

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

*NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO*



TRABAJO FIN DE CARRERA:

CARACTERIZACIÓN DE VARIEDADES LOCALES DE MAÍZ DE NAVARRA

presentado por: Kora Madinabeitia Ezkurra

INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA EN EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS

tutorizado por: Luis M. Larraya Reta

dirigido por: José Ignacio Ruiz de Galarreta

Junio, 2016

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento en primer lugar a Jose Ignacio Ruiz de Galarreta por su labor en la dirección del presente trabajo.

Asimismo agradezco al personal de NEIKER la ayuda ofrecida durante el verano en el que recogimos los datos en campo y laboratorio.

Manifiesto mi gratitud al Dr. Luis Larraya por su asesoramiento como tutor en el presente Trabajo Fin de Carrera.

A mi pareja, Josu, por su infinita paciencia y por facilitarme el día a día en la realización del trabajo.

A mi familia, por confiar en mí y transmitirme que sería capaz de hacerlo.

A Arkaitz y Alba, por su ayuda en el diseño y formato de este trabajo.

RESUMEN

Las colecciones de poblaciones de maíz representan un recurso del que se valen los mejoradores para afrontar los diversos retos a los que ha tenido que responder el cultivo, desde el interés inicial por aumentar la producción en cultivo intensivo hasta la prioridad actual de reducir el impacto ambiental o mejorar su calidad para consumo humano, pasando por los requisitos de sanidad y seguridad alimentaria o el aumento de la sostenibilidad de la producción, reduciendo el gasto de herbicidas, plaguicidas o abonos. Esto ha sido posible gracias a la libre disponibilidad de recursos para intercambios en colecciones de todo el mundo.

Las poblaciones tienen que ser conservadas con garantías de viabilidad y evitando las variaciones que causa la deriva genética y la selección cuando se multiplican en malas condiciones o en un ambiente diferente al original. En principio, las variedades se conservan mejor in situ, pero las limitaciones materiales y la racionalidad del trabajo obliga a mantener las colecciones de germoplasma vegetal en bancos de germoplasma y centros de investigación que disponen de medios humanos y materiales para ello; de modo que la mayor parte del material se conserva ex situ. Esta situación es más grave cuando existe diversidad de climas, como en el caso de la España húmeda y seca y especialmente cuando el fotoperiodo difiere.

El germoplasma tiene que ser recolectado antes de que se pierda, lo que es especialmente relevante en los ambientes singulares y diversos. La posibilidad de que los centros peninsulares cooperen en la conservación y caracterización del material navarro depende de los efectos del fotoperiodo y de la adaptación de cada genotipo a unas determinadas condiciones climáticas. Para saber las posibilidades reales de que este material navarro se conserve en los centros, es preciso, por tanto, caracterizarlo, con el fin de su posible utilización en futuros programas de mejora genética de esta especie.

Por ello se ha planteado este trabajo con el objetivo de realizar una caracterización morfológica de 22 variedades locales de maíz de Navarra a partir de parámetros medidos en planta, mazorca y grano. Esto se ha realizado en la finca experimental de NEIKER, situada en Arkaute (Álava), a lo largo del desarrollo vegetativo del cultivo. Para ello se ha planteado un diseño de los ensayos en bloques completos al azar empleando los descriptores del IPGRI. Seguidamente se han estimado realizando un análisis de grupos. De los grupos obtenidos se han identificado una serie de variedades con buenas características para su utilización directa o como parentales de programas de mejora genética de esta especie.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	11
1.2. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL MAÍZ	12
1.3. TAXONOMÍA Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	14
1.3.1. Taxonomía	14
1.3.2. Descripción botánica	16
1.3.3. Tipos de maíz asociados al grano	19
1.4. IMPORTANCIA ECONÓMICA	20
1.5. EL CULTIVO DE MAÍZ EN NAVARRA	21
1.6. RECURSOS GENÉTICOS DEL MAÍZ.....	23
2. OBJETIVOS	27
3. MATERIALES	29
3.1. MATERIAL VEGETAL	30
3.2. MATERIAL DE CAMPO	31
3.3. MATERIAL DE LABORATORIO	31
3.4. MATERIAL INFORMÁTICO	31
4. MÉTODOS.....	33
4.1. PROSPECCIÓN Y RECOLECCIÓN DE LAS VARIEDADES	34
4.2. MANEJO DE LOS ENSAYOS	35
4.3. DISEÑO EXPERIMENTAL	36
4.4. CARACTERES EVALUADOS	36
4.5. ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD.....	41
4.6. AGRUPACIÓN DE LAS VARIEDADES.....	41
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
5.1. VARIABILIDAD DE LOS CARACTERES	44
5.1.1. Caracteres de ciclo y producción.....	44
5.1.2. Caracteres de planta.....	45
5.1.3. Caracteres de mazorca	45
5.1.4. Caracteres de grano	46
5.2. DESCRIPTIVA DE LAS VARIEDADES	47
5.2.1. Caracteres de ciclo y producción.....	47
5.2.2. Caracteres de planta.....	48
5.2.3. Caracteres de mazorca	49
5.2.4. Caracteres de grano	50
5.3. AGRUPACIÓN DE LAS VARIEDADES.....	75

6. CONCLUSIONES	79
7. BIBLIOGRAFÍA	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Teorías sobre la evolución del maíz	13
Figura 2. Comparación de Tripsacum, maíz y Teosinte	15
Figura 3. Planta y sistema radicular del maíz	17
Figura 4. Inflorescencia masculina y femenina del maíz	18
Figura 5. Corte del grano de maíz	19
Figura 6. Producción de maíz en España (Tm)	21
Figura 7. Rendimiento del maíz en España (Hg/Ha)	21
Figura 8. Distribución de la superficie de maíz durante el 2014 en España	21
Figura 9. Distribución de los diferentes cultivos en la Comunidad Foral de Navarra durante el 2014	22
Figura 10. Distribución de los tipos de cereales en la Comunidad Foral de Navarra durante el 2014	22
Figura 11. Porcentaje de producción de los diferentes cereales en la Comunidad Foral de Navarra durante el 2014	22
Figura 12. Mapa de Navarra con la localización de las diferentes muestras recolectadas	34
Figura 13. Mazorca en la que se muestra la longitud y el diámetro	38
Figura 14. Tipos de mazorca según la disposición de los granos	38
Figura 15. Tipos de grano	39
Figura 16. Color de los granos	39
Figura 17. Descriptiva de la variedad Araitz	53
Figura 18. Descriptiva de la variedad Atallo	54
Figura 19. Descriptiva de la variedad Beintza	55
Figura 20. Descriptiva de la variedad Bera	56
Figura 21. Descriptiva de la variedad Bortziriak	57
Figura 22. Descriptiva de la variedad Danbolin	58
Figura 23. Descriptiva de la variedad Elgorriaga	59
Figura 24. Descriptiva de la variedad Elizondo	60
Figura 25. Descriptiva de la variedad Erasun	61
Figura 26. Descriptiva de la variedad Errando	62
Figura 27. Descriptiva de la variedad Goizueta	63
Figura 28. Descriptiva de la variedad Ituren	64
Figura 29. Descriptiva de la variedad Labaien	65

Figura 30. Descriptiva de la variedad Leiza	66
Figura 31. Descriptiva de la variedad Marañón	67
Figura 32. Descriptiva de la variedad Martikonea	68
Figura 33. Descriptiva de la variedad Narvarte	69
Figura 34. Descriptiva de la variedad Navarro	70
Figura 35. Descriptiva de la variedad Puentelarreina	71
Figura 36. Descriptiva de la variedad Santesteban	72
Figura 37. Descriptiva de la variedad Sunbilla	73
Figura 38. Descriptiva de la variedad Zubieta	74
Figura 39. Dendograma obtenido con las variedades de maíz de Navarra	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del maíz	16
Tabla 2. Principales países en cuanto a superficie y producción	20
Tabla 3. Rendimientos de maíz en regadío en las diferentes comunidades autónomas durante el 2014	23
Tabla 4. Superficie del maíz híbrido y no híbrido en España. 2000-2010.	24
Tabla 5. Datos de pasaporte de las variedades de maíz evaluadas	30
Tabla 6. Claves para denominar los diferentes caracteres	40
Tabla 7. Estadígrafos de los caracteres de ciclo y producción	45
Tabla 8. Estadígrafos de los caracteres de planta	45
Tabla 9. Estadígrafos de los caracteres de mazorca	46
Tabla 10. Estadígrafos de los caracteres de grano	46
Tabla 11. Medias de los caracteres de ciclo y producción en las variedades evaluadas	48
Tabla 12. Medias de los caracteres de planta en las variedades evaluadas	49
Tabla 13. Medias de los caracteres de mazorca en las variedades evaluadas	50
Tabla 14. Medias de los caracteres de grano en las variedades evaluadas	51
Tabla 15. Variedades pertenecientes a cada grupo obtenido en el dendrograma	76
Tabla 16. Medias de los caracteres de cada grupo	76
Tabla 17. Medias de los caracteres para las variedades Goizueta, Bortziriak, Ituren y Elizondo	78
Tabla 18. Medias de los caracteres para las variedades Leiza, Erasun, Errando y Zubieta	78

1.INTRODUCCIÓN

1.2. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL MAÍZ

El maíz (*Zea mays L.*), es una de las especies vegetales de mayor cultivo en el mundo, posiblemente, la más importante proveniente de las culturas indígenas americanas, siendo hoy en día un componente fundamental en la alimentación humana y animal a escala mundial.

En el siglo XIX, el origen y la evolución del maíz fueron dos cuestiones que tuvieron gran interés entre los botánicos de la época. Las primeras hipótesis de estos científicos relacionaban el maíz con los cereales existentes en la India como trigo, cebada y arroz, a los cuales se les suponía una forma silvestre que sería considerada como ancestro del maíz. Esta teoría era muy ambigua y de gran especulación y no daba ninguna solución concreta del posible origen de la especie.

Sin embargo, la discusión cambió con el descubrimiento del teosinte y algunos híbridos entre éste y el maíz. De esta forma muchos investigadores creen que el maíz se habría originado en México, y que ambos han coexistido desde la antigüedad, donde ambas especies presentan una diversidad muy amplia (Iltis, 1983; Galinat, 1988; Wilkes, 1967). El hallazgo de polen fósil y de mazorcas de maíz en cuevas en zonas arqueológicas apoya seriamente la posición de que el maíz se había originado en México.

Muchos autores incorporaron el teosinte a sus teorías sobre el origen de este cultivo, (Collins, 1921; Beadle 1939) reforzando la hipótesis de los primeros botánicos, ampliando la información y considerando el teosinte como el progenitor del maíz moderno. La tesis de la proximidad entre el teosinte y el maíz se basa en que ambos tienen un número cromosómico básico de 10 cromosomas y éstos son homólogos o parcialmente homólogos entre las dos especies.

Otros autores como Weatherwax (1955) formularon teorías alternativas desde distintos puntos de vista, excluyendo la idea de que el teosinte sea el progenitor y defendiendo la idea de que el maíz se originó de una antigua forma salvaje de maíz nativo, ahora extinta, en las alturas de México o Guatemala (Weatherwax, 1954, 1955; Mangelsdorf, 1974). Randolph (1959) sugirió que los ancestros del maíz cultivado eran alguna forma de maíz silvestre. El maíz primitivo, el teosinte y *Tripsacum* divergían entre ellos muchos miles de años de antes de que el maíz silvestre evolucionara como para llegar a ser una planta cultivada, argumentando que existía mucha diferencia entre las mazorcas del teosinte y las del maíz. Ambas teorías, hipótesis del teosinte e hipótesis del maíz silvestre como antecesores del maíz actual han tenido defensores en los últimos 50 años, existiendo gran diversidad de opiniones al respecto. La controversia está basada en las diferencias existentes entre el teosinte y el maíz. No obstante, las evidencias moleculares refuerzan la teoría de la evolución del maíz a partir de una forma domesticada de teosinte, y sugieren como ancestro a la especie *Z. mays* ssp. *parviglumis*, situándola en el Valle del río Balsa al Sur de México.

El maíz era desconocido en el Viejo Mundo hasta el descubrimiento de América en 1492, cuando Colón descubrió al llegar a Cuba, un grano al que los indígenas llamaron *mahiz*.

Las civilizaciones Azteca, Maya e Inca se fundamentaban sobre el cultivo de esta especie. Los maíces mejicanos y los de tipo dentado de América Central parecen estar asociados con la civilización Maya, mientras que los cónicos de las zonas más elevadas de México Central, con los Azteca y predecesores.

Cuando Cristóbal Colón llegó a Cuba en el año 1492 los agricultores americanos, desde Canadá a Chile, ya estaban cultivando variedades mejoradas de maíz. Cuando regresó a España en 1493, probablemente llevó consigo semillas de varios cultivares locales de maíces duros.

Las primeras siembras de maíz en España se realizaron a comienzos del siglo XVI, extendiéndose en el valle de Guadalquivir y en las provincias de Granada y Málaga. Posteriormente, variedades provenientes de los Balcanes fueron introducidas en Italia y el nordeste de España, razón por la cual al maíz se le denominó popularmente grano turco. La principal dificultad para su expansión en España parece ser que fue debida a la necesidad de riego que tenía este cultivo.

A continuación, la Figura 1 nos muestra las diferentes teorías sobre la evolución del maíz.

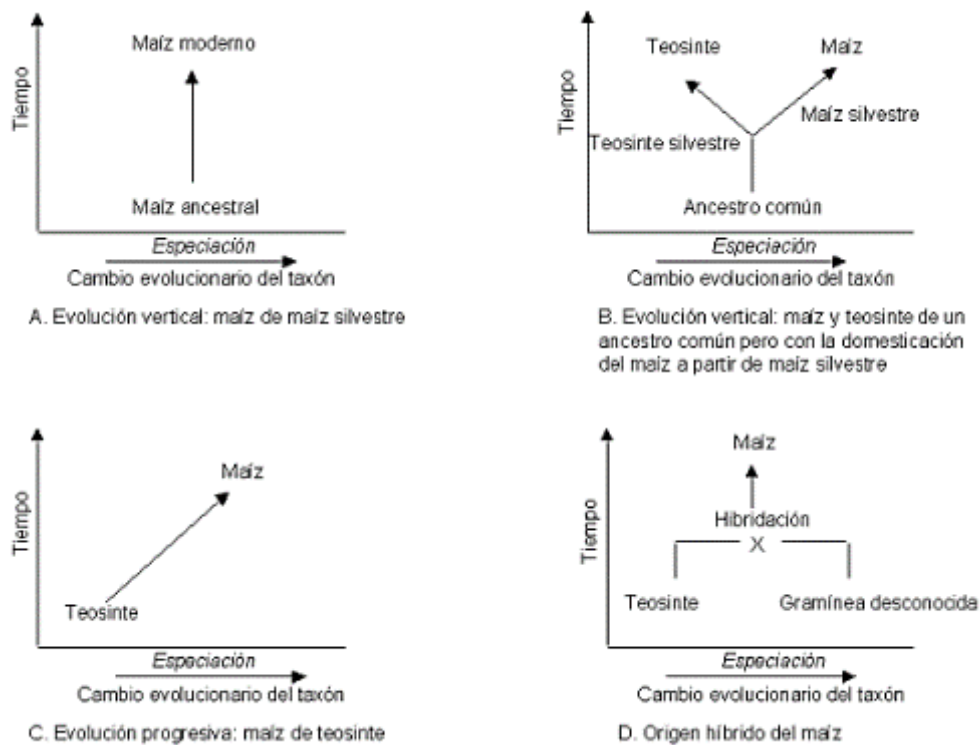


Figura 1. Teorías sobre la evolución del maíz

Hacia finales del XVI el maíz era extensivamente cultivado en España, Italia y sur de Francia y la difusión del maíz continuó a otros países del Viejo Mundo. Se cree que los navegantes portugueses introdujeron el maíz en África a principios de 1500. Miracle (1966), piensa que el maíz fue introducido en África tropical en varios lugares distintos al mismo tiempo. La evidencia lingüística sugiere que muchas áreas de África tropical recibieron el maíz a través del Sáhara, probablemente por medio de los mercaderes árabes. El maíz también llegó al sur del Asia a principios de estas fechas (Brandolini, 1970), por medio de los comerciantes portugueses y árabes desde Zanzíbar.

1.3. TAXONOMÍA Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

1.3.1. Taxonomía

Jenkins (1935), Mangelsdorf (1947) y Weatherwax (1954), estudiaron lo relativo a los parientes botánicos del maíz. El maíz cultivado pertenece a la familia de las gramíneas, tribu *Maideas*. Es una planta herbácea anual y monoica, cuyas células poseen $2n=20$ cromosomas. Entre las especies pertenecientes a dicha tribu, sólo *Zea mays* tiene interés desde el punto de vista agrícola y económico.

La tribu incluye ocho géneros. Cinco de ellos son de origen asiático:

- *Coix* (lágrima de Job), planta ornamental usada en jardinería.
- *Schlerachne*.
- *Polytoxa*.
- *Chinonachne*.
- *Trilobachne*.

Estas plantas tienen relativamente poca importancia económica.

Los otros tres géneros son de origen americano:

- *Zea*.
- *Tripsacum*, el cual posee cierto valor como cultivo forrajero, pero ninguno como cultivo de grano
- *Euchlaena*. Conocido también como Teosinte, parece ser el pariente silvestre más cercano del maíz.

La importancia de estos dos últimos géneros reside en su relación filogenética con el género *Zea*, cuyo interés como especie agrícola es muy grande en todo el mundo.

El *Tripsacum* se encuentra en toda América Central y se extiende además por el norte, en algunas regiones del oeste y del este de los Estados Unidos y por

el sur, hasta Brasil. En estado natural se dan dos formas: la diploide ($2n = 36$) y la tetraploide ($2n = 4x = 72$). Su único aprovechamiento es como cultivo forrajero.

El *Euchlaena* (Teosinte) se encuentra en México y Guatemala y se da en dos formas: la anual, que como el maíz tiene $2n = 20$ cromosomas y se utiliza como forraje, y la perenne con $2n = 40$ cromosomas, menos extendida y que sólo se encuentra en algunas zonas de México (Llanos Company, 1984).

En la Figura 2 se puede observar la comparación de *Tripsacum*, maíz y teosinte.

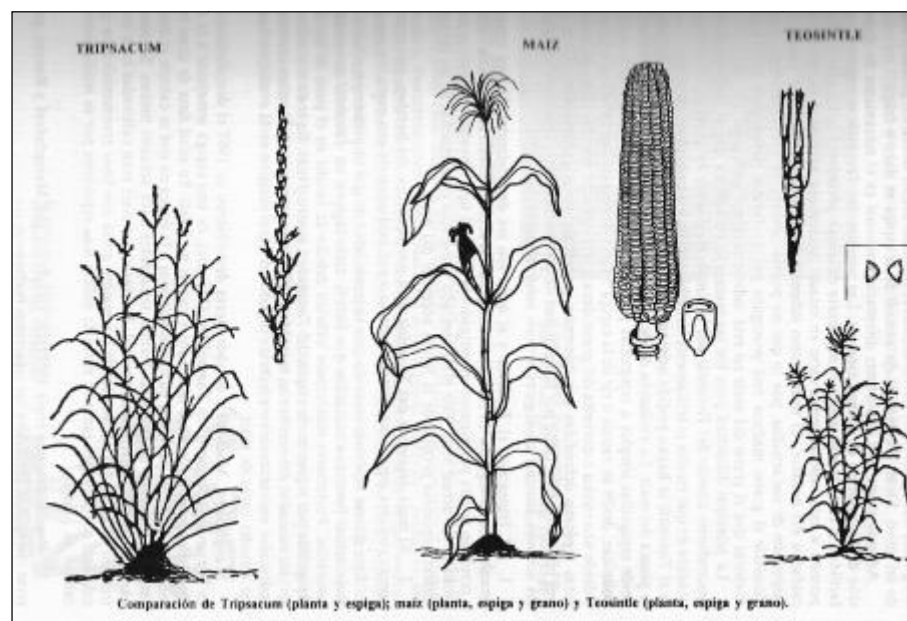


Figura 2. Comparación de *Tripsacum*, maíz y Teosinte
(Fuente: Llanos Company, 1984)

En la Tabla 1, que aparece a continuación, se muestra la clasificación taxonómica del maíz.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del maíz

Reino	Vegetal
División	Tracheophyta: plantas con tejidos vasculares.
Subdivisión	Pteropsidae: con hojas grandes.
Clase	Angiospermae: plantas con flor; semillas dentro de frutos.
Subclase	Monocotiledoneae: con un solo cotiledón.
Orden	Graminales: generalmente hierbas
Familia	Gramineae: hojas con dos filas alrededor o tallos aplanados.
Tribu	Maydeae
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>Z. mays</i>
Nombre binomial	

1.3.2. Descripción botánica

Para la descripción botánica del maíz me basaré en una serie de publicaciones tales como Llanos Company (1984), Jugenheimer (1981), y Reyes Castañeda (1990).

Planta:

El maíz es una planta anual con un gran desarrollo vegetativo, que puede alcanzar hasta los 5 m de altura (lo normal son de 2 a 2,50m). Muy robusta, su tallo es nudoso y macizo y lleva de 15 a 30 hojas alargadas y abrazadoras (de 4 a 10 cm de anchas por 35-50 cm de longitud), de borde áspero, finamente ciliado y algo ondulado. Desde el entrenudo inferior pueden nacer tallos secundarios, que no suelen dar espigas, pero en caso de darlas abortan. La selección se ha dirigido hacia las variedades que entallan lo menos posible.

El tallo está formado por entrenudos separados por nudos más o menos distantes. Cerca del suelo los entrenudos son cortos y de los nudos nacen raíces aéreas. El grosor del tallo disminuye de abajo arriba. Su sección es circular, pero desde la base hasta la inserción de la mazorca presenta una depresión que va haciéndose más profunda conforme se aleja del suelo. Desde el punto en que nace el pedúnculo que sostiene la mazorca, la sección del tallo es circular hasta la panícula o inflorescencia masculina, que corona la planta.

Sistema radicular:

Es un sistema radicular fasciculado bastante extenso formado por tres tipos de raíces:

- Las raíces primarias emitidas por la semilla comprenden la radícula y las raíces seminales.
- Las raíces principales o secundarias que comienzan a formarse a partir de la corona, por encima de las raíces primarias, constituyen la casi totalidad del sistema radicular.
- Las raíces aéreas o adventicias que nacen en último lugar, en los nudos de la base del tallo, por encima de la corona.

Flores:

El maíz es una planta monoica, es decir, lleva en cada pie de la planta flores masculinas y femeninas. Las flores masculinas se agrupan en una panícula (penachos, plumeros o pendones) terminal y las femeninas se reúnen en varias espigas (panojas o mazorcas) que nacen de las axilas de las hojas del tercio medio de la planta.

Las flores masculinas tienen de 6-8 mm, salen por parejas a lo largo de muchas ramas finas de aspecto plumoso, situadas en el extremo superior del tallo. Cada flor masculina tiene tres estambres, largamente filamentosos.

A continuación, la Figura 3 muestra la planta y sistema radicular del maíz y la Figura 4 la inflorescencia masculina y femenina.

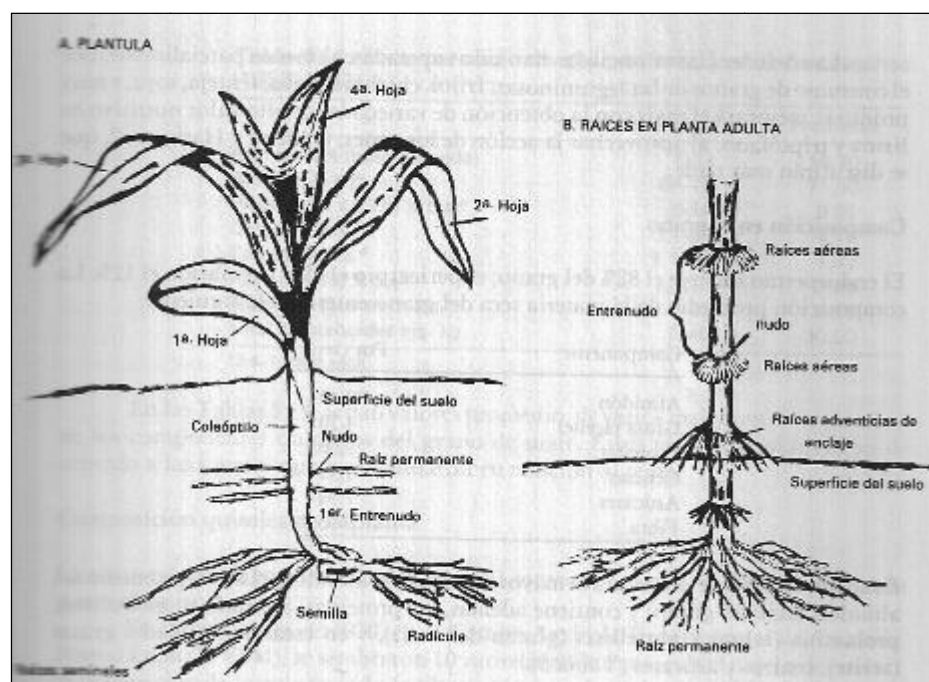


Figura 3. Planta y sistema radicular del maíz
(Fuente: Reyes Castañeda, 1990)

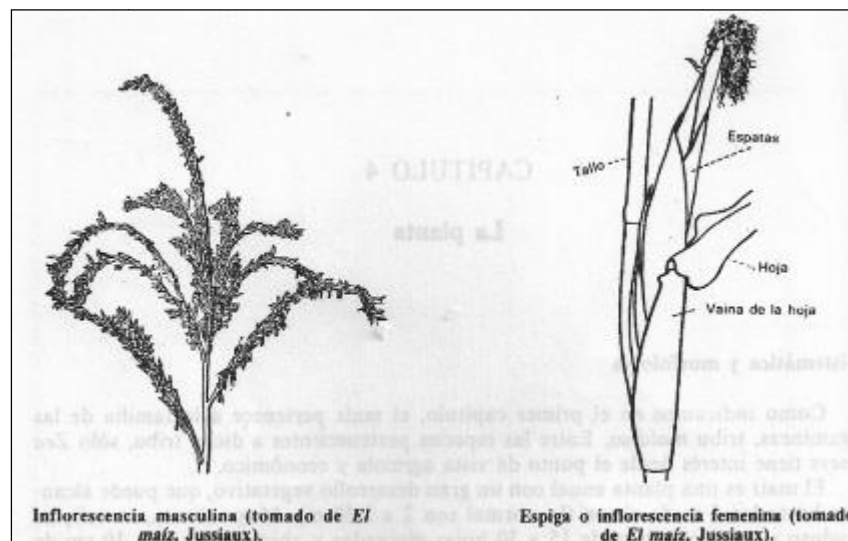


Figura 4. Inflorescencia masculina y femenina del maíz
(Fuente: Llanos Company, 1984)

Las flores femeninas (espículas o espiguillas) se agrupan en una ramificación lateral gruesa, de forma cilíndrica, cubierta por brácteas foliadas. Sus estilos sobresalen de las brácteas y alcanzan una longitud de 12 a 20 cm formando su conjunto una cabellera característica que sale por el extremo de la mazorca. Se conocen vulgarmente con el nombre de sedas o barbas.

Cada flor femenina, si es fecundada en su momento, dará lugar a un fruto en forma de grano, más o menos duro, lustroso, de color amarillo, púrpura o blanco. Los frutos quedan agrupados formando hileras alrededor de un eje grueso o zuro.

Frutos:

El fruto (grano) es una cariósida (fruto seco e indehisciente que no se abre, y a cuya única semilla está adherido el pericarpio, que es la envoltura exterior del fruto), formada por la cubierta o pericarpio (6 % del peso del grano), el endospermo (80 %) y el embrión o germen (semilla) (11 %).

Cada parte del fruto (grano) del maíz tiene un origen hereditario y una misión funcional distinta:

- El pericarpio: procede de la planta madre productora de la semilla. Protege a la semilla. Se conoce como testa, hollejo o cáscara.
- Aleurona: capa de células del endospermo, de naturaleza proteica.
- El endospermo: procede en sus 2/3 de la planta madre y en un tercio del padre. Es la reserva de la que se alimenta la nueva planta hasta que pueda empezar a sintetizar por sí misma. Formado por un 90 por 100 de almidón, un 7 por 100 de proteínas y cantidades menores de sustancias minerales, aceites, etc.
- Escutelo o cotiledón: parte del embrión cuya función es la de servir de reserva a la semilla y la plántula en sus primeras etapas de desarrollo. El escutelo

es rico en aceites y otros productos necesarios para la activación y crecimiento de la semilla y la plántula.

- El embrión o semilla contiene a partes iguales, aportes recibidos del padre y de la madre. Forma un eje embrionario integrado a su vez por la plúmula y la radícula (esbozos embrionarios del tallo y hojas, y de la raíz de la nueva planta).

- Capa terminal: parte que se une al carozo (olote), con una estructura esponjosa, adaptada para la rápida absorción de humedad. Entre esta y la base del germen se encuentra un tejido negro conocido como capa hilar, la cual funciona como un mecanismo sellante durante la maduración del grano. La formación de la capa negra indica grano maduro.

1.3.3. Tipos de maíz asociados al grano

Se ha clasificado el maíz tradicionalmente atendiendo al tipo de endospermo. Este constituye la parte más importante del grano, ocupa aproximadamente el 85% del peso del mismo, y se encarga de proporcionar alimento al embrión durante los días siguientes a la germinación. Por tanto, constituye la reserva energética del grano, componiéndose de un 90% de almidón, 7% de proteínas, y cantidades menores de sustancias minerales y aceites.

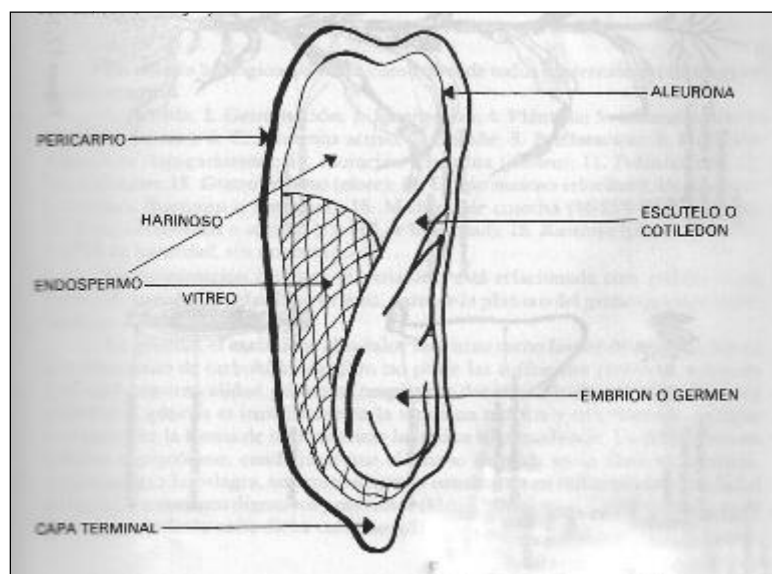


Figura 5. Corte del grano de maíz
(Fuente: Reyes Castañeda, 1990)

En el albumen se distinguen dos zonas según el tamaño de los granos de almidón: una zona vítrea, en que los gránulos son pequeños, y una zona harinosa, en que los granos son de mayor tamaño.

Según las proporciones en que aparecen estos dos tipos de texturas en el grano, podemos clasificarlos en:

Maíz dentado (Dent-Corn): caracterizado por una depresión en el grano. Tiene un predominio de la zona harinosa y la depresión es producida al desecarse el grano. Se cultiva mayoritariamente en España y sur de Europa.

Maíz liso (Flint-Corn) o córneo: en él predomina la estructura vítrea, de forma más redondeada y ricos en proteínas. Da mayor vigor en la nascencia de la semilla. Las variedades locales españolas son mayoritariamente de tipo liso.

Maíz córneo-dentado: cuyo cultivo se extiende por el norte de Europa y tiene características intermedias a las dos anteriores.

Maíz de palomitas (Pop-Corn): de grano pequeño y extremadamente vítreo, de tal forma que explota al someterlo a altas temperaturas.

A partir de la mejora genética se han variado las composiciones de los granos, dando lugar a maíces especiales, como el Maíz Dulce (Sweet-Corn), que no contiene almidón, pero en su defecto contiene compuestos azucarados apreciados para la alimentación humana. También es un caso especial el Maíz Céreo (Waxy-Corn), que está formado casi exclusivamente por amilopectina, por lo que tiene interés en la industria para la fabricación de almidón. Se importa mayoritariamente de Norteamérica.

1.4. IMPORTANCIA ECONÓMICA

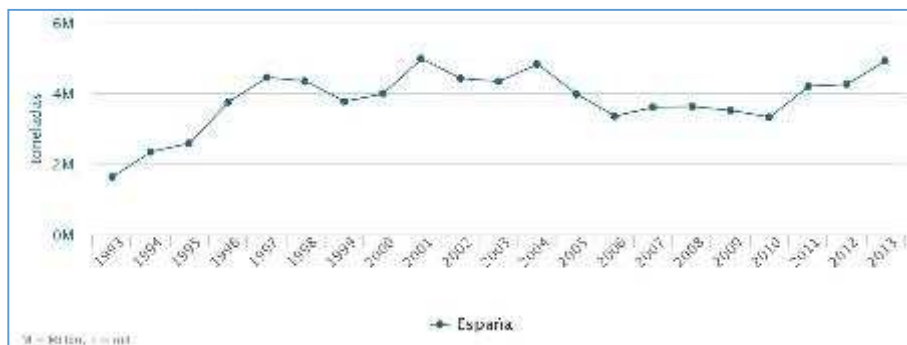
Durante el año 2012 la superficie mundial de maíz se estimó en 165.716.940 Ha y la producción en 862.820.647 Tm. (FAOSTAT, 2012)

Tabla 2. Principales países en cuanto a superficie y producción

Nº	PAIS	SUPERFICIE (Hectáreas)	Nº	PAIS	PRODUCCIÓN (Toneladas)
1	E.E.U.U.	35.359.439	1	E.E.U.U.	273.820.066
2	China	35.029.800	2	China	205.614.000
3	Brasil	14.198.496	3	Brasil	71.072.810
4	India	8.710.000	4	India	22.260.000
5	México	6.923.900	5	México	22.069.254
99	España	386,9	26	España	4.234.600

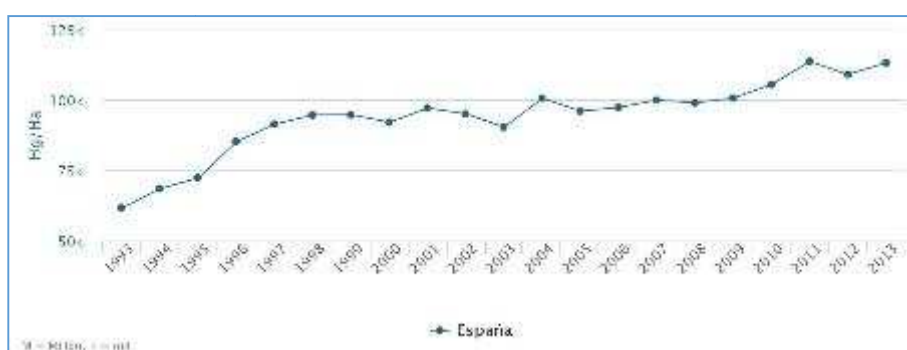
Fuente: FAOSTAT (2012)

En España la producción desde hace 15 años es más o menos estable debido al mayor rendimiento de las explotaciones.



Fuente: FAOSTAT (2013)

Figura 6. Producción de maíz en España (Tm)

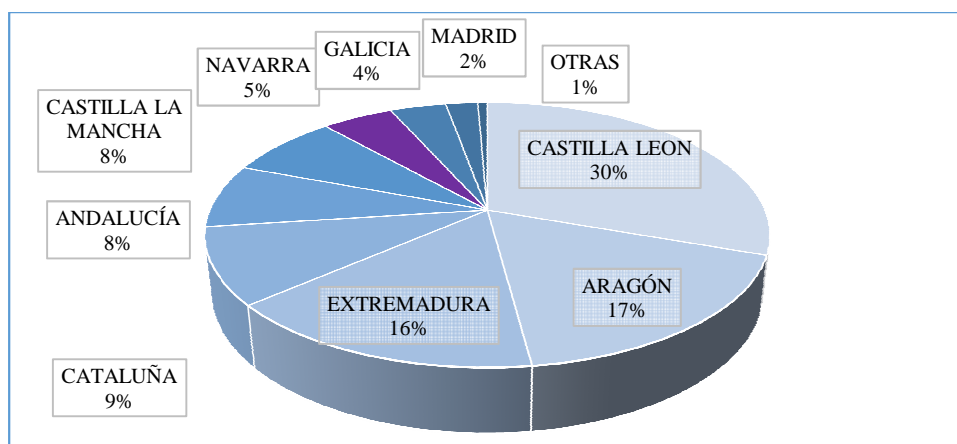


Fuente: FAOSTAT (2013)

Figura 7. Rendimiento del maíz en España (Hg/Ha)

1.5. EL CULTIVO DE MAÍZ EN NAVARRA

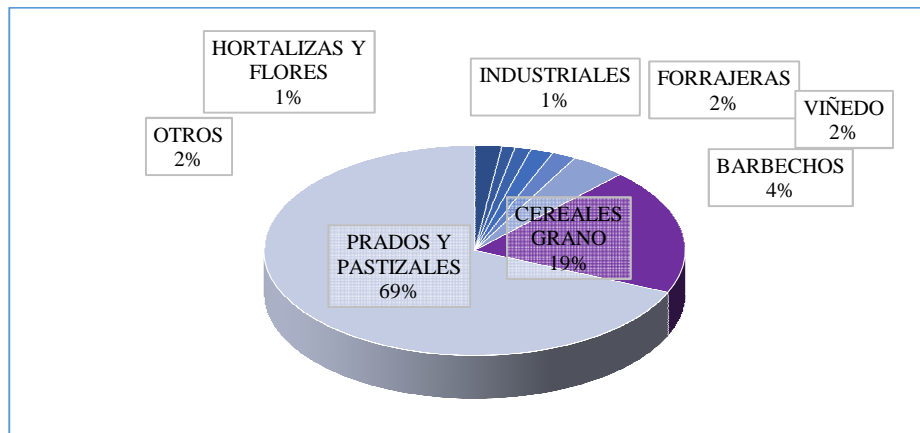
En la Comunidad Foral de Navarra la superficie de maíz es de 21.992 ha con una producción de 250.348 Tm. Como podemos observar en la Figura 8, la Comunidad Foral de Navarra ocupa el 7º lugar en superficie de maíz cultivada en España.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Figura 8. Distribución de la superficie de maíz durante el 2014 en España

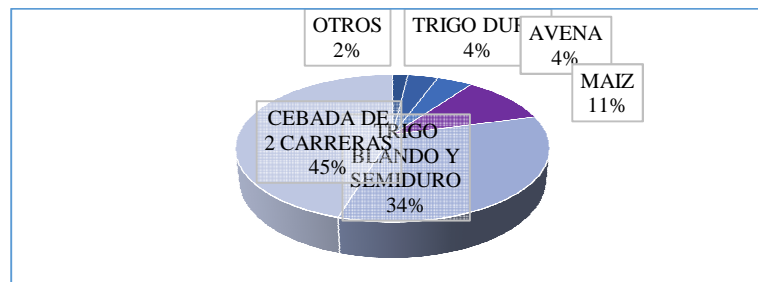
Los cereales de grano abarcan cerca del 20% de los cultivos plantados en la Comunidad Foral de Navarra como se muestra en la Figura 9.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Figura 9. Distribución de los diferentes cultivos en la Comunidad Foral de Navarra durante el 2014

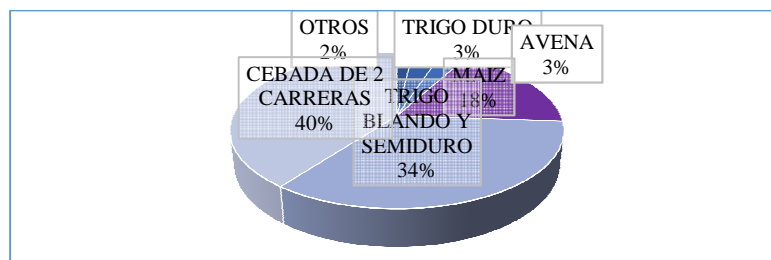
Dentro del grupo de los cereales de grano, como podemos observar en la Figura 10, el maíz ocupa el 3^{er} puesto en superficie plantada con un valor del 11%.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Figura 10. Distribución de los tipos de cereales en la Comunidad Foral de Navarra durante el 2014

Con una producción de 215.684 Tm durante el 2014, el maíz se sitúa en 3^{er} lugar en dentro de los cereales de grano.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

Figura 11. Porcentaje de producción de los diferentes cereales en la Comunidad Foral de Navarra durante el 2014.

En cuanto a los rendimientos del maíz cultivado en regadío, la Comunidad Foral de Navarra se encuentra en el puesto nº 12. Solo las islas Baleares y la Región de Murcia tienen menor rendimiento, como se puede observar en la Tabla 3.

Tabla 3. Rendimientos de maíz en regadío en las diferentes comunidades autónomas durante el 2014

CCAA	RENDIMIENTO (kg/ha)
Andalucía	13.543
Cataluña	13.298
Extremadura	13.218
Canarias	13.000
Madrid	12.931
Castilla La Mancha	12.735
Castilla y León	11.682
Galicia	11.603
Aragón	11.602
C. Valenciana	11.101
La Rioja	10.000
Navarra	9.836
Baleares	7.000
Murcia	6.861
ESPAÑA	9.318

Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

1.6. RECURSOS GENÉTICOS DEL MAÍZ

Antes de nada, una breve introducción para definir las variedades locales e híbridas de maíz. Se entienden como variedades locales aquellas poblaciones de polinización libre, constituidas por genotipos heterocigóticos diferentes que mantienen ciertas características agronómicas comunes. Las variedades híbridas, en cambio, son la primera generación procedente del cruzamiento de dos líneas parentales, fundamentalmente líneas puras. Por tanto, desde el punto de vista genético, las variedades locales son heterogéneas y los híbridos homogéneos.

En cuanto a las variedades locales de maíz, han ido evolucionando a lo largo del tiempo en función de una selección natural y humana, debidas a diversas medidas ambientales y culturales. Como han soportado en ocasiones condiciones bastante adversas, han ido desarrollando una gran estabilidad productiva en comparación con los híbridos comerciales más utilizados, que son altamente productivos pero bajo condiciones agronómicas concretas.

Siendo esto así, fue a partir de la década de los 50 del siglo pasado, cuando comenzaron a introducirse en España los híbridos comerciales de maíz. Éstos a su vez, fueron sustituyendo rápidamente a las variedades locales tradicionales por tener mejores características productivas, como ya se ha mencionado. En la Tabla 4 se muestra la superficie de maíz en España durante la última década, con ambos tipos de maíz.

Las variedades tradicionales que han sido sustituidas por las híbridas, al dejar de cultivarse, se han ido perdiendo. Actualmente existe un gran interés en la conservación de este tipo de variedades debido a su gran valor desde el punto de vista de los recursos fitogenéticos. Su valor radica fundamentalmente no sólo en poseer genes para caracteres tales como resistencia a enfermedades y plagas, calidad nutritiva y adaptación a condiciones ambientales adversas, sino también por su uso potencial de aquellos caracteres que, aunque no sean reconocidos actualmente, pueden ser un día considerados como indispensables.

Tabla 4. Superficie del maíz híbrido y no híbrido en España. 2000-2010.
(Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2011)

Año	Maíz híbrido (miles de hectáreas)	Otros maíces (miles de hectáreas)
2000	429,1	4,1
2001	506,6	5,9
2002	383,9	81,3
2003	410	66,1
2004	415,4	64,4
2005	366,8	47,5
2006	341,2	3,2
2007	354,1	6,9
2008	360,8	5,7
2009	345,6	3,3
2010	307,9	7,1

Cabe resaltar la gran diversidad existente en las variedades locales, llamada variación intervarietal, pero es también de destacar la variabilidad dentro de las variedades, o variación intravarietal, que es la causa de la conocida heterogeneidad morfológica. Éstas han sido las principales fuentes de germoplasma que han servido para la obtención de líneas puras de maíz utilizadas extensamente en la producción de híbridos comerciales (Darrah y Zuber, 1986).

Debido a la ya citada problemática de la variabilidad genética de las variedades locales, se plantea la caracterización de las mismas, a partir del estudio de caracteres morfológicos y fisiológicos, que sirvan de base para establecer diferencias entre variedades, para una posterior clasificación

taxonómica, y la elección de las más adecuadas para su introducción en los distintos programas de mejora (Hallauer y Miranda, 1988).

Hay que decir, que La Comunidad Foral de Navarra es una zona con gran riqueza de germoplasma y con ausencia de estudios en esta especie. Así pues, el objetivo de este trabajo ha sido la caracterización de la variabilidad genética existente en un conjunto de variedades locales de maíz (*Zea mays* L) prospectadas en esta región.

Dicho esto, en España se han realizado diversos trabajos de clasificación taxonómica con variedades locales de la Cornisa Cantábrica principalmente. El primer trabajo de referencia para toda España es el de Sánchez-Monge (1962) que describe 17 razas de maíz grano, 3 de maíces palomeros e identifica 32 formas intermedias, originadas posiblemente por hibridación entre las razas principales. Ron y Ordás (1987) utilizan métodos de taxonomía numérica con 73 poblaciones de Galicia y describen cinco grupos fundamentales.

Alvarez (1988) describe 229 variedades locales del norte de España, desde Galicia hasta Navarra y las clasifica en quince grupos mediante métodos de taxonomía numérica. Malvar y Ordás (1989) estudian diferentes componentes genéticos en poblaciones gallegas. Alvarez y Lasa (1990a, b) caracterizan morfológicamente un conjunto de 36 variedades de Cantabria y mediante caracteres descriptivos las agrupan taxonómicamente en cinco grupos mayores, siendo los caracteres descriptivos del grano y la floración los que justifican la mayor parte de la variabilidad presente en el conjunto de variedades. Ordás (1991) estudia la relación entre germoplasma español y americano-USA-CornBelt- con la finalidad de proponer nuevas fórmulas de heterosis.

Ruiz de Galarreta (1993) caracteriza una amplia colección de variedades de Guipúzcoa y, a partir de las 100 más representativas de la variabilidad genética que contienen, las clasifica mediante métodos taxonómicos. Llauradó (1990) utiliza métodos isoenzimáticos para clasificar diferentes grupos de variedades gallegas y de la cornisa cantábrica.

Posteriormente, Ruiz de Galarreta y Alvarez (2001) utilizan caracteres morfológicos y variables climáticas para caracterizar una colección de cien variedades guipuzcoanas y las clasifican en siete grupos mediante métodos taxonómicos.

Tras este primer proceso de caracterización morfológica, y para las variedades más prometedoras, se pueden efectuar varios ciclos de selección para elevar el valor *per se* de las mismas (selección intrapoblacional), antes de incorporarlas a un programa de mejora genética, ya que con ello se consigue eliminar defectos básicos y genes deletéreos o recesivos, como poca resistencia al encamado de planta, abundante heterogeneidad de genotipos o fijar el ciclo vegetativo de maduración.

Cómo último apunte, decir que en general, las variedades locales del Norte de España poseen un tipo de grano liso, acorde con su procedencia sudamericana y

caribeña, correspondiendo a ciclos precoces o muy precoces por adaptación a su cultivo en zonas montañosas, aunque ciertas variedades de la costa suelen ser algo más tardías. Algunas que poseen un tipo de grano semidentado, pueden tener una procedencia norteamericana más reciente, de finales del siglo pasado, a partir de diversas introducciones de razas dentadas del CornBelt y su posterior adaptación e hibridación con variedades lisas ya existentes.

2.OBJETIVOS

Los objetivos que se han planteado en el presente trabajo son los siguientes:

1. Caracterización morfológica de variedades locales de maíz de Navarra a partir de parámetros medidos en planta, mazorca y grano.
2. Elaboración de fichas varietales identificativas de las diferentes entradas.
3. Análisis multivariante para la obtención de grupos de variedades definidos.
4. Identificación de variedades representativas de cada grupo para su utilización en mejora o uso directo.

3.MATERIALES

3.1. MATERIAL VEGETAL

Para la realización de este proyecto, NEIKER ha empleado su colección de germoplasma y sus medios materiales para la caracterización y regeneración de los recursos genéticos de maíz de Navarra. El material vegetal utilizado en la evaluación y posterior clasificación, se centra en un conjunto de 22 variedades locales de maíz recolectadas durante el período de 2011 a 2012. Parte de las entradas han sido recolectadas por NEIKER y otras proceden de las prospecciones realizadas por el Centro de Recursos Filogenéticos del INIA.

Tabla 5. Datos de pasaporte de las variedades de maíz evaluadas

CÓDIGO	NOMBRE	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m.s.n.m.)
NKM-494	Beintza	Labaien	43°05'12''N	1°44'29''O	443
NKM-495	Labaien	Labaien	43°05'12''N	1°44'29''O	443
NKM-496	Elgorriaga	Elgorriaga	43°08'21''N	1°41'10''O	148
NKM-497	Atallo	Atallo	43°02'34''N	1°59'15''O	224
NKM-498	Araitz	Atallo	43°02'34''N	1°59'15''O	224
NKM-503	Sunbilla	Sunbilla	43°09'53''N	1°40'13''O	105
NKM-502	Santesteban	Santesteban	43°07'53''N	1°40'09''O	122
NKM-363	Narvarte	Narvarte	43°08'02''N	1°37'42''O	220
NKM-365	Bera	Vera de Bidasoa	43°16'19''N	1°41'11''O	35
NKM-352	Danbolin	Leiza	43°04'51''N	1°54'51''O	473
NKM-353	Martikonea	Leiza	43°04'51''N	1°54'51''O	473
NKM-191	Amarillo de Marañón	Marañón	42°37'48''N	2°26'23''O	645
NKM-192	Navarro	Pamplona	42°48'50''N	1°38'42''O	450
NKM-193	Cabeza de Puentelareina	Puente la Reina	42°40'19''N	1°48'50''O	347
NKM-505	Goizueta	Goizueta	43°10'15''N	1°51'52''O	153
NKM-506	Bortziriak	Etxalar	43°14'02''N	1°38'13''O	98
NKM-507	Ituren	Ituren	43°07'44''N	1°42'24''O	154
NKM-508	Elizondo	Elizondo	43°08'42''N	1°31'12''O	200
NKM-509	Leiza	Leiza	43°04'51''N	1°54'51''O	473
NKM-510	Erasun	Erasun	43°04'59''N	1°47'50''O	527
NKM-511	Errando	Lesaka	43°14'48''N	1°42'10''O	70
NKM-512	Zubieta	Zubieta	43°07'26''N	1°44'31''O	212

3.2. MATERIAL DE CAMPO

La preparación del terreno se realizó con la maquinaria y técnicas utilizadas habitualmente por los agricultores de la zona de ensayo. La relación del material utilizado en las diversas labores y mediciones de campo fue la siguiente:

- Sembradora neumática de precisión autopropulsada para ensayos de maíz.
- Tractores y útiles del laboreo.
- Abonos, herbicidas e insecticidas.
- Listones graduados para mediciones de alturas de planta y de mazorca.
- Bolsas para la recogida de mazorcas.
- Estaquillas y etiquetas diversas para controles de parcelas.

3.3. MATERIAL DE LABORATORIO

La relación del material utilizado es la siguiente:

- Sobres y bolsas de varios tamaños.
- Cámara frigorífica para conservación de muestras.
- Cuentagranos Tripette&Renand, modelo Numigrol.
- Desgranadora eléctrica de mazorca, marca Ajúria.
- Balanza electrónica Mobba, mod. 500, con precisión de 10 g.
- Balanza Sartorius p-600 con precisión de 0.1 g.
- Analizador de grano Dickey-John GAC III.
- Estufa de secado de muestras.
- Regleta graduada en mm para mediciones de mazorcas.
- Calibrador graduado en mm para mediciones de diámetro de mazorca y zuro.

3.4. MATERIAL INFORMÁTICO

Para el procesamiento y análisis de los datos de campo se utilizaron los equipos informáticos de NEIKER. El soporte físico estuvo constituido por un ordenador personal.

El soporte lógico utilizado consistió en:

- Microsoft Office 2010
- Programa SAS 9.03.
- Programa NTSYS-pc 1.30.

4. MÉTODOS

4.1. PROSPECCIÓN Y RECOLECCIÓN DE LAS VARIEDADES

Se ha analizado la variabilidad genética existente en un grupo de variedades locales de maíz (*Zea mays* L.) de la Comunidad Foral de Navarra a partir de caracteres medidos en planta, mazorca y grano.

El material vegetal estaba compuesto por 22 variedades de Navarra, procedentes de recolecciones realizadas por el Centro de Recursos Filogenéticos del INIA y NEIKER durante 2009 y 2010.

Podemos observar en el mapa inferior las zonas de recolección de las muestras caracterizadas en este estudio.

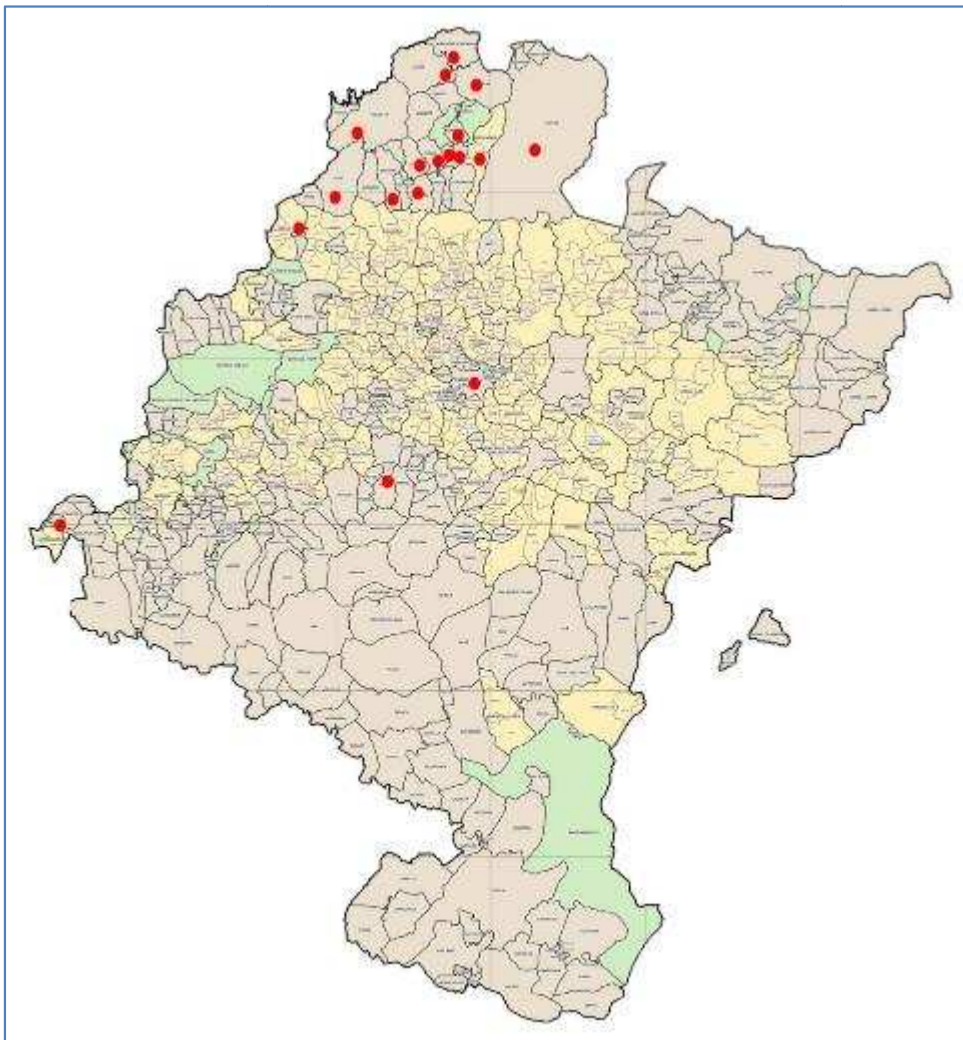


Figura 12. Mapa de Navarra con la localización de las diferentes muestras recolectadas

4.2. MANEJO DE LOS ENSAYOS

Preparación del terreno

La preparación de las parcelas de ensayo se realizó del modo habitual en la zona. Primero una labor de alzada con arado de vertedera y posteriormente, uno o dos pases de grada de discos (30-35 cm) con la rastra para dejar el terreno en perfectas condiciones para la siembra.

Abonado

En los días previos a la siembra se realizó un abonado de fondo, a base de un abono mineral con las siguientes cantidades:

- Finca NEIKER: 600 kg/ha de abono complejo 12-24-8.

El abonado de cobertera se distribuyó entre los 30 y 35 días después de la siembra, en dos veces y con las siguientes dosis:

- Finca NEIKER: 200 kg/ha de urea y 200 Kg/ha de nitrato amónico del 33%.

Siembra

La siembra se realizó a máquina, con una sembradora de precisión autopropulsada de microparcels, a razón de una semilla por golpe. La fecha de siembra fue el día 12 de mayo en 2011. En 2012, la siembra se realizó el día 13 de mayo.

Las parcelas se identificaron con estaquillas y etiquetas en la primera planta de cada surco, indicando el número de la parcela.

Protección del cultivo

Se aplicaron herbicidas de preemergencia en la totalidad de los ensayos, empleándose los siguientes compuestos:

- Eradicane A: cuyas materias activas son EPTC (10%), dialamina (0.96%) y atrazina (2.5%), a razón de 45 kg/ha.

- Primextra: formado por metolacoloro (30%) y atrazina (19%), a razón de 5 l/ha.

El primero se utilizó para combatir las malas hierbas de hoja estrecha y el segundo para las de hoja ancha. Se realizaron también escardas manuales y mecánicas cuando se consideró necesario.

Para el control de los insectos del suelo (gusanos blancos y grises) y nematodos se utilizó Curater 5 en el momento de la siembra, a una dosis de 10 kg/ha.

Riego

Las necesidades hídricas de la Finca de NEIKER se cubrieron con riegos por aspersión a razón de 20 l/m², durante los meses de Junio, Julio y Agosto. El número total de riegos fue de 6, en cada año.

Recolección

La recolección se realizó cuando el grano estaba maduro, con una humedad entre el 20 y 25%. Se recolectó manualmente, de forma controlada, parcela por parcela, identificando cada una de ellas con una etiqueta. De cada parcela se tomaron mazorcas al azar para las determinaciones de laboratorio. Estas se dejaron secar hasta alcanzar una humedad próxima al 14%.

La recolección se realizó el día 10 de octubre de 2011. El ensayo realizado durante 2012 fue recolectado el día 11 de Octubre.

4.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado en los dos ensayos de evaluación (dos años y una localidad por año) fue de bloques completos al azar con dos repeticiones.

La parcela elemental constaba de 2 líneas de 5 m de longitud, con 25 golpes a 20 cm entre sí, y una separación entre líneas de 75 cm. Los pasillos entre bandas eran de 2 m. Los surcos extremos dentro de cada bloque se sembraron con la misma variedad para reducir el efecto de borde.

La densidad final fue de unas 66000 plantas/ha, aspecto importante dentro del diseño del ensayo, ya que la misma puede afectar a las medidas absolutas de los caracteres vegetativos

Para el presente trabajo se dispuso de 5 plantas por repetición y año, es decir, en los dos años 10 plantas por repetición, lo cual significa un total de 20 plantas por variedad. El número total de plantas empleadas en el ensayo ha sido de 440, ya que contábamos con 22 variedades.

4.4. CARACTERES EVALUADOS

Uno de los aspectos claves para la elaboración de un trabajo de caracterización de variedades, en este caso de maíz, es la elección de los caracteres que van a ser evaluados durante y tras los ensayos en campo. En el presente trabajo, tras el estudio de trabajos anteriores, se ha decidido elegir caracteres tanto de ciclo como de planta, mazorca y grano. De esta manera, con

una buena elección de caracteres a estudiar se puede asegurar la fiabilidad de los resultados, debido a la información que aportan sobre la naturaleza genética de las variedades.

Los caracteres seleccionados han sido evaluados en campo de manera visual, siguiendo los descriptores de la FAO para la especie estudiada. La caracterización morfológica se hizo aplicando la guía de descriptores para maíz de la IBPGR (IBPGR, 1991).

-Caracteres de ciclo:

Floración femenina: Es un carácter muy utilizado que aporta información sobre la precocidad del ciclo de la variedad estudiada. Se define como el número total de días transcurridos entre la siembra y la aparición de sedas o pistilos receptivos, al menos en aproximadamente el 50% del total de plantas de la parcela.

Floración masculina: Se define como el número total de días transcurridos entre la siembra y la aparición de anteras en el 50% de pendones del total de plantas de cada variedad.

Protandria: Medida como el número de días transcurridos desde que el 50% o más de las plantas exhiben las anteras hasta que emiten los estilos y son, por tanto, receptoras de polen.

Encamado: Accidente vegetativo de origen nutricional, parasitario, genético o climático, que provoca el vuelco o tumbado de la planta y disminuye su rendimiento. Expresado en tanto por ciento.

Rendimiento: Expresado en kg/ha, se refiere a la proporción que surge entre los medios empleados para obtener el maíz y la producción de maíz obtenida.

-Caracteres de planta:

Altura de planta: Se define como la distancia en cm entre la base del tallo en el suelo y el extremo superior de la inflorescencia masculina, Para su medida se empleó un listón graduado.

Altura de inserción de mazorca: Se define como la distancia en cm desde el suelo hasta el nudo de inserción de la mazorca superior. Se midió del mismo modo que la altura de planta.

Número total de nudos: Es el número total de nudos desde la base de la planta, hasta el nudo de la hoja bandera.

Nudo de inserción de la mazorca: Es el lugar que ocupa el nudo de inserción del pedúnculo en el tallo de la mazorca superior.

-Caracteres de mazorca:

Longitud de mazorca: Es la longitud de la mazorca, desde el ápice hasta la base. Para su medida se utilizó una regla graduada en cm.

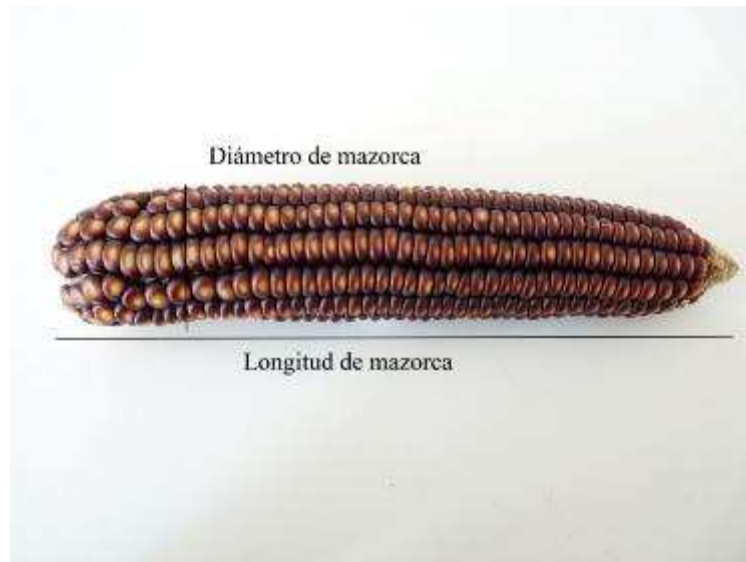


Figura 13. Mazorca en la que se muestra la longitud y el diámetro

Diámetro medio de la mazorca: Es el diámetro obtenido en la parte central de la mazorca. Se tomó utilizando un “pie de rey” o calibre graduado en mm.

Número de filas de la mazorca principal: Es el número de filas de grano obtenidas tras conteo desde la parte central de la mazorca.

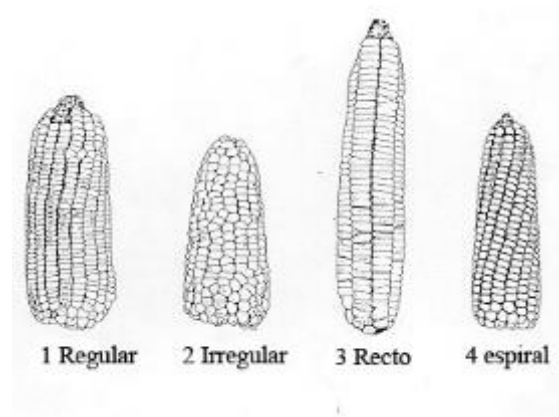


Figura 14. Tipos de mazorca según la disposición de los granos

Número de granos por fila: Es el número total de granos contados desde la base hasta el ápice de la mazorca, en tres filas diferentes tomadas al azar, y expresado como la media aritmética de las tres medidas.

Color de zuro: Es el color del zuro, la parte central de la mazorca sobre la que se asientan los granos. Se consideraron tres colores fundamentales: blanco (1), rosado (2) y rojo (3).

-Caracteres de grano:

Tipo de grano: Indica la presencia o ausencia de dentición en el grano, es decir, de muescas en su superficie. Se ha considerado tres tipos principales: liso (1), semidentado (2) y dentado (3).



Figura 15. Tipos de grano

Color de grano: Mediante observaciones visuales, y basando el estudio en los descriptores de la FAO-I.B.P.G.R. para el maíz, se han considerado 9 tipos: blanco (1), crema (2), jaspeado (3), amarillo (4), naranja (5), marrón (6), rojo (7), púrpura (8) y negro (9).



Figura 16. Color de los granos

De cara a poder entender las diferencias que existen en el color del grano de maíz, una breve explicación sobre la herencia de dicho carácter:

El color del grano de maíz se expresa en 3 capas distintas del grano; pericarpio, aleurona y endospermo, citadas desde el exterior hacia el interior del

grano. El pericarpio puede ser coloreado o incoloro. Únicamente en este último caso se puede apreciar el color de capas interiores como la aleurona o el endospermo manifiesta externamente. El color del pericarpio está controlado por el genotipo materno, por lo que no hay efecto del polen que polinizó en grano y no hay, por tanto, segregación del color dentro de una misma mazorca. La aleurona también puede ser coloreada o incolora. Únicamente en el caso de que tanto pericarpio como endospermo sean incoloros se puede apreciar el color del endospermo, que puede ser blanco o amarillo. El color de la aleurona y el del endospermo, ambos tejidos triploides, están controlados por el genotipo del grano, es decir, el polen que fertilizó el grano aporta uno de los 3 alelos. En caso de que este alelo sea dominante, el color del grano puede segregarse dentro de una misma mazorca, lo que se conoce como efecto xenia.

Peso del grano: Es el peso de 1000 semillas, expresado en gramos al 14% de humedad relativa, usando para ello una balanza de precisión.

Humedad del grano: Medida en el momento de la recolección y expresada en tanto por ciento. Para su determinación se utilizó el analizador digital.

Tabla 6. Claves para denominar los diferentes caracteres

CARÁCTER	CLAVE
<i>CICLO</i>	
Flor masculina (días)	FLOMAS
Flor femenina (días)	FLOFEM
Protandria (días)	PROTANDRIA
<i>PRODUCCIÓN</i>	
Encamado (%)	PORENC
Humedad (%)	HUM
Rendimiento total (kg/ha)	RENTOT
Peso 100 semillas (g)	PES100
<i>PLANTA</i>	
Altura planta (cm)	ALTP
Altura de inserción de la mazorca (cm)	ALTM
Nº nudos	NUD
Nudo de inserción de la mazorca	NUDI
<i>MAZORCA</i>	
Longitud mazorca (cm)	LONMAZ
Diámetro mazorca (mm)	DIAMAZ
Número filas	NUMFIL
Nº granos /fila	GRAFIL
Color del zurro	COLZUR
<i>GRANO</i>	
Tipo de grano	TIPGRA
Color del grano	COLGRA

4.5. ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD

El estudio de la variabilidad fenotípica y genética de variedades naturales es de gran importancia para definir los materiales que serán utilizados en programas más específicos de mejora vegetal. La evaluación en diversas condiciones ambientales, es fundamental para determinar el valor genético de los individuos.

La caracterización morfológica se ha basado en el análisis de la variación de cada carácter para las 22 variedades estudiadas. Asimismo y para cada carácter, se han calculado las principales medidas de tendencia central y de dispersión, para el conjunto de los valores obtenidos.

Los datos experimentales de los ensayos se han sometido a un análisis de varianza. Previamente, se comprobó la normalidad de las variables, transformando las que no lo eran para mejorar la fiabilidad. En primer lugar se ha procedido a realizar los análisis individuales para cada año. A continuación, se han combinado los experimentos en uno solo, realizando el cálculo de las medias de cada variedad para cada carácter.

Es necesario indicar que a los caracteres cualitativos “color del zuro, tipo de grano y color de grano” se les ha asignado una escala numérica para la realización de análisis de tipo cuantitativo. Dicha escala aparece en la descripción de los caracteres en el apartado 4.4.

4.6. AGRUPACIÓN DE LAS VARIETADES

Para estudiar las relaciones existentes entre las variedades locales de maíz en la Comunidad Foral de Navarra, así como para desarrollar un sistema de clasificación objetivo de las mismas que pueda evidenciar sus relaciones, es necesario determinar el grado de diferenciación o disimilitud entre diferentes pares de variedades. A tal fin existen, por una parte, diferentes coeficientes de similitud o disimilitud, en función del tipo de carácter considerado y del grado de correspondencia entre el fenotipo y el genotipo, y por otra, técnicas de análisis agrupatorio que permiten una representación gráfica de la diversidad encontrada. En este trabajo se ha empleado el denominado análisis de grupos para el estudio de las distancias genéticas entre las variedades. Existe una gran diversidad de métodos válidos de agrupación. En el presente estudio se ha elegido el método basado en el ligamiento promedio entre grupos, denominado UPGMA (UnweightedPairGroupMethodwithArithmeticMean) o “método no ponderado de grupo par usando promedios aritméticos”. Define la distancia entre dos grupos como el promedio de las distancias entre los pares de casos, en que un miembro del par está en cada uno de los grupos. En cuanto a la medida de la distancia genética entre las variedades, hay un gran número de coeficientes de semejanza y de desemejanza. Del conjunto existente, se ha elegido el coeficiente de distancia euclídea que mide la distancia entre unidades taxonómicas, definidas en un espacio determinado por unos ejes que representan a las variables empleadas.

5.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. VARIABILIDAD DE LOS CARACTERES

A continuación y para cada carácter, se muestran los principales estadígrafos. Se han calculado las siguientes medidas de tendencia central y de dispersión para cada distribución de valores:

- Media
- Desviación típica
- Coeficiente de variación (CV)
- Intervalo de variación
- Significación del ANOVA
- LSD (0.05)

5.1.1. Caracteres de ciclo y producción

La Tabla 7 presenta la media, desviación típica intervalos de variación y coeficiente de variación (CV) de los caracteres de ciclo y producción. Se observa que la media de la floración masculina se situó en 68,89 días con un intervalo entre 55 y 82. El CV mostró un valor del 11%.

En cuanto a la floración femenina, vemos que los datos son muy semejantes respecto a la floración masculina, aunque podríamos destacar que los valores de media (71,03) y el rango (57,0/84,0) fueron algo más elevados.

En los datos obtenidos sobre la protandria, la media se situó en 2,15 días con un intervalo entre 1,0 y 4,0. El CV se sitúa en el 30,37%.

En los valores que reflejan el encamado, cabría destacar el CV, que es del 107,95%, así es que se podría considerar de “alta varianza”, existe una gran heterogeneidad en los valores de la variable.

La media del porcentaje de humedad se sitúa en el 20,85%, con un intervalo entre el 14,5 y 26,0, siendo el CV del 16,24%.

Respecto a la rendimiento total, también cabe destacar el CV (29,49%), siendo la media de 7161,00 kg/ha, con un intervalo entre 2219,3 y 11443,0.

Por último, citar los datos obtenidos en el peso de 100 semillas, obteniendo una media de 36,13g, rango de 22,7g a 49,3g y CV de 21,39%.

Tabla 7. Estadígrafos de los caracteres de ciclo y producción

	FLOMAS (días)	FLOFEM (días)	PROT (días)	PORENC (%)	HUM (%)	RENTOT (kg/ha)	PES100 (g)
MEDIA	68,89	71,03	2,15	13,36	20,85	7161,99	36,13
DESVIACION TÍPICA	7,29	7,24	0,65	14,42	3,39	2112,34	7,73
MIN/MAX	55,0/82,0	57,0/84,0	1,0/4,0	0,0/50,0	14,5/26,0	2219,3/11443,0	22,7/49,3
CV (%)	10,58	10,19	30,37	107,95	16,24	29,49	21,39
P (ANOVA)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
LSD (0.05)	1,30	1,01	0,64	6,60	0,88	490,60	0,36

5.1.2. Caracteres de planta

A continuación se expresan las mismas medidas (media, desviación típica, rango y CV) para los caracteres de planta (Tabla 8).

Los valores más destacables serían por un lado el nudo de inserción de la mazorca y por otro, la altura de inserción de la mazorca.

La media obtenida en los datos del nudo de inserción de la mazorca es de 4,62 con un intervalo entre 2,8 y 7,0 y un CV de 22,68%.

La altura de inserción de mazorca presenta una media de 73,37 cm, con un rango que va desde los 27,0 hasta los 118,3 cm. El CV es de 32,44%.

Tabla 8. Estadígrafos de los caracteres de planta

	ALTP (cm)	ALTM (cm)	NUD	NUDI
MEDIA	211,87	73,37	10,21	4,62
DESVIACION TÍPICA	35,06	23,80	1,45	1,05
MIN/MAX	141,8/266,7	27,0/118,3	6,8/13,7	2,8/7,0
CV (%)	16,55	32,44	14,25	22,68
P (ANOVA)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
LSD (0.05)	12,93	6,93	0,75	0,40

5.1.3. Caracteres de mazorca

Continuamos con las mismas medidas, solo que en este caso para los caracteres de mazorca.

Cabe resaltar el color de zuro, con un CV de 34,89 %, una media de 1,20 y un intervalo entre 1,0 y 2,6.

Los valores de CV obtenidos tanto en el número de filas como en el número de granos por fila, es muy próximo, siendo de 23,12% y 22,23%, respectivamente, y con unas medias de 13,18 filas y 24,45 granos por fila.

El CV más bajo lo tendría el diámetro de la mazorca, que es de 13,95% y el de longitud de mazorca es de 18,17%.

Tabla 9. Estadígrafos de los caracteres de mazorca

	LONMAZ (cm)	DIAMAZ (cm)	NUMFIL	GRAFIL	COLZUR
MEDIA	14,43	46,55	13,18	24,45	1,20
DESVIACION TIPICA	2,62	6,49	3,05	5,44	0,42
MIN/MAX	9,0/20,4	35,6/63,0	8,8/24,7	15,3/38,6	1,0/2,6
CV (%)	18,17	13,95	23,12	22,23	34,89
P (ANOVA)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
LSD (0.05)	0,91	1,69	0,71	1,46	0,11

5.1.4. Caracteres de grano

La Tabla 10 muestra los valores obtenidos con las medidas para los caracteres de grano (Tabla 10)

La media en el tipo de grano, se sitúa en 2,22, con un intervalo entre 1,5 y 3,0 y con un CV de 16,69%.

El color de grano, mostró una media de 5,14, con un rango que va desde 2,0 hasta 6,6 y un CV de 21,01%.

Tabla 10. Estadígrafos de los caracteres de grano

	TIPGRA	COLGRA
MEDIA	2,22	5,14
DESVIACION TIPICA	0,37	1,08
MIN/MAX	1,5/3,0	2,0/6,6
CV (%)	16,69	21,01
P (ANOVA)	<0.0001	<0.0001
LSD (0.05)	0,2	0,4

En todos los caracteres analizados se ha detectado una amplia variabilidad entre las diferentes variedades. Existen trabajos previos de evaluación de un número reducido de variedades de maíz en Cantabria (Álvarez y Lasa, 1990) detectando una importante variabilidad, al igual que en este trabajo.

Una vez constatada la variabilidad existente entre variedades se procedió a realizar un análisis de varianza para cada carácter. Previo al análisis de varianza se transformaron mediante la raíz cuadrada las variables tipo de grano y color de zuro para que se ajustaran a una distribución normal. El análisis de varianza revela diferencias altamente significativas (al nivel del 0,0001) para todos los caracteres. Posteriormente se realizó la separación de medias mediante el cálculo de la mínima diferencia significativa o LSD.

Ruiz de Galarreta (1993), encontró altas diferencias significativas (nivel 0,01 de probabilidad) entre variedades para casi todos los caracteres. Hubo algunas excepciones, los caracteres color de zuro, humedad en grano y protandria tuvieron niveles de probabilidad de 0,05.

Es de destacar el alto CV del carácter encamado (107,95%). Este alto porcentaje, además de indicar una alta variabilidad entre las variedades analizadas, está relacionado con la gran influencia ambiental que presenta este carácter.

5.2. DESCRIPTIVA DE LAS VARIEDADES

Las siguientes tablas muestran las medias de los caracteres evaluados en el conjunto de las variedades.

5.2.1. Caracteres de ciclo y producción

A continuación se muestra la Tabla 11, en la que se muestran las medias de los caracteres de ciclo y producción en las variedades evaluadas.

En cuanto a la floración masculina, destacaríamos la variedad Elizondo, ya que posee el valor mínimo (55 días) y en cambio Martikonea (80,75 días) y Marañon (81,25 días) poseen los máximos.

En el caso de la floración femenina, vuelve a ser Elizondo quien presenta el mínimo número de días (57 días) y Martikonea y Marañon vuelven a mostrar los máximos, 82,25 días y 83,25 días, respectivamente.

Respecto a la protandria, comentar que las variedades Goizueta, Ituren y Danbolin tienen el valor más bajo (1,25 días), los tres por igual y el más alto sería el de las variedades Beintza, Atallo y Araitz, también todas por igual (3 días), aunque el máximo valor lo tiene la variedad Narvarte (3,5 días).

En los valores que reflejan el porcentaje de encamado, existen grandes diferencias entre las variedades; Beintza, Labaien, Sunbilla, Bera y Danbolin presentan valores nulos, en cambio, Martikonea y Puentelarreina presentan un 50% de encamado ambas. El resto de valores van desde el 1,04% de la variedad Narvarte hasta el 25% de la variedad Navarro.

La variedad Elizondo es quien muestra el porcentaje de humedad inferior (14,75%), seguida por la variedad Goizueta (15,45%). Los mayores porcentajes de humedad aparecen en las variedades Martikonea (25,25%), Santesteban (25,75%) y Atallo (25,88%).

El rendimiento total del cultivo en el caso de las variedades Navarro (2238,93 kg/ha) y Martikonea (3729,1 kg/ha) ha sido el más bajo, siendo Erasun (10022 kg/ha) y Zubieta (11200kg/ha) quienes han tenido los valores más altos.

Los valores obtenidos en el peso de 100 semillas, varían desde los 22,73g de la variedad Navarro y los 24,53g de Puentelarreina, hasta los 47,8g de Ituren y 49,28g de la variedad Narvarte.

Tabla 11. Medias de los caracteres de ciclo y producción en las variedades evaluadas

VARIEDAD	FLOMAS	FLOFEM	PROT	PORENC	HUM	RENTOT	PES100
Beintza	74,75	77,75	3,00	0,00	23,00	9231,25	29,88
Labaïen	75,25	77,25	2,00	0,00	24,63	7240,24	40,75
Elgorriaga	75,75	77,75	2,00	3,95	22,38	9947,84	27,43
Atallo	73,25	76,25	3,00	10,28	25,88	6845,85	34,68
Araitz	62,75	65,75	3,00	3,85	18,88	6704,36	27,63
Sunbilla	74,25	76,50	2,25	0,00	23,25	5431,23	27,68
Santesteban	74,25	77,00	2,75	10,71	25,75	7305,65	38,30
Narvarte	63,50	67,00	3,50	1,04	19,50	9065,78	49,28
Bera	64,25	67,00	2,75	0,00	20,25	5113,62	41,68
Danbolin	76,50	77,75	1,25	0,00	23,25	5718,19	41,13
Martikonea	80,75	82,25	1,50	50,00	25,25	3729,10	39,28
Marañon	81,25	83,25	2,00	20,25	23,63	6048,61	30,38
Navarro	65,25	67,25	2,00	25,00	16,63	2238,93	22,73
Puentelarreina	64,75	67,00	2,25	50,00	18,63	6317,11	24,53
Goizueta	74,75	76,00	1,25	20,26	15,45	8474,00	42,93
Bortziriak	67,75	69,75	2,00	17,34	23,43	7045,00	33,05
Ituren	60,75	62,00	1,25	12,05	17,25	8090,00	47,80
Elizondo	55,00	57,00	2,00	12,71	14,75	5450,50	42,90
Leiza	60,75	62,75	2,00	23,79	20,83	8143,50	32,35
Erasun	62,25	64,00	1,75	4,69	17,75	10022,50	35,98
Errando	61,25	63,25	2,00	12,91	20,85	8200,50	35,88
Zubieta	66,50	68,25	1,75	15,11	17,53	11200,00	48,75
LSD (0,05)	1,30	1,01	0,64	6,60	0,88	490,60	0,36

5.2.2. Caracteres de planta

La Tabla 12 muestra la media de los caracteres de planta en las variedades evaluadas.

La mayor altura de planta la tienen las variedades Bortziriak (260,83 cm) y Goizueta (263,33 cm), por el contrario la menor altura es de las variedades Navarro (142,50 cm) y Martikonea (166,10 cm).

En cuanto a la altura de inserción de mazorca, la mayor altura la muestra la variedad Bortziriak (115,83 cm), seguida de Goizueta (111,67 cm) e Ituren (100 cm) y la menor Navarro (27 cm), Puentelarreina (40,40 cm) y Bera (43,10 cm).

Quien posee el mayor número de nudos son las variedades Goizueta (12,92) y Bortziriak (12,83) y el menor Martikonea (6,90) y Navarro (7,70).

Respecto al nudo de inserción en la mazorca, la variedad Bortziriak muestra un valor de 6,75, seguido de Ituren (6,25). En cambio, las variedades Navarro y Puentelarreina muestran valores de 3,30 y 3,35, respectivamente.

Tabla 12. Medias de los caracteres de planta en las variedades evaluadas

VARIEDAD	ALTP	ALTM	NUD	NUDI
Beintza	252,90	85,00	11,90	6,05
Labaien	209,20	66,10	10,45	3,75
Elgorriaga	213,95	78,45	10,15	5,05
Atallo	187,90	59,40	9,50	4,55
Araitz	188,75	60,00	9,75	3,65
Sunbilla	190,10	81,30	9,60	5,70
Santesteban	210,95	83,10	10,45	4,80
Narvarte	232,50	84,50	10,50	4,50
Bera	192,80	43,10	10,00	3,40
Danbolin	169,75	51,25	8,90	4,00
Martikonea	166,10	45,25	6,90	2,85
Marañon	174,75	50,75	9,10	3,75
Navarro	142,50	27,00	7,70	3,30
Puentelarreina	169,00	40,60	8,90	3,35
Goizueta	263,33	111,67	12,92	5,33
Bortziriak	260,83	115,83	12,83	6,75
Ituren	243,33	100,00	11,08	6,25
Elizondo	232,08	95,42	10,50	5,08
Leiza	229,58	74,58	10,67	4,33
Erasun	242,50	79,17	10,08	4,50
Errando	232,50	82,50	11,25	5,25
Zubieta	255,83	99,17	11,50	5,33
LSD (0,05)	12,93	6,93	0,75	0,40

5.2.3. Caracteres de mazorca

Las medias de los caracteres de mazorca en las variedades evaluadas aparecen en la Tabla 13.

Las variedades con mayor longitud de mazorca son las variedades Maraño (20,42 cm) y Beintza (17,90 cm) y las de menor longitud Martikonea (9,32 cm) y Bortziriak (10,57 cm). El mayor diámetro de mazorca lo tienen las variedades Bortziriak (61,92 mm) y Bera (53,60 mm) y el menor Maraño (36,40 mm) y Navarro (35,70 mm). Respecto al número de filas de la mazorca principal, las variedades Beintza (14,70) y Labaien (14,40) muestran los valores superiores y los inferiores Sunbilla (9,60) y Maraño (8,80).

El mayor número de granos por fila lo muestran las variedades Maraño (38,60) y Beintza (31,90) y el menor Bera (17,20) y Martikonea (16,25). El color de zuro, es blanco en casi todas las variedades, éstas serían las excepciones; Beintza, Labaien y Danbolin lo tienen rosado y Atallo, rojo.

Tabla 13. Medias de los caracteres de mazorca en las variedades evaluadas

VARIEDAD	LONMAZ	DIAMAZ	NUMFIL	GRAFIL	COLZUR
Beintza	17,90	42,50	14,70	31,90	1,90
Labaien	16,10	40,20	14,40	27,40	1,80
Elgorriaga	16,36	53,80	14,20	28,60	1,00
Atallo	15,91	40,15	11,00	30,10	2,50
Araitz	12,34	49,40	15,20	21,40	1,20
Sunbilla	12,86	38,60	9,60	27,40	1,00
Santesteban	16,40	39,40	10,40	29,20	1,00
Narvarte	12,86	52,35	12,80	19,75	1,00
Bera	11,92	53,60	14,00	17,20	1,00
Danbolin	13,18	48,30	12,00	22,25	1,90
Martikonea	9,32	47,95	10,95	16,25	1,00
Maraño	20,42	36,40	8,80	38,60	1,00
Navarro	12,95	35,70	10,10	18,40	1,00
Puentelarreina	15,14	45,65	15,80	23,40	1,00
Goizueta	16,70	50,67	14,33	27,33	1,00
Bortziriak	10,57	61,92	23,92	19,83	1,00
Ituren	14,62	44,25	11,58	24,75	1,00
Elizondo	12,55	46,25	12,08	19,00	1,00
Leiza	15,03	46,50	13,67	24,42	1,00
Erasun	12,48	50,50	13,00	19,17	1,00
Errando	14,13	46,83	13,33	25,17	1,00
Zubieta	17,81	53,08	14,00	26,33	1,00
LSD (0,05)	<i>0,91</i>	<i>1,69</i>	<i>0,71</i>	<i>1,46</i>	<i>0,11</i>

5.2.4. Caracteres de grano

En la Tabla 14 se muestran las medias de los caracteres de grano en las variedades evaluadas.

En cuanto al tipo de grano, la gran mayoría de las variedades muestra un grano semidentado, exceptuando las siguientes, que lo muestran dentado; Beintza, Labaien, Sunbilla, Danbolin, Bortziriak, Erasun y Errando.

Se han encontrado variedades con cuatro colores de grano diferentes. En el caso de las variedades Beintza, Labaien, Elgorriaga, Atallo, Santesteban, Narvarte y Danbolin es marrón. En las variedades Araitz, Bera, Martikonea, Marañon, Puentelarreina, Goizueta, Ituren, Elizondo, Erasun, Errando y Zubieta es naranja. En las variedades Sunbilla y Leiza es jaspeado y únicamente en el caso de la variedad Navarro, el color de grano es crema.

Tabla 14. Medias de los caracteres de grano en las variedades evaluadas

VARIEDAD	TIPGRA	COLGRA
Beintza	3,0	6,6
Labaien	2,6	6,0
Elgorriaga	2,0	6,0
Atallo	2,0	6,0
Araitz	2,2	5,2
Sunbilla	3,0	3,4
Santesteban	2,0	6,2
Narvarte	2,0	6,0
Bera	2,0	5,2
Danbolin	2,5	6,0
Martikonea	2,0	5,0
Marañon	2,0	5,0
Navarro	2,0	2,0
Puentelarreina	2,0	5,0
Goizueta	2,3	5,4
Bortziriak	2,5	4,1
Ituren	2,1	5,3
Elizondo	1,7	5,3
Leiza	2,3	3,3
Erasun	2,7	5,3
Errando	1,6	5,3
Zubieta	2,3	5,4
LSD (0,05)	0,2	0,4

Teniendo en cuenta todos los datos obtenidos y reflejados en las Tablas 11, 12 13 y 14, se podría comentar que la variedad más tardía es Marañon, ya que es la que presenta la fecha de floración más tardía. Por el contrario, Elizondo sería la variedad más temprana.

La variedad Zubieta muestra el mayor rendimiento y casi el valor más elevado de peso de semillas, únicamente superado por la variedad Narvarte, la cual también presenta un alto rendimiento.

La mayor altura de planta la presenta la variedad Goizueta y la menor Martikonea.

La variedad con mayor longitud de mazorca es Marañon, que a su vez es quien más granos de maíz presenta por fila. Bortziriak, en cambio, es la variedad que más diámetro de mazorca tiene y al mismo tiempo, presenta la mazorca con el máximo número de filas.

En general la mayoría de variedades presenta un color de zuro blanco, un tipo de grano semidentado y un color de grano naranja-marrón.

Como se puede observar en las fotos de las mazorcas que aparecen en las fichas descriptivas, a pesar de que en general hay uniformidad dentro de cada variedad, existen discrepancias en varias de ellas en cuanto al color de la mazorca(Beintza, Errando, Zubieta) y en otras en el color de algunos granos de la misma mazorca(Danbolin, Goizueta, Marañon).

Con el fin de poder dar explicación a estos sucesos, se exponen las siguientes razones:

-Las variedades locales, al ser poblaciones de polinización libre, están constituidas por genotipos heterocigóticos diferentes. Esto puede dar explicación a que dentro de una misma variedad tradicional, haya mazorcas de diferentes colores. En cambio, dentro de variedades híbridas no existiría diversidad de genotipos.

-Las diferencias existentes en el color del grano pueden deberse a la influencia de la herencia del color del grano. Se podría hablar de lo que se conoce como efecto xenia, el hecho de que dentro de una misma mazorca existan granos de colores diferentes. El color del grano (color de la aleurona y del endospermo) depende del genotipo del grano, es decir, está condicionado, además de por los alelos maternos, por los alelos aportados por el grano de polen durante la fecundación. Este hecho supone que, en una especie de polinización libre como es el maíz, los alelos paternos puedan provenir de variedades colindantes con colores de grano diferentes, resultando de este modo en mazorcas mixtas con granos de diferente color.

A continuación se presentan las fichas individuales descriptivas de cada una de las 22 variedades caracterizadas.

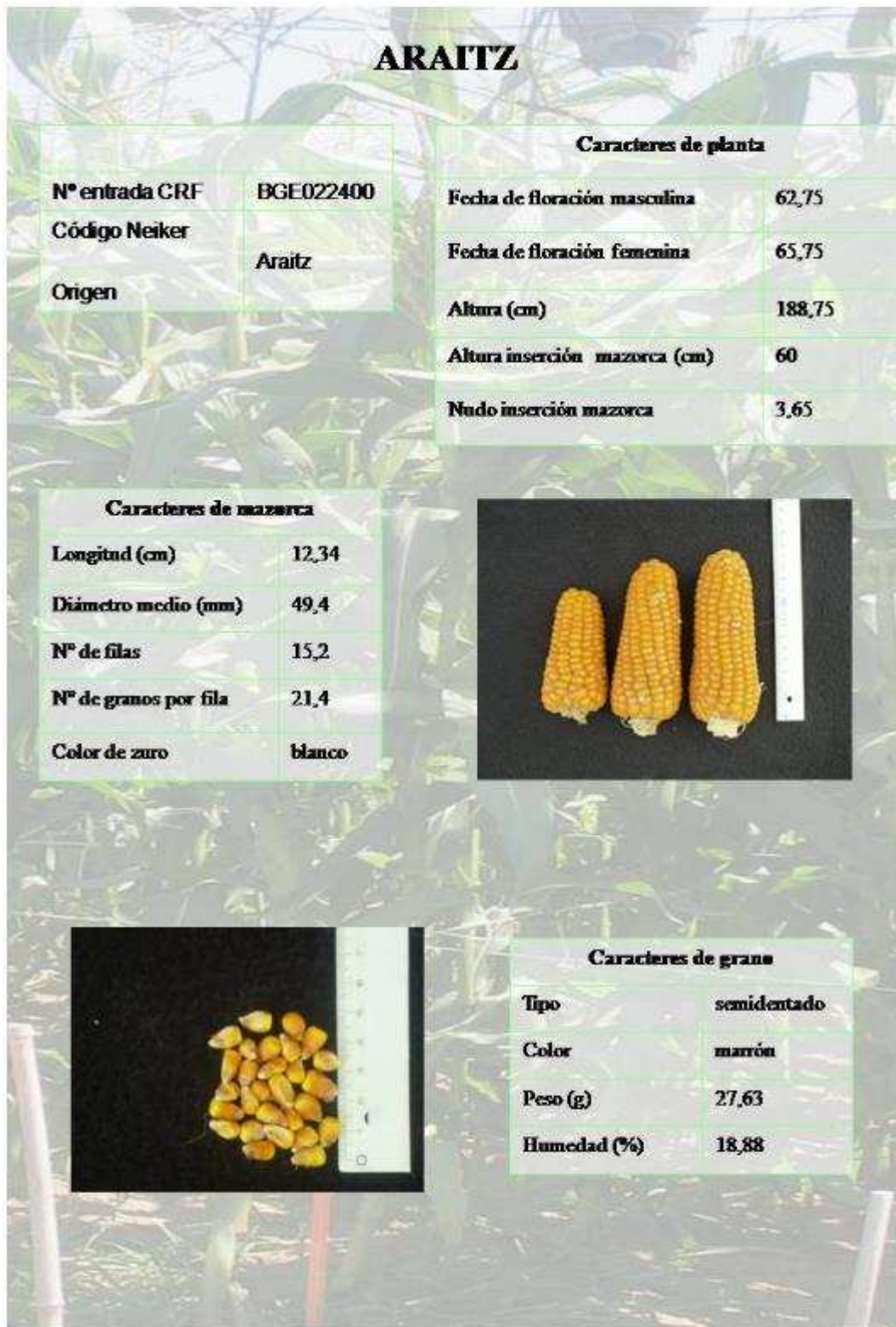


Figura 17. Descriptiva de la variedad Araitz

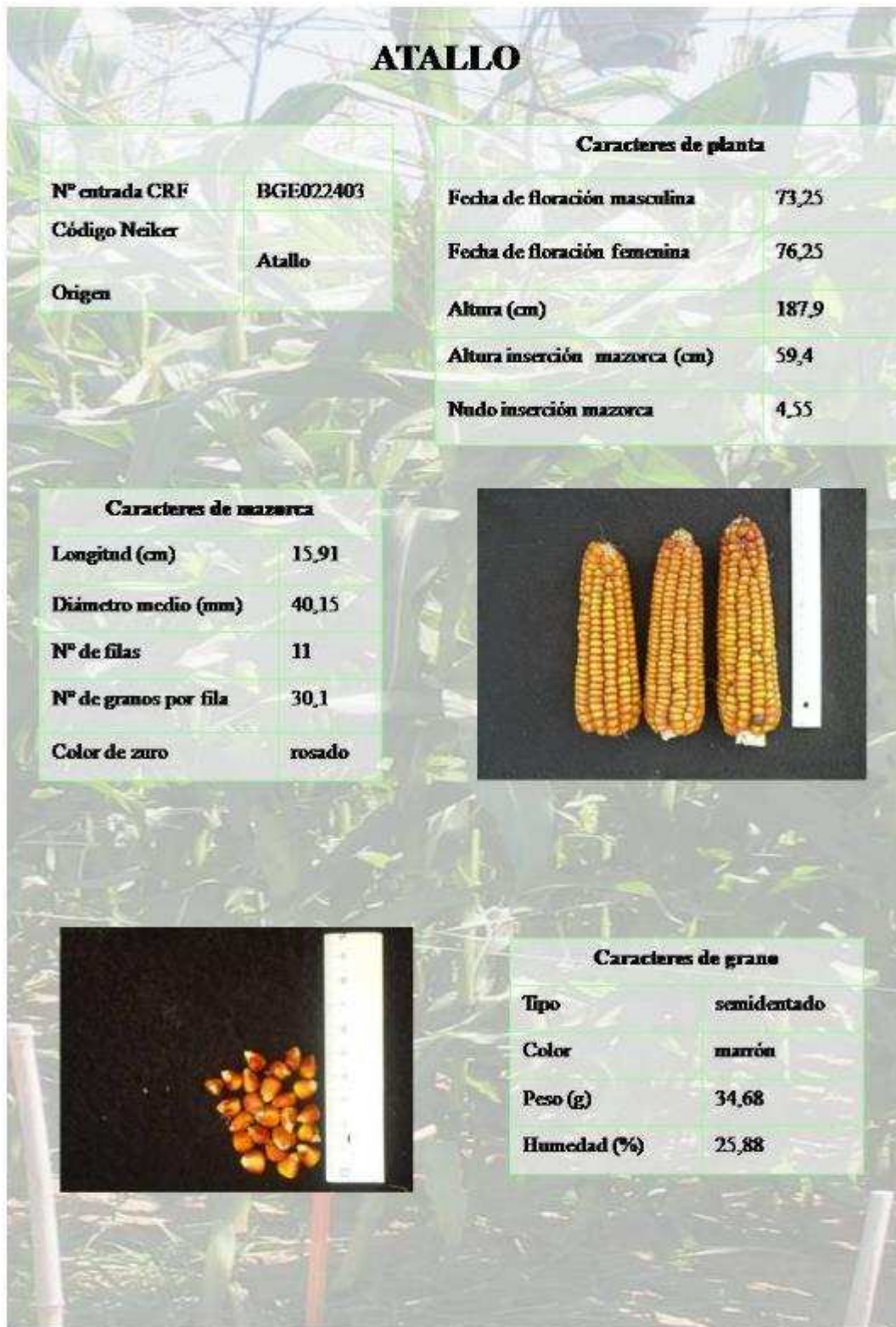


Figura 18. Descriptiva de la variedad Atallo

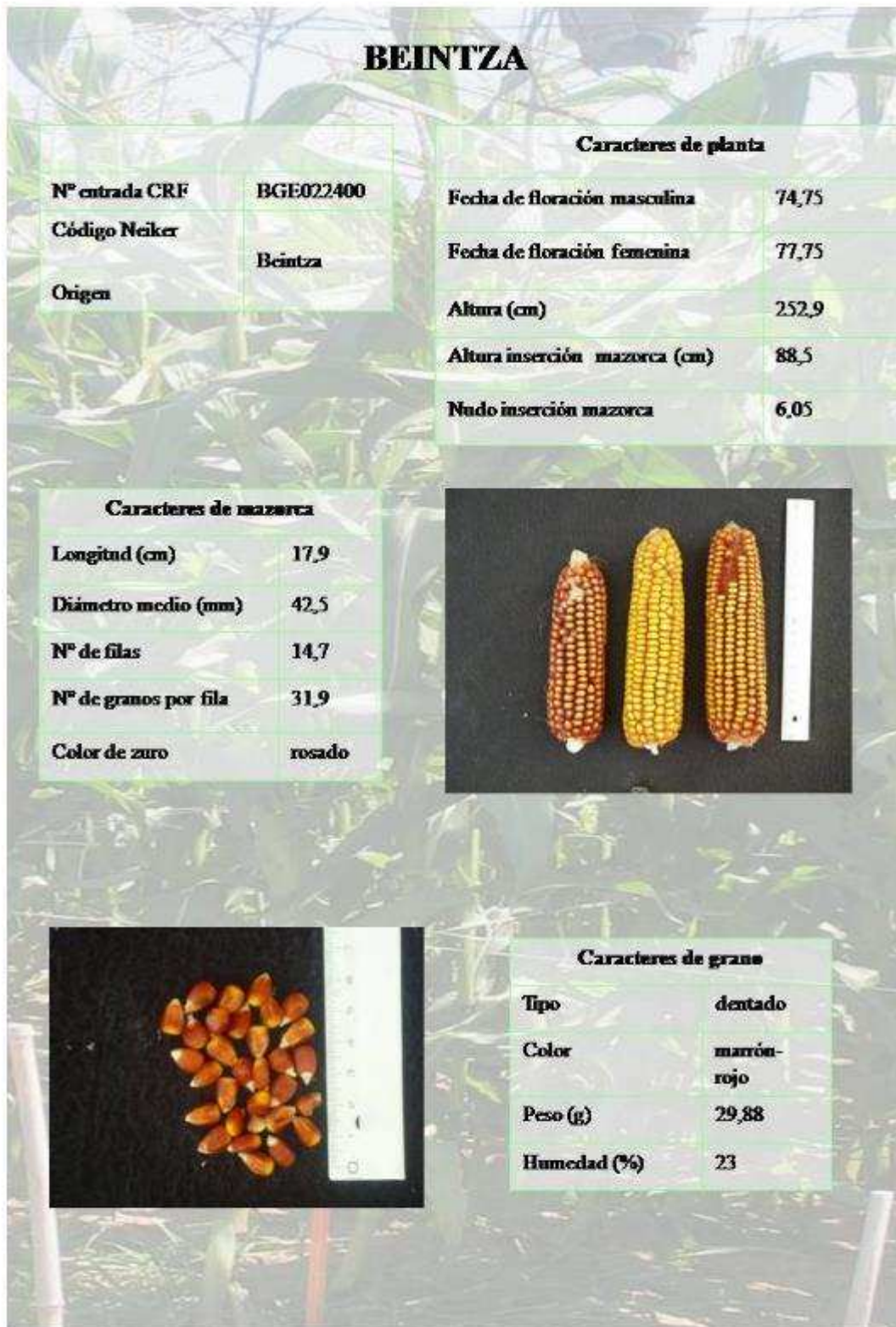


Figura 19. Descriptiva de la variedad Beintza



Figura 20. Descriptiva de la variedad Bera

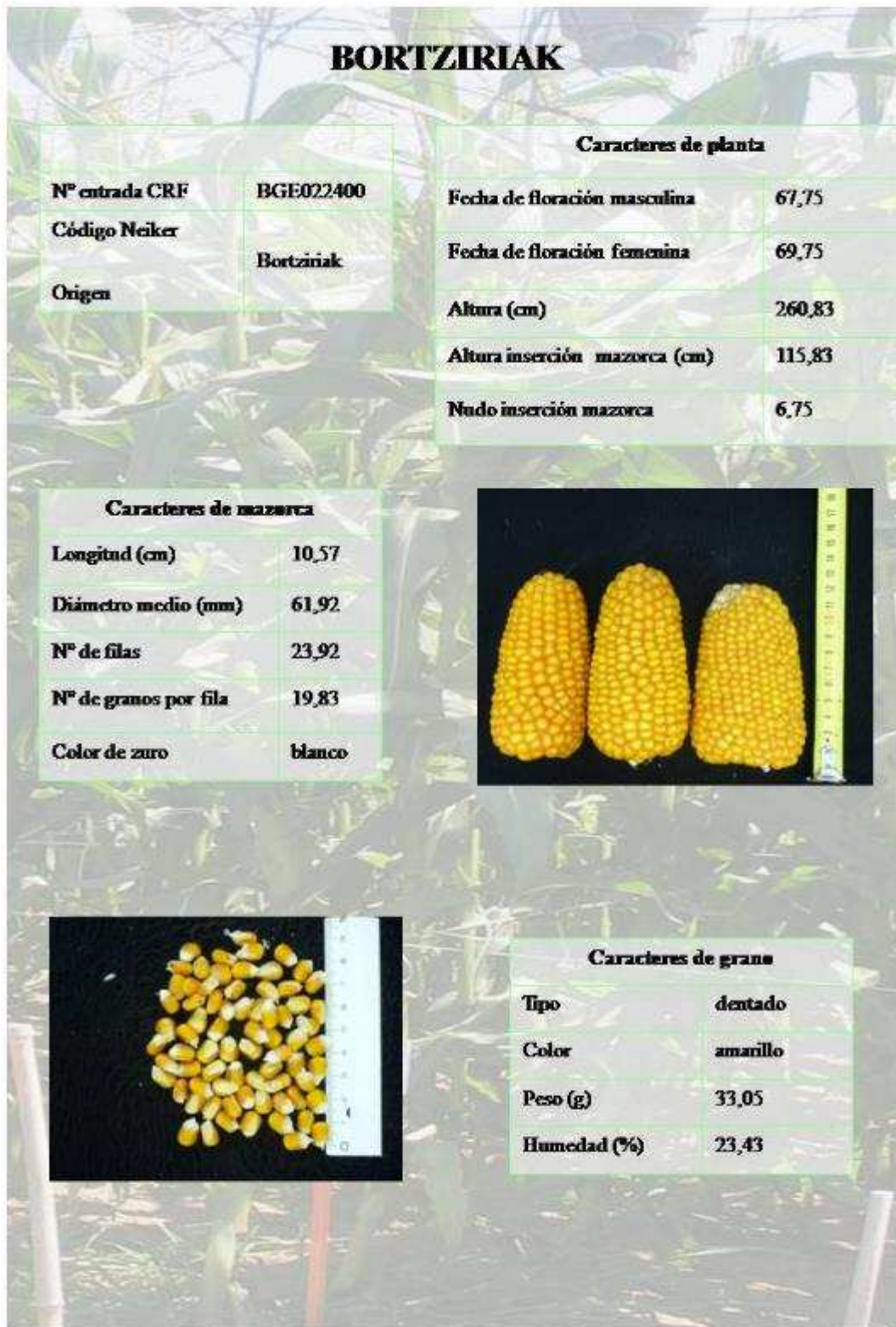


Figura 21. Descriptiva de la variedad Bortziariak

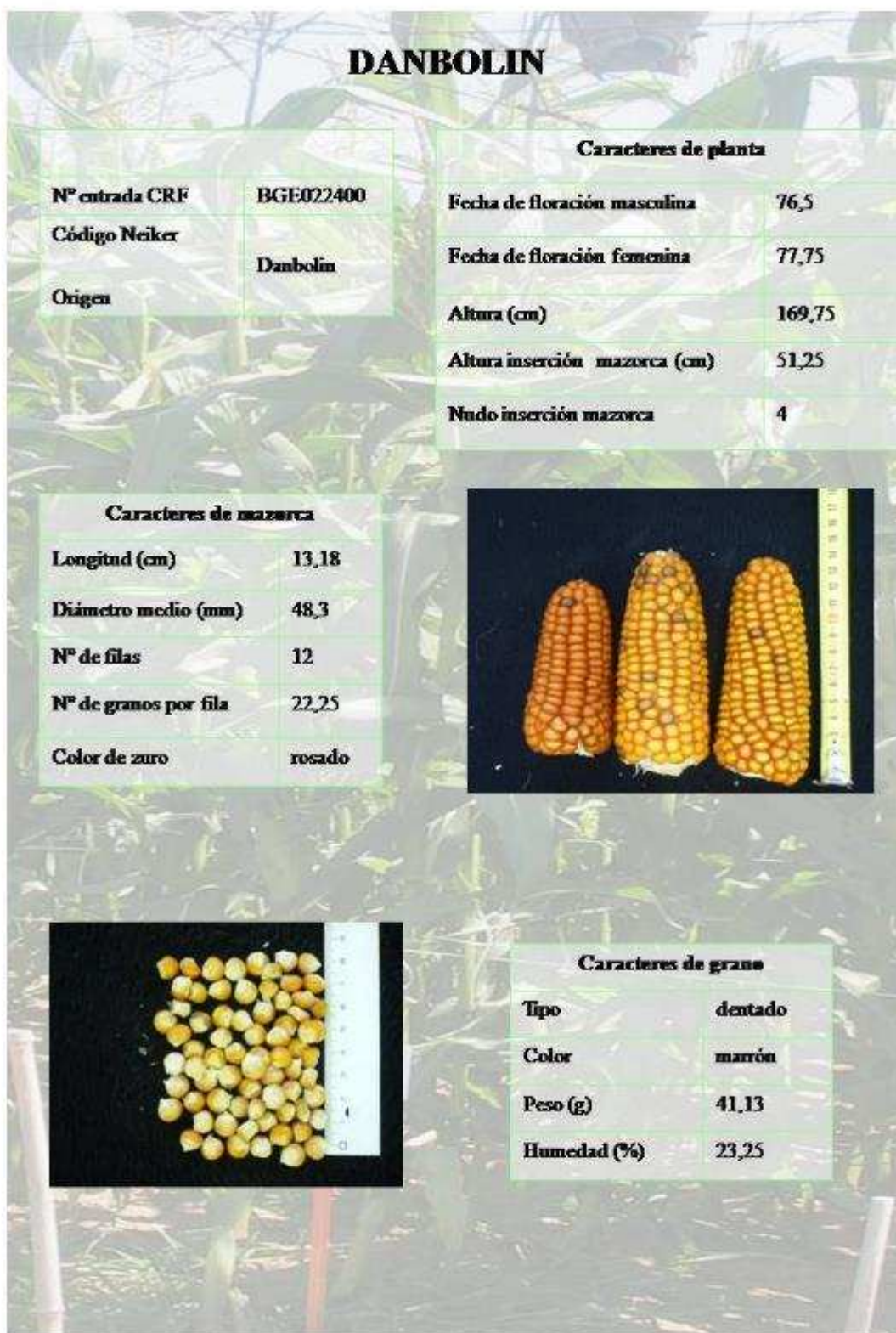


Figura 22. Descriptiva de la variedad Danbolin

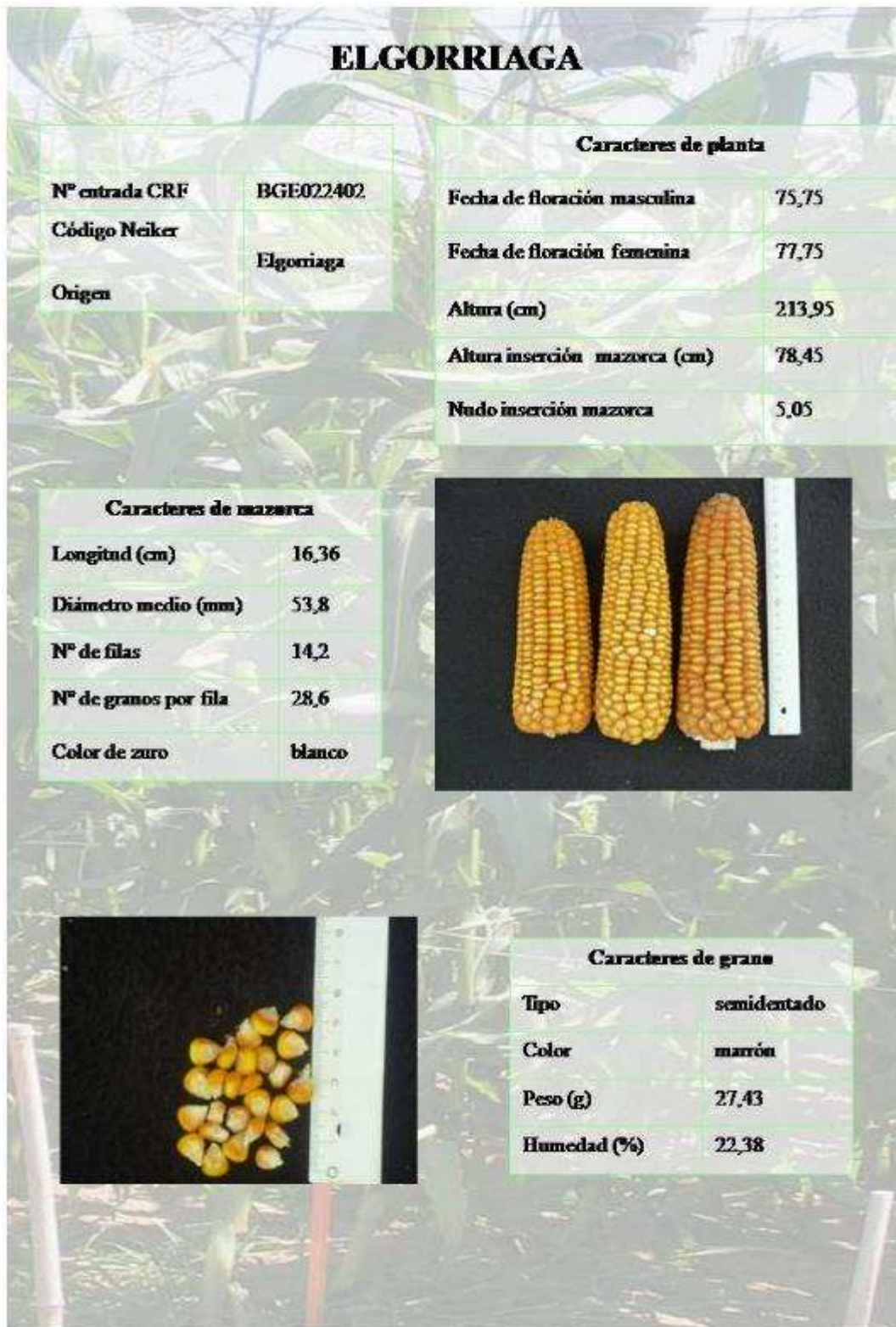


Figura 23. Descriptiva de la variedad Elgorriaga

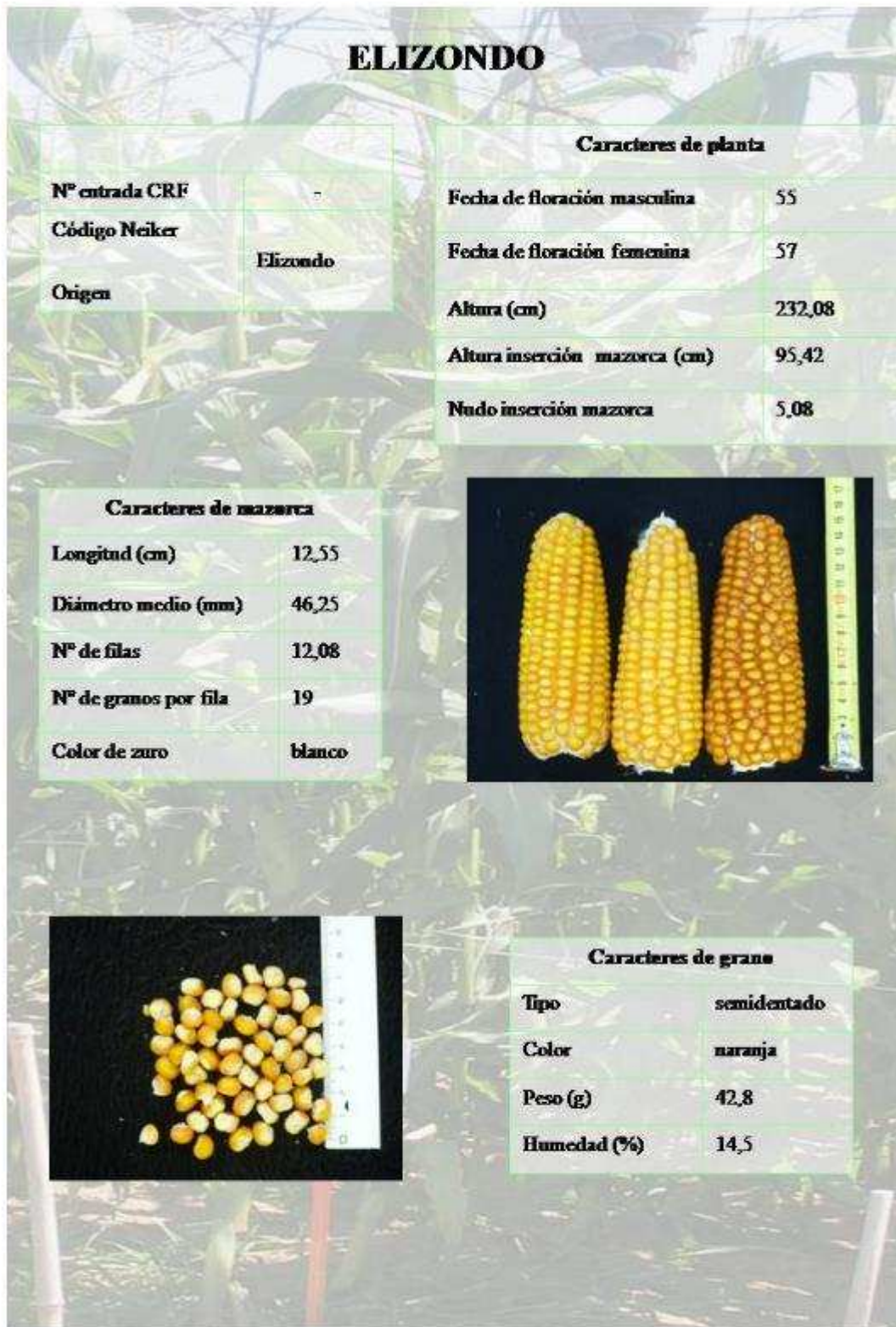


Figura 24. Descriptiva de la variedad Elizondo

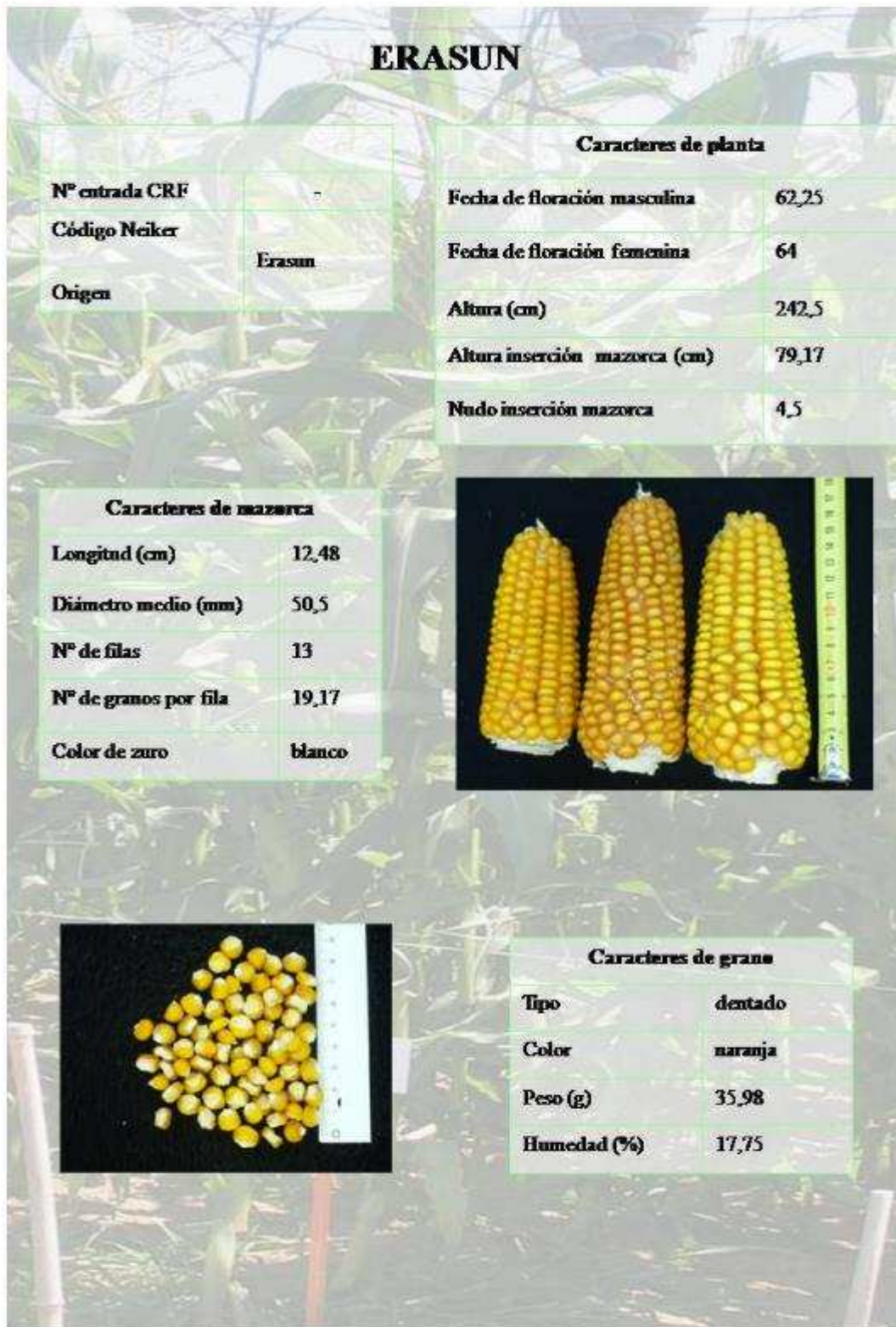


Figura 25. Descriptiva de la variedad Erasun

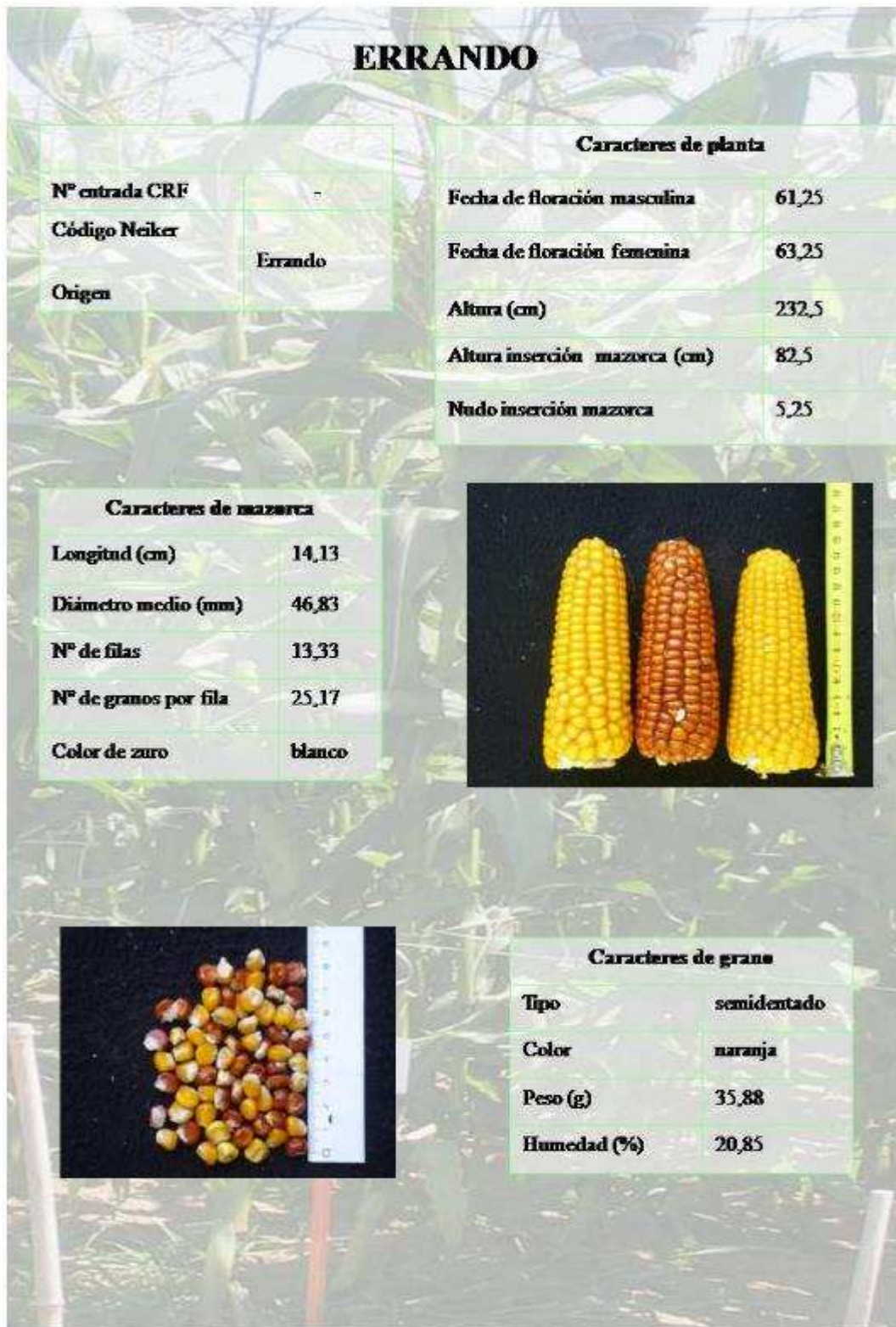


Figura 26. Descriptiva de la variedad Errando

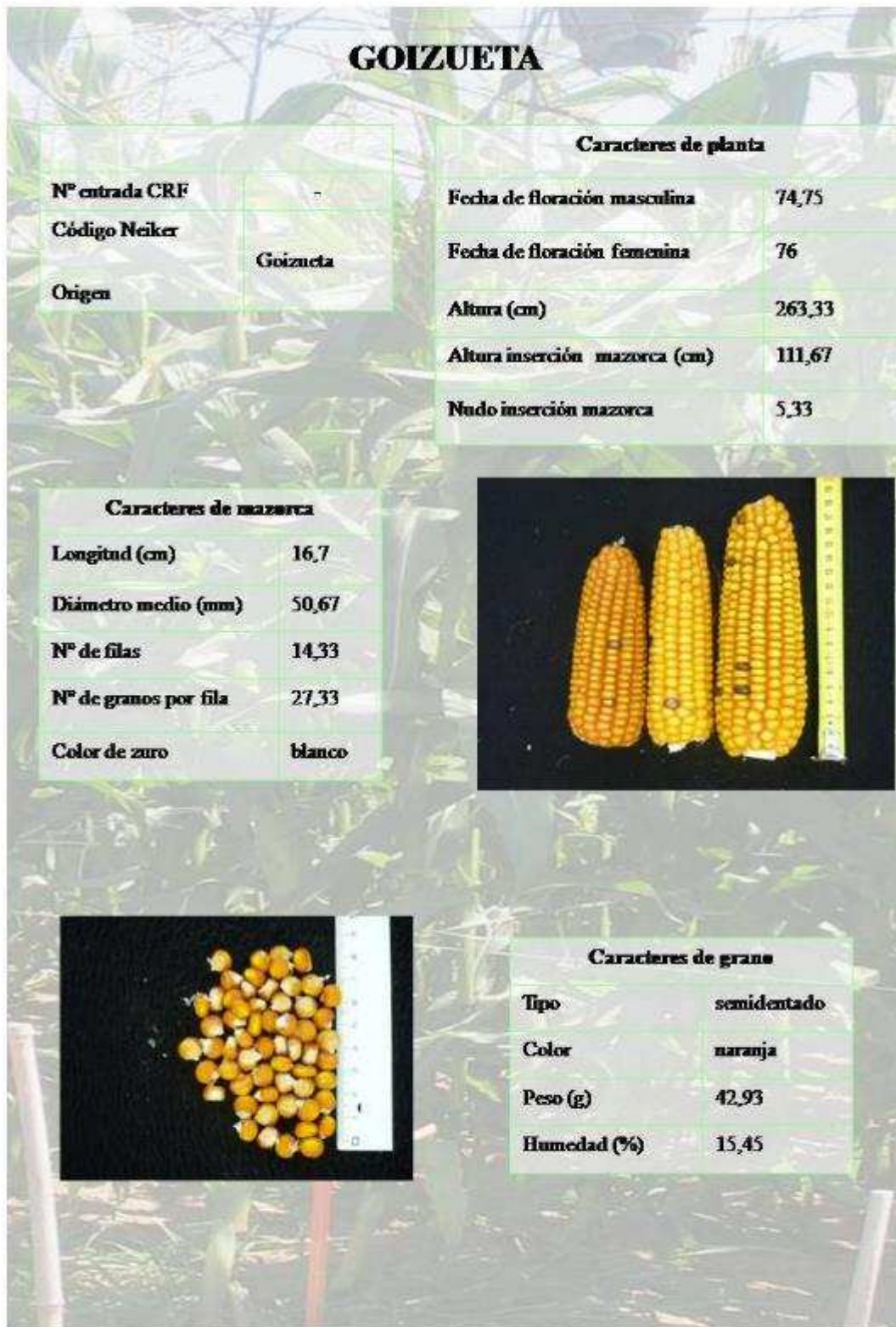


Figura 27. Descriptiva de la variedad Goizueta

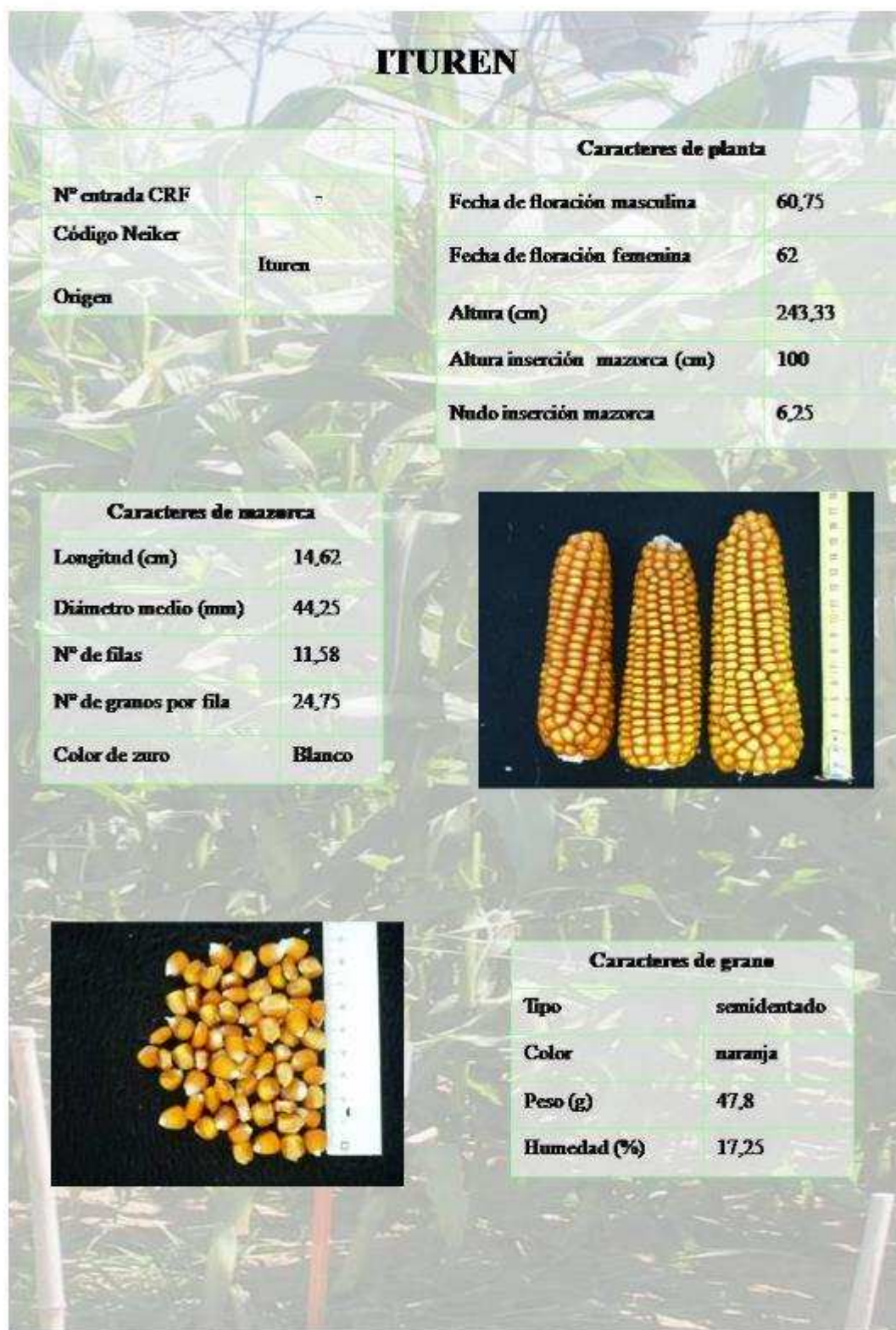


Figura 28. Descriptiva de la variedad Ituren

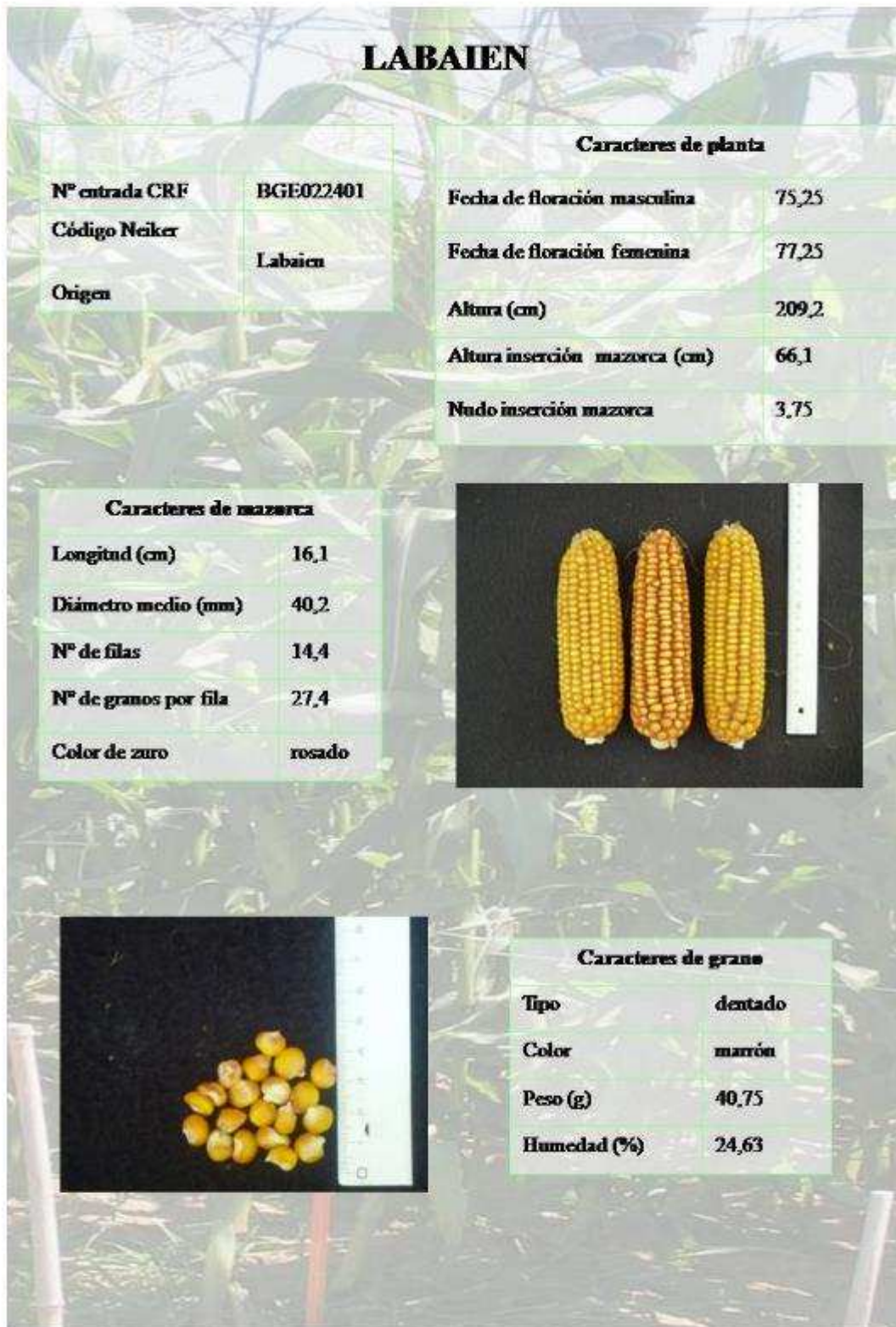


Figura 29. Descriptiva de la variedad Labaien

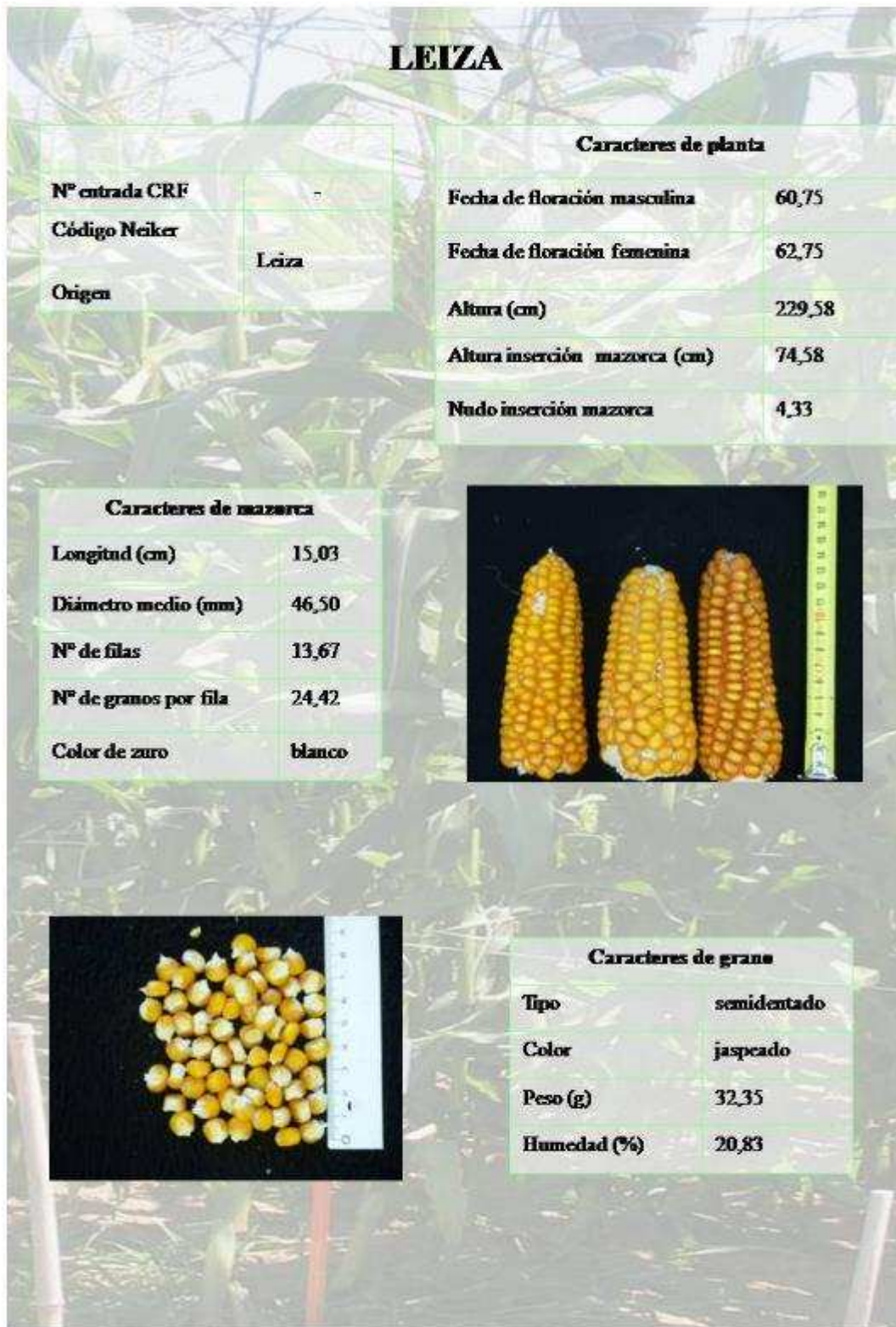


Figura 30. Descriptiva de la variedad Leiza

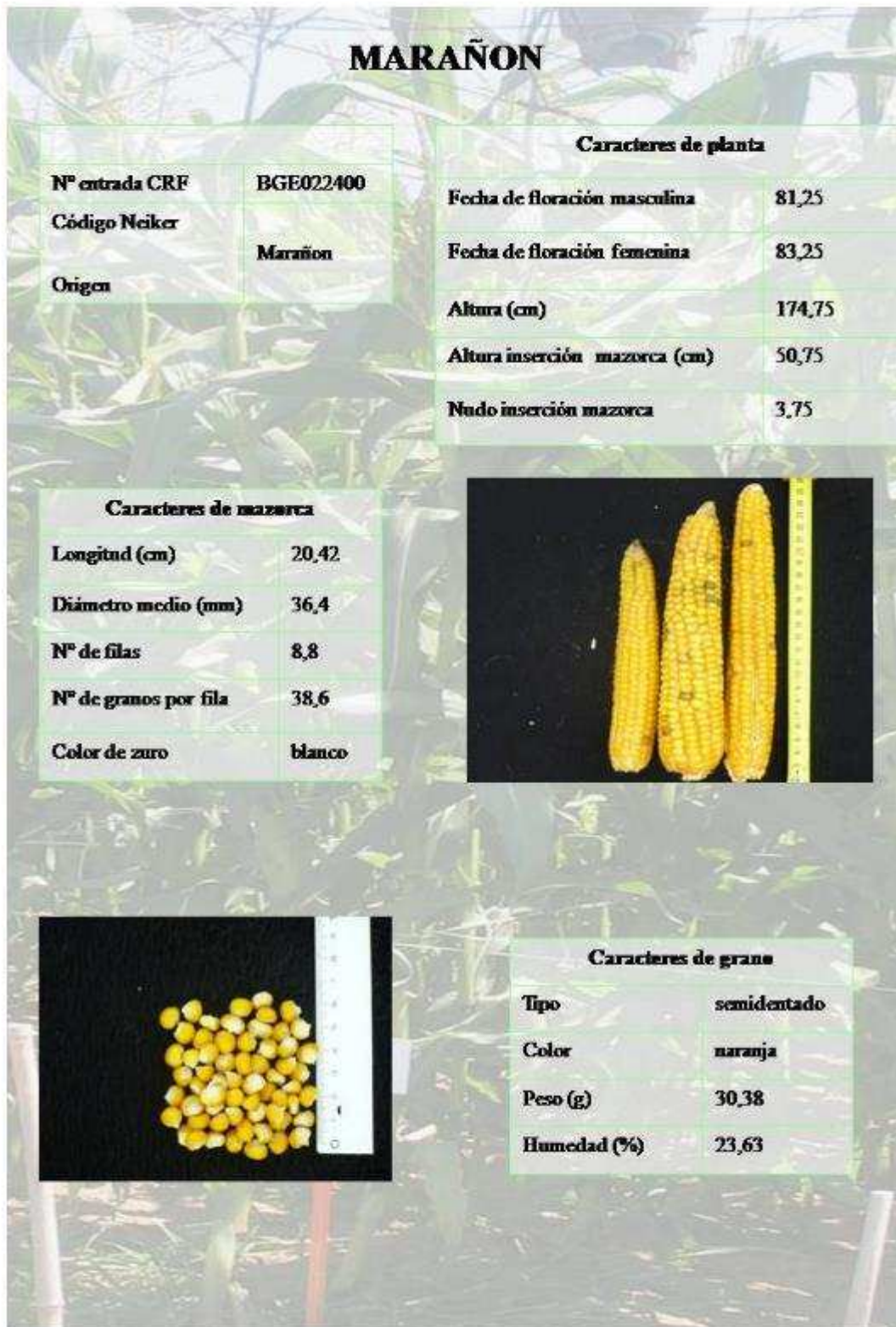


Figura 31. Descriptiva de la variedad Marañón

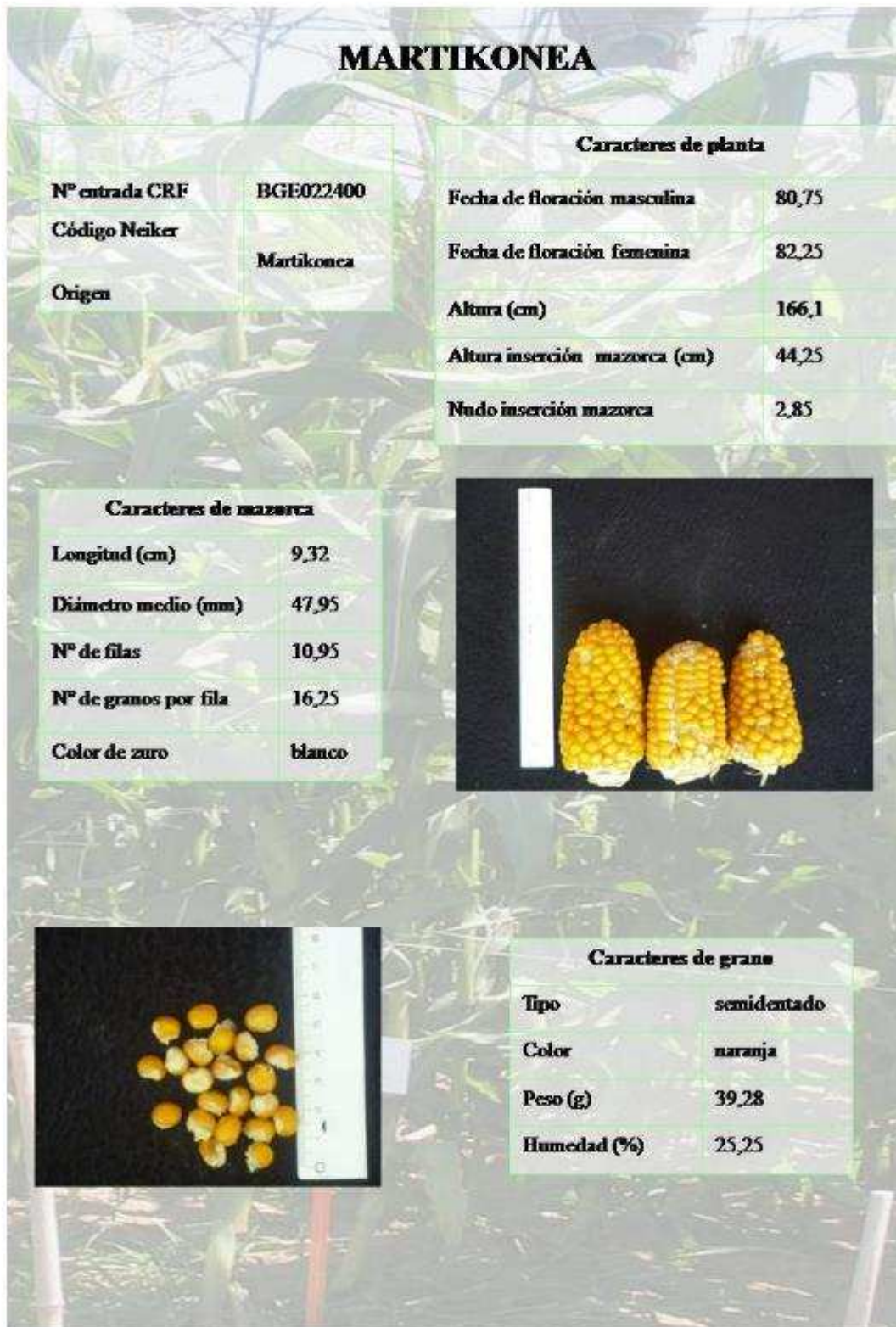


Figura 32. Descriptiva de la variedad Martikonea



Figura 33. Descriptiva de la variedad Narvarte

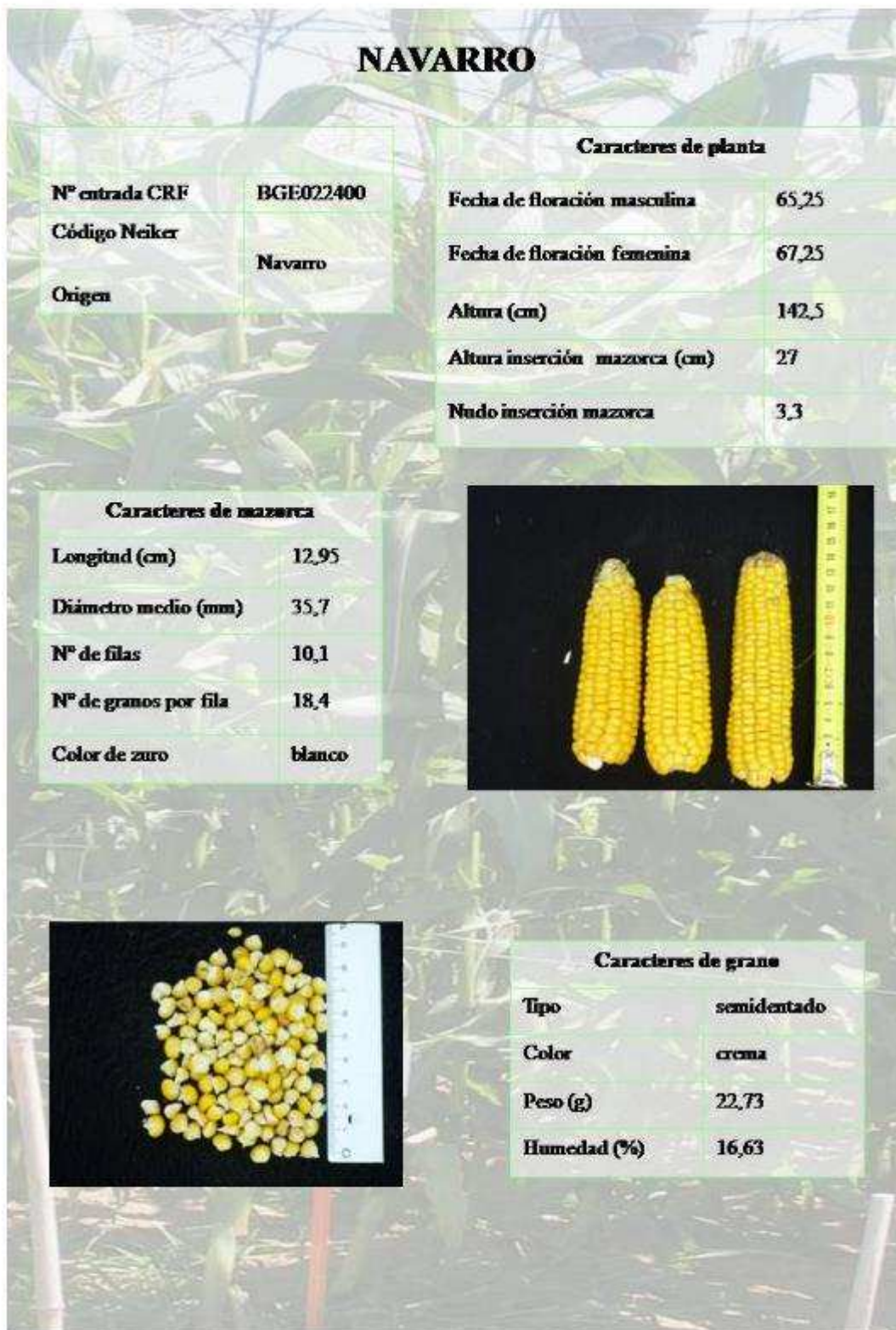


Figura 34. Descriptiva de la variedad Navarro

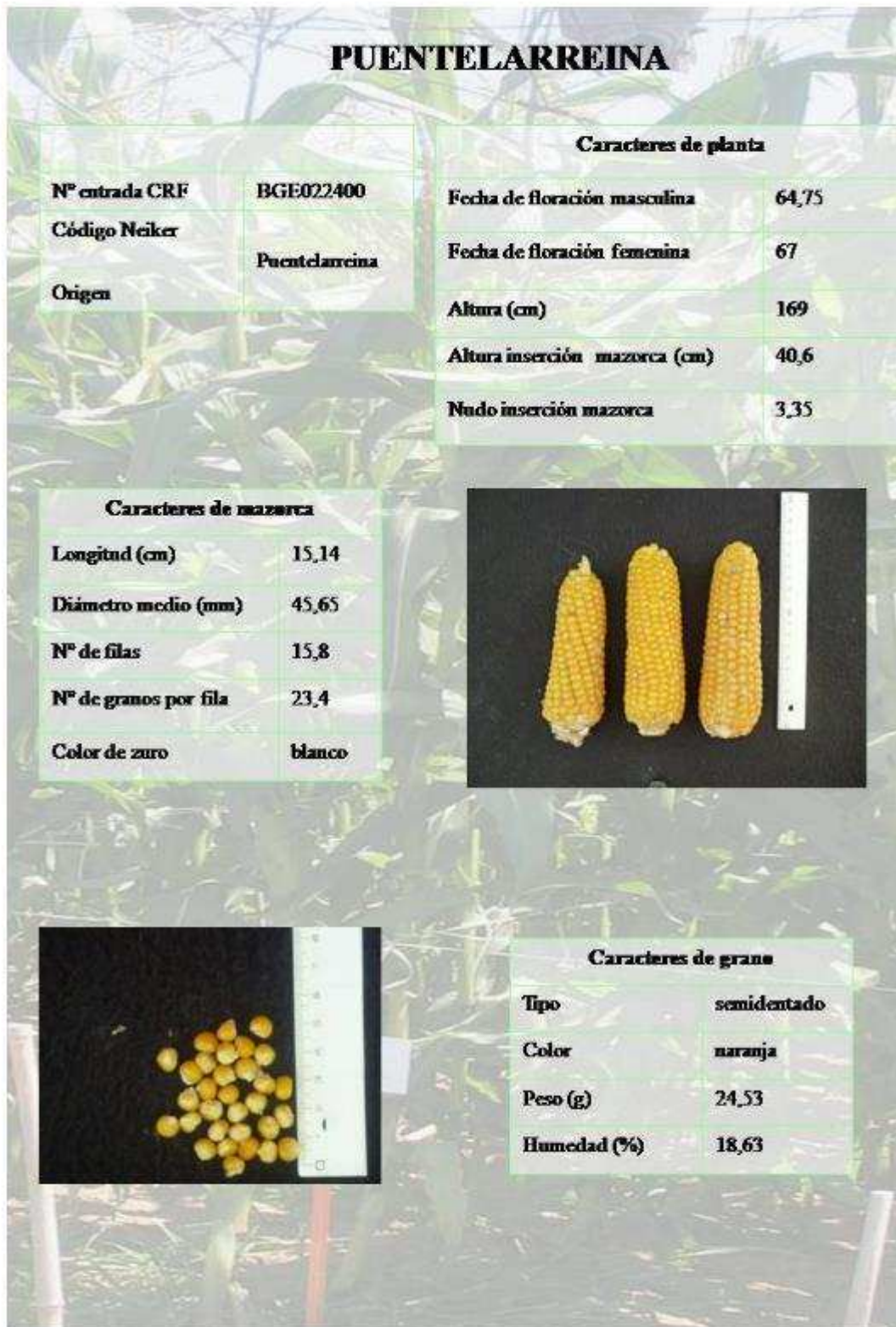


Figura 35. Descriptiva de la variedad Puentelarreina

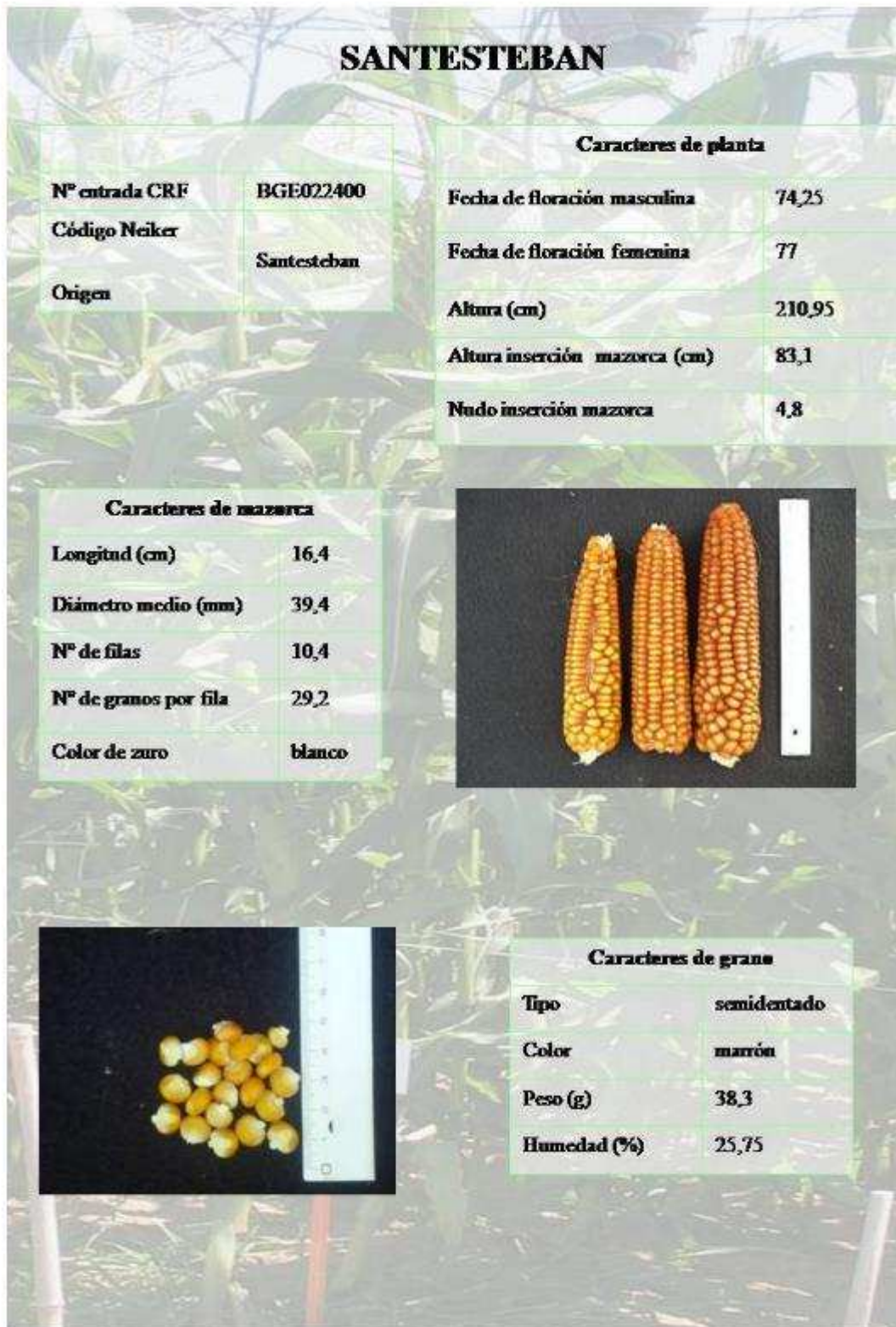


Figura 36. Descriptiva de la variedad Santesteban

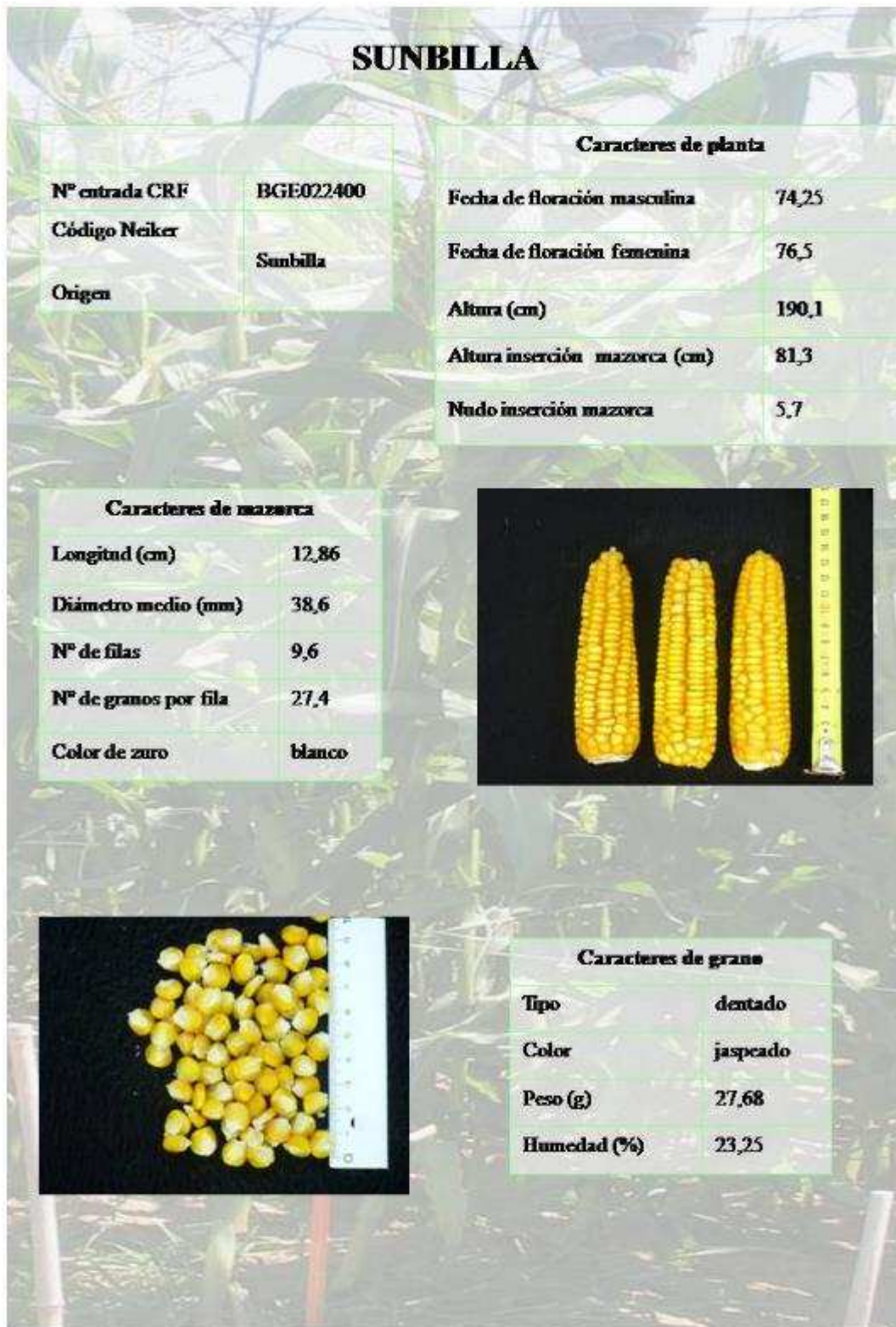


Figura 37. Descriptiva de la variedad Sunbilla

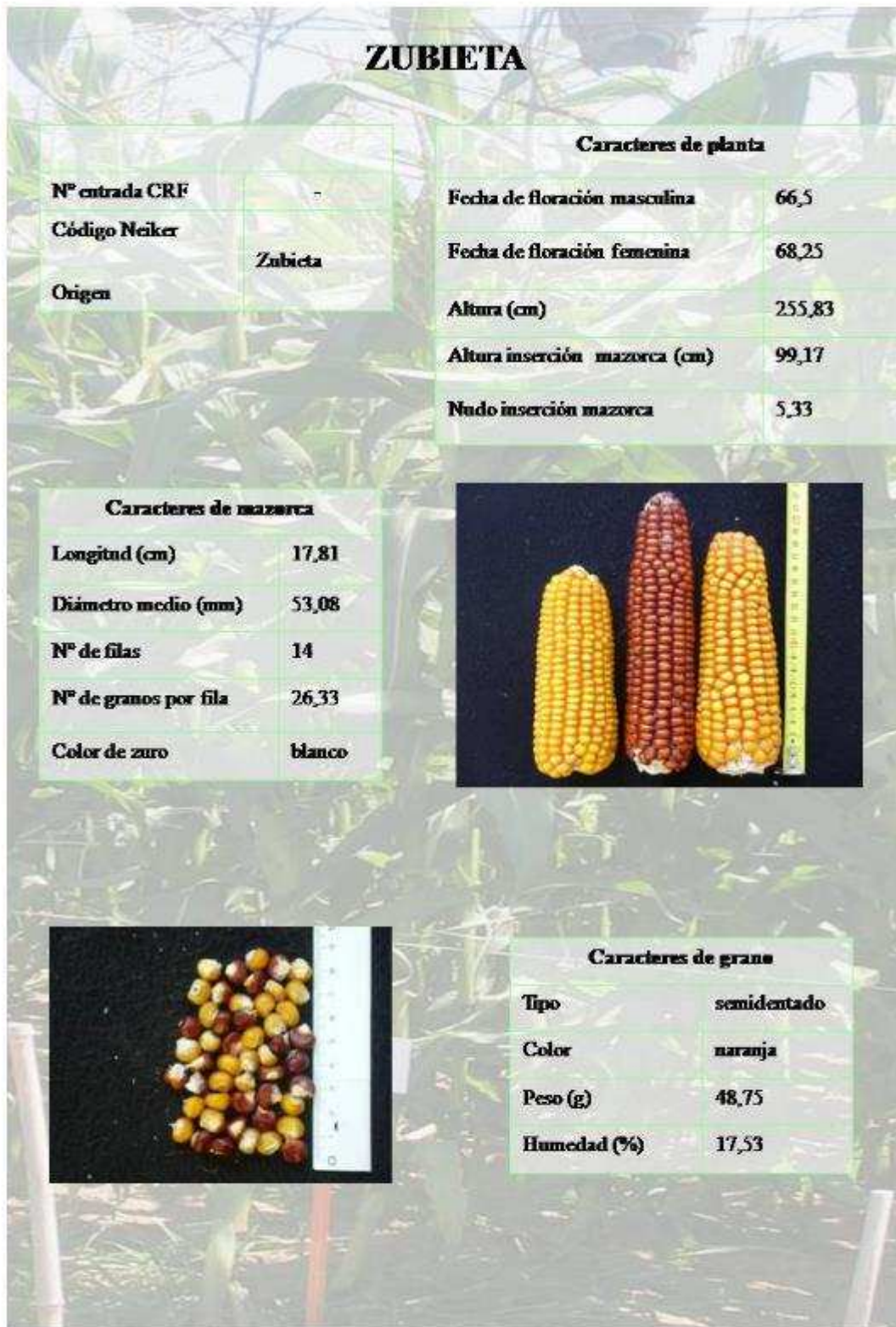


Figura 38. Descriptiva de la variedad Zubieta

5.3. AGRUPACIÓN DE LAS VARIEDADES

A partir de los caracteres elegidos para la clasificación de las 22 variedades, se efectuó un dendrograma que representa las relaciones filogenéticas entre todas ellas. Se observa un total de 6 grupos de variedades de los cuales 3 incluyen una única población.

El procedimiento para la elección de un número de grupos determinado, se ha basado en los coeficientes de distancia euclídea correspondientes, además del conocimiento previo del material.

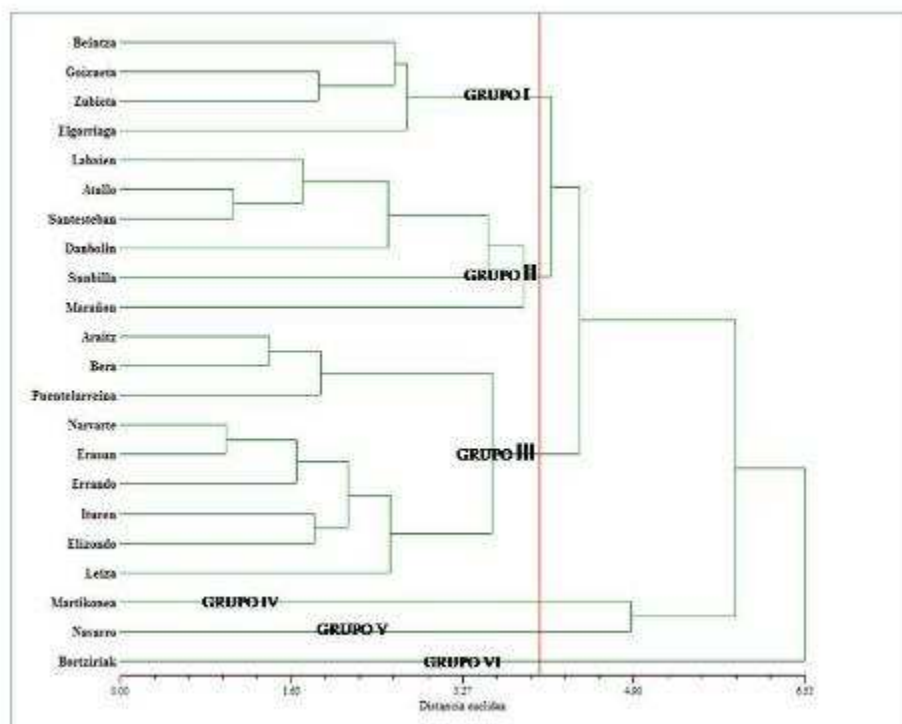


Figura 39. Dendrograma obtenido con las variedades de maíz de Navarra

En la Tabla 15, se reflejan los grupos obtenidos de la clasificación de las variedades obtenida al realizar el dendrograma. El valor umbral utilizado, marcado con una línea roja, ha sido 4,085, que es donde la distancia euclídea da un salto mayor entre grupos.

Tabla 15. Variedades pertenecientes a cada grupo obtenido en el dendrograma

GRUPO	VARIEDAD	GRUPO	VARIEDAD
I	Beintza	III	Araitz
	Goizueta		Bera
	Zubieta		Puentelarreina
	Elgorriaga		Narvarte
II	Labaien		Erasun
	Atallo		Errando
	Santesteban		Ituren
	Danbolin		Elizondo
	Sunbilla		Leiza
	Marañón		IV
		V	Navarro
		VI	Bortziriak

En la Tabla 16 se muestran las medias de los caracteres para cada grupo taxonómico obtenido.

Tabla 16. Medias de los caracteres de cada grupo

	I	II	III	IV	V	VI
Flor masculina (días)	72,9	75,8	61,7	80,8	65,3	67,8
Flor femenina (días)	74,9	78,0	64,0	82,3	67,3	69,8
Protandria	2,0	2,2	2,3	1,5	2,0	2,0
% encamado	9,8	6,9	13,4	50,0	25,0	17,3
Humedad (%)	19,6	24,4	18,7	25,3	16,6	23,4
Rendimiento total (kg/ha)	9.713,3	6.431,6	7.456,4	3.729,1	2.238,9	7.045,0
Peso 100 (g)	37,2	35,5	37,6	39,3	22,7	33,1
Altura planta (cm)	246,5	190,4	218,1	166,1	142,5	260,8
Altura de inserción de la mazorca (cm)	93,6	65,3	73,3	45,3	27,0	115,8
Nº nudos	11,6	9,7	10,3	6,9	7,7	12,8
Nudo de inserción de la mazorca	5,4	4,4	4,5	2,9	3,3	6,8
Longitud mazorca (cm)	17,2	15,8	13,5	9,3	13,0	10,6
Diámetro mazorca (mm)	50,0	40,5	48,4	48,0	35,7	61,9
Número filas	14,3	11,0	13,5	11,0	10,1	23,9
Nº granos /fila	28,5	29,2	21,6	16,3	18,4	19,8
Color del zurro	1,2	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0
Tipo de grano	2,4	2,3	2,1	2,0	2,0	2,5
Color del grano	5,8	5,4	5,1	5,0	2,0	4,1

Las características generales de dichas agrupaciones son las siguientes:

- Grupo I. Agrupa 4 variedades a lo largo de la Comunidad Foral de Navarra (Beintza, Goizueta, Zubieta y Elgorriaga). Son plantas con mayor rendimiento. La mazorca es la más larga y posee el mayor número de granos por fila. El color del grano es el más oscuro, entre marrón y rojo.

- Grupo II. Agrupa a 6 variedades (Labaïen, Atallo, Santesteban, Danbolin, Sunbilla y Marañón). Es el grupo cuyo porcentaje de encamado es menor. El color del zurro es el más oscuro, entre blanco y rosado. La mazorca es la más chata siendo la relación entre el largo y el diámetro del 27%.

- Grupo III. Agrupa al mayor número de variedades, son 9 (Araitz, Puentelarreina, Narvarte, Erasun, Errando, Ituren y Elizondo). Este grupo destaca por su pronta floración junto con un buen rendimiento.

- Grupo IV. Únicamente incluye la variedad Martikonea. Es la variedad que más tarde entra en floración y cuyo peso de 100 granos es mayor. Tiene el mayor porcentaje de encamado, hasta el 50% y el que menos granos por fila.

- Grupo V. Únicamente incluye la variedad Navarro. Son las plantas de menor tamaño, no llegando a los 150 cm y las que tienen peor rendimiento. El diámetro de la mazorca es el más pequeño y consecuentemente tiene menos números de filas. El color del grano es crema, siendo el más claro de todos los grupos.

- Grupo VI. Únicamente incluye la variedad Bortziriak. Son las plantas de mayor tamaño. El diámetro de las mazorcas son las más grandes, consecuentemente tienen mayor número de filas. La mazorca es la más chata siendo la relación entre el largo y el diámetro del 57%.

A continuación, en la Tabla 17 y 18, se pueden observar las medias de los diferentes caracteres para las variedades que han sido seleccionadas por su interés agronómico; Goizueta y Zubieta (Grupo I), Erasun, Errando, Ituren, Elizondo y Leiza (Grupo III) y Bortziriak (Grupo VI).

Para esta selección se han tomado en cuenta el rendimiento (Erasun y Zubieta), la altura de la planta (Goizueta, Bortziriak), el peso de los granos (Zubieta, Ituren, Goizueta, Elizondo), la pronta floración (Erasun, Errando, Leiza, Ituren y Elizondo), y el número de granos por fila (Goizueta, Ituren, Leiza, Errando, Zubieta). La variedad Bortziriak ha resaltado en el caso de los caracteres diámetro de mazorca y número de filas por grano.

Cabría decir también que en este caso se ha realizado un trabajo de caracterización pero no de evaluación, con el cual podríamos obtener más información en cuanto a caracteres de interés agronómico (resistencia a enfermedades, detalles del rendimiento...), los cuales son de herencia más compleja.

Dicho esto, comentar que a pesar de que a día de hoy las variedades seleccionadas no están siendo usadas, se mantienen en el Banco de Germoplasma de NEIKER para estar disponibles bien para su cultivo como para futuros programas de mejora.

Tabla 17. Medias de los caracteres para las variedades Goizueta, Bortziriak, Ituren y Elizondo

	Goizueta	Bortziriak	Ituren	Elizondo
Flor masculina (días)	74,75	67,75	60,75	55,0
Flor femenina (días)	76,0	69,75	62,0	57,0
Protandría (días)	1,25	2,0	1,25	2,0
% Encamado	20,26	17,34	12,05	12,71
Humedad (%)	15,45	23,43	17,25	14,75
Rendimiento total (kg/ha)	8.474	7.045	8.090	5.450,5
Peso 100 granos (g)	42,93	33,1	47,6	42,8
Altura planta (cm)	263,33	260,83	243,33	232,08
Altura de inserción mazorca (cm)	111,67	115,83	100,0	95,42
Nº Nudos	12,92	12,83	11,08	10,5
Nudo inserción mazorca	5,33	6,75	6,25	5,08
Longitud Mazorca (cm)	16,7	10,57	14,62	12,55
Diámetro mazorca (mm)	50,67	61,92	44,25	46,25
Nº filas	14,33	23,92	11,58	12,08
Nº granos por fila	27,33	19,83	24,75	19,0
Color zurro	1,0	1,0	1,0	1,0
Tipo de grano	2,3	2,5	2,1	1,7
Color de grano	5,4	4,1	5,3	5,3

Tabla 18. Medias de los caracteres para las variedades Leiza, Erasun, Errando y Zubieta.

	Leiza	Erasun	Errando	Zubieta
Flor masculina (días)	60,75	62,25	61,25	66,50
Flor femenina (días)	62,75	64,0	63,25	68,25
Protandría (días)	2,0	1,75	2,0	1,75
% Encamado	23,79	4,69	12,91	15,11
Humedad (%)	20,83	17,75	20,85	17,53
Rendimiento total (kg/ha)	8.143,5	10.022,5	8.200,5	11.200
Peso 100 granos (g)	32,35	35,98	35,88	48,75
Altura planta (cm)	229,58	242,5	232,5	255,83
Altura de inserción mazorca (cm)	74,58	79,17	82,5	99,17
Nº Nudos	10,67	10,08	11,25	11,5
Nudo inserción mazorca	4,33	4,5	5,25	5,33
Longitud Mazorca (cm)	15,03	12,48	14,13	17,81
Diámetro mazorca (mm)	46,5	50,5	46,83	53,08
Nº filas	13,67	13,0	13,33	14,0
Nº granos por fila	24,42	19,17	25,17	26,33
Color zurro	1,0	1,0	1,0	1,0
Tipo de grano	2,3	2,7	1,6	2,3
Color de grano	3,3	5,3	5,3	5,4

6. CONCLUSIONES

A partir del análisis y discusión de los resultados de los ensayos de evaluación de las variedades de maíz de Navarra, se pueden deducir las siguientes conclusiones:

1. Se ha realizado la caracterización agronómica descriptiva de un conjunto de 22 variedades de maíz de Navarra mediante una ficha descriptiva por variedad.
2. Todos los caracteres evaluados presentaron diferencias altamente significativas en el análisis de varianza. La altura de inserción de mazorca, la protandria, el encamado, el rendimiento total y el color de zuro, mostraron, en general, los coeficientes de variación más elevados, siendo especialmente elevado el del encamado.
3. Mediante la utilización de caracteres morfológicos se han clasificado las variedades en 6 grupos, de los cuales un grupo representa el 41% de las variedades y 3 están formados por una sola variedad.
4. De los grupos resultantes se han identificado variedades de alto vigor de nascencia y desarrollo, junto con buenas características de adaptación y producción.
5. Se han seleccionado las siguientes variedades; Goizueta, Zubieta, Erasun, Errando, Ituren, Elizondo, Leiza y Bortziriak, que se han considerado las más idóneas para su uso directo. Destacar la precocidad de Elizondo y los altos rendimientos de Erasun y Errando.
6. El óptimo comportamiento productivo y de adaptación de esas variedades, hacen que las mismas puedan ser de inmediata utilización por el agricultor o en su caso en programas de mejora genética, cuyo objetivo sea la obtención de variedades productivas y de calidad.

7. BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ RODRÍGUEZ, Á. (1988). Evaluación de poblaciones de maíz grano (*Zea mays*, L.) de la cornisa cantábrica y estudio de sus relaciones.

ÁLVAREZ RODRÍGUEZ, Á., & LASA DOLHAGARAY, J. M. (1990b). Local populations of maize from the North of Spain.

ALVAREZ, A., & LASA, J. M. (1990). Populations of maize from Cantabria. I. Morphological evaluation and variability. *An. Aula Dei*, 20(1-2).

ÁLVAREZ RODRÍGUEZ, Á., & RUIZ DE GALARRETA, J. I. (1995). *Variedades locales de maíz de Gipuzkoa: evaluación y clasificación*. Guipúzcoa. Diputación Foral.

BEADLE, G. W. (1939). Teosinte and the origin of maize. *Journal of Heredity*, 30(6), 245-247.

BIELSA ACED, A. (2006). Evaluación agronómica de ciclos de selección recurrente intrapoblacional en poblaciones sintéticas de maíz.

BRANDOLINI, A. (1970). Razze europee di mais. *Maydica*.

COLLINS, G. N. (1921). TEOSINTE IN MEXICO The closest wild relative of Maize is Teosinte—a forage plant hitherto known only as an annual. A perennial form discovered in Southern Mexico should prove of value to the breeder. *Journal of Heredity*, 12(8), 339-350.

DARRAH, L. L., & ZUBER, M. S. (1986). 1985 United States farm maize germplasm base and commercial breeding strategies. *Crop science*, 26(6), 1109-1113.

DE RON, A. M., & ORDÁS, A. (1987). Genetic Study of Non-Ear Characters in Maize. *Plant breeding*, 98(3), 268-271.

FERNÁNDEZ-GRANDA, L., CROSSA, J., FUNDORA-MAYOR, Z., CASTIÑEIRAS-ALFONSO, L., GÁLVEZ-RODRÍGUEZ, G., GARCÍA-GARCÍA, M., & GIRAUDY-BUENO, C. (2013). Identificación y caracterización de razas de maíz en sistemas campesinos tradicionales de dos áreas rurales de Cuba. *Revista Bio Ciencias*, 1(1).

GARCÍA, M. V., ARTURI, M. J., & ANSÍN, O. E. (2002). Variabilidad fenotípica y genética en poblaciones de pasto miel (*Paspalum dilatatum* Poir.). *Agricultura técnica*, 62(2), 237-244.

GARCÍA MÉNDEZ, E. M., RUIZ DE GALARRETA, J. I., ÁLVAREZ RODRÍGUEZ, Á., MÉNDEZ LODOS, S., SEBASTIÁN PALOMARES, J. I. D., MAESTRO REQUENA, G., & MORA MARTÍNEZ, M. J. (2013). *Variedades locales de maíz de Cantabria*. Cantabria (Comunidad Autónoma). Gobierno.

GALINAT, W. C., SPRAGUE, G. F., & DUDLEY, J. W. (1988). The origin of corn. *Corn and corn improvement. Third edition.*, 1-31.

HALLAUER, A. R., & MIRANDA FO, J. B. (1988). Quantitative genetics in plant breeding. *Iowa State*.

ILTIS, H. H. (1983). From teosinte to maize: the catastrophic sexual transmutation. *Science*, 222(4626), 886-894.

JENKINS, M. T. (1935). The effect of inbreeding and of selection within inbred lines of maize upon the hybrids made after successive generations of selfing. *Iowa State J. Sci*, 3, 429-450.

JUGENHEIMER, R. W. (1981). Maíz. *Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. 1a. Edición. Editorial Limosa. México, 1*, 212-217.

LLANOS, M. (1984). El maíz. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

LLAURADO, M. (1990). *Caracterización morfológica e isoenzimática de las variedades locales de maíz de Galicia y de la Cornisa Cantábrica* (Doctoral dissertation, Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela).

MANGELSDORF, P. C. (1947). *The origin and evolution of maize*. Academic Press.

MANGELSDORF, P. C. (1974). *Corn: its origin, evolution and improvement* (pp. 1-7). Cambridge: Mass., Harvard University Press 262p.. Illustrations.

MIRACLE, M. P. (1966). Maize in tropical Africa. *Maize in Tropical Africa*.

ORDÁS, A. (1991). Heterosis in crosses between American and Spanish populations of maize. *Crop science*, 31(4), 931-935.

RANDOLPH, L. F. (1959). The Origin of Maize*. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding (The)*, 19(1), 1-12.

REYES CASTAÑEDA, P. (1990). El maíz y su cultivo. *Mexico, DF: AGT Editor x*, 460p.-illus.. ISBN, 1094695930.

RUIZ DE GALARRETA, J. I. (1993). Agrupación de poblaciones locales de maíz (*Zea mays* L.) mediante caracteres morfológicos y parámetros ambientales.

RUIZ DE GALARRETA GÓMEZ, J. I. (2001). Agrupación de poblaciones locales de maíz (*Zea mays* L.) mediante caracteres morfológicos y parámetros ambientales (Doctoral dissertation, Universitat de Lleida).

RUIZ DE GALARRETA, J. R., & ALVAREZ, A. (2001). Morphological classification of maize landraces from northern Spain. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 48(4), 391-400.

SANCHEZ-MONGE, E. (1962). *Razas de maiz en España* (No. 633.15521 RAA ESP. CIMMYT.).

WEATHERWAX, P. (1954). Indian corn in old America.

WEATHERWAX, P. (1955). History and origin of corn. I. Early history of corn and theories as to its origin. *Corn and corn improvement, 1*, 1-16.

WILKES, H. G. (1967). Teosinte: the closest relative of maize. *Teosinte: the closest relative of maize*.