. Crop Genebank Knowledge Base. System-wide Genetic Resources Programme (SGRP) of the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR). <http://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/> Consultado 22 Julio 2014.
- ITPGRFA. 2014. The international treaty on plant genetic resources for food and agriculture. FAO. <http://www.planttreaty.org/> Consultado 22 Julio 2014.
- Kebebew F., Tsehaye Y., McNeilly T. 2001. Diversity of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) at *in situ* conservation sites in North Shewa and Bale, Ethiopia. The Journal of Agricultural Science 136: 383-392.
- Kim K.-W., Chung H.-K., Cho G.-T., Ma K.-H., Chandrabalan D., Gwag J.-G., Kim T.-S., Cho E.-G., Park Y.-J. 2007. PowerCore: a program applying the advanced M strategy with a heuristic search for establishing core sets. Bioinformatics 23:2155-2162.
- Lantican M.A., Dubin H.J., Morris M.L. 2005. Impacts of International Wheat Breeding Research in the Developing World, 1988-2002. CIMMYT. Mexico, D.F., 54 p.
- Ma Y.-S., Wang W.-H., Wang L.-X., Ma F.-M., Wang P.-W., Chang R.-Z., Qiu L.-J. 2006. Genetic diversity of soybean and the establishment of a core collection focused on resistance to soybean cyst nematode. Journal of Integrative Plant Biology 48:722-731.
- Maccaferri M., Sanguineti M.C., Donini P., Tuberosa R. 2003. Microsatellite analysis reveals a progressive widening of the genetic basis in the elite durum wheat germplasm. Theor. Appl. Genet. 107:783-797.
- MacKenzie D.R., Garcia G., Varughese G. (comps). 1972. Results of the First International Durum Yield Nursery, 1969-1970. Information Bulletin No. 2. CIMMYT. México, D.F. 9 p.
- Malosetti M., Abadie T. 2001. Sampling strategy to develop a core collection of Uruguayan maize landraces based on morphological traits. Genet. Resour. Crop Evol. 48:381-390.
- Maniee M., Kahrizi D., Mohammadi R. 2009. Genetic variability of some morpho-physiological traits in durum wheat (*Triticum turgidum* var. *durum*). J. Appl. Sci. 9:1383-1387.
- Mantzavinou A., Bebeli P.J., Kaltsikes P.J. 2005. Estimating genetic diversity in Greek durum wheat landraces with RAPD markers. Aust. J. Agric. Res. 56:1355-1364.

- McCouch S., Baute. G, Bradeen J., Bramel P., Bretting P.K., Buckler J.M., Burke J.M., Charest D., Cloutier S., Cole G., Dempewolf H., Dingkuhn M., Feuillet C., Gepts P., Grattapaglia D., Guarino L., Jackson S., Knapp S., Langridge P., Lawton-Rauh A., Lijua Q., Lusty C., Michael T., Myles S., Naito K., Nelson R.L., Pontarollo R., Richards C.M., Rieseberg L., Ross-Ibarra J., Rounsley S., Hamilton R.S., Schurr U., Stein N., Tomooka N., van der Knaap E., van Tassel D., Toll J., Valls J., Varshney R.K., Ward J., Waugh R., Wenzl P., Zamir D. 2013. Agriculture: feeding the future. *Nature* 499:23-24.
- Medini M., Hamza S., Rebai A., Baum M. 2005. Analysis of genetic diversity in Tunisian durum wheat cultivars and related wild species by SSR and AFLP markers. *Genet. Res. Crop Evol.* 52: 21-31.
- Moragues, M., Zarco-Hernandez J., Moralejo M.A., Royo C. 2006. Genetic diversity of glutenin protein subunits composition in durum wheat landraces [*Triticum turgidum* ssp. *turgidum* convar. *durum* (Desf.) MacKey] from the Mediterranean basin. *Genet. Resour. Crop Evol.* 53:993-1002.
- Odong T.L. 2012. Quantitative methods for sampling of germplasm collections. Getting the best out of molecular markers when creating core collections. Ph.D. Thesis. Wageningen University, The Netherlands. 152 p.
- Odong T.L., van Heerwaarden J., Jansen J., van Hintum T.J.L., van Eeuwijk F.A. 2011. Determination of genetic structure of germplasm collections: are traditional hierarchical clustering methods appropriate for molecular marker data?. *Theor. Appl. Genet.* 123:195-205.
- Pardey P.G., Koo B., Wright B.D., Van Dusen M.E., Skovmand B., Taba S. 2001. Costing the conservation of genetic resources. *Crop Sci.* 41:1286-1299.
- Paredes C.M., Becerra V.V., Tay U.J., Blair M.W., Bascur B.G. 2010. Selection of a representative core collection from the Chilean common bean germplasm. *Chilean J. Agric. Res.* 70:3-15.
- Patterson N., Price A.L., Reich D. 2006. Population structure and eigenanalysis. *PLoS Genetics* 2: 2074-2093.
- Peeters J.P., Martinelli J.A. 1989. Hierarchical cluster analysis as a tool to manage variation in germplasm collections. *Theor. Appl. Genet.* 78: 42-48.
- Perumal R., Krishnaramanujam R., Menz M.A., Katilé S., Dahlberg J., Magill C.W., Rooney W.L. 2007. Genetic diversity among sorghum races and working groups based on AFLPs and SSRs. *Crop Sci.* 47:1375-1383.

- Pfeiffer W.H., Sayre K.D., Reynolds M.P. 2000. Enhancing genetic grain yield potential and yield stability in durum wheat. *In*: Royo C., Nachit M., Di Fonzo N., Araus J.L. (eds.). Durum Wheat Improvement in the Mediterranean Region: New Challenges. Zaragoza: CIHEAM. Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens. No. 40. pp: 83-93.
- Pritchard J.K., Stephens M., Donnelly P. 2000a. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155:945-959.
- Pritchard J.K., Stephens M., Rosenberg N.A., Donnelly P. 2000b. Association mapping in structured populations. *Am. J. Hum. Genet.* 67:170-181.
- Rawashdeh N.K., Haddad N.I., Al-Ajlouni M.M., Turk M.A. 2007. Phenotypic diversity of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) from Jordan. *Genet. Resour. Crop Evol.* 54:129-138.
- Reeves P.A., Richards C.M. 2009. Accurate inference of subtle population structure (and other genetic discontinuities) using principal coordinates. *PLoS ONE* 4: 1-11.
- Ren J., Sun D., Chen L., You F.M., Wang J., Peng Y., Nevo E, Sun D., Luo M.-C., Peng J. 2013. Genetic Diversity Revealed by Single nucleotide polymorphism markers in a worldwide germplasm collection of durum wheat. *Int. J. Mol. Sci.* 14:7061-7088.
- Ruiz M., Giraldo P., Royo C., Carrillo J.M. 2013. Creation and validation of the Spanish durum wheat core collection. *Crop Sci.* 53:2530-2537.
- Ruiz M., Giraldo P., Royo C., Villegas D., Aranzana M.J., Carrillo J.M. 2012. Diversity and genetic structure of a collection of Spanish durum wheat landraces. *Crop Sci.* 52:2262-2275.
- Shoib A., Arabi M.I.E. 2006. Genetic diversity among Syrian cultivated and landraces wheat revealed by AFLP markers. *Genet. Resour. Crop Evol.* 53: 901-906.
- Singh R.P., Huerta-Espino J., Pfeiffer W., Figueroa-López P. 2004. Occurrence and impact of a new leaf rust race on durum wheat in Northwestern Mexico from 2001 to 2003. *Plant Dis.* 88:703-708.
- Skovmand B., Varughese G., Hettel G.P. 1992. Los recursos genéticos de trigo en el CIMMYT: Su conservación, enriquecimiento y distribución. CIMMYT. México, D.F. 19 p.

- Soleimani V.D., Baum B.R., Johnson D.A. 2002. AFLP and pedigree-based genetic diversity estimates in modern cultivars of durum wheat [*Triticum turgidum* L. subsp. *durum* (Desf.) Husn.]. *Theor. Appl. Genet.* 104:350-357.
- Spagnoletti Z.P.L., Qualset C.O. 1993. Evaluation of five strategies for obtaining a core subset from a large genetic resources collection of durum wheat. *Theor. Appl. Genet.* 87:295-304.
- Teklu Y., Hammer K., Röder M.S. 2007. Simple sequence repeats marker polymorphism in emmer wheat (*Triticum dicoccon* Schrank): Analysis of genetic diversity and differentiation. *Genet. Resour. Crop Evol.* 54:543-554.
- Thachuk C., Crossa J., Franco J., Dreisigacker S., Warburton M., Davenport G.F. 2009. Core Hunter: an algorithm for sampling genetic resources based on multiple genetic measures. *BMC Bioinformatics* 10:243.
- Upadhyaya H.D., Bramel P.J., Singh S. 2001. Development of a chickpea core subset using geographic distribution and quantitative traits. *Crop Sci.* 41:206-210.
- Upadhyaya H.D., Yadav D., Dronavalli N., Gowda C.L.L., Singh S. 2010. Mini core germplasm collections for infusing genetic diversity in plant breeding programs. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 1:1294-1309.
- van Hintum Th.J.L., Brown A.H.D., Spillane C., Hodgkin T. 2000. Core collections of plant genetic resources. IPGRI Technical Bulletin No. 3. International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. 48 p.
- Waddington S.R., Osmanzai M., Yoshida M., Ransom J.K. 1987. The yield of durum wheats released in Mexico between 1960 and 1984. *J. Agric. Sci. Camb.* 108:469-477.
- Yan W.G., Rutger J.N., Bryant R.J., Bockelman H.E., Fjellstrom R.G., Chen M.-H., Tai T.H. McClung A.M. 2007. Development and evaluation of a core subset of the USDA rice germplasm collection. *Crop Sci.* 47:869-876.

ANEXOS

Cuadro 1A. Población de accesiones de trigo duro (líneas del ensayo IDYN) utilizadas para la caracterización fenotípica

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
1	CWI23349	WELLS	2951	1	970	UNITED STATES	1
2	CWI23355	LEEDS	2995	1	972	UNITED STATES	10
3	CWI22418	TEHUACAN 60	5134	4	186	MEXICO	10
4	CWI6990	S-9	250615	-9	5193941	RUSSIA	3
5	CWI22382	ANHINGA	88619	0	1074	MEXICO	4
6	CWI24115	BRANT	640	0	2836	MEXICO	18
7	CWI24116	CRANE	1315	0	1010	MEXICO	6
8	CWI23349	WELLS	2951	1	970	UNITED STATES	1
9	CWI23355	LEEDS	2995	1	972	UNITED STATES	10
10	CWI22418	TEHUACAN 60	5134	4	186	MEXICO	10
11	CWI6990	S-9	250615	-9	5193941	RUSSIA	3
12	CWI22387	JORI C69	141831	3	958	MEXICO	2
13	CWI22382	ANHINGA	88619	0	1074	MEXICO	4
14	CWI24115	BRANT	640	0	2836	MEXICO	1
15	CWI24116	CRANE	1315	0	1010	MEXICO	6
16	CWI24072	OVIACHIC 65	3853	4	5160	MEXICO	3
17	CWI23376	HERCULES	2117	1	1165	CANADA	7
18	CWI24116	CRANE	1315	0	1010	MEXICO	6
19	CWI22386	GANSO	1869	0	1099	MEXICO	13
20	CWI13203	COCORIT C71	1244	3	1606	MEXICO	6
21	DW3427		1874	11	399198	MEXICO	5
22	CWI23355	LEEDS	2995	1	972	UNITED STATES	10
23	CWI22387	JORI C69	141831	3	958	MEXICO	2
24	CWI22382	ANHINGA	88619	0	1074	MEXICO	4
25	CWI24115	BRANT	640	0	2836	MEXICO	1
26	CWI24116	CRANE	1315	0	1010	MEXICO	6
27	DW2227	USDA508	124440	0	134308	UNITED STATES	8
28	CWI24116	CRANE	1315	0	1010	MEXICO	6
29	CWI13203	COCORIT C71	1244	3	1606	MEXICO	6
30	DW4300	GERARDO-565	229914	0	242812	ITALY	5
31	CWI23528	D6647	123479	0	133471	UNITED STATES	5
32	CWI13220	QUILAFEN	4303	0	3407257	CHILE	9
33	CWI22050	PARANA 66.207	242884	0	255656	ARGENTINA	8
34	CWI23376	HERCULES	2117	1	1165	CANADA	10
35	DW1089		319231	3	2350132		8
36	CWI23355	LEEDS	2995	1	972	UNITED STATES	10
37	CWI22387	JORI C69	141831	3	958	MEXICO	2
38	CWI22382	ANHINGA	88619	0	1074	MEXICO	4
39	CWI24115	BRANT	640	0	2836	MEXICO	1
40	CWI24116	CRANE	1315	0	1010	MEXICO	6
41	CWI24116	CRANE	1315	0	1010	MEXICO	6
42	CWI13203	COCORIT C71	1244	3	1606	MEXICO	6
43	CWI13203	COCORIT C71	1244	3	1606	MEXICO	6
44	DW4300	GERARDO-565	229914	0	242812	ITALY	5

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
45	CWI23528	D6647	123479	0	133471	UNITED STATES	5
46	CWI22386	GANSO	1869	0	1099	MEXICO	8
47	CWI13220	QUILAFEN	4303	0	3407257	CHILE	9
48	DW5172	PARANA 66.270	88456	0	95053	ARGENTINA	8
49	CWI22413	INRAT 69	2378	1	400393	TUNISIA	11
50	CWI19857	YEMEN:DR	89477	0	1852	SAUDI ARABIA	3
51	CWI23376	HERCULES	2117	1	1165	CANADA	10
52	CWI23376	HERCULES	2117	1	1165	CANADA	10
53	DW2335	ALIFEN	5957	0	2980	CHILE	10
54	CWI13220	QUILAFEN	4303	0	3407257	CHILE	9
55	CWI23355	LEEDS	2995	1	972	UNITED STATES	10
56	DW7349	ROLETTE	4480	1	1516	UNITED STATES	10
57	CWI23349	WELLS	2951	1	970	UNITED STATES	1
58	CWI23528	D6647	123479	0	133471	UNITED STATES	1
59	CWI13203	COCORIT C71	1244	3	1606	MEXICO	2
60	CWI22418	TEHUACAN 60	5134	4	186	MEXICO	10
61	CWI22413	INRAT 69	2378	1	400393	TUNISIA	11
62	CWI22387	JORI C69	141831	3	958	MEXICO	2
63	CWI13203	COCORIT C71	1244	3	1606	MEXICO	6
64	CWI22382	ANHINGA	88619	0	1074	MEXICO	4
65	CWI24115	BRANT	640	0	2836	MEXICO	1
66	CWI24116	CRANE	1315	0	1010	MEXICO	6
67	CWI22386	GANSO	1869	0	1099	MEXICO	8
68	CWI23376	HERCULES	2117	1	1165	CANADA	10
69	CWI13220	QUILAFEN	4303	0	3407257	CHILE	9
70	CWI23355	LEEDS	2995	1	972	UNITED STATES	10
71	CWI23349	WELLS	2951	1	970	UNITED STATES	1
72	CWI23594	WARD	5605	0	1021	UNITED STATES	1
73	DW7349	ROLETTE	4480	1	1516	UNITED STATES	10
74	CWI22418	TEHUACAN 60	5134	4	186	MEXICO	10
75	CWI22413	INRAT 69	2378	1	400393	TUNISIA	11
76	CWI22387	JORI C69	141831	3	958	MEXICO	2
77	CWI13203	COCORIT C71	1244	3	1606	MEXICO	6
78	CWI22382	ANHINGA	88619	0	1074	MEXICO	4
79	CWI24115	BRANT	640	0	2836	MEXICO	1
80	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	12
81	CWI24116	CRANE	1315	0	1010	MEXICO	12
82	DW3427		1874	11	399198	MEXICO	8
83	DW2335	ALIFEN	5957	0	2980	CHILE	10
84	DW1089		319231	3	2350132		8
85	CWI13220	QUILAFEN	4303	0	3407257	CHILE	9
86	DW2283		319924	0	341527		1
87	CWI23594	WARD	5605	0	1021	UNITED STATES	1
88	CWI24129	GDOVZ512	123501	0	5566	ITALY	5
89	CWI22414	MAGHREBI 72	104166	3	993	TUNISIA	1
90	CWI13203	COCORIT C71	1244	3	1606	MEXICO	6
91	CWI22382	ANHINGA	88619	0	1074	MEXICO	4
92	CWI22341	GEDIZ 75	1885	16	5792225	TURKEY	3
93	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	12
94	CWI22368	STORK	3305	0	1080	MEXICO	10

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
95	DW2821		149370	7	1746978		13
96	DW392		117310	10	1506528		5
97	DW3209		149372	9	1747012		5
98	DW1531		1882	15	399261	MEXICO	2
99	DW22		6038	17	407671	MEXICO	2
100	DW1641		1977	6	399705	MEXICO	2
101	DW3689		4174	20	403646	MEXICO	13
102	DW1070		5124	3	405352	MEXICO	2
103	CWI24129	GDOVZ512	123501	0	5566	ITALY	22
104	DW7304	BALCARCENO INTA	1869	1	1100	MEXICO	5
105	CWI13220	QUILAFEN	4303	0	3407257	CHILE	9
106	CWI23600	MACOUN	3132	1	7963	CANADA	10
107	CWI23594	WARD	5605	0	1021	UNITED STATES	1
108	DW7683	CANDO	757	1	4891	UNITED STATES	1
109	CWI22413	INRAT 69	2378	1	400393	TUNISIA	11
110	CWI24115	BRANT	640	0	2836	MEXICO	2
111	CWI22341	GEDIZ 75	1885	16	5792225	TURKEY	3
112	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	12
113	CWI22382	ANHINGA	88619	0	1074	MEXICO	4
114	DW1641		1977	6	399705	MEXICO	2
115	DW3545		123825	4	1584018	MEXICO	5
116	DW823		2695	38	400668	MEXICO	2
117	DW1265		89478	5	1285277	MEXICO	8
118	CWI13203	COCORIT C71	1244	3	1606	MEXICO	6
119	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	12
120	CWI22341	GEDIZ 75	1885	16	5792225	TURKEY	3
121	DW605	D6811	123563	2	1846	TUNISIA	1
122	CWI22365	BADRI	409	1	154581	TUNISIA	11
123	CWI325	CRESO	1317	1	133247	ITALY	8
124	CWI36267	CROSBY	1330	0	4496	UNITED STATES	1
125	DW2441	JNK	123421	0	3438	INDIA	1
126	DW3389		4476	16	404095	MEXICO	4
127	DW1265		89478	5	1285277	MEXICO	8
128	DW1641		1977	6	399705	MEXICO	2
129	G449		56343	65	2453292	MEXICO	19
130	DW1129		4476	6	404106	MEXICO	4
131	CWI24129	GDOVZ512	123501	0	5566	ITALY	22
132	CWI13220	QUILAFEN	4303	0	3407257	CHILE	2
133	DW7304	BALCARCENO INTA	1869	1	1100	MEXICO	5
134	DW9031	SACABA 81	88619	4	1633	MEXICO	5
135	CWI13203	COCORIT C71	1244	3	1606	MEXICO	13
136	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	12
137	DW3899		320042	0	341649	UNITED STATES	10
138	DW2249		319922	5	2351791		8
139	DW3876		320039	-1	5171822		1
140	CWI36267	CROSBY	1330	0	4496	UNITED STATES	1
141	DW2227	USDA508	124440	0	134308	UNITED STATES	8
142	CWI23599	WAKOOMA	5591	0	7336	CANADA	10
143	DW910		1299	5	397615	MEXICO	7
144	DW1660	YAVAROS_1	56343	21	23826	MEXICO	2

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
145	G449		56343	65	2453292	MEXICO	19
146	DW1070		5124	3	405352	MEXICO	2
147	DW845		5139	4	405404	MEXICO	15
148	DW5250		125239	28	1590612	MEXICO	21
149	DW3174		1971	-1	5241242	MEXICO	13
150	DW854		123343	11	1521	MEXICO	2
151	DW720		318994	5	2349478	MEXICO	16
152	DW1277		319327	3	2350361	MEXICO	1
153	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	12
154	DW12720	UCARO 1	88519	4	141847	MEXICO	2
155	DW884	GERARDO VZ 394	89462	0	4799	ITALY	2
156	DW500		319028	2	2349552	MEXICO	1
157	DW1530	SHEARWATER_1	4820	7	404591	MEXICO	13
158	DW1573		319417	3	2350583	MEXICO	18
159	CW121622	CANDEALFEN	756	1	2988	CHILE	10
160	BW38834		124190	0	96258		1
161	DW2228		155882	0	167614		1
162	DW2249		319922	5	2351791		8
163	CW123599	WAKOOMA	5591	0	7336	CANADA	10
164	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	12
165	DW1512		319410	3	2350569		1
166	DW3348		319997	4	2351884		19
167	DW1270		319244	2	2350154	MEXICO	2
168	DW1609		4476	5	404089	MEXICO	13
169	DW1325		165966	13	1863775	MEXICO	16
170	G452		123282	6	1583282	MEXICO	8
171	DW1174		50196	5	895423	MEXICO	13
172	DW1720		317296	29	2347132	MEXICO	15
173	DW1999		641	5	396174	MEXICO	21
174	DW2220		319295	10	2350234	MEXICO	26
175	DW1568		4945	17	404920	MEXICO	2
176	DW1634		95778	39	1370954	MEXICO	2
177	DW2223		319458	7	2350681	MEXICO	16
178	DW1356		194702	15	1948399	MEXICO	22
179	DW845		5139	4	405404	MEXICO	15
180	DW1973		1353	23	397712	MEXICO	26
181	DW1974		125239	27	1590611	MEXICO	16
182	DW854		123343	11	1521	MEXICO	5
183	DW1984		89064	6	1282148	MEXICO	13
184	DW8416		144571	4	1728199		8
185	CW1325	CRESO	1317	1	133247	ITALY	8
186	CW122339	ESSAI	243151	0	255923	SAUDI ARABIA	2
187	DW1676	ALGERIAN 88	318839	0	340448	ALGERIA	14
188	DW4602		2009	5	399993	MEXICO	10
189	CW113203	COCORIT C71	1244	3	1606	MEXICO	13
190	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	12
191	DW1530	SHEARWATER_1	4820	7	404591	MEXICO	13
192	DW3168		72232	0	78515	UNITED STATES	1
193	DW3169		319937	6	2351815	MEXICO	16
194	DW1720		317296	29	2347132	MEXICO	15

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
195	DW1732		319447	6	2350646	MEXICO	2
196	DW7205	TIMGAD 73	1244	46	397511	MEXICO	17
197	DW880		149370	25	1746974		13
198	DW3171	FIRAT-1	123789	6	1583917	MEXICO	5
199	DW3172		319129	12	2349809	MEXICO	16
200	DW1639		986	3	396676	MEXICO	13
201	DW1991		1126	10	397214	MEXICO	5
202	DW2859	CLICENO 85	21942	10	671158	MEXICO	16
203	DW1174		50196	5	895423	MEXICO	13
204	DW2223		319458	7	2350681	MEXICO	8
205	T6285	ARONAS	340	1	28186	CYPRUS	13
206	DW7683	CANDO	757	1	4891	UNITED STATES	1
207	DW3174		1971	-1	5241242	MEXICO	13
208	CW122356	DURATI	1481	1	6787	AUSTRALIA	13
209	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	14
210	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	19
211	DW7683	CANDO	757	1	4891	UNITED STATES	1
212	CW11783	D681	191884	0	202447	GERMANY	10
213	CW123644	EDMORE	1529	1	7616	UNITED STATES	10
214	CW1496	GEZIRA	1900	1	141855	SYRIA	8
215	CW122406	AMAL 72	640	2	133665	MEXICO	5
216	CW1494	KHROUB 76	2678	1	173112	ALGERIA	10
217	CW13426	SAHEL 77	123802	6	101605	MEXICO	8
218	DW2179		117310	3	1506541		10
219	DW9011	BOOHAI	615	0	2762	MEXICO	16
220	DW9237	DWL5023	50194	0	13475	INDIA	22
221	DW2807		319942	6	2351835	MEXICO	7
222	DW2808	BUCK CANDISUR	6101	3	32679	MEXICO	2
223	DW2845		4476	12	404101	MEXICO	8
224	DW2849		630	6	396069	MEXICO	1
225	DW1991		1126	10	397214	MEXICO	19
226	DW1119		762	5	396541	MEXICO	5
227	DW1587		1802	17	398943	MEXICO	2
228	DW1732		319447	6	2350646	MEXICO	22
229	DW1627		165936	46	1863631	MEXICO	2
230	DW1999		641	5	396174	MEXICO	21
231	DW2818		319943	7	2351842	MEXICO	16
232	DW1862	CROCETHIA_4	122434	18	154655	MEXICO	2
233	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	12
234	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	12
235	DW392		117310	10	1506528		22
236	DW2808	BUCK CANDISUR	6101	3	32679	MEXICO	2
237	DW3108	DURAL	1479	1	4833	AUSTRALIA	8
238	DW3109	MESAORIA	123811	4	1583969	MEXICO	22
239	DW9011	BOOHAI	615	0	2762	MEXICO	16
240	DW3111	VALNOVA	5486	1	134282	ITALY	12
241	CW1325	CRESO	1317	1	133247	ITALY	8
242	DW1862	CROCETHIA_4	122434	18	154655	MEXICO	12
243	DW3114		319496	17	2350805	MEXICO	13
244	DW2074		193306	4	1944350	MEXICO	26

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
245	DW2044		142149	37	1711199	MEXICO	16
246	DW2908		123781	10	1583868	MEXICO	15
247	DW2869		125144	23	1590105	MEXICO	15
248	DW2013		1034	9	397071	MEXICO	13
249	DW2899		142149	23	1711213	MEXICO	19
250	DW1752		319451	4	2350666	MEXICO	21
251	DW3122	JORRO	2519	1	133729	ETHIOPIA	1
252	DW3123		214288	3	2064360	MEXICO	5
253	DW2144		251349	3	2098921		29
254	DW3125		319633	6	2351137		19
255	CW123644	EDMORE	1529	1	7616	UNITED STATES	10
256	CW11783	D681	191884	0	202447	GERMANY	10
257	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	12
258	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	12
259	DW2808	BUCK CANDISUR	6101	3	32679	MEXICO	2
260	CW123645	COULTER	1306	1	5826213	CANADA	10
261	DW9293		615	3	62787	MEXICO	16
262	DW12202	RAJ1555	123837	0	133664	INDIA	23
263	DW3111	VALNOVA	5486	1	134282	ITALY	12
264	DW4881	VALRRICARDO	5489	1	407021	ITALY	8
265	DW3097		319632	3	2351134		5
266	CW123644	EDMORE	1529	1	7616	UNITED STATES	10
267	DW1119		762	5	396541	MEXICO	17
268	DW2859	CLICENO 85	21942	10	671158	MEXICO	16
269	DW2830		2009	14	399985	MEXICO	13
270	DW2865		123685	2	1583768	MEXICO	1
271	DW1862	CROCETHIA_4	122434	18	154655	MEXICO	22
272	DW2896		194704	19	1948416	MEXICO	13
273	DW2901		142149	14	1711219	MEXICO	19
274	DW2958	CHEN_14	6449	38	409797	MEXICO	7
275	DW2073		193306	6	1944348	MEXICO	8
276	DW2937		193306	16	1944339	MEXICO	8
277	DW3019	TARAY_3	21941	17	671149		5
278	DW3060		319592	4	2351053	MEXICO	5
279	DW3061		260	4	395217	MEXICO	2
280	DW3068		319602	4	2351068	MEXICO	5
281	DW3071		319608	4	2351078	MEXICO	5
282	DW3083		319624	3	2351106	MEXICO	19
283	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	16
284	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	12
285	DW7336	CHAM 1	123343	10	18177	MEXICO	6
286	CW124156	HELVIO	56343	87	3541361	MEXICO	23
287	DW3109	MESAORIA	123811	4	1583969	MEXICO	8
288	DW9237	DWL5023	50194	0	13475	INDIA	22
289	DW2808	BUCK CANDISUR	6101	3	32679	MEXICO	21
290	DW252		1885	4	61303		22
291	DW9147	SNA 3	6535	3	141177	MEXICO	1
292	CW13426	SAHEL 77	123802	6	101605	MEXICO	13
293	DW9031	SACABA 81	88619	4	1633	MEXICO	2
294	DW7129	HORA	2180	1	62778	ETHIOPIA	2

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
295	DW7683	CANDO	757	1	4891	UNITED STATES	1
296	CWI23599	WAKOOMA	5591	0	7336	CANADA	10
297	DW4881	VALRRICARDO	5489	1	407021	ITALY	8
298	DW5108	ILENDENKA	123418	0	133429	SERBIA	8
299	DW5109	KAMILAROI	2563	1	136651	AUSTRALIA	21
300	DW1643		188779	5	1934153	MEXICO	17
301	DW5033		165936	8	1863668	MEXICO	2
302	DW4921		125144	14	1590113	MEXICO	2
303	DW1410		95778	17	1370977	MEXICO	2
304	DW1862	CROCETHIA_4	122434	18	154655	MEXICO	12
305	DW2959	CHEN_6	6449	32	136917	MEXICO	7
306	DW2904		142149	31	1711205	MEXICO	19
307	DW1129		4476	6	404106	MEXICO	13
308	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	12
309	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	12
310	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	24
311	CWI19713	ARCOLA	326	1	141758	CANADA	10
312	DW12227	MEDORA	3278	1	141752	CANADA	10
313	DW5379	GSK.Y	143344	0	154375	SERBIA	8
314	DW5553	D-793	251942	0	5826292	UNITED STATES	8
315	DW2299		319925	3	2351794	MEXICO	5
316	DW2859	CLICENO 85	21942	10	671158	MEXICO	16
317	DW7307	AROMO INIA	88060	3	137890	CHILE	1
318	DW9699	CHAGUAL INIA	56343	15	153154	MEXICO	2
319	BW8566		8059	18	428243	MEXICO	3
320	DW5566	OHO	319885	0	341487		8
321	DW9237	DWL5023	50194	0	13475	INDIA	19
322	DW4608	POCHARD	89584	3	96278	MEXICO	8
323	DW7345	CHAM 1	123343	10	18177	MEXICO	12
324	DW5567	PHIBIROL84	319886	0	341488		5
325	BW33022	KAMILAROI	2563	1	136651	AUSTRALIA	14
326	DW8843	CHAM_3	124437	4	60219	SYRIA	14
327	DW5568		56343	64	915654	MEXICO	19
328	DW2017		194703	5	1948410	MEXICO	13
329	DW2034		194704	4	1948429	MEXICO	13
330	DW2073		193306	6	1944348	MEXICO	26
331	DW2142		66180	5	1067426	MEXICO	16
332	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	12
333	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	12
334	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	24
335	DW12227	MEDORA	3278	1	141752	CANADA	10
336	DW6127	MONROE	86295	0	92687	UNITED STATES	10
337	DW12232	LLOYD	3062	1	134092	UNITED STATES	8
338	DW5562		320116	0	341724		8
339	DW9699	CHAGUAL INIA	56343	15	153154	MEXICO	19
340	DW6128	TARAY 85	88339	0	94953	PERU	7
341	DW6129	AMBRAL	125914	0	136218	FRANCE	8
342	DW6131	DF1974	318378	0	340034		8
343	DW6132	CASTICO	123680	0	133563	PORTUGAL	5
344	DW6133	KARPASIA	123343	14	18178	MEXICO	5

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
345	DW7256	HD 4530	136857	0	147000	INDIA	16
346	DW8725	WADHANAK 85	89584	4	1285829	MEXICO	21
347	DW5571	DIYARBAKIR 81	123729	3	133748	TURKEY	16
348	DW5974		56343	53	915664	MEXICO	23
349	DW1983		214287	5	2064354	MEXICO	22
350	DW2845		4476	12	404101	MEXICO	12
351	DW2904		142149	31	1711205	MEXICO	19
352	DW2960	CHEN_7	6449	11	78870	MEXICO	7
353	DW6135		322	42	395347	MEXICO	13
354	DW3010		220	5	395185	MEXICO	8
355	DW3033		214296	4	2064396	MEXICO	26
356	DW3098		123168	9	1582940		2
357	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	12
358	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	23
359	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	12
360	DW9085	KORIFLA	124437	5	148489	MEXICO	26
361	DW12227	MEDORA	3278	1	141752	CANADA	10
362	DW2085		94784	4	1360781	MEXICO	13
363	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	25
364	DW6345	SELAS	3305	-2	5241060	MEXICO	4
365	DW2849		630	6	396069	MEXICO	22
366	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	12
367	DW6346	LOYAL	125895	0	136198	FRANCE	8
368	DW2110		1459	9	398551	MEXICO	22
369	DW5034		319469	7	2350732	MEXICO	26
370	DW5562		320116	0	341724		8
371	DW16826		4177	0	9134		8
372	DW6348		320232	3	2352501		2
373	DW6136		89602	4	107401	MEXICO	15
374	DW6349		320233	4	4334451		19
375	DW6127	MONROE	86295	0	92687	UNITED STATES	10
376	DW2997		123173	8	1582980	MEXICO	13
377	DW6130	REGAL,CI7363	4392	1	135523	UNITED STATES	1
378	DW6350	BINTEPE 85	142749	0	153731	TURKEY	26
379	DW9070	TOTANUS_1	89103	3	142548	MEXICO	22
380	DW2904		142149	31	1711205	MEXICO	24
381	DW9695	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	19
382	DW6358	ADAMELLO	123381	0	133398	ITALY	8
383	DW6359	CASTELLO	285584	0	303815		8
384	DW2867		319522	3	2350876	MEXICO	18
385	DW3771		50638	13	896714	MEXICO	26
386	DW2855		328	7	395400	MEXICO	16
387	DW2865		123685	2	1583768	MEXICO	1
388	DW2871		1021	7	184237	MEXICO	22
389	DW2908		123781	10	1583868	MEXICO	15
390	DW2909		293	6	395235	MEXICO	19
391	DW2913		214659	13	2064688	MEXICO	3
392	DW9130	CHEN_2	6449	36	409799	MEXICO	8
393	DW2943	CHEN_4	6449	28	142764	MEXICO	7
394	DW2945	CHEN_10	6449	45	409795	MEXICO	14

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
395	DW2948	CHEN_11	6449	40	133851	MEXICO	7
396	DW2952	CHEN_13	6449	49	153741	MEXICO	7
397	DW3058		191575	4	1942500	MEXICO	19
398	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	12
399	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	12
400	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	27
401	CW114069	SAN MARTIN BONAERENSE	792	1	363	ARGENTINA	3
402	DW8645	QUILACO	6983	3	411306	MEXICO	22
403	DW8745	BUCK CRISTAL	7425	-1	141168	MEXICO	2
404	DW6047	DON PEDRO 87	123211	4	133883	SPAIN	19
405	DW6685		123940	10	1584487	MEXICO	16
406	DW8843	CHAM_3	124437	4	60219	SYRIA	14
407	DW2912		182142	5	1925092	MEXICO	24
408	DW2948	CHEN_11	6449	40	133851	MEXICO	7
409	DW2955	CHEN_8	6449	34	409801	MEXICO	7
410	DW2943	CHEN_4	6449	28	142764	MEXICO	7
411	DW3010		220	5	395185	MEXICO	22
412	DW4708		182143	5	1925103	MEXICO	19
413	DW8923	WULP_1	5739	5	153831	MEXICO	22
414	DW4792		88902	11	1280129	MEXICO	2
415	DW4793		88902	6	1280135	MEXICO	2
416	DW4813		182144	4	1925116	MEXICO	15
417	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	12
418	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	19
419	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	25
420	DW9070	TOTANUS_1	89103	3	142548	MEXICO	22
421	DW9071		165615	11	1861105	MEXICO	7
422	DW9072	CHAHBA 88	123683	3	1583766	MEXICO	2
423	DW3010		220	5	395185	MEXICO	22
424	DW9074		149373	5	1747022	MEXICO	5
425	DW9075		4962	8	78902	MEXICO	7
426	DW9076		123293	5	350639	MEXICO	14
427	DW9077		181678	4	1921923	MEXICO	14
428	DW6047	DON PEDRO 87	123211	4	133883	SPAIN	19
429	DW9079	PLATA_11	58894	4	137339	MEXICO	7
430	DW9080	PLATA_20	58894	73	137089	MEXICO	7
431	DW9081	FILLO_9	89095	5	95719	MEXICO	19
432	DW9082	REIGEN_1	123838	5	159378	MEXICO	16
433	DW9083	SILVER_50	89541	174	1285598	MEXICO	26
434	DW9084	MUSK_5	72286	19	1116328	MEXICO	25
435	DW9085	KORIFLA	124437	5	148489	MEXICO	26
436	DW9086	RAZZAK 87	126196	4	6002707	TUNISIA	22
437	DW9087	ARDENTE	128990	0	141779	USSR	8
438	DW2956	SNA 310	6449	6	409806	MEXICO	24
439	DW9695	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	23
440	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	27
441	DW9697	ACONCHI 89	53180	3	78863	MEXICO	24
442	DW9697	ACONCHI 89	53180	3	78863	MEXICO	24
443	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	25
444	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	12

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
445	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	4
446	DW5503		1865	11	399180	MEXICO	26
447	DW6524	SILVER_28	89541	113	1285622	MEXICO	14
448	DW2882	CROC_1	122434	4	68356	MEXICO	21
449	DW5036		1426	8	398489	MEXICO	2
450	DW5992		65510	23	1063613	MEXICO	26
451	DW6001		88945	7	107423	MEXICO	22
452	DW8793	PLATA_10	58894	29	96970	MEXICO	7
453	DW11007	PLATA_15	58894	65	136699	MEXICO	7
454	DW9099	PLATA_17	58894	38	141398	MEXICO	12
455	DW6427		181677	7	1921910	MEXICO	2
456	DW6428		89603	7	1285861	MEXICO	5
457	DW6431		50641	31	896800	MEXICO	22
458	DW6433		50641	35	896796	MEXICO	13
459	DW6086	AJAIA_9	50639	13	137582	MEXICO	1
460	DW6090		149448	9	1750885	MEXICO	22
461	DW6443	FILLO_10	89095	38	1282482	MEXICO	22
462	DW6455	PICHO_2	124188	9	148363	MEXICO	19
463	DW12537	ARAMIDES_1	89123	18	1282832	MEXICO	5
464	DW6519	SILVER_5	89541	33	137008	MEXICO	26
465	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	4
466	DW9695	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	23
467	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	25
468	DW9697	ACONCHI 89	53180	3	78863	MEXICO	24
469	DW9698	LICAN INIA	50955	9	107403	MEXICO	27
470	DW9699	CHAGUAL INIA	56343	15	153154	MEXICO	2
471	DW9700	DUKEM_5	89069	33	153073	MEXICO	14
472	DW10589	FOCHA_1	37731	6	78886	MEXICO	24
473	DW3010		220	5	395185	MEXICO	22
474	DW9070	TOTANUS_1	89103	3	142548	MEXICO	15
475	DW9704	LOTUS_1	53180	7	78929	MEXICO	24
476	DW9705	LOTUS_4	53180	9	78932	MEXICO	24
477	DW6047	DON PEDRO 87	123211	4	133883	SPAIN	19
478	DW9707	MUSK_7	72286	24	147383	MEXICO	25
479	DW9708	PLATA_5	58894	51	137082	MEXICO	24
480	DW9709	PLATA_21	58894	76	153788	MEXICO	28
481	DW9710	PATIN_2	124463	26	136824	MEXICO	14
482	DW9711	GODRIN_4	123782	18	1583903	MEXICO	7
483	DW9712	WAGTL_6	89577	26	1285780	MEXICO	2
484	DW9713		72288	6	78946	MEXICO	24
485	DW9714	FNFOOT_6	89081	25	1282403	MEXICO	2
486	DW9715	FILLO_1	89095	14	156350	MEXICO	22
487	DW9695	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	19
488	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	12
489	DW9697	ACONCHI 89	53180	3	78863	MEXICO	12
490	DW9086	RAZZAK 87	126196	4	6002707	TUNISIA	12
491	DW10007	GREEN_38	89640	17	107435	MEXICO	19
492	DW9698	LICAN INIA	50955	9	107403	MEXICO	25
493	DW6047	DON PEDRO 87	123211	4	133883	SPAIN	22
494	DW9237	DWL5023	50194	0	13475	INDIA	12

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
495	DW10011	ALTAR 84 ALTO_1	50955	18	141945	MEXICO	12
496	DW10012	PELA_1	124158	11	1586047	MEXICO	26
497	DW10013	PRION_1	124008	5	1585117	MEXICO	26
498	DW10014	CARBO_1	124245	4	148143	MEXICO	27
499	DW10015	DABCHICK_1	89607	7	1285894	MEXICO	19
500	DW10016	GHO0_1	123945	5	148156	MEXICO	26
501	DW10017	FILLO_2	89095	18	1282483	MEXICO	22
502	DW10018	NELLY_1	123997	5	148727	MEXICO	2
503	DW10019	GODRIN_1	123782	7	156114	MEXICO	7
504	DW10020	SCOOP_1	124015	4	138294	MEXICO	10
505	DW10021	LAVA_1	124140	7	1585964	MEXICO	10
506	DW10022	DAPTION_1	1367	6	153329	MEXICO	22
507	DW10023	BISHOFTU 1	124439	5	136684	ETHIOPIA	14
508	DW10024	KOTU_1	124423	5	142510	MEXICO	27
509	DW10283	RASCON_37	89114	19	137586	MEXICO	22
510	DW9695	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	19
511	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	25
512	DW9697	ACONCHI 89	53180	3	78863	MEXICO	16
513	DW10287	WAHA	123343	16	141236	MEXICO	5
514	DW9698	LICAN INIA	50955	9	107403	MEXICO	27
515	DW12202	RAJ1555	123837	0	133664	INDIA	13
516	DW9086	RAZZAK 87	126196	4	6002707	TUNISIA	12
517	DW10291	BUSHEN_3	89610	6	107445	MEXICO	7
518	DW10292	BOOMER_20	88947	16	137575	MEXICO	14
519	DW10293	BOOMER_24	88947	11	107430	MEXICO	14
520	DW10294	BOOMER_33	88947	14	137593	MEXICO	14
521	DW10295	ODIN_8	124090	33	140758	MEXICO	19
522	DW10296	TARRO_3	89608	6	140762	MEXICO	16
523	DW10297	SHAG_4	89609	15	140767	MEXICO	25
524	DW10298	SHAG_6	89609	20	140776	MEXICO	19
525	DW10299	SHAG_10	89609	31	140797	MEXICO	14
526	DW10300	WIZZA_11	123368	34	1583552	MEXICO	22
527	DW10301	DAKYAY_9	123203	33	137967	MEXICO	14
528	DW10302	PATKA_6	123307	16	137973	MEXICO	14
529	DW10303	YAZI_8	89116	161	1282660	MEXICO	15
530	DW10304	MARINUS_1	124197	6	149300	MEXICO	13
531	DW10305	TEM_3	123874	13	141667	MEXICO	19
532	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	4
533	DW9695	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	23
534	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	27
535	DW10579	OCEAN_2	124413	12	1586756	MEXICO	16
536	DW10580	AJAIA_2	50639	8	107411	MEXICO	26
537	DW10581	AJAIA_5	50639	33	142787	MEXICO	30
538	DW10582		126718	5	301265	MEXICO	23
539	DW10583	ANSER_5	123900	16	140662	MEXICO	7
540	DW10584	BOOMER_16	88947	59	140718	MEXICO	13
541	DW10585	BUSHEN_6	89610	28	140821	MEXICO	15
542	DW10586	PARVA_1	124175	6	140745	MEXICO	17
543	DW10587	PARVA_2	124175	8	140748	MEXICO	17
544	DW10588	DUKEM_15	89069	75	136972	MEXICO	14

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
545	DW10589	FOCHA_1	37731	6	78886	MEXICO	24
546	DW10590	GREEN_22	89640	48	212985	MEXICO	13
547	DW10591	GREEN_35	89640	90	179483	MEXICO	13
548	DW10592	GREEN_36	89640	93	159507	MEXICO	13
549	DW10593	GRVAND_2	123947	7	140583	MEXICO	19
550	DW10594	KIRKI_8	123248	23	141647	MEXICO	21
551	DW9704	LOTUS_1	53180	7	78929	MEXICO	16
552	DW10596	LOTUS_5	53180	5	78889	MEXICO	24
553	DW11093	MOJO_2	89578	5	96996	MEXICO	15
554	DW10598		142153	7	213477	MEXICO	1
555	DW10599		142153	11	213407	MEXICO	1
556	DW10600	MUSK_3	72286	4	78911	MEXICO	25
557	DW10601	MUSK_8	72286	28	213503	MEXICO	27
558	DW10602	ODIN_19	124090	60	183734	MEXICO	16
559	DW10603	PLATA_16	58894	34	134865	MEXICO	7
560	DW10604	PLATA_18	58894	16	78939	MEXICO	24
561	DW11097	PLATA_2	58894	43	179339	MEXICO	24
562	DW10606	SHAG_5	89609	17	140771	MEXICO	19
563	DW10607	SHAG_7	89609	23	140780	MEXICO	14
564	DW10608	SHIP_1	89511	7	179348	MEXICO	14
565	DW10609	SILVER_13	89541	65	1285632	MEXICO	14
566	DW10610	SILVER_15	89541	68	137399	MEXICO	13
567	DW10611	SOOTY_11	124036	14	1585194	MEXICO	18
568	DW10612	SOOTY_13	124036	20	159514	MEXICO	26
569	DW10613	RAFIC 97	124037	7	140703	MEXICO	24
570	DW10614		127333	10	213690	MEXICO	19
571	DW10615		124280	6	1586716	MEXICO	18
572	DW10616	CAMPESTRE_4	124196	5	149454	MEXICO	16
573	DW10617		125283	4	276192	MEXICO	13
574	DW10618	MINIMUS_5	124255	21	1586450	MEXICO	14
575	DW10619	MINIMUS_2	124255	15	1586456	MEXICO	14
576	DW10620	TOPDY_6	124046	21	140599	MEXICO	13
577	DW10621		125194	7	1590344	MEXICO	13
578	DW10622	WITNEK_1	124169	5	140696	MEXICO	24
579	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	4
580	DW9695	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	18
581	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	18
582	DW9697	ACONCHI 89	53180	3	78863	MEXICO	18
583	DW11069		142081	132	274714	MEXICO	18
584	DW11070	AFUWAN_14	125312	5	148274	MEXICO	8
585	DW11071		142089	18	212904	MEXICO	28
586	DW11072	AJAIA_3	50639	18	142359	MEXICO	26
587	DW11073	ALCATRAZ_2	92586	21	137022	MEXICO	1
588	DW11074		126399	13	212882	MEXICO	18
589	DW11075		142757	17	313255	MEXICO	18
590	DW11076		142778	8	301292	MEXICO	18
591	DW11077	AVILLO_1	126654	5	301327	MEXICO	18
592	DW10294	BOOMER_33	88947	14	137593	MEXICO	7
593	DW11079		142099	12	213091	MEXICO	18
594	DW11080	BUSHEN_4	89610	8	137624	MEXICO	18

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
595	DW11081	CANELO_2	124262	15	148404	MEXICO	18
596	DW11082	CASCA_1	124181	4	148123	MEXICO	18
597	DW2959	CHEN_6	6449	32	136917	MEXICO	7
598	DW11084		142798	6	274880	MEXICO	18
599	DW11085		142772	6	213210	MEXICO	18
600	DW6047	DON PEDRO 87	123211	4	133883	SPAIN	18
601	DW11087	DUSKY_10	123931	25	182505	MEXICO	18
602	DW11088	FICHE_3	142404	9	213253	MEXICO	18
603	DW11089	GREEN_18	89640	13	137607	MEXICO	16
604	DW11090	INTER_16	142783	31	301609	MEXICO	26
605	DW11091	KUIKA_1	125314	5	148846	MEXICO	18
606	DW9704	LOTUS_1	53180	7	78929	MEXICO	18
607	DW11093	MOJO_2	89578	5	96996	MEXICO	18
608	DW11094	MUSK_1	72286	11	107568	MEXICO	18
609	DW11095	PATAMARILLA_2	126445	7	213193	MEXICO	18
610	DW11096	PHALACROCORAX_1	126237	5	275143	MEXICO	14
611	DW11097	PLATA_2	58894	43	179339	MEXICO	18
612	DW11098		142817	11	275156	MEXICO	16
613	DW11418	PODICEPS_9	124275	40	275183	MEXICO	24
614	DW11100	PORRON_1	89579	5	1285817	MEXICO	24
615	DW11420	PORTO_6	142060	5	213575	MEXICO	7
616	DW11102	RASCON_31	89114	113	275205	MEXICO	2
617	DW11103	RUSTICOLA_5	142100	39	301893	MEXICO	24
618	DW11104	SHAG_26	89609	67	140921	MEXICO	19
619	DW10608	SHIP_1	89511	7	179348	MEXICO	14
620	DW11106	SILBON_3	142442	9	183826	MEXICO	14
621	DW11107	SILVER_2	89541	26	136596	MEXICO	26
622	DW11428		142841	11	213819	MEXICO	16
623	DW11109		142105	54	275286	MEXICO	19
624	DW11110	TARRO_1	89608	4	96983	MEXICO	24
625	DW11434	THKNEE_8	89524	27	275112	MEXICO	29
626	DW11112	TRUMP_8	142061	40	213642	MEXICO	24
627	DW11113	YAZI_1	89116	5	1282751	MEXICO	26
628	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	4
629	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	22
630	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	25
631	DW11390	ACONCHI 89	53180	3	78863	MEXICO	24
632	DW11391		142465	50	275236	MEXICO	24
633	DW11392		142089	14	212919	MEXICO	26
634	DW11393		142901	5	274742	MEXICO	24
635	DW11394		126404	5	212938	MEXICO	26
636	DW11395		155463	28	268606	MEXICO	30
637	DW11075		142757	17	313255	MEXICO	25
638	DW11397	RIO COLORADO	142311	8	275569	MEXICO	21
639	DW11077	AVILLO_1	126654	5	301327	MEXICO	7
640	DW11399		143832	5	275577	MEXICO	27
641	DW11400		143776	7	313500	MEXICO	26
642	DW11401		143811	5	275693	MEXICO	14
643	DW11402		142206	8	275678	MEXICO	23
644	DW11403		143822	5	275691	MEXICO	24

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
645	DW11404		142512	5	275912	MEXICO	13
646	DW11405		142182	25	275265	MEXICO	24
647	DW11085		142772	6	213210	MEXICO	25
648	DW11407		142356	5	301495	MEXICO	7
649	DW11408	FICHE_6	142404	15	213257	MEXICO	27
650	DW11409	GREEN_17	89640	36	153185	MEXICO	13
651	DW11410		142344	17	275518	MEXICO	24
652	DW11411		142246	5	275224	MEXICO	19
653	DW11412		142456	5	275794	MEXICO	13
654	DW11413		142456	11	301653	MEXICO	26
655	DW11414	PAGILA_7	142116	28	301716	MEXICO	24
656	DW11095	PATAMARILLA_2	126445	7	213193	MEXICO	25
657	DW11416		142459	30	275820	MEXICO	15
658	DW11417		141904	5	212875	MEXICO	26
659	DW11418	PODICEPS_9	124275	40	275183	MEXICO	24
660	DW11419	PORTO_3	142060	16	213572	MEXICO	7
661	DW11420	PORTO_6	142060	5	213575	MEXICO	7
662	DW11421		143607	5	301862	MEXICO	19
663	DW11422		126448	5	275230	MEXICO	8
664	DW11423	RUSTICOLA_2	142100	6	1710750	MEXICO	24
665	DW11424		143845	15	301905	MEXICO	7
666	DW11425	SHAG_8	89609	26	142678	MEXICO	22
667	DW11426		142847	7	275843	MEXICO	13
668	DW11428		142841	11	213819	MEXICO	24
669	DW11428		142841	11	213819	MEXICO	16
670	DW11429		142324	23	275859	MEXICO	13
671	DW11430		142105	15	275880	MEXICO	24
672	DW10613	RAFIC 97	124037	7	140703	MEXICO	16
673	DW11432		142720	40	1716430	MEXICO	24
674	DW11433	THKNEE_11	89524	31	213057	MEXICO	22
675	DW11434	THKNEE_8	89524	27	275112	MEXICO	22
676	DW11435	VANRRIKSE_3	126541	7	275370	MEXICO	7
677	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	4
678	DW9695	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	23
679	DW11954	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	25
680	DW11955		142346	24	349602	MEXICO	25
681	DW11391		142465	50	275236	MEXICO	21
682	DW11957		142465	248	349631	MEXICO	26
683	DW11958		142311	31	349642	MEXICO	21
684	DW11959		142254	19	313339	MEXICO	25
685	DW11960	CANELO_9.1	124262	69	349562	MEXICO	25
686	DW11961		142309	38	349866	MEXICO	26
687	DW13468		142206	36	350165	MEXICO	17
688	DW11963		142206	47	363761	MEXICO	22
689	DW11964		143822	17	349945	MEXICO	27
690	DW11965		142182	31	350250	MEXICO	27
691	DW11966		142069	19	349949	MEXICO	25
692	DW11967		142244	7	349584	MEXICO	26
693	DW11968		143779	8	362787	MEXICO	25
694	DW11969		126631	9	350113	MEXICO	13

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
695	DW11970	KUCUK_2	142087	7	275788	MEXICO	25
696	DW11971		142462	14	350316	MEXICO	26
697	DW11095	PATAMARILLA_2	126445	7	213193	MEXICO	25
698	DW11973		142459	61	366012	MEXICO	19
699	DW11974		142801	13	363047	MEXICO	23
700	DW11975	PORTO_1.1	142060	29	350390	MEXICO	24
701	DW11976		142847	9	350177	MEXICO	13
702	DW11977		142505	5	275769	MEXICO	24
703	DW11978		142841	22	346992	MEXICO	24
704	DW11979		142324	81	365132	MEXICO	17
705	DW11980		143699	5	363945	MEXICO	22
706	DW11981		142105	84	350480	MEXICO	19
707	DW11982		142105	88	349991	MEXICO	24
708	DW11983		126662	5	349540	MEXICO	19
709	DW11435	VANRRIKSE_3	126541	7	275370	MEXICO	7
710	DW11985	VANRRIKSE_6.1	126541	55	349997	MEXICO	24
711	DW11986		153420	37	349548	MEXICO	24
712	DW13450		154121	27	349534	MEXICO	24
713	DW11988		154441	15	349622	MEXICO	7
714	DW11989		147140	11	350108	MEXICO	14
715	DW11990		150252	11	349725	MEXICO	24
716	DW11991		154205	76	350150	MEXICO	13
717	DW13465		142087	174	349956	MEXICO	25
718	DW11993		148727	22	350197	MEXICO	24
719	DW11994		148914	20	350506	MEXICO	17
720	DW13481		154211	25	350131	MEXICO	26
721	DW11996		148682	18	349591	MEXICO	22
722	DW15811		148682	27	349988	MEXICO	22
723	DW11998		150041	54	364139	MEXICO	24
724	DW11999		150044	77	350000	MEXICO	13
725	DW12000		150044	81	349920	MEXICO	27
726	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	4
727	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	23
728	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	27
729	DW12821		142465	229	349616	MEXICO	25
730	DW12822		142311	33	382203	MEXICO	21
731	DW13450		154121	27	349534	MEXICO	7
732	DW11959		142254	19	313339	MEXICO	23
733	DW12824		144831	68	364175	MEXICO	13
734	DW13452		144818	70	349740	MEXICO	19
735	DW12825	CARGO_3.1	123916	36	363713	MEXICO	19
736	DW11988		154441	15	349622	MEXICO	7
737	DW12826		144645	24	349688	MEXICO	15
738	DW13457		142069	21	363796	MEXICO	25
739	DW14372		128513	32	349565	MEXICO	25
740	DW13459		128513	36	350288	MEXICO	21
741	DW13460		144992	22	350326	MEXICO	8
742	DW12828		128441	12	1607712	MEXICO	19
743	DW12829		147200	7	349859	MEXICO	26
744	DW13462		128519	53	350385	MEXICO	14

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
745	DW12374	KITSA_1.1	126589	7	363834	MEXICO	24
746	DW14091		142087	176	382164	MEXICO	25
747	DW12384		143820	7	349845	MEXICO	16
748	DW12831		145072	34	382249	MEXICO	24
749	DW12832		145072	36	1734052	MEXICO	24
750	DW12833		128503	42	350498	MEXICO	25
751	DW13469		142206	38	1711548	MEXICO	15
752	DW11963		142206	47	363761	MEXICO	23
753	DW11974		142801	13	363047	MEXICO	23
754	DW11994		148914	20	350506	MEXICO	13
755	DW13475		144705	153	364541	MEXICO	23
756	DW11935		144706	106	364557	MEXICO	17
757	DW14398		128860	26	364565	MEXICO	22
758	DW13482		142841	18	349576	MEXICO	24
759	DW11979		142324	81	365132	MEXICO	19
760	DW15811		148682	27	349988	MEXICO	17
761	DW13484		148682	30	382421	MEXICO	17
762	DW12836		144662	119	350585	MEXICO	25
763	DW12837		142105	84	350480	MEXICO	19
764	DW11982		142105	88	349991	MEXICO	24
765	DW13936		144829	120	382910	MEXICO	22
766	DW12840	SUOKUKKO_7	142114	17	183861	MEXICO	26
767	DW12841	SU-ORDEGI_1.1	125164	34	382592	MEXICO	15
768	DW12842		144672	67	364671	MEXICO	15
769	DW11948		144679	33	364675	MEXICO	19
770	DW14405		128563	16	364678	MEXICO	25
771	DW12844		144714	140	350549	MEXICO	25
772	DW12845	VANRRIKSE_6.2	126541	57	382308	MEXICO	24
773	DW12846	YAZI_11.2	89116	185	382555	MEXICO	13
774	DW12847		150044	79	364144	MEXICO	13
775	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	4
776	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	22
777	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	24
778	DW12821		142465	229	349616	MEXICO	27
779	DW13447		142465	250	1714063	MEXICO	27
780	DW14366		133085	63	382944	MEXICO	8
781	DW13449		144692	26	349881	MEXICO	19
782	DW13450		154121	27	349534	MEXICO	24
783	DW13451		133059	89	1626902	MEXICO	27
784	DW13452		144818	70	349740	MEXICO	22
785	DW13453		133135	40	382256	MEXICO	26
786	DW11988		154441	15	349622	MEXICO	7
787	DW14371		133002	76	383036	MEXICO	24
788	DW13456		144647	51	349710	MEXICO	26
789	DW13457		142069	21	363796	MEXICO	25
790	DW13458		128513	28	349556	MEXICO	13
791	DW13459		128513	36	350288	MEXICO	21
792	DW13460		144992	22	350326	MEXICO	17
793	DW12829		147200	7	349859	MEXICO	26
794	DW13462		128519	53	350385	MEXICO	14

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
795	DW13463		128519	57	364347	MEXICO	14
796	DW13464		128591	15	382802	MEXICO	27
797	DW13465		142087	174	349956	MEXICO	27
798	DW14091		142087	176	382164	MEXICO	27
799	DW12831		145072	34	382249	MEXICO	27
800	DW13468		142206	36	350165	MEXICO	17
801	DW13469		142206	38	1711548	MEXICO	22
802	DW11963		142206	47	363761	MEXICO	17
803	DW13471		148727	22	350197	MEXICO	22
804	DW13472		148727	24	364067	MEXICO	17
805	DW11994		148914	20	350506	MEXICO	17
806	DW13474		144705	141	363086	MEXICO	15
807	DW13475		144705	153	364541	MEXICO	15
808	DW13476		148689	43	1744213	MEXICO	13
809	DW13477		148690	38	349835	MEXICO	25
810	DW13478		144706	84	362458	MEXICO	15
811	DW11935		144706	106	364557	MEXICO	17
812	DW14398		128860	26	364565	MEXICO	29
813	DW13481		154211	25	350131	MEXICO	26
814	DW13482		142841	18	349576	MEXICO	24
815	DW15811		148682	27	349988	MEXICO	17
816	DW13484		148682	30	382421	MEXICO	17
817	DW13485		148682	18	349591	MEXICO	22
818	DW14341	JUPARE C 2001	154368	68	3828077	MEXICO	26
819	DW13937		144714	132	364704	MEXICO	24
820	DW13488		144714	146	364714	MEXICO	27
821	DW12844		144714	140	350549	MEXICO	27
822	DW13490		154474	19	350845	MEXICO	19
823	DW13491		133045	130	1626237	MEXICO	19
824	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	12
825	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	12
826	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	12
827	DW13895	NACORIC 97	89114	136	140567	MEXICO	23
828	DW12821		142465	229	349616	MEXICO	25
829	DW13897		142465	26	350807	MEXICO	22
830	DW14366		133085	63	382944	MEXICO	15
831	DW13899		150017	202	363997	MEXICO	25
832	DW13900		144818	66	350063	MEXICO	15
833	DW13901		144815	64	362477	MEXICO	25
834	DW13902		144816	98	364199	MEXICO	15
835	DW13903		162620	51	1831742	MEXICO	26
836	DW13453		133135	40	382256	MEXICO	13
837	DW13905		143776	35	313497	MEXICO	19
838	DW13906		147141	9	1738197	MEXICO	26
839	DW13907		142375	8	349634	MEXICO	13
840	DW13908		133002	75	1624688	MEXICO	16
841	DW13909		128513	42	350067	MEXICO	26
842	DW13910		143817	8	362338	MEXICO	19
843	DW13911		133018	39	1625444	MEXICO	25
844	DW13912		148890	106	1745806	MEXICO	26

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
845	DW13913		163043	44	1834947	MEXICO	13
846	DW13914		150253	11	349731	MEXICO	17
847	DW13915		133031	150	382382	MEXICO	16
848	DW13916		128591	17	364372	MEXICO	24
849	DW14091		142087	176	382164	MEXICO	22
850	DW13918		142344	30	1712637	MEXICO	21
851	DW13919		162823	71	383130	MEXICO	25
852	DW13920		142456	13	314139	MEXICO	25
853	DW13921		142206	32	350270	MEXICO	15
854	DW13922		142206	42	349570	MEXICO	26
855	DW13923		142206	49	1711544	MEXICO	15
856	DW13924		144855	31	350519	MEXICO	15
857	DW13925		142801	15	363882	MEXICO	15
858	DW13926		144639	36	349971	MEXICO	27
859	DW13474		144705	141	363086	MEXICO	22
860	DW14395		144705	151	364537	MEXICO	27
861	DW13929		128859	23	351545	MEXICO	19
862	DW13482		142841	18	349576	MEXICO	24
863	DW13931		144664	162	382898	MEXICO	12
864	DW13484		148682	30	382421	MEXICO	22
865	DW15811		148682	27	349988	MEXICO	12
866	DW13934		142105	80	350625	MEXICO	12
867	DW13935		162815	40	385052	MEXICO	25
868	DW13936		144829	120	382910	MEXICO	24
869	DW13937		144714	132	364704	MEXICO	24
870	DW13938		144714	136	1729694	MEXICO	22
871	DW13939		133045	114	1626278	MEXICO	25
872	DW13940		133045	128	1626245	MEXICO	25
873	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	12
874	DW9695	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	12
875	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	12
876	DW12821		142465	229	349616	MEXICO	12
877	DW14366		133085	63	382944	MEXICO	23
878	DW14367		173713	25	1907163	MEXICO	27
879	DW14368		173718	11	1907268	MEXICO	27
880	DW14369		144692	26	349881	MEXICO	26
881	DW13453		133135	40	382256	MEXICO	26
882	DW14371		133002	76	383036	MEXICO	25
883	DW14372		128513	32	349565	MEXICO	25
884	DW14373		128513	44	382331	MEXICO	15
885	DW13460		144992	22	350326	MEXICO	23
886	DW14375		144992	24	350369	MEXICO	15
887	DW14376		173642	38	1906239	MEXICO	7
888	DW14377		173649	20	1906349	MEXICO	24
889	DW14378		133031	152	1625686	MEXICO	22
890	DW14379		128519	55	349764	MEXICO	25
891	DW14380		173253	45	1899812	MEXICO	15
892	DW14381		147234	10	364049	MEXICO	27
893	DW14382		133124	57	1628368	MEXICO	21
894	DW14383		137860	51	1692220	MEXICO	26

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
895	DW14384		173956	46	1910069	MEXICO	17
896	DW14385		173353	56	1901692	MEXICO	26
897	DW14091		142087	176	382164	MEXICO	21
898	DW14387		173378	41	1901934	MEXICO	7
899	DW13920		142456	13	314139	MEXICO	19
900	DW14389		173240	52	1899277	MEXICO	16
901	DW14390		142219	14	350611	MEXICO	17
902	DW13468		142206	36	350165	MEXICO	15
903	DW11963		142206	47	363761	MEXICO	23
904	DW14393		137822	65	1691784	MEXICO	21
905	DW14394		173248	67	1899590	MEXICO	15
906	DW14395		144705	151	364537	MEXICO	21
907	DW14396		137791	194	1690325	MEXICO	13
908	DW14397		144706	94	364553	MEXICO	15
909	DW14398		128860	26	364565	MEXICO	15
910	DW14399		173339	87	1901482	MEXICO	30
911	DW14400		143845	13	301902	MEXICO	22
912	DW13482		142841	18	349576	MEXICO	21
913	DW14402		148682	20	364077	MEXICO	12
914	DW15811		148682	27	349988	MEXICO	12
915	DW14404		173194	31	1897984	MEXICO	27
916	DW14405		128563	16	364678	MEXICO	27
917	DW13937		144714	132	364704	MEXICO	27
918	DW14407		148702	13	364110	MEXICO	25
919	DW14408		133045	121	1626263	MEXICO	27
920	DW14409		173587	12	1905626	MEXICO	21
921	DW14410		173740	21	1907448	MEXICO	15
922	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	4
923	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	15
924	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	27
925	DW14091		142087	176	382164	MEXICO	25
926	DW15811		148682	27	349988	MEXICO	17
927	DW14341	JUPARE C 2001	154368	68	3828077	MEXICO	26
928	DW14366		133085	63	382944	MEXICO	15
929	DW13450		154121	27	349534	MEXICO	24
930	DW14375		144992	24	350369	MEXICO	22
931	DW13913		163043	44	1834947	MEXICO	26
932	DW13468		142206	36	350165	MEXICO	17
933	DW14398		128860	26	364565	MEXICO	21
934	DW14338		154625	34	1783274	MEXICO	30
935	DW14402		148682	20	364077	MEXICO	12
936	DW14405		128563	16	364678	MEXICO	13
937	DW14462		133031	161	1625670	MEXICO	22
938	DW14382		133124	57	1628368	MEXICO	13
939	DW14517		136747	89	1679118	MEXICO	15
940	DW14368		173718	11	1907268	MEXICO	27
941	DW14422		137789	27	1690150	MEXICO	15
942	DW14423		137789	29	1690143	MEXICO	19
943	DW14431		173746	28	1907536	MEXICO	15
944	DW14376		173642	38	1906239	MEXICO	21

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
945	DW14444		173553	64	1904752	MEXICO	15
946	DW14456		173274	89	1900249	MEXICO	21
947	DW14457		173574	63	1905382	MEXICO	23
948	DW14034		173253	46	1899810	MEXICO	21
949	DW14467		137991	23	1694174	MEXICO	22
950	DW14383		137860	51	1692220	MEXICO	26
951	DW14475		137933	85	1693168	MEXICO	27
952	DW14041		173402	72	1902207	MEXICO	22
953	DW14495		137822	61	1691798	MEXICO	21
954	DW14393		137822	65	1691784	MEXICO	21
955	DW14502		173663	31	1906543	MEXICO	21
956	DW14394		173248	67	1899590	MEXICO	27
957	DW14505		173173	54	1897576	MEXICO	27
958	DW14509		137791	201	1690302	MEXICO	17
959	DW14399		173339	87	1901482	MEXICO	16
960	DW14511		173952	34	1910012	MEXICO	27
961	DW14515		137888	78	1692548	MEXICO	27
962	DW14514		137888	81	1692539	MEXICO	15
963	DW14528		173888	16	1908976	MEXICO	25
964	DW14062		173888	18	1908969	MEXICO	15
965	DW14063		173194	30	1897986	MEXICO	22
966	DW14404		173194	31	1897984	MEXICO	22
967	DW14535		173589	24	1905682	MEXICO	17
968	DW14409		173587	12	1905626	MEXICO	21
969	DW14410		173740	21	1907448	MEXICO	15
970	DW14536		173740	22	1907446	MEXICO	16
971	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	4
972	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	22
973	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	27
974	DW14341	JUPARE C 2001	154368	68	3828077	MEXICO	26
975	DW14539		295775	45	4874902	MEXICO	22
976	DW14540		295462	75	4874893	MEXICO	26
977	DW14541		328348	18	4745986	MEXICO	28
978	DW14542		328584	22	4745982	MEXICO	30
979	DW14543		327852	31	4746002	MEXICO	21
980	DW14544		327920	63	4745996	MEXICO	17
981	DW14545		346283	105	4874889	MEXICO	26
982	DW14546		346283	110	4874895	MEXICO	26
983	DW14547		173339	104	4076265	MEXICO	16
984	DW14548		203328	28	4076740	MEXICO	21
985	DW14549		283842	119	4877010	MEXICO	17
986	DW14550		296112	26	4877392	MEXICO	29
987	DW14551		261458	122	4560516	MEXICO	28
988	DW14552		284726	31	4561030	MEXICO	27
989	DW14553		327789	74	4749230	MEXICO	26
990	DW14554		327957	47	4749315	MEXICO	30
991	DW14156		202598	87	2482644	MEXICO	19
992	DW14171		202627	44	2482698	MEXICO	17
993	DW14260		202857	35	2483104	MEXICO	27
994	DW14555		295219	28	4310917	MEXICO	21

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
995	DW14556		283939	51	4310946	MEXICO	15
996	DW14557		283953	118	4311448	MEXICO	15
997	DW14558		283953	120	4310957	MEXICO	16
998	DW14559		296243	30	4311470	MEXICO	21
999	DW14560		296243	31	4311471	MEXICO	21
1000	DW14561		261649	66	3828117	MEXICO	21
1001	DW14562		261666	52	3828308	MEXICO	21
1002	DW14563		283885	133	3824692	MEXICO	21
1003	DW14564		261639	103	3824697	MEXICO	13
1004	DW14565		283704	25	3824705	MEXICO	27
1005	DW14566		283960	24	3824719	MEXICO	24
1006	DW14567		284726	23	3824739	MEXICO	24
1007	DW14568		328135	27	4339559	MEXICO	19
1008	DW14569		328517	13	4314770	MEXICO	15
1009	DW14570		328531	26	4314772	MEXICO	21
1010	DW14571		327531	61	4314690	MEXICO	21
1011	DW14572		327866	30	4314713	MEXICO	27
1012	DW14573		327911	32	4314732	MEXICO	17
1013	DW14574		295316	67	4314674	MEXICO	27
1014	DW14575		295318	30	4314676	MEXICO	21
1015	DW14576		295329	105	4877215	MEXICO	26
1016	DW14577		295375	36	4877238	MEXICO	30
1017	DW14578		295416	103	4877260	MEXICO	14
1018	DW14579		283702	43	4560968	MEXICO	13
1019	DW14580		328565	39	4749470	MEXICO	21
1020	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	4
1021	DW15398	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	22
1022	DW15399	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	25
1023	DW15400		283975	18	3822754	MEXICO	21
1024	DW15401		295687	17	4310962	MEXICO	21
1025	DW15402		328072	53	4746623	MEXICO	28
1026	DW15403		295713	15	4311458	MEXICO	24
1027	DW15404		328584	21	4746632	MEXICO	30
1028	DW15405		327548	44	4749167	MEXICO	24
1029	DW15406		328415	28	4314760	MEXICO	14
1030	DW15407		327628	58	4314696	MEXICO	15
1031	DW15408		327627	46	4339061	MEXICO	25
1032	DW15409		202604	115	4076598	MEXICO	15
1033	DW15410		327638	24	4314702	MEXICO	14
1034	DW15411		284726	30	4561031	MEXICO	21
1035	DW15412		327866	29	4314712	MEXICO	25
1036	DW15413		283920	65	4561010	MEXICO	14
1037	DW15414		295215	19	4310916	MEXICO	17
1038	DW15415		295219	32	4311416	MEXICO	21
1039	DW15416		327981	64	4314747	MEXICO	13
1040	DW15417		328178	58	4746630	MEXICO	13
1041	DW15418		327789	62	4745998	MEXICO	15
1042	DW15419		327789	75	4749229	MEXICO	26
1043	DW15420		327440	26	4314685	MEXICO	26
1044	DW15421		202760	132	4076649	MEXICO	15

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
1045	DW15422		283613	138	4053894	MEXICO	19
1046	DW15423		328235	9	4314755	MEXICO	27
1047	DW15424		346283	106	4875947	MEXICO	26
1048	DW15425		327887	71	4317119	MEXICO	27
1049	DW15426		327891	46	4745989	MEXICO	22
1050	DW15427		327891	48	4746643	MEXICO	22
1051	DW15428		328423	58	4746648	MEXICO	28
1052	DW15429		295375	35	4876184	MEXICO	30
1053	DW15430		327957	53	4749309	MEXICO	25
1054	DW15431		328510	30	4746635	MEXICO	21
1055	DW15432		261577	84	4053893	MEXICO	27
1056	DW15433		328309	26	4745991	MEXICO	21
1057	DW15434		261660	23	3824675	MEXICO	26
1058	DW15435		296037	27	4874891	MEXICO	20
1059	DW15436		296037	30	4875060	MEXICO	20
1060	DW15513		261494	50	4557858	MEXICO	30
1061	DW15438		261494	51	4557853	MEXICO	30
1062	DW15439		261494	39	3822731	MEXICO	15
1063	DW15440		261670	40	3822750	MEXICO	26
1064	DW15441		295462	74	4874890	MEXICO	26
1065	DW15442		283902	27	3822751	MEXICO	24
1066	DW15443		173932	39	4063623	MEXICO	8
1067	DW15444		283953	119	4310956	MEXICO	15
1068	DW15445		283822	55	4558035	MEXICO	30
1069	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	4
1070	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	22
1071	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	25
1072	DW14341	JUPARE C 2001	154368	68	3828077	MEXICO	26
1073	DW15695		295565	68	4558723	MEXICO	2
1074	DW15705		328072	54	4746624	MEXICO	28
1075	DW14589		295775	46	4877333	MEXICO	15
1076	DW15729		339657	33	4875942	MEXICO	30
1077	DW16028		295646	341	4563076	MEXICO	26
1078	DW15753		338914	24	4875939	MEXICO	30
1079	DW14772		328423	51	4749453	MEXICO	30
1080	DW15780		283478	38	4558697	MEXICO	30
1081	DW15786		173248	77	4063620	MEXICO	25
1082	DW15433		328309	26	4745991	MEXICO	15
1083	DW15513		261494	50	4557858	MEXICO	30
1084	DW15816		283822	50	4558699	MEXICO	29
1085	DW15819		356719	27	4875946	MEXICO	29
1086	DW14604		328348	19	4745992	MEXICO	30
1087	DW15411		284726	30	4561031	MEXICO	21
1088	DW14631		327977	66	4749328	MEXICO	13
1089	DW16029		295257	53	4877196	MEXICO	26
1090	DW15430		327957	53	4749309	MEXICO	25
1091	DW15700		283908	122	3822736	MEXICO	16
1092	DW15701		295687	15	4310961	MEXICO	25
1093	DW15709		327548	41	4749170	MEXICO	21
1094	DW15717		327638	29	4749190	MEXICO	26

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
1095	DW15725		295215	20	4311413	MEXICO	17
1096	DW15041		327981	109	4749342	MEXICO	14
1097	DW15745		295287	64	4311423	MEXICO	26
1098	DW16030		261726	46	3822743	MEXICO	23
1099	DW16031		295337	39	4310932	MEXICO	22
1100	DW14641		295347	28	4310935	MEXICO	25
1101	DW16032		261602	14	3824665	MEXICO	23
1102	DW15776		283696	38	4084341	MEXICO	13
1103	DW15779		261592	52	3824706	MEXICO	24
1104	DW15796		295424	45	4877274	MEXICO	26
1105	DW14655		328531	25	4314771	MEXICO	21
1106	DW16033		261514	14	3822732	MEXICO	18
1107	DW16034		261507	22	3828112	MEXICO	21
1108	DW16035		283817	31	3824717	MEXICO	25
1109	DW14945		328345	17	4314965	MEXICO	14
1110	DW16036		261529	62	3828115	MEXICO	23
1111	DW15562		403621	134	4899645	MEXICO	26
1112	DW15568		403673	71	4899660	MEXICO	26
1113	DW15581		404025	81	4899711	MEXICO	26
1114	DW15586		382443	98	4784844	MEXICO	20
1115	DW15614		403999	26	4899694	MEXICO	28
1116	DW15620		404019	188	4899709	MEXICO	20
1117	DW15632		404101	81	4899759	MEXICO	20
1118	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	4
1119	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	23
1120	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	25
1121	DW14341	JUPARE C 2001	154368	68	3828077	MEXICO	26
1122	DW15787		173248	79	4063622	MEXICO	25
1123	DW14624		173732	46	4076316	MEXICO	23
1124	DW15443		173932	39	4063623	MEXICO	26
1125	DW14587		203235	37	4076728	MEXICO	26
1126	DW14738		261490	26	4558978	MEXICO	20
1127	DW14734		262116	24	4558692	MEXICO	24
1128	DW14721		295419	31	4875832	MEXICO	16
1129	DW16136		328072	52	4746622	MEXICO	19
1130	DW16137		328178	56	4749410	MEXICO	13
1131	DW15495		328275	22	4746631	MEXICO	30
1132	DW14615		328423	50	4749454	MEXICO	30
1133	DW15753		338914	24	4875939	MEXICO	30
1134	DW15729		339657	33	4875942	MEXICO	30
1135	DW15819		356719	27	4875946	MEXICO	29
1136	DW16138		382324	122	5348355	MEXICO	19
1137	DW16139		382355	104	5348354	MEXICO	26
1138	DW16140		382369	50	5348339	MEXICO	26
1139	DW16141		382437	450	5348324	MEXICO	13
1140	DW16142		382466	53	5348312	MEXICO	13
1141	DW16143		382701	36	5348273	MEXICO	25
1142	DW16144		403142	266	5346254	MEXICO	13
1143	DW16145		403145	159	5346244	MEXICO	20
1144	DW16146		403276	112	5346221	MEXICO	30

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
1145	DW16147		403277	113	5346219	MEXICO	29
1146	DW16148		403277	114	5346218	MEXICO	14
1147	DW16149		403297	484	5346204	MEXICO	26
1148	DW16150		403885	23	5346159	MEXICO	25
1149	DW16151		404000	32	5346133	MEXICO	29
1150	DW16152		404001	75	5346128	MEXICO	29
1151	DW16153		404090	121	5346106	MEXICO	26
1152	DW16154		404091	47	5346103	MEXICO	16
1153	DW16155		409860	126	5345939	MEXICO	25
1154	DW16156		409860	127	5345938	MEXICO	25
1155	DW16157		417647	325	5345776	MEXICO	26
1156	DW16158		417846	158	5345764	MEXICO	13
1157	DW16159		417859	137	5345748	MEXICO	20
1158	DW16160		417903	116	5345713	MEXICO	29
1159	DW16161		417906	81	5345711	MEXICO	13
1160	DW16162		417908	287	5345710	MEXICO	29
1161	DW16163		417989	40	5345666	MEXICO	26
1162	DW16164		418356	105	5345639	MEXICO	20
1163	DW16165		421668	93	5345192	MEXICO	15
1164	DW16166		421696	246	5345179	MEXICO	26
1165	DW16126		421775	122	5345174	MEXICO	28
1166	DW16168		421895	51	5345157	MEXICO	20
1167	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	13
1168	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	23
1169	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	27
1170	DW14341	JUPARE C 2001	154368	68	3828077	MEXICO	26
1171	DW16138		382324	122	5348355	MEXICO	19
1172	DW16145		403145	159	5346244	MEXICO	20
1173	DW16146		403276	112	5346221	MEXICO	30
1174	DW15938		403999	30	5139380	MEXICO	20
1175	DW16364		404019	230	5346122	MEXICO	20
1176	DW16082		404019	234	5346118	MEXICO	20
1177	DW16153		404090	121	5346106	MEXICO	26
1178	DW16091		404095	39	5346100	MEXICO	29
1179	DW16162		417908	287	5345710	MEXICO	29
1180	DW16128		421833	188	5345168	MEXICO	20
1181	DW16177		438334	158	5334914	MEXICO	26
1182	DW16365		448750	85	5090042	MEXICO	30
1183	DW16194		448939	90	5089772	MEXICO	28
1184	DW16206		455975	24	5081675	MEXICO	30
1185	DW16209		455986	15	5081660	MEXICO	29
1186	DW16366		456086	21	5081445	MEXICO	30
1187	DW16367		456159	25	5081337	MEXICO	21
1188	DW16368		456166	51	5081300	MEXICO	28
1189	DW16369		456204	43	5081219	MEXICO	28
1190	DW16370		456241	40	5081124	MEXICO	30
1191	DW16371		456241	41	5081123	MEXICO	30
1192	DW16372		456267	38	5081034	MEXICO	30
1193	DW16373		456277	28	5081012	MEXICO	30
1194	DW16374		456280	42	5081011	MEXICO	28

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
1195	DW16262		456285	42	5081000	MEXICO	21
1196	DW16269		456396	21	5080821	MEXICO	20
1197	DW16375		456458	29	5080782	MEXICO	29
1198	DW16376		456635	39	5080732	MEXICO	30
1199	DW16377		457002	57	5079823	MEXICO	14
1200	DW16378		457017	52	5079777	MEXICO	26
1201	DW16379		457031	24	5079708	MEXICO	29
1202	DW16380		457050	17	5079670	MEXICO	29
1203	DW16381		457067	94	5079619	MEXICO	15
1204	DW16382		457069	19	5079616	MEXICO	20
1205	DW16384		457093	20	5079548	MEXICO	30
1206	DW16317		457105	57	5079521	MEXICO	29
1207	DW16385		457146	34	5079375	MEXICO	29
1208	DW16386		457154	19	5079333	MEXICO	28
1209	DW16328		457161	28	5079314	MEXICO	28
1210	DW16329		457164	35	5079309	MEXICO	28
1211	DW16387		459204	908	5532368	MEXICO	26
1212	DW16388		459205	289	5532373	MEXICO	28
1213	DW16389		459206	234	5532378	MEXICO	28
1214	DW16390		459208	287	5532381	MEXICO	28
1215	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	13
1216	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	23
1217	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	25
1218	DW14341	JUPARE C 2001	154368	68	3828077	MEXICO	26
1219	DW16399		403142	269	5346251	MEXICO	20
1220	DW16082		404019	234	5346118	MEXICO	20
1221	DW16365		448750	85	5090042	MEXICO	30
1222	DW16526		455876	17	5081812	MEXICO	29
1223	DW16209		455986	15	5081660	MEXICO	29
1224	DW16226		456069	32	5081483	MEXICO	30
1225	DW16391		456085	43	5081448	MEXICO	30
1226	DW16370		456241	40	5081124	MEXICO	30
1227	DW16371		456241	41	5081123	MEXICO	30
1228	DW16422		456266	35	5081037	MEXICO	28
1229	DW16265		456299	23	5080985	MEXICO	30
1230	DW16432		456674	55	5080628	MEXICO	28
1231	DW16440		457017	50	5079779	MEXICO	20
1232	DW16385		457146	34	5079375	MEXICO	29
1233	DW16444		457151	54	5079348	MEXICO	28
1234	DW16513		459208	285	5532379	MEXICO	28
1235	DW16516		459213	186	5532387	MEXICO	13
1236	DW16527		477006	73	5536136	MEXICO	13
1237	DW16528		477009	240	5536366	MEXICO	30
1238	DW16529		477277	70	5541715	MEXICO	30
1239	DW16530		477277	71	5541716	MEXICO	30
1240	DW16531		477283	70	5541866	MEXICO	30
1241	DW16532		477335	31	5542499	MEXICO	30
1242	DW16533		477335	33	5542501	MEXICO	30
1243	DW16450		477358	45	5542860	MEXICO	30
1244	DW16534		477379	49	5543201	MEXICO	30

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
1245	DW16451		477380	16	5543207	MEXICO	20
1246	DW16456		477537	44	5545109	MEXICO	30
1247	DW16535		477583	46	5545604	MEXICO	29
1248	DW16460		477602	86	5545795	MEXICO	29
1249	DW16463		477629	29	5546105	MEXICO	29
1250	DW16464		477630	14	5546111	MEXICO	28
1251	DW16465		477637	81	5546215	MEXICO	16
1252	DW16466		477637	82	5546216	MEXICO	29
1253	DW16468		477707	47	5546969	MEXICO	16
1254	DW16473		477816	51	5548129	MEXICO	20
1255	DW16476		477958	41	5548958	MEXICO	20
1256	DW16478		478000	24	5549100	MEXICO	30
1257	DW16536		478006	43	5549135	MEXICO	29
1258	DW16537		478050	20	5549247	MEXICO	29
1259	DW16538		478070	58	5549390	MEXICO	29
1260	DW16488		478191	24	5550111	MEXICO	20
1261	DW16492		478260	36	5550532	MEXICO	20
1262	DW16501		478414	18	5551100	MEXICO	29
1263	DW16503		478418	44	5551131	MEXICO	29
1264	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	13
1265	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	23
1266	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	25
1267	DW14341	JUPARE C 2001	154368	68	3828077	MEXICO	26
1268	DW16550		456341	25	5080952	MEXICO	30
1269	DW16628		456975	25	5079911	MEXICO	29
1270	DW16443		457094	11	5079545	MEXICO	30
1271	DW16562		477009	238	5536364	MEXICO	20
1272	DW16570		477133	98	5539233	MEXICO	28
1273	DW16530		477277	71	5541716	MEXICO	30
1274	DW16575		477335	34	5542502	MEXICO	28
1275	DW16629		477383	94	5827222	MEXICO	29
1276	DW16630		477415	101	5827228	MEXICO	7
1277	DW16627		477416	46	5827231	MEXICO	30
1278	DW16581		477442	28	5543994	MEXICO	30
1279	DW16582		477548	24	5545219	MEXICO	30
1280	DW16631		477561	63	5827254	MEXICO	29
1281	DW16535		477583	46	5545604	MEXICO	29
1282	DW16632		477597	22	5545758	MEXICO	16
1283	DW16586		477836	28	5548261	MEXICO	29
1284	DW16539		477977	39	5549038	MEXICO	20
1285	DW16536		478006	43	5549135	MEXICO	29
1286	DW16483		478095	47	5549653	MEXICO	30
1287	DW16593		478130	42	5549956	MEXICO	28
1288	DW16633		478146	12	5549992	MEXICO	28
1289	DW16596		478253	79	5550491	MEXICO	20
1290	DW16597		478258	33	5550513	MEXICO	29
1291	DW16599		478270	46	5550647	MEXICO	30
1292	DW16600		478272	48	5550695	MEXICO	28
1293	DW16607		478429	24	5551155	MEXICO	29
1294	DW16613		478452	113	5551495	MEXICO	28

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
1295	DW16614		478455	76	5551563	MEXICO	30
1296	DW16634		489330	47	5828160	MEXICO	28
1297	DW16635		489456	48	5828186	MEXICO	30
1298	DW16636		489552	63	5828194	MEXICO	20
1299	DW16637		489618	59	5828208	MEXICO	29
1300	DW16638		489639	68	5828212	MEXICO	30
1301	DW16639		490001	65	5828328	MEXICO	16
1302	DW16640		490017	86	5828341	MEXICO	20
1303	DW16641		490023	47	5828343	MEXICO	30
1304	DW16642		490032	56	5828350	MEXICO	20
1305	DW16643		490059	68	5828354	MEXICO	20
1306	DW16644		490165	57	5828385	MEXICO	30
1307	DW16645		490230	58	5828399	MEXICO	30
1308	DW16646		490270	88	5828419	MEXICO	28
1309	DW16647		490328	41	5828439	MEXICO	20
1310	DW16648		490680	155	5828495	MEXICO	20
1311	DW16649		490701	514	5828560	MEXICO	30
1312	DW16650		490703	736	5828587	MEXICO	13
1313	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	13
1314	DW11388	YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	23
1315	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	27
1316	DW14341	JUPARE C 2001	154368	68	3828077	MEXICO	26
1317	DW16764	CIRNO C 2008	459206	190	5077000	MEXICO	28
1318	DW16530		477277	71	5541716	MEXICO	30
1319	DW16535		477583	46	5545604	MEXICO	29
1320	DW16536		478006	43	5549135	MEXICO	28
1321	DW16593		478130	42	5549956	MEXICO	28
1322	DW16581		477442	28	5543994	MEXICO	30
1323	DW16582		477548	24	5545219	MEXICO	30
1324	DW16583		477549	64	5545239	MEXICO	29
1325	DW16586		477836	28	5548261	MEXICO	29
1326	DW16539		477977	39	5549038	MEXICO	20
1327	DW16596		478253	79	5550491	MEXICO	20
1328	DW16599		478270	46	5550647	MEXICO	30
1329	DW16600		478272	48	5550695	MEXICO	28
1330	DW16613		478452	113	5551495	MEXICO	30
1331	DW16634		489330	47	5828160	MEXICO	20
1332	DW16635		489456	48	5828186	MEXICO	30
1333	DW16636		489552	63	5828194	MEXICO	20
1334	DW16637		489618	59	5828208	MEXICO	29
1335	DW16638		489639	68	5828212	MEXICO	28
1336	DW16640		490017	86	5828341	MEXICO	28
1337	DW16641		490023	47	5828343	MEXICO	30
1338	DW16642		490032	56	5828350	MEXICO	28
1339	DW16644		490165	57	5828385	MEXICO	30
1340	DW16646		490270	88	5828419	MEXICO	28
1341	DW16647		490328	41	5828439	MEXICO	20
1342	DW16629		477383	94	5827222	MEXICO	29
1343	DW16627		477416	46	5827231	MEXICO	28
1344	DW16631		477561	63	5827254	MEXICO	29

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
1345	DW16701		496359	50	6004439	MEXICO	28
1346	DW16703		496493	44	6004486	MEXICO	28
1347	DW16704		496499	89	6004488	MEXICO	28
1348	DW16765		501124	81	6004507	MEXICO	28
1349	DW16766		501170	258	6004540	MEXICO	20
1350	DW16717		501545	97	6004713	MEXICO	30
1351	DW16767		501619	228	6004742	MEXICO	28
1352	DW16729		504706	94	6004811	MEXICO	20
1353	DW16768		504810	103	6004821	MEXICO	29
1354	DW16732		504836	88	6004828	MEXICO	28
1355	DW16769		504836	91	6004831	MEXICO	28
1356	DW16733		504881	194	6004836	MEXICO	28
1357	DW16770		504907	191	6004845	MEXICO	30
1358	DW16734		504917	64	6004847	MEXICO	28
1359	DW16771		504917	65	6004848	MEXICO	16
1360	DW16772		504942	84	6004855	MEXICO	28
1361	DW16749		505477	303	6005064	MEXICO	28

Cuadro 2A. Población de accesiones de trigo duro (líneas del ensayo IDYN) utilizadas para la caracterización genotípica

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
1	CWI22418	TEHUACAN 60	5134	4	186	MEXICO	3
2	CWI24115	BRANT	640	0	2836	MEXICO	3
3	CWI22387	JORI C69	141831	3	958	MEXICO	2
4			1315	6	397624	MEXICO	3
5	CWI22386	GANSO	1869	0	1099	MEXICO	3
6	DW3427		1874	11	399198	MEXICO	3
7	CWI23355	LEEDS	2995	1	972	UNITED STATES	3
8	DW4300	GERARDO-565	229914	0	242812		4
9	CWI22050	PARANA 66.207	242884	0	255656	ARGENTINA	3
10	DW1089		319231	3	2350132		3
11	DW5172	PARANA 66.270	88456	0	95053		1
12	CWI19857	YEMEN:DR	89477	0	1852		3
13	CWI23376	HERCULES	2117	1	1165		3
14	CWI23528	D6647	123479	0	133471		3
15	CWI23528	D6647	123479	0	133471		4
16	CWI23349	WELLS	2951	1	970		3
17	CWI23594	WARD	5605	0	1021	UNITED STATES	3
18	DW7349	ROLETTE	4480	1	1516		3
19	DW2283		319924	0	341527		3
20	CWI24129	GDOVZ512	123501	0	5566		3
21	CWI22414	MAGHREBI 72	104166	3	993		3
22	DW2821		149370	7	1746978		3
23	DW392		117310	10	1506528		3
24	DW3209		149372	9	1747012		3
25	DW1531		1882	15	399261	MEXICO	1
26	DW22		6038	17	407671	MEXICO	1
27	DW3689		4174	20	403646	MEXICO	3
28	DW1070		5124	3	405352	MEXICO	3
29	DW7304	BALCARCENO INTA	1869	1	1100	MEXICO	3
30	CWI23600	MACOUN	3132	1	7963		2
31	CWI22413	INRAT 69	2378	1	400393	TUNISIA	2
32	CWI22382	ANHINGA	88619	0	1074	MEXICO	3
33	DW3545		123825	4	1584018	MEXICO	3
34	DW823		2695	38	400668	MEXICO	4
35	DW1265		89478	5	1285277	MEXICO	3
36	CWI13203	COCORIT C71	1244	3	1606	MEXICO	3
37	DW605	D6811	123563	2	1846	TUNISIA	1
38	CWI22365	BADRI	409	1	154581	TUNISIA	3
39	CWI325	CRESO	1317	1	133247	ITALY	3
40	CWI36267	CROSBY	1330	0	4496		2
41	DW2441	JNK	123421	0	3438		3
42	DW3389		4476	16	404095	MEXICO	1
43	DW1641		1977	6	399705	MEXICO	3
44	G449		56343	65	2453292	MEXICO	3
45	DW9031	SACABA 81	88619	4	1633	MEXICO	3
46	DW1660	YAVAROS_1	56343	21	23826	MEXICO	3
47	DW3899		320042	0	341649	UNITED STATES	3

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
48	DW3876		320039	-1	5171822		3
49	DW2227	USDA508	124440	0	134308		3
50	DW910		1299	5	397615	MEXICO	3
51	DW845		5139	4	405404	MEXICO	3
52	DW5250		125239	28	1590612	MEXICO	3
53	DW3174		1971	-1	5241242	MEXICO	4
54	DW720		318994	5	2349478	MEXICO	3
55	DW1277		319327	3	2350361	MEXICO	3
56	DW12720	UCARO 1	88519	4	141847	MEXICO	3
57	DW500		319028	2	2349552	MEXICO	2
58	DW1530	SHEARWATER_1	4820	7	404591		3
59	DW1573		319417	3	2350583	MEXICO	3
60	BW38834		124190	0	96258		3
61	DW2228		155882	0	167614		3
62	DW2249		319922	5	2351791		3
63	CW123599	WAKOOMA	5591	0	7336	CANADA	4
64	DW1512		319410	3	2350569		3
65	DW3348		319997	4	2351884		3
66	DW1270		319244	2	2350154	MEXICO	3
67	DW1609		4476	5	404089	MEXICO	3
68	DW1325		165966	13	1863775	MEXICO	3
69			123282	6	1583282	MEXICO	2
70	DW1174		50196	5	895423	MEXICO	3
71	DW1720		317296	29	2347132	MEXICO	3
72	DW1999		641	5	396174	MEXICO	3
73	DW2220		319295	10	2350234	MEXICO	2
74	DW1568		4945	17	404920	MEXICO	2
75	DW1634		95778	39	1370954	MEXICO	3
76	DW2223		319458	7	2350681	MEXICO	3
77	DW1356		194702	15	1948399	MEXICO	2
78	DW1973		1353	23	397712	MEXICO	3
79	DW1974		125239	27	1590611	MEXICO	3
80	DW854		123343	11	1521	MEXICO	3
81	DW1984		89064	6	1282148	MEXICO	2
82	DW8416		144571	4	1728199		3
83	CW122339	ESSAI	243151	0	255923	SAUDI ARABIA	2
84	DW1676	ALGERIAN 88	318839	0	340448	ALGERIA	3
85	DW3168		72232	0	78515	UNITED STATES	3
86	DW3169		319937	6	2351815	MEXICO	2
87	DW1732		319447	6	2350646	MEXICO	3
88	DW7205	TIMGAD 73	1244	46	397511	MEXICO	3
89	DW880		149370	25	1746974		3
90	DW3171	FIRAT-1	123789	6	1583917	MEXICO	3
91	DW3172		319129	12	2349809	MEXICO	3
92	DW1639		986	3	396676	MEXICO	3
93	T6285	ARONAS	340	1	28186		3
94	CW122356	DURATI	1481	1	6787		3
95	CW11783	D681	191884	0	202447	GERMANY	3
96	CW123644	EDMORE	1529	1	7616		3
97	CW1496	GEZIRA	1900	1	141855		3
98	CW122406	AMAL 72	640	2	133665	MEXICO	3

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de crusa	Grupo
99	CWI3426	SAHEL 77	123802	6	101605	MEXICO	3
100			319942	6	2351835	MEXICO	3
101	DW2845		4476	12	404101	MEXICO	3
102	DW1991		1126	10	397214	MEXICO	3
103	DW1119		762	5	396541	MEXICO	3
104	DW1587		1802	17	398943	MEXICO	2
105	DW1627		165936	46	1863631	MEXICO	3
106			319943	7	2351842	MEXICO	2
107		BUCK CANDISUR	6101	3	32679	MEXICO	3
108	DW3108	DURAL	1479	1	4833		3
109	DW3109	MESAORIA	123811	4	1583969	MEXICO	2
110	DW9011	BOOHAI	615	0	2762	MEXICO	3
111	DW3114		319496	17	2350805	MEXICO	3
112	DW2074		193306	4	1944350	MEXICO	2
113	DW2044		142149	37	1711199	MEXICO	2
114	DW2908		123781	10	1583868	MEXICO	2
115	DW2869		125144	23	1590105	MEXICO	3
116	DW2013		1034	9	397071	MEXICO	2
117	DW2899		142149	23	1711213	MEXICO	2
118	DW1752		319451	4	2350666	MEXICO	2
119	DW3122	JORRO	2519	1	133729		2
120	DW3123		214288	3	2064360	MEXICO	3
121	DW2144		251349	3	2098921		3
122	DW3125		319633	6	2351137		2
123	CWI23645	COULTER	1306	1	5826213		3
124	DW12202	RAJ1555	123837	0	133664		3
125	DW4881	VALRRICARDO	5489	1	407021		3
126	DW3097		319632	3	2351134		3
127	DW2859	CLICENO 85	21942	10	671158	MEXICO	3
128	DW2830		2009	14	399985	MEXICO	3
129	DW2865		123685	2	1583768	MEXICO	3
130	DW1862	CROCETHIA_4	122434	18	154655		3
131	DW2896		194704	19	1948416	MEXICO	5
132	DW2901		142149	14	1711219	MEXICO	2
133	DW2958	CHEN_14	6449	38	409797	MEXICO	1
134	DW2937		193306	16	1944339	MEXICO	3
135	DW3019	TARAY_3	21941	17	671149		3
136	DW3060		319592	4	2351053	MEXICO	3
137	DW3061		260	4	395217	MEXICO	3
138	DW3068		319602	4	2351068	MEXICO	3
139	DW3071		319608	4	2351078	MEXICO	3
140	DW3083		319624	3	2351106	MEXICO	2
141	CWI24156	HELVIO	56343	87	3541361	MEXICO	2
142	DW252		1885	4	61303		3
143	DW9147	SNA 3	6535	3	141177	MEXICO	3
144	DW7129	HORA	2180	1	62778		2
145	DW7683	CANDO	757	1	4891		3
146		ILENDENKA	123418	0	133429		3
147	DW1643		188779	5	1934153	MEXICO	3
148	DW5033		165936	8	1863668	MEXICO	3
149			125144	14	1590113	MEXICO	3

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
150	DW1410		95778	17	1370977	MEXICO	3
151	DW2959	CHEN_6	6449	32	136917	MEXICO	1
152	DW2904		142149	31	1711205	MEXICO	5
153	DW1129		4476	6	404106	MEXICO	3
154	DW5379	GSK.Y	143344	0	154375		3
155	DW5553	D-793	251942	0	5826292		3
156			319925	3	2351794	MEXICO	3
157	DW7307	AROMO INIA	88060	3	137890		3
158	DW5566	OHO	319885	0	341487		3
159	DW9237	DWL5023	50194	0	13475		3
160	DW4608	POCHARD	89584	3	96278	MEXICO	3
161	DW5567	PHIBIROL84	319886	0	341488		3
162	BW33022	KAMILAROI	2563	1	136651		3
163	DW8843	CHAM_3	124437	4	60219		3
164	DW2017		194703	5	1948410	MEXICO	3
165	DW2034		194704	4	1948429	MEXICO	2
166	DW2073		193306	6	1944348	MEXICO	2
167	DW2142		66180	5	1067426	MEXICO	3
168	DW5974		56343	53	915664	MEXICO	2
169	DW12227	MEDORA	3278	1	141752		3
170	DW6127	MONROE	86295	0	92687		3
171	DW12232	LLOYD	3062	1	134092		3
172	DW5562		320116	0	341724		3
173	DW6128	TARAY 85	88339	0	94953		3
174	DW6129	AMBRAL	125914	0	136218		3
175	DW6131	DF1974	318378	0	340034		3
176	DW6132	CASTICO	123680	0	133563		3
177	DW6133	KARPASIA	123343	14	18178	MEXICO	3
178	DW7256	HD 4530	136857	0	147000		3
179	DW8725	WADHANAK 85	89584	4	1285829	MEXICO	3
180	DW5571	DIYARBAKIR 81	123729	3	133748	TURKEY	3
181	DW1983		214287	5	2064354	MEXICO	3
182	DW2960	CHEN_7	6449	11	78870	MEXICO	1
183	DW6135		322	42	395347	MEXICO	3
184	DW3033		214296	4	2064396	MEXICO	3
185	DW2085		94784	4	1360781	MEXICO	3
186	DW6345	SELAS	3305	-2	5241060	MEXICO	3
187	DW2849		630	6	396069	MEXICO	3
188	DW6346	LOYAL	125895	0	136198		3
189	DW2110		1459	9	398551	MEXICO	3
190	DW5034		319469	7	2350732	MEXICO	3
191	DW6347	PIONEER	4177	1	260323		3
192	DW6348		320232	3	2352501		2
193	DW6136		89602	4	107401	MEXICO	3
194	DW2997		123173	8	1582980	MEXICO	3
195	DW6130	REGAL,CI7363	4392	1	135523		3
196	DW6350	BINTEPE 85	142749	0	153731		3
197	DW9070	TOTANUS_1	89103	3	142548		3
198	DW6358	ADAMELLO	123381	0	133398		3
199	DW6359	CASTELLO	285584	0	303815		3
200	DW2867		319522	3	2350876	MEXICO	3

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruz	Grupo
201	DW3771		50638	13	896714	MEXICO	3
202	DW2855		328	7	395400	MEXICO	3
203	DW2871		1021	7	184237	MEXICO	3
204	DW2909		293	6	395235	MEXICO	3
205	DW2913		214659	13	2064688	MEXICO	3
206	DW9130	CHEN_2	6449	36	409799	MEXICO	3
207	DW2943	CHEN_4	6449	28	142764	MEXICO	1
208	DW2945	CHEN_10	6449	45	409795	MEXICO	3
209	DW2948	CHEN_11	6449	40	133851	MEXICO	1
210	DW2952	CHEN_13	6449	49	153741	MEXICO	1
211	DW8645	BONAERENSE QUILACO	6983	3	411306	MEXICO	2
212	DW8645	BONAERENSE QUILACO	6983	3	411306	MEXICO	3
213	DW6047	DON PEDRO 87	123211	4	133883		2
214	DW6685		123940	10	1584487	MEXICO	3
215	DW2912		182142	5	1925092	MEXICO	3
216	DW2955	CHEN_8	6449	34	409801	MEXICO	1
217	DW4708		182143	5	1925103	MEXICO	2
218	DW8923	WULP_1	5739	5	153831	MEXICO	2
219	DW4792		88902	11	1280129	MEXICO	2
220	DW4793		88902	6	1280135	MEXICO	2
221	DW4813		182144	4	1925116	MEXICO	2
222	DW9071		165615	11	1861105	MEXICO	3
223	DW9074		149373	5	1747022	MEXICO	3
224	DW9075		4962	8	78902	MEXICO	2
225	DW9076		123293	5	350639	MEXICO	3
226	DW9077		181678	4	1921923	MEXICO	2
227	DW9079	PLATA_11	58894	4	137339	MEXICO	1
228	DW9080	PLATA_20	58894	73	137089	MEXICO	1
229	DW9081	FILLO_9	89095	5	95719	MEXICO	3
230	DW9082	REIGEN_1	123838	5	159378	MEXICO	1
231	DW9083	SILVER_50	89541	174	1285598	MEXICO	1
232	DW9084	MUSK_5	72286	19	1116328	MEXICO	4
233	DW9085	KORIFLA	124437	5	148489		3
234	DW9086	RAZZAK 87	126196	4	6002707	TUNISIA	2
235	DW9087	ARDENTE	128990	0	141779		3
236	DW5503		1865	11	399180	MEXICO	3
237	DW6524	SILVER_28	89541	113	1285622	MEXICO	2
238	DW2882	CROC_1	122434	4	68356		2
239	DW5036		1426	8	398489	MEXICO	2
240	DW5992		65510	23	1063613	MEXICO	3
241	DW6001		88945	7	107423	MEXICO	2
242	DW8793	PLATA_10	58894	29	96970	MEXICO	1
243	DW11007	PLATA_15	58894	65	136699	MEXICO	1
244	DW6427		181677	7	1921910	MEXICO	2
245	DW6428		89603	7	1285861	MEXICO	2
246	DW6431		50641	31	896800	MEXICO	2
247	DW6433		50641	35	896796	MEXICO	2
248	DW6086	AJAI_9	50639	13	137582	MEXICO	2
249	DW6090		149448	9	1750885	MEXICO	3
250	DW6443	FILLO_10	89095	38	1282482	MEXICO	3

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
251	DW6455	PICHO_2	124188	9	148363	MEXICO	3
252	DW12537	ARAMIDES_1	89123	18	1282832	MEXICO	2
253	DW6519	SILVER_5	89541	33	137008	MEXICO	2
254	DW9698	LICAN INIA	50955	9	107403	MEXICO	4
255	DW9699	CHAGUAL INIA	56343	15	153154	MEXICO	2
256	DW9700	DUKEM_5	89069	33	153073	MEXICO	2
257	DW3010		220	5	395185	MEXICO	3
258	DW9704	LOTUS_1	53180	7	78929	MEXICO	4
259	DW9705	LOTUS_4	53180	9	78932	MEXICO	4
260	DW9707	MUSK_7	72286	24	147383	MEXICO	4
261	DW9708	PLATA_5	58894	51	137082	MEXICO	4
262	DW9709	PLATA_21	58894	76	153788	MEXICO	4
263	DW9710	PATIN_2	124463	26	136824	MEXICO	2
264	DW9711	GODRIN_4	123782	18	1583903	MEXICO	3
265	DW9712	WAGTL_6	89577	26	1285780	MEXICO	2
266	DW9713		72288	6	78946	MEXICO	4
267	DW9714	FNFOOT_6	89081	25	1282403	MEXICO	2
268	DW9715	FILLO_1	89095	14	156350	MEXICO	3
269	DW10007	GREEN_38	89640	17	107435	MEXICO	2
270	DW10012	PELA_1	124158	11	1586047	MEXICO	2
271	DW10013	PRION_1	124008	5	1585117	MEXICO	5
272	DW10014	CARBO_1	124245	4	148143	MEXICO	2
273	DW10015	DABCHICK_1	89607	7	1285894	MEXICO	2
274	DW10016	GHOO_1	123945	5	148156	MEXICO	2
275	DW10017	FILLO_2	89095	18	1282483	MEXICO	3
276	DW10018	NELLY_1	123997	5	148727	MEXICO	2
277	DW10019	GODRIN_1	123782	7	156114	MEXICO	3
278	DW10022	DAPTION_1	1367	6	153329	MEXICO	2
279	DW10023	BISHOFTU 1	124439	5	136684		2
280	DW10024	KOTU_1	124423	5	142510		2
281	DW10283	RASCON_37	89114	19	137586	MEXICO	1
282	DW10287	WAHA	123343	16	141236	MEXICO	3
283	DW10291	BUSHEN_3	89610	6	107445	MEXICO	5
284	DW10292	BOOMER_20	88947	16	137575	MEXICO	2
285	DW10293	BOOMER_24	88947	11	107430	MEXICO	2
286	DW10294	BOOMER_33	88947	14	137593	MEXICO	2
287	DW10295	ODIN_8	124090	33	140758	MEXICO	2
288	DW10296	TARRO_3	89608	6	140762	MEXICO	4
289	DW10297	SHAG_4	89609	15	140767	MEXICO	4
290	DW10298	SHAG_6	89609	20	140776	MEXICO	2
291	DW10299	SHAG_10	89609	31	140797	MEXICO	2
292	DW10300	WIZZA_11	123368	34	1583552	MEXICO	5
293	DW10301	DAKYAY_9	123203	33	137967	MEXICO	2
294	DW10302	PATKA_6	123307	16	137973	MEXICO	5
295	DW10303	YAZI_8	89116	161	1282660	MEXICO	5
296	DW10304	MARINUS_1	124197	6	149300	MEXICO	3
297	DW10305	TEM_3	123874	13	141667	MEXICO	5
298	DW10613	RAFIC 97	124037	7	140703	MEXICO	4
299	DW10579	OCEAN_2	124413	12	1586756	MEXICO	2
300	DW10580	AJAIA_2	50639	8	107411	MEXICO	2
301	DW10581	AJAIA_5	50639	33	142787	MEXICO	3

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruz	Grupo
302	DW10582		126718	5	301265	MEXICO	5
303	DW10583	ANSER_5	123900	16	140662	MEXICO	2
304	DW10585	BUSHEN_6	89610	28	140821	MEXICO	5
305	DW10586	PARVA_1	124175	6	140745	MEXICO	2
306	DW10587	PARVA_2	124175	8	140748	MEXICO	2
307	DW10588	DUKEM_15	89069	75	136972	MEXICO	2
308	DW10589	FOCHA_1	37731	6	78886	MEXICO	4
309	DW10590	GREEN_22	89640	48	212985	MEXICO	2
310	DW10591	GREEN_35	89640	90	179483	MEXICO	2
311	DW10592	GREEN_36	89640	93	159507	MEXICO	2
312	DW10593	GRVAND_2	123947	7	140583	MEXICO	5
313	DW10594	KIRKI_8	123248	23	141647	MEXICO	5
314	DW10596	LOTUS_5	53180	5	78889	MEXICO	4
315	DW10598		142153	7	213477	MEXICO	2
316	DW10599		142153	11	213407	MEXICO	2
317	DW10600	MUSK_3	72286	4	78911	MEXICO	4
318	DW10601	MUSK_8	72286	28	213503	MEXICO	4
319	DW10602	ODIN_19	124090	60	183734	MEXICO	2
320	DW10603	PLATA_16	58894	34	134865	MEXICO	4
321	DW10604	PLATA_18	58894	16	78939	MEXICO	4
322	DW10606	SHAG_5	89609	17	140771	MEXICO	2
323	DW10607	SHAG_7	89609	23	140780	MEXICO	2
324	DW10608	SHIP_1	89511	7	179348	MEXICO	2
325	DW10609	SILVER_13	89541	65	1285632	MEXICO	2
326	DW10610	SILVER_15	89541	68	137399	MEXICO	2
327	DW10611	SOOTY_11	124036	14	1585194	MEXICO	2
328	DW10612	SOOTY_13	124036	20	159514	MEXICO	5
329	DW10614		127333	10	213690	MEXICO	2
330	DW10615		124280	6	1586716	MEXICO	3
331	DW10616	CAMPESTRE_4	124196	5	149454	MEXICO	2
332	DW10617		125283	4	276192	MEXICO	2
333	DW10618	MINIMUS_5	124255	21	1586450	MEXICO	2
334	DW10619	MINIMUS_2	124255	15	1586456	MEXICO	2
335	DW10620	TOPDY_6	124046	21	140599	MEXICO	2
336	DW10621		125194	7	1590344	MEXICO	2
337	DW10622	WITNEK_1	124169	5	140696	MEXICO	2
338	DW11069		142081	132	274714	MEXICO	5
339	DW11070	AFUWAN_14	125312	5	148274	MEXICO	5
340	DW11071		142089	18	212904	MEXICO	2
341	DW11072	AJAIA_3	50639	18	142359	MEXICO	2
342	DW11073	ALCATRAZ_2	92586	21	137022	MEXICO	4
343	DW11074		126399	13	212882	MEXICO	4
344	DW11075		142757	17	313255	MEXICO	4
345	DW11076		142778	8	301292	MEXICO	2
346	DW11077	AVILLO_1	126654	5	301327	MEXICO	4
347	DW11079		142099	12	213091	MEXICO	2
348	DW11080	BUSHEN_4	89610	8	137624	MEXICO	5
349	DW11081	CANELO_2	124262	15	148404	MEXICO	2
350	DW11082	CASCA_1	124181	4	148123	MEXICO	2
351	DW11084		142798	6	274880	MEXICO	2
352	DW11085		142772	6	213210	MEXICO	5

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
353	DW11087	DUSKY_10	123931	25	182505	MEXICO	1
354	DW11088	FICHE_3	142404	9	213253	MEXICO	5
355	DW11089	GREEN_18	89640	13	137607	MEXICO	2
356	DW11090	INTER_16	142783	31	301609	MEXICO	2
357	DW11091	KUIKA_1	125314	5	148846	MEXICO	2
358	DW11093	MOJO_2	89578	5	96996	MEXICO	2
359	DW11094	MUSK_1	72286	11	107568	MEXICO	4
360	DW11095	PATAMARILLA_2	126445	7	213193	MEXICO	1
361	DW11096	PHALACROCORAX_1	126237	5	275143	MEXICO	3
362	DW11097	PLATA_2	58894	43	179339	MEXICO	5
363	DW11098		142817	11	275156	MEXICO	2
364	DW11100	PORRON_1	89579	5	1285817	MEXICO	5
365	DW11102	RASCON_31	89114	113	275205	MEXICO	1
366	DW11103	RUSTICOLA_5	142100	39	301893	MEXICO	1
367	DW11104	SHAG_26	89609	67	140921	MEXICO	2
368	DW11106	SILBON_3	142442	9	183826	MEXICO	2
369	DW11107	SILVER_2	89541	26	136596	MEXICO	2
370	DW11109		142105	54	275286	MEXICO	1
371	DW11110	TARRO_1	89608	4	96983	MEXICO	4
372	DW11112	TRUMP_8	142061	40	213642	MEXICO	5
373	DW11113	YAZI_1	89116	5	1282751	MEXICO	5
374	DW11390	ACONCHI 89	53180	3	78863	MEXICO	3
375	DW11397	RIO COLORADO	142311	8	275569	MEXICO	3
376	DW11391		142465	50	275236	MEXICO	1
377	DW11392		142089	14	212919	MEXICO	2
378	DW11393		142901	5	274742	MEXICO	3
379	DW11394		126404	5	212938	MEXICO	5
380	DW11395		155463	28	268606	MEXICO	1
381	DW11399		143832	5	275577	MEXICO	4
382	DW11400		143776	7	313500	MEXICO	2
383	DW11401		143811	5	275693	MEXICO	5
384	DW11402		142206	8	275678	MEXICO	1
385	DW11403		143822	5	275691	MEXICO	5
386	DW11404		142512	5	275912	MEXICO	2
387	DW11405		142182	25	275265	MEXICO	4
388	DW11407		142356	5	301495	MEXICO	5
389	DW11408	FICHE_6	142404	15	213257	MEXICO	5
390	DW11409	GREEN_17	89640	36	153185	MEXICO	2
391	DW11410		142344	17	275518	MEXICO	2
392	DW11411		142246	5	275224	MEXICO	2
393	DW11412		142456	5	275794	MEXICO	2
394	DW11413		142456	11	301653	MEXICO	2
395	DW11414	PAGILA_7	142116	28	301716	MEXICO	4
396	DW11416		142459	30	275820	MEXICO	1
397	DW11417		141904	5	212875	MEXICO	1
398	DW11418	PODICEPS_9	124275	40	275183	MEXICO	1
399	DW11419	PORTO_3	142060	16	213572	MEXICO	4
400	DW11420	PORTO_6	142060	5	213575	MEXICO	4
401	DW11421		143607	5	301862	MEXICO	2
402	DW11422		126448	5	275230	MEXICO	5
403	DW11423	RUSTICOLA_2	142100	6	1710750	MEXICO	1

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de crusa	Grupo
404	DW11424		143845	15	301905	MEXICO	1
405	DW11425	SHAG_8	89609	26	142678	MEXICO	2
406	DW11426		142847	7	275843	MEXICO	2
407	DW11428		142841	11	213819	MEXICO	2
408	DW11429		142324	23	275859	MEXICO	2
409	DW11430		142105	15	275880	MEXICO	1
410	DW11432		142720	40	1716430	MEXICO	4
411	DW11433	THKNEE_11	89524	31	213057	MEXICO	2
412	DW11434	THKNEE_8	89524	27	275112	MEXICO	2
413	DW11435	VANRRIKSE_3	126541	7	275370	MEXICO	4
414	DW11387	MEXICALI C75	3305	6	1137	MEXICO	3
415	DW11955		142346	24	349602	MEXICO	1
416	DW11957		142465	248	349631	MEXICO	1
417	DW11958		142311	31	349642	MEXICO	1
418	DW11959		142254	19	313339	MEXICO	1
419	DW11960	CANELO_9.1	124262	69	349562	MEXICO	4
420	DW11961		142309	38	349866	MEXICO	1
421	DW11963		142206	47	363761	MEXICO	1
422	DW11964		143822	17	349945	MEXICO	5
423	DW11965		142182	31	350250	MEXICO	4
424	DW11966		142069	19	349949	MEXICO	2
425	DW11967		142244	7	349584	MEXICO	2
426	DW11968		143779	8	362787	MEXICO	5
427	DW11969		126631	9	350113	MEXICO	2
428	DW11970	KUCUK_2	142087	7	275788	MEXICO	5
429	DW11971		142462	14	350316	MEXICO	5
430	DW11973		142459	61	366012	MEXICO	1
431	DW11974		142801	13	363047	MEXICO	5
432	DW11975	PORTO_1.1	142060	29	350390	MEXICO	4
433	DW11976		142847	9	350177	MEXICO	2
434	DW11977		142505	5	275769	MEXICO	1
435	DW11978		142841	22	346992	MEXICO	2
436	DW11980		143699	5	363945	MEXICO	2
437	DW11981		142105	84	350480	MEXICO	1
438	DW11982		142105	88	349991	MEXICO	1
439	DW11983		126662	5	349540	MEXICO	1
440	DW11985	VANRRIKSE_6.1	126541	55	349997	MEXICO	4
441	DW11986		153420	37	349548		4
442	DW11988		154441	15	349622	MEXICO	2
443	DW11989		147140	11	350108		1
444	DW11991		154205	76	350150	MEXICO	2
445	DW11993		148727	22	350197	MEXICO	1
446	DW11994		148914	20	350506	MEXICO	1
447	DW11998		150041	54	364139	MEXICO	4
448	DW11999		150044	77	350000	MEXICO	2
449	DW12000		150044	81	349920	MEXICO	2
450			148682	27	349988	MEXICO	2
451	DW12821		142465	229	349616	MEXICO	1
452	DW12824		144831	68	364175		1
453			144818	70	349740		1
454	DW12825	CARGO_3.1	123916	36	363713	MEXICO	5

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de crusa	Grupo
455	DW12826		144645	24	349688		1
456			142069	21	363796	MEXICO	2
457	DW12828		128441	12	1607712		5
458	DW12829		147200	7	349859		2
459		KITSA_1.1	126589	7	363834	MEXICO	2
460			142087	176	382164	MEXICO	5
461			143820	7	349845	MEXICO	4
462	DW12831		145072	34	382249		1
463	DW12832		145072	36	1734052		1
464	DW12833		128503	42	350498		5
465			142206	38	1711548	MEXICO	1
466			144705	153	364541		5
467	DW11935		144706	106	364557		1
468			128860	26	364565		2
469	DW12836		144662	119	350585		4
470	DW12837		142105	84	350480	MEXICO	1
471	DW12840	SUOKUKKO_7	142114	17	183861	MEXICO	1
472	DW12841	SU-ORDEGI_1.1	125164	34	382592	MEXICO	2
473	DW12842		144672	67	364671		4
474			144679	33	364675		4
475	DW12844		144714	140	350549		4
476	DW12845	VANRRIKSE_6.2	126541	57	382308	MEXICO	4
477	DW12846	YAZI_11.2	89116	185	382555	MEXICO	2
478	DW12847		150044	79	364144	MEXICO	2
479	DW13484		148682	30	382421	MEXICO	3
480	DW13485		148682	18	349591	MEXICO	3
481	DW13447		142465	250	1714063	MEXICO	1
482	DW13451		133059	89	1626902		2
483	DW13453		133135	40	382256		2
484	DW13456		144647	51	349710		1
485	DW13458		128513	28	349556		1
486	DW13459		128513	36	350288		1
487	DW13460		144992	22	350326		1
488	DW13462		128519	53	350385		2
489	DW13463		128519	57	364347		2
490	DW13464		128591	15	382802		4
491	DW13465		142087	174	349956	MEXICO	5
492	DW13468		142206	36	350165	MEXICO	1
493	DW13471		148727	22	350197	MEXICO	1
494	DW13472		148727	24	364067	MEXICO	1
495	DW13474		144705	141	363086		5
496	DW13476		148689	43	1744213	MEXICO	1
497	DW13477		148690	38	349835	MEXICO	5
498	DW13478		144706	84	362458		1
499	DW13481		154211	25	350131	MEXICO	2
500	DW13482		142841	18	349576	MEXICO	2
501	DW13488		144714	146	364714		4
502	DW13490		154474	19	350845	MEXICO	5
503	DW13491		133045	130	1626237		5
504	DW13895	NACORIC 97	89114	136	140567	MEXICO	2
505	DW13897		142465	26	350807	MEXICO	1

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
506	DW13899		150017	202	363997		1
507	DW13900		144818	66	350063		1
508	DW13901		144815	64	362477		5
509	DW13902		144816	98	364199		2
510	DW13903		162620	51	1831742		2
511	DW13905		143776	35	313497	MEXICO	2
512	DW13906		147141	9	1738197		2
513	DW13907		142375	8	349634	MEXICO	2
514	DW13908		133002	75	1624688		1
515	DW13909		128513	42	350067		2
516	DW13910		143817	8	362338	MEXICO	2
517	DW13911		133018	39	1625444		1
518	DW13912		148890	106	1745806	MEXICO	5
519	DW13914		150253	11	349731		2
520	DW13915		133031	150	382382		2
521	DW13916		128591	17	364372		4
522	DW13918		142344	30	1712637	MEXICO	4
523	DW13919		162823	71	383130		5
524	DW13920		142456	13	314139	MEXICO	2
525	DW13921		142206	32	350270	MEXICO	2
526	DW13922		142206	42	349570	MEXICO	2
527	DW13923		142206	49	1711544	MEXICO	2
528	DW13924		144855	31	350519		1
529	DW13925		142801	15	363882	MEXICO	1
530	DW13926		144639	36	349971		4
531	DW13929		128859	23	351545		5
532	DW13935		162815	40	385052		5
533	DW13936		144829	120	382910		1
534	DW13937		144714	132	364704		4
535	DW13938		144714	136	1729694		1
536	DW13939		133045	114	1626278		4
537	DW13940		133045	128	1626245		4
538	DW14367		173713	25	1907163	MEXICO	4
539	DW14368		173718	11	1907268	MEXICO	4
540	DW14369		144692	26	349881		1
541	DW14371		133002	76	383036		1
542	DW14372		128513	32	349565		5
543	DW14373		128513	44	382331		1
544	DW14375		144992	24	350369		2
545	DW14377		173649	20	1906349	MEXICO	2
546	DW14378		133031	152	1625686		1
547	DW14379		128519	55	349764		2
548	DW14380		173253	45	1899812	MEXICO	1
549	DW14382		133124	57	1628368		2
550	DW14383		137860	51	1692220	MEXICO	2
551	DW14384		173956	46	1910069	MEXICO	1
552	DW14385		173353	56	1901692	MEXICO	2
553	DW14387		173378	41	1901934	MEXICO	2
554	DW14389		173240	52	1899277	MEXICO	2
555	DW14390		142219	14	350611	MEXICO	5
556	DW14393		137822	65	1691784	MEXICO	2

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de crusa	Grupo
557	DW14395		144705	151	364537		5
558	DW14396		137791	194	1690325	MEXICO	2
559	DW14397		144706	94	364553		1
560	DW14400		143845	13	301902	MEXICO	1
561	DW14404		173194	31	1897984	MEXICO	1
562	DW14407		148702	13	364110	MEXICO	2
563	DW14408		133045	121	1626263		1
564	DW14409		173587	12	1905626	MEXICO	1
565		YAVAROS 79	56343	13	4570	MEXICO	3
566			133085	63	382944		2
567			154121	27	349534	MEXICO	2
568			163043	44	1834947		2
569			154625	34	1783274	MEXICO	2
570			128563	16	364678		5
571			133031	161	1625670		2
572			136747	89	1679118		1
573			137789	27	1690150	MEXICO	2
574			137789	29	1690143	MEXICO	2
575			173746	28	1907536	MEXICO	2
576			173642	38	1906239	MEXICO	2
577			173553	64	1904752	MEXICO	1
578			173274	89	1900249	MEXICO	2
579			173574	63	1905382	MEXICO	1
580			173253	46	1899810	MEXICO	5
581			137991	23	1694174	MEXICO	2
582			137860	51	1692220	MEXICO	2
583			137933	85	1693168	MEXICO	2
584			173402	72	1902207	MEXICO	2
585			137822	61	1691798	MEXICO	2
586			173663	31	1906543	MEXICO	2
587			173248	67	1899590	MEXICO	2
588			173173	54	1897576	MEXICO	2
589			137791	201	1690302	MEXICO	2
590			173339	87	1901482	MEXICO	5
591			173952	34	1910012	MEXICO	5
592			137888	78	1692548	MEXICO	2
593			137888	81	1692539	MEXICO	5
594			173888	16	1908976	MEXICO	2
595			173888	18	1908969	MEXICO	2
596			173194	31	1897984	MEXICO	5
597			173589	24	1905682	MEXICO	1
598			173740	21	1907448	MEXICO	1
599			173740	22	1907446	MEXICO	1
600	DW14539		295775	45	4874902	MEXICO	1
601	DW14540		295462	75	4874893	MEXICO	5
602	DW14541		328348	18	4745986	MEXICO	5
603	DW14542		328584	22	4745982	MEXICO	2
604	DW14543		327852	31	4746002	MEXICO	1
605	DW14544		327920	63	4745996	MEXICO	4
606	DW14545		346283	105	4874889	MEXICO	4
607	DW14546		346283	110	4874895	MEXICO	2

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de crusa	Grupo
608	DW14547		173339	104	4076265	MEXICO	2
609	DW14548		203328	28	4076740	MEXICO	2
610	DW14549		283842	119	4877010	MEXICO	2
611	DW14550		296112	26	4877392	MEXICO	2
612	DW14551		261458	122	4560516	MEXICO	2
613	DW14552		284726	31	4561030	MEXICO	2
614	DW14553		327789	74	4749230	MEXICO	5
615	DW14554		327957	47	4749315	MEXICO	2
616			202598	87	2482644	MEXICO	2
617			202627	44	2482698	MEXICO	5
618			202857	35	2483104	MEXICO	2
619	DW14555		295219	28	4310917	MEXICO	5
620	DW14556		283939	51	4310946	MEXICO	2
621	DW14557		283953	118	4311448	MEXICO	5
622	DW14558		283953	120	4310957	MEXICO	5
623	DW14559		296243	30	4311470	MEXICO	2
624	DW14560		296243	31	4311471	MEXICO	2
625	DW14561		261649	66	3828117	MEXICO	5
626	DW14562		261666	52	3828308	MEXICO	3
627	DW14563		283885	133	3824692	MEXICO	1
628	DW14564		261639	103	3824697	MEXICO	4
629	DW14565		283704	25	3824705	MEXICO	2
630	DW14566		283960	24	3824719	MEXICO	2
631	DW14567		284726	23	3824739	MEXICO	1
632	DW14568		328135	27	4339559	MEXICO	1
633	DW14569		328517	13	4314770	MEXICO	5
634	DW14570		328531	26	4314772	MEXICO	1
635	DW14571		327531	61	4314690	MEXICO	1
636	DW14572		327866	30	4314713	MEXICO	2
637	DW14573		327911	32	4314732	MEXICO	2
638	DW14574		295316	67	4314674	MEXICO	2
639	DW14575		295318	30	4314676	MEXICO	1
640	DW14576		295329	105	4877215	MEXICO	2
641	DW14577		295375	36	4877238	MEXICO	1
642	DW14578		295416	103	4877260	MEXICO	2
643	DW14579		283702	43	4560968	MEXICO	2
644	DW14580		328565	39	4749470	MEXICO	2
645	DW15400		283975	18	3822754	MEXICO	5
646	DW15401		295687	17	4310962	MEXICO	2
647	DW15402		328072	53	4746623	MEXICO	1
648	DW15403		295713	15	4311458	MEXICO	2
649	DW15404		328584	21	4746632	MEXICO	1
650	DW15405		327548	44	4749167	MEXICO	1
651	DW15406		328415	28	4314760	MEXICO	5
652	DW15407		327628	58	4314696	MEXICO	5
653	DW15408		327627	46	4339061	MEXICO	1
654	DW15409		202604	115	4076598	MEXICO	1
655	DW15410		327638	24	4314702	MEXICO	2
656	DW15411		284726	30	4561031	MEXICO	2
657	DW15412		327866	29	4314712	MEXICO	5
658	DW15413		283920	65	4561010	MEXICO	1

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de crusa	Grupo
659	DW15414		295215	19	4310916	MEXICO	1
660	DW15415		295219	32	4311416	MEXICO	1
661	DW15416		327981	64	4314747	MEXICO	2
662	DW15417		328178	58	4746630	MEXICO	2
663	DW15418		327789	62	4745998	MEXICO	1
664	DW15419		327789	75	4749229	MEXICO	1
665	DW15420		327440	26	4314685	MEXICO	5
666	DW15421		202760	132	4076649	MEXICO	1
667	DW15422		283613	138	4053894	MEXICO	2
668	DW15423		328235	9	4314755	MEXICO	2
669	DW15424		346283	106	4875947	MEXICO	2
670	DW15425		327887	71	4317119	MEXICO	2
671	DW15426		327891	46	4745989	MEXICO	1
672	DW15427		327891	48	4746643	MEXICO	2
673	DW15428		328423	58	4746648	MEXICO	2
674	DW15429		295375	35	4876184	MEXICO	2
675	DW15431		328510	30	4746635	MEXICO	2
676	DW15432		261577	84	4053893	MEXICO	2
677	DW15433		328309	26	4745991	MEXICO	1
678	DW15434		261660	23	3824675	MEXICO	2
679	DW15435		296037	27	4874891	MEXICO	2
680	DW15436		296037	30	4875060	MEXICO	1
681	DW15438		261494	51	4557853	MEXICO	2
682	DW15439		261494	39	3822731	MEXICO	2
683	DW15440		261670	40	3822750	MEXICO	2
684	DW15441		295462	74	4874890	MEXICO	1
685	DW15442		283902	27	3822751	MEXICO	2
686	DW15445		283822	55	4558035	MEXICO	2
687	DW11389	ALTAR 84	50955	8	30374	MEXICO	3
688		JUPARE C 2001	154368	68	3828077	MEXICO	3
689	DW15695		295565	68	4558723	MEXICO	2
690	DW15705		328072	54	4746624	MEXICO	1
691	DW14589		295775	46	4877333	MEXICO	1
692	DW15729		339657	33	4875942	MEXICO	2
693	DW16028		295646	341	4563076	MEXICO	5
694	DW15753		338914	24	4875939	MEXICO	5
695	DW14772		328423	51	4749453	MEXICO	1
696	DW15780		283478	38	4558697	MEXICO	1
697	DW15786		173248	77	4063620	MEXICO	5
698	DW15433		328309	26	4745991	MEXICO	1
699	DW15513		261494	50	4557858	MEXICO	1
700	DW15816		283822	50	4558699	MEXICO	1
701	DW15819		356719	27	4875946	MEXICO	1
702	DW14604		328348	19	4745992	MEXICO	1
703	DW14631		327977	66	4749328	MEXICO	1
704	DW16029		295257	53	4877196	MEXICO	2
705	DW15430		327957	53	4749309	MEXICO	1
706	DW15700		283908	122	3822736	MEXICO	5
707	DW15701		295687	15	4310961	MEXICO	2
708	DW15709		327548	41	4749170	MEXICO	2
709	DW15717		327638	29	4749190	MEXICO	2

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de crusa	Grupo
710	DW15725		295215	20	4311413	MEXICO	1
711	DW15041		327981	109	4749342	MEXICO	1
712	DW15745		295287	64	4311423	MEXICO	5
713	DW16030		261726	46	3822743	MEXICO	5
714	DW16031		295337	39	4310932	MEXICO	2
715	DW14641		295347	28	4310935	MEXICO	5
716	DW16032		261602	14	3824665	MEXICO	5
717	DW15776		283696	38	4084341	MEXICO	1
718	DW15779		261592	52	3824706	MEXICO	1
719	DW15796		295424	45	4877274	MEXICO	2
720	DW14655		328531	25	4314771	MEXICO	2
721	DW16033		261514	14	3822732	MEXICO	5
722	DW16034		261507	22	3828112	MEXICO	2
723	DW16035		283817	31	3824717	MEXICO	1
724	DW14945		328345	17	4314965	MEXICO	2
725	DW16036		261529	62	3828115	MEXICO	3
726	DW15562		403621	134	4899645	MEXICO	2
727	DW15568		403673	71	4899660	MEXICO	2
728	DW15581		404025	81	4899711	MEXICO	1
729	DW15586		382443	98	4784844	MEXICO	2
730	DW15614		403999	26	4899694	MEXICO	2
731	DW15620		404019	188	4899709	MEXICO	1
732	DW15632		404101	81	4899759	MEXICO	2
733	DW15787		173248	79	4063622	MEXICO	1
734	DW14624		173732	46	4076316	MEXICO	2
735	DW15443		173932	39	4063623	MEXICO	2
736	DW14587		203235	37	4076728	MEXICO	2
737	DW14738		261490	26	4558978	MEXICO	2
738	DW14734		262116	24	4558692	MEXICO	1
739	DW14721		295419	31	4875832	MEXICO	2
740	DW16136		328072	52	4746622	MEXICO	2
741	DW16137		328178	56	4749410	MEXICO	2
742	DW15495		328275	22	4746631	MEXICO	2
743	DW14615		328423	50	4749454	MEXICO	1
744	DW16139		382355	104	5348354	MEXICO	1
745	DW16140		382369	50	5348339	MEXICO	2
746	DW16141		382437	450	5348324	MEXICO	2
747	DW16142		382466	53	5348312	MEXICO	2
748	DW16143		382701	36	5348273	MEXICO	1
749	DW16144		403142	266	5346254	MEXICO	1
750	DW16146		403276	112	5346221	MEXICO	2
751	DW16147		403277	113	5346219	MEXICO	2
752	DW16148		403277	114	5346218	MEXICO	2
753	DW16149		403297	484	5346204	MEXICO	2
754	DW16150		403885	23	5346159	MEXICO	4
755	DW16151		404000	32	5346133	MEXICO	2
756	DW16152		404001	75	5346128	MEXICO	2
757	DW16153		404090	121	5346106	MEXICO	1
758	DW16154		404091	47	5346103	MEXICO	2
759	DW16155		409860	126	5345939	MEXICO	1
760	DW16156		409860	127	5345938	MEXICO	1

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de crusa	Grupo
761	DW16157		417647	325	5345776	MEXICO	1
762	DW16158		417846	158	5345764	MEXICO	2
763	DW16159		417859	137	5345748	MEXICO	2
764	DW16160		417903	116	5345713	MEXICO	2
765	DW16161		417906	81	5345711	MEXICO	3
766	DW16162		417908	287	5345710	MEXICO	2
767	DW16163		417989	40	5345666	MEXICO	2
768	DW16164		418356	105	5345639	MEXICO	1
769	DW16165		421668	93	5345192	MEXICO	1
770	DW16166		421696	246	5345179	MEXICO	1
771	DW16126		421775	122	5345174	MEXICO	2
772	DW16168		421895	51	5345157	MEXICO	2
773	DW16138		382324	122	5348355	MEXICO	1
774	DW16145		403145	159	5346244	MEXICO	2
775	DW15938		403999	30	5139380	MEXICO	1
776	DW16364		404019	230	5346122	MEXICO	1
777	DW16091		404095	39	5346100	MEXICO	2
778	DW16128		421833	188	5345168	MEXICO	2
779	DW16177		438334	158	5334914	MEXICO	1
780	DW16365		448750	85	5090042	MEXICO	1
781	DW16194		448939	90	5089772	MEXICO	2
782	DW16206		455975	24	5081675	MEXICO	1
783	DW16209		455986	15	5081660	MEXICO	1
784	DW16366		456086	21	5081445	MEXICO	2
785	DW16367		456159	25	5081337	MEXICO	2
786	DW16368		456166	51	5081300	MEXICO	2
787	DW16369		456204	43	5081219	MEXICO	2
788	DW16372		456267	38	5081034	MEXICO	2
789	DW16373		456277	28	5081012	MEXICO	1
790	DW16374		456280	42	5081011	MEXICO	1
791	DW16262		456285	42	5081000	MEXICO	1
792	DW16269		456396	21	5080821	MEXICO	1
793	DW16375		456458	29	5080782	MEXICO	1
794	DW16376		456635	39	5080732	MEXICO	2
795	DW16377		457002	57	5079823	MEXICO	1
796	DW16378		457017	52	5079777	MEXICO	2
797	DW16379		457031	24	5079708	MEXICO	1
798	DW16380		457050	17	5079670	MEXICO	1
799	DW16381		457067	94	5079619	MEXICO	1
800	DW16382		457069	19	5079616	MEXICO	2
801	DW16384		457093	20	5079548	MEXICO	1
802	DW16386		457154	19	5079333	MEXICO	2
803	DW16328		457161	28	5079314	MEXICO	2
804	DW16329		457164	35	5079309	MEXICO	2
805	DW16387		459204	908	5532368	MEXICO	1
806	DW16388		459205	289	5532373	MEXICO	1
807	DW16389		459206	234	5532378	MEXICO	1
808	DW16390		459208	287	5532381	MEXICO	1
809	DW16399		403142	269	5346251	MEXICO	2
810	DW16082		404019	234	5346118	MEXICO	1
811	DW16526		455876	17	5081812	MEXICO	1

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de cruza	Grupo
812	DW16226		456069	32	5081483	MEXICO	1
813	DW16391		456085	43	5081448	MEXICO	1
814	DW16370		456241	40	5081124	MEXICO	2
815	DW16371		456241	41	5081123	MEXICO	2
816	DW16422		456266	35	5081037	MEXICO	1
817	DW16265		456299	23	5080985	MEXICO	1
818	DW16432		456674	55	5080628	MEXICO	2
819	DW16440		457017	50	5079779	MEXICO	2
820	DW16385		457146	34	5079375	MEXICO	1
821	DW16444		457151	54	5079348	MEXICO	1
822	DW16513		459208	285	5532379	MEXICO	1
823	DW16516		459213	186	5532387	MEXICO	2
824	DW16528		477009	240	5536366	MEXICO	1
825	DW16529		477277	70	5541715	MEXICO	1
826	DW16531		477283	70	5541866	MEXICO	2
827	DW16532		477335	31	5542499	MEXICO	1
828	DW16533		477335	33	5542501	MEXICO	1
829	DW16450		477358	45	5542860	MEXICO	1
830	DW16534		477379	49	5543201	MEXICO	1
831	DW16451		477380	16	5543207	MEXICO	1
832	DW16456		477537	44	5545109	MEXICO	5
833	DW16535		477583	46	5545604	MEXICO	1
834	DW16460		477602	86	5545795	MEXICO	2
835	DW16463		477629	29	5546105	MEXICO	1
836	DW16464		477630	14	5546111	MEXICO	2
837	DW16465		477637	81	5546215	MEXICO	1
838	DW16466		477637	82	5546216	MEXICO	1
839	DW16468		477707	47	5546969	MEXICO	1
840	DW16473		477816	51	5548129	MEXICO	2
841	DW16476		477958	41	5548958	MEXICO	5
842	DW16478		478000	24	5549100	MEXICO	2
843	DW16536		478006	43	5549135	MEXICO	2
844	DW16537		478050	20	5549247	MEXICO	2
845	DW16538		478070	58	5549390	MEXICO	2
846	DW16488		478191	24	5550111	MEXICO	5
847	DW16492		478260	36	5550532	MEXICO	2
848	DW16501		478414	18	5551100	MEXICO	2
849	DW16503		478418	44	5551131	MEXICO	1
850	DW16550		456341	25	5080952	MEXICO	2
851	DW16628		456975	25	5079911	MEXICO	2
852	DW16443		457094	11	5079545	MEXICO	2
853	DW16562		477009	238	5536364	MEXICO	1
854	DW16570		477133	98	5539233	MEXICO	2
855	DW16530		477277	71	5541716	MEXICO	1
856	DW16575		477335	34	5542502	MEXICO	1
857	DW16629		477383	94	5827222	MEXICO	1
858	DW16630		477415	101	5827228	MEXICO	2
859	DW16627		477416	46	5827231	MEXICO	1
860	DW16581		477442	28	5543994	MEXICO	2
861	DW16582		477548	24	5545219	MEXICO	2
862	DW16631		477561	63	5827254	MEXICO	2

Entrada	Número de accesión	Nombre	Número de cruza	Número de selección	GID	País de crusa	Grupo
863	DW16632		477597	22	5545758	MEXICO	1
864	DW16586		477836	28	5548261	MEXICO	2
865	DW16483		478095	47	5549653	MEXICO	2
866	DW16593		478130	42	5549956	MEXICO	2
867	DW16596		478253	79	5550491	MEXICO	2
868	DW16597		478258	33	5550513	MEXICO	2
869	DW16607		478429	24	5551155	MEXICO	2
870	DW16614		478455	76	5551563	MEXICO	1
871	DW16634		489330	47	5828160	MEXICO	2
872	DW16636		489552	63	5828194	MEXICO	1
873	DW16637		489618	59	5828208	MEXICO	2
874	DW16639		490001	65	5828328	MEXICO	2
875	DW16640		490017	86	5828341	MEXICO	2
876	DW16641		490023	47	5828343	MEXICO	2
877	DW16642		490032	56	5828350	MEXICO	1
878	DW16643		490059	68	5828354	MEXICO	2
879	DW16644		490165	57	5828385	MEXICO	2
880	DW16645		490230	58	5828399	MEXICO	2
881	DW16646		490270	88	5828419	MEXICO	2
882	DW16647		490328	41	5828439	MEXICO	1
883	DW16648		490680	155	5828495	MEXICO	1
884	DW16649		490701	514	5828560	MEXICO	2
885	DW16650		490703	736	5828587	MEXICO	1
886			477549	64	5545239	MEXICO	2
887			477977	39	5549038	MEXICO	5
888			478270	46	5550647	MEXICO	2
889			478272	48	5550695	MEXICO	1
890			478452	113	5551495	MEXICO	1
891			489330	47	5828160	MEXICO	2
892			489456	48	5828186	MEXICO	1
893			489639	68	5828212	MEXICO	1
894			496359	50	6004439	MEXICO	1
895			496493	44	6004486	MEXICO	1
896			496499	89	6004488	MEXICO	1
897			501124	81	6004507	MEXICO	1
898			501170	258	6004540	MEXICO	2
899			501545	97	6004713	MEXICO	2
900			501619	228	6004742	MEXICO	1
901			504706	94	6004811	MEXICO	2
902			504810	103	6004821	MEXICO	1
903			504836	88	6004828	MEXICO	1
904			504836	91	6004831	MEXICO	1
905			504881	194	6004836	MEXICO	5
906			504907	191	6004845	MEXICO	2
907			504917	64	6004847	MEXICO	1
908			504917	65	6004848	MEXICO	1
909			504942	84	6004855	MEXICO	1
910			505477	303	6005064	MEXICO	1