





**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
SECCIÓN DE INGENIERÍA AGRARIA  
GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA Y DEL MEDIO RURAL**

---

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA, MORFOLÓGICA Y APTITUD HARINERA  
DE VARIEDADES TRADICIONALES DE MAÍZ (*Zea mays* L.)**

---



**Jonay Delgado Hernández**

**La Laguna, julio de 2018**



## AUTORIZACIÓN



**IMPRESO P05**

**AUTORIZACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO  
POR SUS DIRECTORES**

**CURSO 2017/2018**

DIRECTOR – COORDINADOR: Domingo J. Ríos Mesa

DIRECTOR: María Encarnación Velázquez Barrera

como Director/es/ del alumno Jonay Delgado Hernández en el TFG titulado:  
“EVALUACIÓN AGRONÓMICA, MORFOLÓGICA Y APTITUD HARINERA DE  
VARIEDADES TRADICIONALES DE MAÍZ (*Zea mays* L.)”, nº de Ref 3, doy/damos  
mi/nuestra autorización para la presentación y defensa de dicho TFG, a la vez que  
confirmo/confirmamos que el alumno ha cumplido con los objetivos generales y  
particulares que lleva consigo la elaboración del mismo y las normas del Reglamento  
de Régimen Interno para la realización de TFG de la EPSI, Sección de Ingeniería  
Agraria.

La Laguna, a 15 de junio de 2018

Fdo: Domingo J. Ríos Mesa

Fdo: María Encarnación Velázquez Barrera

(Firma de los directores)

**SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE TRABAJOS FIN DE GRADO**



## **AGRADECIMIENTOS**

Esta experiencia no habría sido posible sin los directores de este trabajo y sin el personal del Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife (CCBAT), por ello quiero agradecer al Dr. D. Domingo Ríos Mesa por haberme ofrecido ha realizarlo, aportando sus grandes conocimientos y experiencias, a Nani por estar presente en todo momento, tanto en las tareas de campo como de laboratorio y redacción del mismo, dando siempre ánimos, siendo pocas estas palabras de agradecimiento, a Agustín por implicarse en las diferentes tareas y hacer diferentes las salidas a campo y a Desirée, Luis, Santiago Pereira, Santiago González y el personal de convenio por su ayuda ofrecida.

Agradecer a la Escuela de Capacitación Agraria de Tacoronte (ECAT) por haber permitido desarrollar y realizar las labores del cultivo.

Muchas gracias a Aureo Cutillas y a su personal de la empresa HARINALIA CANARIAS S.L., en especial al Departamento de Calidad y Seguridad Alimentaria y a Vicente Díaz de la empresa CETECAL y todo su personal, por su colaboración con este trabajo, facilitando sus instalaciones. Sin ellos no hubiera sido posible parte de la realización de este trabajo.

Agradecer también a Antonio Bentabol con la colaboración del Servicio Técnico de Calidad y Valorización Agroalimentaria del Cabildo de Tenerife por la organización y documentación del análisis sensorial del gofio.

Por último y los más importantes, mis mayores agradecimientos van dirigidos a toda mi familia, en especial a mis padres y mis hermanos por aguantarme y haberme ayudado a realizar el grado y este trabajo.

Y con cariño, a Mercedes, por haber sido y seguir siendo mi gran apoyo.





## ÍNDICE GENERAL

<b>1. RESUMEN</b> .....	<b>17</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>23</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>27</b>
<b>4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>31</b>
<b>4.1 ORIGEN Y EXPANSIÓN DEL MILLO</b> .....	<b>33</b>
<b>4.2 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL MILLO</b> .....	<b>37</b>
<b>4.3 USO Y APROVECHAMIENTO DEL MILLO</b> .....	<b>39</b>
<b>4.4 IMPORTANCIA ECONÓMICA</b> .....	<b>41</b>
<b>4.5 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA DEL MILLO</b> .....	<b>47</b>
4.5.1 Descripción botánica .....	49
4.5.2 Ciclo vegetativo .....	53
<b>4.6 FISIOLOGÍA DEL MILLO</b> .....	<b>55</b>
<b>4.7 MATERIAL VEGETAL</b> .....	<b>58</b>
4.7.1 Variedades locales de millo .....	61
<b>4.8 EXIGENCIAS EN CLIMA Y SUELO</b> .....	<b>62</b>
4.8.1 Clima .....	62
4.8.2 Suelo .....	63
4.8.3 Efecto de la temperatura .....	63
4.8.4 Necesidades hídricas .....	65
<b>4.9 EXIGENCIAS NUTRICIONALES Y SÍNTOMAS DE LAS CARENCIAS</b> .....	<b>65</b>
<b>4.10 CULTIVO</b> .....	<b>68</b>
4.10.1 Preparación del terreno .....	68
4.10.2 Siembra .....	68
4.10.3 Abonado .....	70
4.10.4 Riego .....	71
4.10.5 Labores culturales .....	71
4.10.6 Rotación y cultivos asociados .....	72
<b>4.11 RECOLECCIÓN Y CONSERVACIÓN</b> .....	<b>73</b>
<b>4.12 PLAGAS Y ENFERMEDADES</b> .....	<b>76</b>
4.12.1 Plagas .....	76
4.12.2 Enfermedades .....	78
<b>4.13 MICOTOXINAS</b> .....	<b>79</b>
<b>5. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>83</b>
<b>5.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>85</b>
<b>5.2 LOCALIZACIÓN DE LA PARCELA</b> .....	<b>85</b>
<b>5.3 ANÁLISIS DEL SUELO Y CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO</b> .....	<b>87</b>
5.3.1 Análisis del suelo .....	87
5.3.2 Análisis del agua de riego .....	88
<b>5.4 DATOS AGROCLIMÁTICOS DURANTE EL PERÍODO EXPERIMENTAL</b> .....	<b>89</b>
<b>5.5 DISEÑO DEL ENSAYO</b> .....	<b>91</b>
<b>5.6 MATERIAL VEGETAL</b> .....	<b>93</b>
<b>5.7 LABORES CULTURALES</b> .....	<b>94</b>
<b>5.8 RECOLECCIÓN, SECADO DE LAS PIÑAS Y DESGRANADO</b> .....	<b>97</b>
<b>5.9 EVALUACIÓN DE LOS CARACTERES AGRONÓMICOS Y MORFOLÓGICOS</b> .....	<b>98</b>
5.9.1 Descriptores de la planta y ciclo .....	99

5.9.2	Descriptores de la mazorca .....	100
5.9.3	Descriptores del grano .....	102
5.9.4	Identificación de plagas y enfermedades .....	104
<b>5.10</b>	<b>PARÁMETROS DE CALIDAD HARINERA .....</b>	<b>105</b>
5.10.1	Análisis NIR.....	105
5.10.2	Análisis de micotoxinas .....	106
<b>5.11</b>	<b>ELABORACIÓN Y VALORACIÓN SENSORIAL DEL GOFIO .....</b>	<b>112</b>
5.11.1	Elaboración de gofio .....	112
5.11.2	Valoración sensorial del gofio.....	117
<b>5.12</b>	<b>TRATAMIENTO DE LOS DATOS.....</b>	<b>120</b>
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>123</b>
<b>6.1</b>	<b>CARACTERES AGRONÓMICOS Y MORFOLÓGICOS .....</b>	<b>125</b>
6.1.1	Caracteres de la planta y ciclo .....	125
6.1.2	Caracteres de la mazorca.....	130
6.1.3	Caracteres del grano.....	141
6.1.4	Producción de grano.....	144
<b>6.2</b>	<b>CALIDAD HARINERA .....</b>	<b>145</b>
6.2.1	NIR.....	145
6.2.2	Micotoxinas.....	146
<b>6.3</b>	<b>RENDIMIENTO Y VALORACIÓN SENSORIAL DEL GOFIO .....</b>	<b>147</b>
6.3.1	Rendimiento del gofio.....	147
6.3.2	Valoración sensorial del gofio .....	148
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>153</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>159</b>
<b>9.</b>	<b>ÁPENDICE .....</b>	<b>167</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Componentes nutritivos del millo.....	38
<b>Tabla 2.</b> Contenido en aminoácidos del grano de millo. ....	38
<b>Tabla 3.</b> Principales países productores de maíz en el mundo en 2016.....	42
<b>Tabla 4.</b> Serie histórica de superficie, rendimiento, producción, precio y valor en España.....	44
<b>Tabla 5.</b> Análisis de superficie, rendimiento y producción en España en el año 2016. ....	46
<b>Tabla 6.</b> Superficie y producción de los cereales. ....	47
<b>Tabla 7.</b> Superficie, producción y valor de cereales por provincias en 2011. ....	47
<b>Tabla 8.</b> Clasificación taxonómica del maíz.....	48
<b>Tabla 9.</b> Resumen de obtención de híbridos.....	61
<b>Tabla 10.</b> La temperatura y sus efectos en la germinación del millo. ....	64
<b>Tabla 11.</b> Valores de temperatura en las diferentes etapas de desarrollo. ....	64
<b>Tabla 12.</b> Dosis media de abonado según el ciclo de la variedad y rendimientos en grano previsible. ....	70
<b>Tabla 13.</b> Efecto del contenido de humedad del grano sobre la fisiología de la semilla y la presencia de factores bióticos de estrés. ....	75
<b>Tabla 14.</b> Resultados e interpretación del análisis de suelo.....	87
<b>Tabla 15.</b> Resultados e interpretación del análisis de agua. ....	88
<b>Tabla 16.</b> Datos agroclimáticos durante el ensayo experimental, año 2017.....	89
<b>Tabla 17.</b> Diseño del ensayo.....	93
<b>Tabla 18.</b> Variedades de millo tradicionales empleadas en el ensayo experimental. ....	94
<b>Tabla 19.</b> Abonos aplicados durante el cultivo.....	96
<b>Tabla 20.</b> Tratamientos fitosanitarios aplicados durante el cultivo. ....	96
<b>Tabla 21.</b> Plagas y enfermedades según IPGRI, 1991.....	104
<b>Tabla 22.</b> Floración masculina.....	125
<b>Tabla 23.</b> Vigor de la planta. ....	126
<b>Tabla 24.</b> Aspecto de la planta.....	127
<b>Tabla 25.</b> Aspecto de la mazorca en la planta. ....	127
<b>Tabla 26.</b> Número de mazorcas por planta. ....	128
<b>Tabla 27.</b> Altura de la planta.....	129
<b>Tabla 28.</b> Altura de inserción de la mazorca. ....	130
<b>Tabla 29.</b> Longitud de la mazorca. ....	130
<b>Tabla 30.</b> Diámetros inferior, medio y superior de la mazorca. ....	131
<b>Tabla 31.</b> Conicidad de la mazorca.....	132
<b>Tabla 32.</b> Número de filas de la mazorca. ....	133
<b>Tabla 33.</b> Número de granos por fila. ....	134
<b>Tabla 34.</b> Número de granos por mazorca.....	135
<b>Tabla 35.</b> Peso de la mazorca. ....	136
<b>Tabla 36.</b> Proporción de zuro.....	136
<b>Tabla 37.</b> Color del zuro. ....	137
<b>Tabla 38.</b> Porcentaje de mazorcas sanas.....	138
<b>Tabla 39.</b> Tipo de grano.....	141
<b>Tabla 40.</b> Color del grano. ....	142
<b>Tabla 41.</b> Peso de 200 granos. ....	143
<b>Tabla 42.</b> Rendimientos obtenidos en el ensayo.....	144
<b>Tabla 43.</b> Resultados del análisis NIR.....	145
<b>Tabla 44.</b> Determinación de Deoxinivalenol (DON).....	146

<b>Tabla 45.</b> Determinación de Zearalenona (ZEA). .....	147
<b>Tabla 46.</b> Rendimiento de gofio. ....	148
<b>Tabla 47.</b> Perfiles sensoriales de las variedades catadas. ....	148
<b>Tabla 48.</b> Valores (mediana) obtenidos en la cata. ....	150

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfica 1.</b> Producción, importación y exportación mundial en los últimos años.....	43
<b>Gráfica 2.</b> Gráfico de la evolución de la superficie de maíz en España. ....	44
<b>Gráfica 3.</b> Gráfico de la evolución de la producción de maíz en España.....	44
<b>Gráfica 4.</b> Gráfico de la evolución del valor de maíz en España. ....	45
<b>Gráfica 5.</b> Gráfico de la superficie según el tipo de maíz en España. ....	45
<b>Gráfica 6.</b> Gráfico de la producción según el tipo de maíz en España. ....	45
<b>Gráfica 7.</b> Gráfica de la temperatura durante el período experimental, año 2017.....	90
<b>Gráfica 8.</b> Gráfica de la humedad relativa y la precipitación durante el período experimental, año 2017.....	91

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Antigüedad del maíz. ....	34
<b>Ilustración 2.</b> Probable origen y dispersión del maíz. ....	35
<b>Ilustración 3.</b> Siembra del maíz en Perú. ....	35
<b>Ilustración 4.</b> Comparación de <i>Tripsacum</i> , maíz y Teosinte. ....	49
<b>Ilustración 5.</b> La planta del maíz. ....	50
<b>Ilustración 6.</b> Plántula y sistema radicular del maíz. ....	51
<b>Ilustración 7.</b> Inflorescencia masculina y femenina del maíz. ....	52
<b>Ilustración 8.</b> Corte del grano de maíz. ....	53
<b>Ilustración 9.</b> Crecimiento y desarrollo de la planta de maíz. ....	54
<b>Ilustración 10.</b> Madurez fisiológica del maíz. ....	74
<b>Ilustración 11.</b> Diámetros y longitud de la mazorca. ....	101
<b>Ilustración 12.</b> Forma de la superficie del grano. ....	103

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen 1.</b> Medidas tradicionales para granos.....	41
<b>Imagen 2.</b> Parcela de la Escuela de Capacitación Agraria de Tacoronte en la que se realizó el ensayo. ....	85
<b>Imagen 3.</b> Extremo oeste de la parcela en el que se realizó el ensayo experimental.....	86
<b>Imagen 4.</b> Vista panorámica de la parcela de ensayo. ....	86
<b>Imagen 5.</b> Sistema de fertirrigación y etiqueta identificativa. ....	92
<b>Imagen 6.</b> Plantación a mano con plantón de madera. ....	92
<b>Imagen 7.</b> Plántula dañada por perdices. ....	95
<b>Imagen 8.</b> Plantas de millo aporcadadas.....	95
<b>Imagen 9.</b> Secado de las piñas. ....	97
<b>Imagen 10.</b> Desgranado a mano de las piñas.....	98
<b>Imagen 11.</b> Colores del carozo. ....	102
<b>Imagen 12.</b> Escala de colores de los granos. ....	103
<b>Imagen 13.</b> Contador de semillas, marca Pfeuffer.....	104
<b>Imagen 14.</b> Carbón común en mazorca ( <i>Ustilago maydis</i> ).....	105
<b>Imagen 15.</b> Analizador NIR, marca “Foss” (Infratec 1241 Grain Analyzer). ....	106
<b>Imagen 16.</b> Kit RIDASCREEN (marca R-Biopharm).....	107
<b>Imagen 17.</b> A. balanza digital, marca Mettler PJ400. B. licuoextractor, marca Mr. Magic.....	107
<b>Imagen 18.</b> Vortex 3 (marca IKA).....	108
<b>Imagen 19.</b> Proceso de filtrado de las muestras.....	108
<b>Imagen 20.</b> Pocillos con las muestras y reactivos.....	109
<b>Imagen 21.</b> A. Lavado de los pocillos. B. Pocillos con substrate/cromógeno.....	109
<b>Imagen 22.</b> Pocillos con stop solution. ....	110
<b>Imagen 23.</b> Muestras diluidas en tubos.....	110
<b>Imagen 24.</b> Pocillos con sustrato y cromógeno. ....	111
<b>Imagen 25.</b> Aplicación de stop solution. ....	111
<b>Imagen 26.</b> Lector de microplacas por absorbancia, marca Biotek, modelo Elx800. .	112
<b>Imagen 27.</b> Horno eléctrico, marca Gayc, mod. g3 ibiza inox. ....	113
<b>Imagen 28.</b> Proceso de tostado. ....	113
<b>Imagen 29.</b> Enfriamiento del millo tostado. ....	113
<b>Imagen 30.</b> Molino de martillos, marca Sabadell.....	114
<b>Imagen 31.</b> A. Millo en la tolva del molino. B. Martillos y tamiz del molino. ....	115
<b>Imagen 32.</b> Gofio tamizado con malla de 300 µm. ....	115
<b>Imagen 33.</b> Selladora térmica, marca Pronto.....	116
<b>Imagen 34.</b> Gofios envasados en bolsas plásticas. ....	116
<b>Imagen 35.</b> Detector de metales, marca Cassel. ....	117
<b>Imagen 36.</b> Valoración del color de gofio en placas de Petri. ....	117
<b>Imagen 37.</b> Formulario de respuesta para la prueba sensorial descriptiva. ....	118
<b>Imagen 38.</b> Sala de cata. ....	119
<b>Imagen 39.</b> Evaluación gustativa realizada bajo luces rojas.....	119
<b>Imagen 40.</b> Muestras de gofio (15 g + 25 ml de agua). ....	120
<b>Imagen 41.</b> Diferencia visual de la conicidad de la mazorca. ....	133
<b>Imagen 42.</b> Diferencia visual del color de zuro.....	138
<b>Imagen 43.</b> <i>Penicillium oxalicum</i> . ....	139
<b>Imagen 44.</b> Granos afectados por <i>Fusarium monoliforme</i> . ....	139
<b>Imagen 45.</b> Larva de <i>Sesamia nonagrioides</i> en el tallo de la planta.....	140

<b>Imagen 46.</b> <i>Sesamia nonagrioides</i> en el interior del zuro de la piña. ....	140
<b>Imagen 47.</b> Piña afectada por roedores. ....	140
<b>Imagen 48.</b> Piña afectada por ratones en campo. ....	141
<b>Imagen 49.</b> Diferencia de colores en el grano. ....	143



# **1. RESUMEN**





## EVALUACIÓN AGRONÓMICA, MORFOLÓGICA Y APTITUD HARINERA DE VARIEDADES TRADICIONALES DE MAÍZ (*Zea mays* L.)

**Autores:** Delgado-Hernández, J., Ríos-Mesa, D. y Velázquez-Barrera, M.E.

**Palabras clave:** caracteres planta, caracteres mazorca, caracteres grano, perfil sensorial, gofio, micotoxinas.

### Resumen

El maíz (*Zea mays* L.), conocido como millo en Canarias, ha sido uno de los cereales más importantes en la historia, tanto por sus usos como por su cultura. La pérdida de biodiversidad que ha experimentado con el paso del tiempo, se ha producido por el desplazamiento de las variedades locales en favor de variedades comerciales que presentan comportamientos agronómicos y morfológicos más uniformes, que junto con la facilidad que presenta para su cruzamiento genético al ser de polinización alógama, conducen a una erosión genética del material vegetal que debe ser evitada. En el presente trabajo se evalúan las características agronómicas y morfológicas de 16 variedades tradicionales de millo (4 canarias, 4 vascas, 4 gallegas y 4 aragonesas) al mismo tiempo que se realiza en otras dos localidades (País Vasco y Galicia) aplicando el mismo protocolo de actuación, los cuales engloban un proyecto a nivel nacional. La aptitud harinera ha sido evaluada según los productos típicos de cada lugar a los que se ha destinado, así como para gofio en Canarias, “talo” en el País Vasco y pan en Galicia. El ensayo de campo fue realizado en la Escuela de Capacitación Agraria de Tacoronte (ECAT) donde se tomaron datos de los caracteres de la planta y su ciclo. En el laboratorio del Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife (CCBAT) se evaluaron los caracteres de la mazorca y del grano según los “Descriptores para el maíz (*Zea mays* L.)” del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI, 1991) y los propuestos por Álvarez y Ruiz de Galarreta (1995). Los parámetros de calidad, así como la determinación de micotoxinas y los parámetros del NIR, han sido realizados en HARINALIA CANARIAS S.L. En CETECAL se elaboró el gofio siguiendo el procedimiento artesanal, desgranando las piñas a mano, tostando el grano en un horno convencional y realizándose la molienda en un molino de impacto, siendo valoradas sus propiedades organolépticas y preferencias mediante una valoración sensorial, realizada en la Casa de la Miel por catadores de la Unidad de Valorización de Productos Agroalimentarios. Los datos fueron tratados estadísticamente con análisis de la varianza y el test de Tukey. Se concluyó que de los caracteres de la planta y ciclo, destaca la variedad canaria de floración tardía La Orotava, con el mayor vigor de planta, el mejor aspecto, tanto de planta como de mazorca, y la mayor altura de planta y de inserción de la primera mazorca, así como con la mayor producción de grano por superficie debido a su mayor peso de piña, a pesar de que Enano Levantino x Hembrilla fue la variedad con mayor número de mazorcas por planta y mayor proporción de plantas sanas. Navarte fue la variedad con menor producción de grano por superficie. De los caracteres estudiados en las piñas, la variedad Orotava también destacó en longitud, diámetros y peso de la misma. Las micotoxinas Deoxinivalenol (DON) y Zearalenona (ZEA) mostraron resultados no detectables en las variedades analizadas. En la cata de gofio realizada la variedad mejor valorada globalmente fue La Orotava con el mayor rendimiento de grano en gofio, la cual junto a las variedades también canarias Arucas y La Oliva, y Enano Levantino x Hembrilla fueron las únicas que tuvieron puntuación igual o mayor a un 5. De este Trabajo, se desprende que la variedad local La Orotava es muy interesante, con unos buenos parámetros de producción de grano y una alta valoración del gofio elaborado con ella.





## AGRONOMIC, MORPHOLOGICAL AND FLOUR APTITUDE EVALUATION OF TRADITIONAL VARIETIES OF CORN (*Zea mays* L.)

**Authors:** Delgado-Hernández, J., Ríos-Mesa, D. y Velázquez-Barrera, M.E.

**Keywords:** Plant characters, ear corn characters, grain characters, gofio, toasted cornmeal, sensory profile, mycotoxins.

### Abstract

Corn (*Zea mays* L.), known as millo in the Canary Islands, has been one of the most important cereals in the history, both for its uses and for its culture. The loss of biodiversity that has occurred over time, has been produced by the displacement of local varieties as a result of the use of commercial varieties that present more uniform agronomic and morphological behaviors, which together with the ease of their genetic cross pollinated, lead to a genetic erosion of vegetal material that must be avoided. In the present work the agronomic and morphological characteristics of 16 traditional varieties of millo (4 canary, 4 basques, 4 galician and 4 aragonese) are evaluated at the same time that it is carried out in two other localities (Basque Country and Galicia) applying the same protocol of action, which encompass a project at the national level. The flour capacity has been evaluated according to the typical products of each place to which it has been destined, as well as for “gofio” (toasted cornmeal) in the Canary Islands, “talo” in the Basque Country and bread in Galicia. The field trial was conducted at the School of Agrarian Training of Tacoronte (ECAT) where data on the characters of the plant and its cycle were taken. In the laboratory of the Center for the Conservation of Agricultural Biodiversity of Tenerife (CCBAT) the characters of the ear corn and grain were evaluated according to the “Descriptors for corn (*Zea mays* L.)” of the International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI, 1991) and those proposed by Álvarez and Ruiz de Galarreta (1995). The quality parameters, as well as the determination of mycotoxins and the parameters of the NIR, have been made in HARINALIA CANARIAS S.L. In CETECAL the gofio was elaborated following the artisanal procedure, shelling the ears of corn by hand, toasting the grain in a conventional oven and grinding in an impact mill, being valued its organoleptic properties and preferences through a sensory evaluation, carried out in the House of Honey by tasters of the Unit for the Valorization of Agri-Food Products. The data were treated statistically with analysis of the variance and the Tukey test. It was concluded that of the characters of the plant and cycle, highlights the late flowering Canarian variety La Orotava, with the highest vigor of plant, the best appearance, both of plant and ear corn, and the highest height of plant and insertion of the first ear corn, as well as the highest production of grain per surface due to its greater weight of ear corn, despite the fact that Enano Levantino x Hembrilla was the variety with the highest number of ears of corn per plant and the highest proportion of healthy plants. Navarte was the variety with the lowest grain production per area. Of the characters studied in the ear corn, La Orotava variety also stood out in length, diameters and weight of the same. The mycotoxins Deoxinivalenol (DON) and Zearalenone (ZEA) showed no detectable results in the analyzed varieties. In the tasting of gofio made the best valued variety globally was La Orotava with the highest yield of grain in gofio, which along with the varieties Canarias Arucas and La Oliva, and Enano Levantino x Hembrilla were the only ones that had equal or higher score to 5. From this work, it is clarified that the local variety La Orotava is very interesting, with good parameters of grain production and a high valuation of the gofio made with it.



## **2. INTRODUCCIÓN**







El maíz (*Zea mays* L.), conocido como millo en Canarias, ha sido uno de los cereales más importantes en la historia, tanto por sus usos como por su cultura.

El millo pertenece a la actual familia botánica *Poaceae*. Es una planta anual y monoica, de tallos erectos y macizos, con hojas anchas de nervio central marcado que florece en forma de panícula terminal (masculinas) y en inflorescencias axilares (femeninas). La polinización natural del millo es alógama. Su fruto es una cariósida.

En cuanto a producción a nivel mundial, el maíz es el cultivo más importante de los cereales, superando los 1.000 millones de toneladas en 2016 encontrándose incluso, por encima del trigo y del arroz. Estados Unidos encabeza la lista de países productores de maíz con 384.777.890 millones de toneladas, seguido de China con 231.837.497 millones de toneladas, según la FAO 2016. En el año 2016, España obtuvo una producción de grano de maíz de 4.069.508 toneladas y Canarias de 1.876 t (M.A.P.A.M.A., 2016).

La pérdida de biodiversidad que se ha experimentado con el paso del tiempo, se ha producido por el desplazamiento de las variedades locales en favor de variedades comerciales que presentan comportamientos agronómicos y morfológicos más uniformes. Esto junto con la facilidad que presenta esta especie para su cruzamiento genético al ser de polinización alógama, presentan una amenaza para las variedades tradicionales. El valor de estas variedades no sólo radica en la resistencia a plagas y enfermedades, calidad nutritiva o adaptación a condiciones ambientales adversas, sino que presentan un potencial que no se ha explotado y puede llegar a ser de gran interés (García-Méndez et al., 2013). Todo ello conduce a una erosión genética del material que debe ser evitada.

En Canarias, en los últimos años se ha empezado a obtener información de tipo agronómico y morfológico de las variedades tradicionales de millo, de la cual carecían agricultores y técnicos.

Por ello, sigue siendo objeto de estudio y en este trabajo se realizará la evaluación, mediante un ensayo de campo y de laboratorio, de millos tradicionales de Canarias, País Vasco, Galicia y Aragón. Se estudiará el comportamiento agronómico de las diferentes entradas, así como su fenología y morfología, recopilando información válida para los agricultores y técnicos.

La aptitud harinera también será objeto de estudio, para valorar y poner de manifiesto sus características gastronómicas. Partiendo del mismo material vegetal, en cada Comunidad Autónoma será estudiada la aptitud harinera según la elaboración del

producto típico de cada localidad, de modo que en Canarias será valorada para “gofio”, en el País Vasco para “talo” y en Galicia para pan.

### **3. OBJETIVOS**





Los objetivos que se persiguen en este trabajo son:

- Caracterización agronómica y morfológica de 16 variedades de millo y elaboración de sus fichas varietales, en el marco de un proyecto nacional que será repetido en otras dos Comunidades Autónomas.
- Valoración de la aptitud harinera de las 16 variedades de millo, así como para la elaboración de gofio de las 4 variedades canarias incluidas en el estudio.



## **4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**







#### 4.1 ORIGEN Y EXPANSIÓN DEL MILLO

El origen del maíz (*Zea mays* L.) es todavía motivo de controversia, no conociéndose con exactitud su origen a pesar de ser una de las plantas más estudiadas a nivel mundial.

Durante el siglo XIX, el origen y la evolución del millo fueron cuestiones que despertaron gran interés entre los botánicos con el descubrimiento del teosinte y algunos híbridos enterespecíficos entre éste y el millo. Muchos científicos incorporaron el teosinte en sus teorías sobre el origen del millo cultivado (Montgomery, 1913; Collins, 1921).

Weatherwax (1954), excluye al teosinte como predecesor y deriva a este y al millo al género *Tripsacum*, un millo silvestre ya extinguido procedente de las tierras altas de México o Guatemala. Mangelsdorf y Reeves (1939) impulsaron esta teoría alternativa, argumentando que existía una gran diferencia morfológica entre las mazorcas del teosinte y las del millo, no siendo posible esta evolución en un período tan corto de domesticación de la especie. En cambio, Beadle (1939), considera al teosinte el antecesor directo del millo, reforzando así la hipótesis de los primeros botánicos.

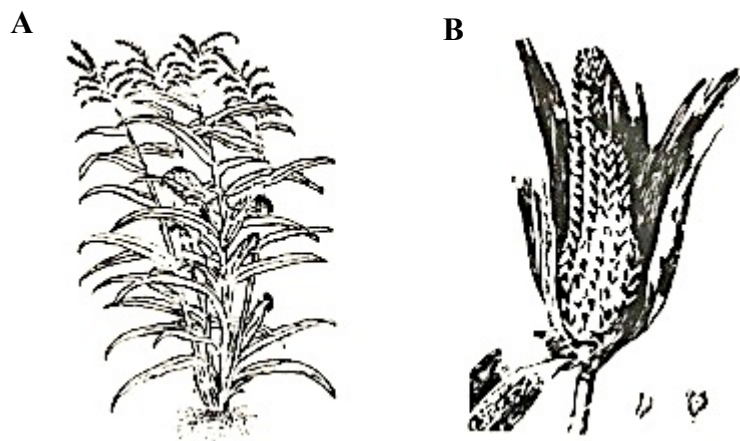
Ambas teorías, hipótesis del teosinte e hipótesis del millo silvestre como ancestros del actual millo cultivado, han tenido durante los últimos 50 años gran diversidad de opiniones al respecto. Las evidencias moleculares refuerzan la teoría de la evolución del millo a partir de una forma domestica de teosinte y sugieren como ancestro a la especie *Z. Mays* ssp. *parviglumis*, situándola en el Valle del río Balsas al sur de México (Álvarez y Ruiz de Galarreta, 1995).

En el siglo XX, se describía al teosinte como una especie silvestre que crece de forma natural y de aspecto tan diferente a la del maíz que los primeros taxonomistas le adjudicaron un género distinto: *Euchlaena mexicana*. Sin embargo, hoy en día se considera que todos los tipos de teosinte pertenecen al género *Zea* (Ruiz de Galarreta, Prohens y Tierno, 2016).

Actualmente, la teoría más aceptada indica que el maíz cultivado hoy, el cual es esencialmente el mismo que los españoles se encontraron al llegar a América en 1492, desciende del teosinte Balsas, planta silvestre en los estados de Guerrero y Michoacán (centro sur de México), domesticado aproximadamente hace unos 9000 años. Hay distintos teosintes, anuales y perennes, diploides y tetraploides, todos pertenecientes al género *Zea* (Ruiz de Galarreta et al., 2016).

En cuanto al origen geográfico del millo existen tres teorías (Llanos-Company, 1984):

- Una primera teoría sitúa el origen del millo en el Continente Asiático, teoría poco apoyada por los autores.
- Una segunda teoría, basada en hechos científicos, lo sitúa en el Subcontinente Sudamericano. Dichos hechos fueron:
  - La existencia de una gran variedad de maíces en los altiplanos de Perú.
  - Todas las gamas de colores del pericarpio del maíz que se conocen en todo el mundo, pueden encontrarse en el departamento de Ancash, también en Perú.
  - La presencia frecuente de formas de maíces tunicados (ilustración 1) en los valles orientales de los Andes, así como de algunas otras razas primitivas de maíz.

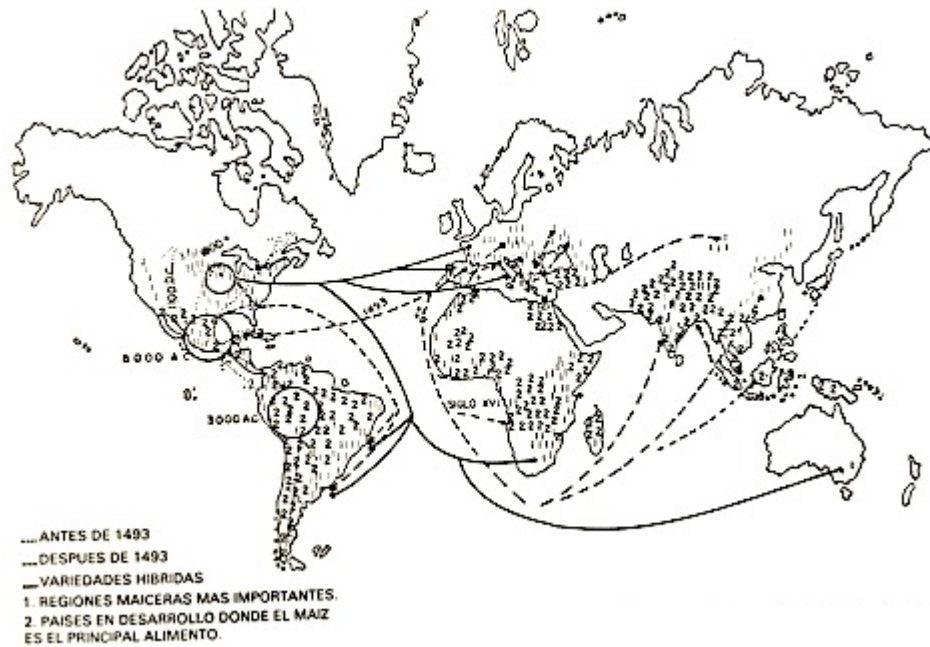


**Ilustración 1.** Antigüedad del maíz.  
A. Posiblemente sea la primera ilustración de este cereal.  
B. Primera ilustración conocida del maíz tunicado.  
(Fuente: Reyes-Castañeda, 1990)

- Una tercera teoría, siendo la más aceptada por la mayoría de autores, se centra en la evidencia de los hallazgos arqueológicos de polen, mazorcas y granos de maíz en México. Por ello, esta teoría es la más plausible por ciertos autores, apoyando a que el millo se originó en el Valle Central de México. También, en este lugar habría tenido lugar la conformación del maíz actual, mediante la domesticación a lo largo de miles de años (Llanos-Company, 1984). Desde México se produjo su dispersión a través de las migraciones humanas hasta Sudamérica (ilustraciones 2 y 3), en



donde tuvo lugar el centro secundario, hace más de 5 mil años. De México se dispersó hacia el norte del continente y posteriormente hacia Europa y Asia.



**Ilustración 2.** Probable origen y dispersión del maíz.  
(Fuente: Reyes-Castañeda, 1990)



**Ilustración 3.** Siembra del maíz en Perú.  
(Fuente: Reyes-Castañeda, 1990)

Los millos mexicanos y los de América Central (tipo dentado) parecen estar relacionados con la civilización maya, los millos de las zonas altas de México con los aztecas y la variabilidad de millo de los Andes parece estar relacionada con la agricultura extensiva de los incas. Así también, se relaciona con la cultura chibcha a las mazorcas de formas cilíndricas de Guatemala y los millos de grano liso de la zona norte de los Andes (Goodman, 1976).

La palabra maíz proviene de una lengua de Haití (isla caribeña), donde los indígenas le llamaban “mahíz”, la cual fue llevada a México por los españoles (Reyes-Castañeda, 1990). Los primeros testimonios presentan la forma mahíz con acentuación en la í y h aspirada, y de ella procede el nombre actual, maíz. Millo, que proviene del latín *milium*, además de en Canarias, se utiliza también en Galicia y, pasando por León, Zamora y Salamanca, llega a ocupar los puntos occidentales de Extremadura (García-Mouton, 1986).

Maíz y hombre han vivido y evolucionado conjuntamente desde tiempos remotos. Por tanto, el maíz es una planta completamente domesticada que no crece de forma salvaje y no es capaz de sobrevivir sin las labores realizadas por el hombre (Wilkes, 1985; Galinat, 1988; Dowsell, Paliwal y Cantrell, 1996). Dado es así que, en la actualidad no se ha encontrado millo silvestre, por lo que, si el hombre dejara de cultivarlo, posiblemente desaparecería.

La importancia de su cultivo era tal que se convirtió para los pueblos prehispánicos del Nuevo Continente lo que el trigo era para Europa y el arroz para Asia. Aunque su origen se cuestione, se sabe que con la siembra de este grano nació la agricultura americana (Alzola, 1984).

Probablemente en uno de sus primeros viajes (noviembre 1492), dos marineros españoles, Luis de Torres y Rodrigo de Jerez, fueron enviados por Colón a explorar la isla de Cuba, donde ya se mencionaba el millo según los testimonios recogidos por el obispo Bartolomé de las Casas, el cual hablaba que existía “*una especie de grano que llaman “ma-híz”, cuyo gusto fue bueno, cocido y secado, y convertido en harina*”.

En España, parece que fue Colón quien trajo las primeras semillas de maíz. Existe constancia de su cultivo en los alrededores de Sevilla en 1494 (Brandolini, 1970). La diferencia de clima caribeño al nuestro, afectó a las primeras introducciones, en cuanto al ciclo de cultivo y fotoperiodo (Llanos-Company, 1984).

La introducción masiva de millo ya se había producido hacia 1634, probablemente a partir de Galicia, Asturias y País Vasco, y poco tiempo después se



implantó en todo el Norte de España, principalmente con variedades caribeñas y sudafricanas (Martínez-Murguía, 1907; Pérez-García, 1981). No se ha comprobado con certeza si la entrada del millo en Canarias se produjo directamente desde el Continente Americano o si primeramente llegó a la Península y de ésta se llevó al Archipiélago Canario (Alzola, 1984). José de Viera y Clavijo (2004), ilustre historiador canario del siglo XVIII, afirma la presencia de millo en Canarias desde finales del siglo XVI. En su obra “Diccionario de Historia Natural de las Islas Canarias”, aparece una descripción botánica general de la planta de millo y habla de sus utilidades y cualidades alimentarias. La expansión del millo por el norte de África, resto de Europa, Asia y el resto de tierras habitadas, se realizó desde los países mediterráneos (Mangelsdorf, 1974).

La influencia humana junto con la selección natural durante centenares de años han diversificado el maíz, dando lugar a ecotipos adaptados a diferentes ambientes y usos. La variabilidad genética ha sido contribuida por factores como la reproducción alógama, el cúmulo de numerosas mutaciones y las hibridaciones entre materiales de distinta procedencia (Ruiz de Galarreta, 1998).

#### **4.2 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL MILLO**

La composición nutritiva del maíz, convierte a la especie como una gran fuente de energía por su alto contenido en carbohidratos, pero presenta un bajo nivel proteico. La zeína (proteína), es deficiente en dos aminoácidos esenciales como son la lisina y el triptófano (Llanos-Company, 1984), además siendo insuficiente en la vitamina niacina y en minerales, excepto el calcio por la forma de industrializar la harina nixtamalizada. La deficiencia en niacina y triptófano, provoca que el exceso de consumo o una dieta única con millo, predisponga a las personas a la enfermedad de pelagra (provoca inflamación superficial de la piel y trastornos digestivos y nerviosos) (Reyes-Castañeda, 1990).

Su alto contenido en materia grasa lo hace un alimento de alto poder energético, pero a su vez impide que pueda ser almacenado por largo período de tiempo una vez molido el grano, pues se enrancia y cambian sus propiedades organolépticas (Llanos-Company, 1984).

La tabla 1 muestra los componentes básicos del millo, en porcentaje (medio) en peso de materia seca, y la tabla 2 el contenido de aminoácidos:

**Tabla 1.** Componentes nutritivos del millo.

<b>Componentes del millo (%)</b>	
Carbohidratos	80
Proteínas	10
Aceite	4,5
Fibra	3,5
Minerales	2,0

(Fuente: Llanos-Company, 1984)

**Tabla 2.** Contenido en aminoácidos del grano de millo.

<b>Aminoácido del grano de millo (g de aminoácido/16 g de N)</b>	
Arginina	5,0
Cistina	2,1
Histidina	2,4
Isoleucina	4,0
Leucina	12,0
Lisina	3,0
Metionina	2,1
Fenilalanina	5,0
Treonina	4,2
Triptófano	0,8
Tirosina	3,8
Valina	5,6
Alanina	9,9
Ácido Aspártico	12,3
Ácido Glutámico	15,4
Glicina	3,0
Prolina	8,3
Serina	4,2

(Fuente: Llanos-Company, 1984)



### 4.3 USO Y APROVECHAMIENTO DEL MILLO

La planta de millo presenta una gama de usos más amplia que cualquier otro cereal. Todas las partes de la planta son aprovechadas, ya sea para consumo humano, para la alimentación del ganado o como materia prima industrial. Antes del descubrimiento de América, el millo era la base de la alimentación de muchas comunidades indígenas, muy apreciado por los incas por sus nutrientes y sus propiedades hasta el punto que lo consideraban un alimento sagrado (Llanos-Company, 1984).

En Canarias, ha sido empleada para la elaboración del gofio, una harina resultante de la molienda de los granos de millo, que previamente ha sido tostada. Se trata de un alimento prehispánico, de origen bereber, consumido por los aborígenes canarios como parte fundamental de su dieta. En Tenerife se le denominaba “ahoren” pero era en las islas de Lanzarote y Gran Canaria donde se utilizaba la palabra que se conserva hasta nuestros días, gofio. Hoy en día, el gofio sigue siendo un ingrediente importante en la gastronomía y cultura de Canarias, siendo muy importante también en Hispanoamérica y África (García-Martín, 2006).

Este cereal, tras los hidrocarburos, es uno de los recursos naturales renovables más importantes del mundo por la cantidad de derivados que tiene y que sirven de insumos a las industrias agroalimentarias, textiles, farmacológicas, licoreras, refresqueras, cerveceras, cosméticas y plásticos biodegradables.

Los tallos en verde son aprovechados como forraje y en seco pueden servir para fabricar pasta de papel. Su peso en seco es muy próximo al peso del grano (Guerrero, 1999).

Los zuros tienen múltiples aprovechamientos industriales, entre los que se encuentra la obtención de furfurool (Guerrero, 1999). También son un excelente combustible, pues dos toneladas equivalen aproximadamente a una tonelada de carbón.

El grano del millo es utilizado para alimentación en ganadería. Se puede emplear la mazorca entera en molinos de pienso, por lo que se aprovecha también el zuro (Guerrero, 1999). Cuando el grano alcanza el estado pastoso, es el momento más adecuado para usarse como forraje (momento óptimo para preparar ensilado), ya que contiene más materia seca y elementos más digestibles que cualquier otro cultivo.

En la industria alimentaria para consumo humano, el millo presenta múltiples aplicaciones (Guerrero, 1999). El almidón que se obtiene de la industrialización del

millo se utiliza como jarabe, al presentar un alto contenido en fructosa. El “xantham” producido por la fermentación de los azúcares derivados del almidón, se utiliza como condimento en salsas. En cosmética se emplea para polvos faciales, coloretes, lociones, cremas, etc. También se emplea en la fabricación de baterías secas, explosivos, caucho sintético, alcoholes, etc.

El maíz dulce se vende como verdura fresca, enlatada o congelada para consumo de sus granos, mientras que el millo reventón se utiliza para la fabricación de palomitas y como materia prima para productos de confitería (Llanos-Company, 1984).

El aceite de millo se emplea para la fabricación de productos de panadería, mayonesa, margarina, en la industria farmacéutica, en pinturas, jabones y productos textiles (Jugenheimer, 1981).

La dextrina del millo se utiliza en la fabricación de engrudos y adhesivos; de la mezcla de ésta con otros productos químicos y agua se obtiene una variedad de colas, pastas y gomas de pegar (Llanos-Company, 1984). Además, el agua residual del nixtamal, se emplea en antibióticos y otros fármacos.

La hoja seca del millo sirve como fibra para tejidos, de los cuales se producen canastas, sombreros, bolsas y tapetes (García-Martín, 2006).

También se emplean las greñas en herbolarios como infusiones diuréticas y para la hipertensión. A los estigmas frescos, se les atribuye propiedades medicinales.

### **El millo para la elaboración del gofio en Canarias**

Para describir como en Canarias se procedía en la elaboración del gofio nos basaremos en Suárez-Moreno (2013):

En Canarias el cereal por excelencia del nuevo mundo era el trigo, pero debido a ciertos problemas de adaptación a nuestro clima en tiempos de humedad, el millo junto a la cebada se convirtieron en el grano para la alimentación de las clases populares, mediante la transformación en harina de cereal tostado, el gofio.

Los molinos tuvieron que acondicionar su sistema de molienda al grano de millo, aplicando más presión en las muelas y un poco de mayor esfuerzo energético, siendo más fácil de moler la materia prima tostada que cruda.

Disponían de un sistema de medida tradicional duodecimal y en medidas de capacidad para los granos (fanega, 66 litros; almud, 5,5 l; medio almud, 2,75 l; cuartillo y medio cuartillo) (imagen 1).





**Imagen 1.** Medidas tradicionales para granos.  
(Fuente: Suárez-Moreno, 2013).

Para la elaboración del gofio se procedía de la siguiente manera:

- El *tostado* se hacía a fuego directo en un tostador de loza de barro que posteriormente pasó a ser de latón. Necesitaba de tiempo adecuado con remoción constante, mediante un pírmano de escoba recortada y forrada de tela (*el meneador*). El tostado se realizaba a gusto de la familia o si se destinaba para los niños, que el tiempo era mayor.
- La *molienda* se realizaba en diferentes tipos de molinos o molinos de mano, los cuales eran utilizados en momentos de mayor necesidad y en lugares distanciados de los molinos. Se le aplicaba diferentes texturas, siendo la más precisa la destinada a los niños para facilitar su digestión. El *rollón* se obtenía tras una molienda gruesa, alimento que se le daba al ganado.
- El *consumo* también era en tierno, asando la misma piña o desgranada y tostado (*cochafisco*). Sin tostar su harina servía para la elaboración de pan. El gofio de millo solía mezclarse con el de otros cereales, sobre todo con el de cebada. Se consumía de las formas más diversas y acompañado de todo tipo de alimentos básicos y postres como el *frangollo*, la merienda de los escolares de los años 50 y 60, porque en los 40 merienda pocos tenían, era gofio, aceite y azúcar.

#### 4.4 IMPORTANCIA ECONÓMICA

Según los datos de la FAO (2016), el cultivo del maíz es el cereal más cultivado en el mundo superando los 1.000 millones de toneladas en 2016, encontrándose incluso, por encima del trigo y del arroz. La tabla 3 muestra las regiones de mayor producción.

**Tabla 3.** Principales países productores de maíz en el mundo en 2016.

Posición	Región	Producción (t)
1	Estados Unidos de América	384.777.890,00
2	China, continental	231.673.946,00
3	Brasil	64.143.414,00
4	Argentina	39.792.854,00
5	México	28.250.783,00
6	Ucrania	28.074.610,00
7	India	26.260.000,00
8	Indonesia	20.369.551,00
9	Federación de Rusia	15.309.813,00
10	Canadá	12.349.400,00
11	Francia	12.131.249,00
12	Rumania	10.746.387,00
13	Nigeria	10.414.012,00
14	Egipto	8.001.411,00
15	Etiopía	7.847.175,00
16	Sudáfrica	7.778.500,00
17	Hungría	7.406.815,00
18	Serbia	7.376.738,00
19	Filipinas	7.218.817,00
20	Italia	6.839.499,00

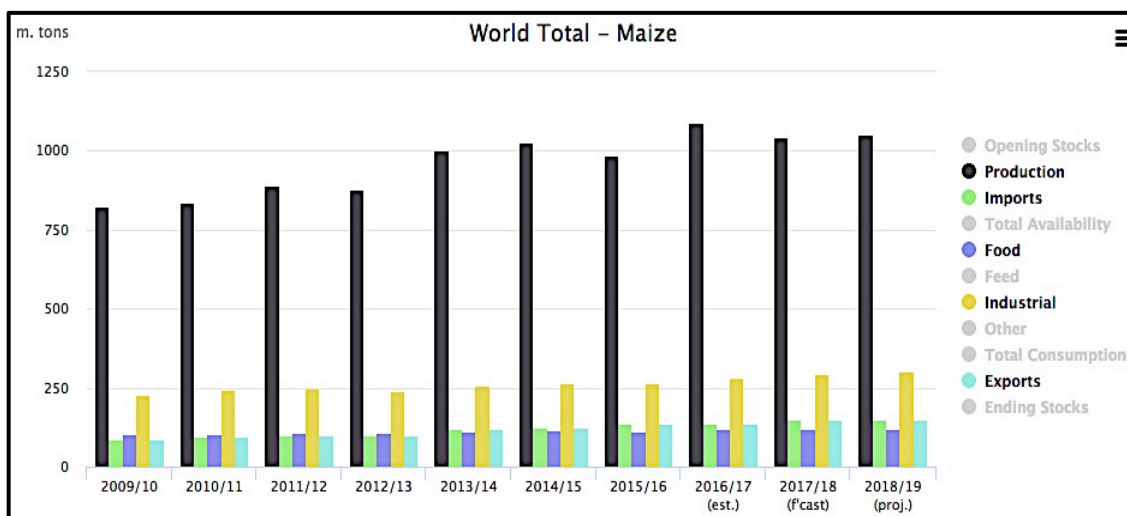
(Fuente: FAO, 2016)

Según el informe de mercado elaborado por el Consejo Internacional de Cereales (2018), la previsión para la producción mundial de maíz en 2017/18 se ha recortado de 1.088 millones de toneladas a 1.046 mill. La proyección para las existencias también se había reducido, a 307 mill. de t, cifra inferior en 29 mill. respecto a la registrada la campaña anterior. Según las estimaciones preliminares, la producción



podría alcanzar en 2018/2019 las 1.054 mill. de t, valor que aumenta pero no supera la de la campaña 2016/17 con 1.088 mill. de t. Cabe esperar cierta caída de los principales exportadores (Argentina, Brasil, Ucrania y E.E.U.U.). El comercio se estima en un máximo histórico de 150 mill. de t.

Se prevé que la producción de cereales totales disminuya tanto en 2017/18 como 2018/19. Tras aumentar durante cuatro años consecutivos, se espera que las existencias de cereales registren caídas sucesivas, debido más que nada al descenso de las reservas del maíz.



**Gráfica 1.** Producción, importación y exportación mundial en los últimos años.  
(Fuente: Consejo Internacional de Cereales (CIC), 2018)

A nivel nacional, el Anuario de Estadísticas Agrarias (M.A.P.A.M.A.), recoge los datos referidos en cuanto a producción y superficie publicados en el año 2016 (datos mostrados en la tabla 4 y gráficas 2, 3 y 4). El mayor descenso se produce el año 2006, pasando de 414,3 miles de ha con una producción de 3.981,4 miles de toneladas el año anterior, a 344,4 miles de ha con una producción de 3.355,7 miles de toneladas. A partir de éste, el maíz cultivado en España puede decirse que ha sido estable, a pesar de los pequeños descensos en 2010 y 2015, con 315 y 398,3 miles de ha, respectivamente. El año de mayor producción coincide con el de mayor superficie, teniendo el 2013 unas 442,3 miles de ha y 4.888,5 miles de toneladas.

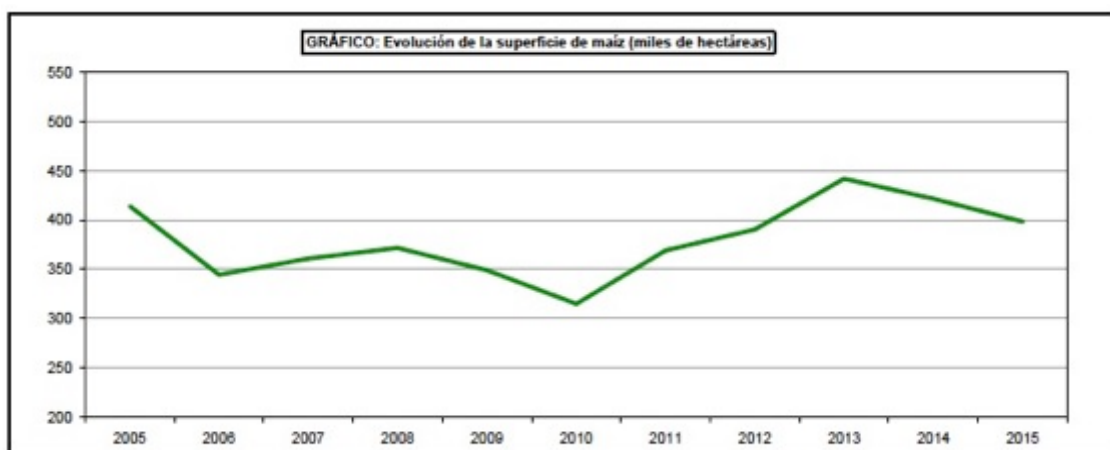
El aumento de producción a partir del año 2010 está directamente relacionado con la introducción de variedades de millo destinadas a la producción de bio-combustibles.

**Tabla 4.** Serie histórica de superficie, rendimiento, producción, precio y valor en España.

Años	Superficie (miles de hectáreas)	Rendimiento (qm/ha)	Producción (miles de toneladas)	Bio-combustible (miles de toneladas)	Precio medio percibido por los agricultores (euros/100kg)	Valor (1) (miles de euros)
2005	414,3	96,1	3.981,4		13,50	537.485
2006	344,4	97,4	3.355,7		15,19	509.734
2007	361,0	100,0	3.610,9		20,45	738.437
2008	371,7	100,0	3.717,7		18,20	678.616
2009	348,9	100,7	3.515,6		14,42	508.952
2010	315,0	105,6	3.324,8	159,91	18,28	607.777
2011	369,3	113,7	4.199,9	49,50	21,69	910.964
2012	390,4	109,2	4.262,1	292,62	23,30	993.073
2013	442,3	110,5	4.888,5	229,95	19,89	972.315
2014	421,6	114,1	4.810,6	285,10	16,97	816.366
2015	398,3	114,6	4.564,4	149,52	17,29	789.188

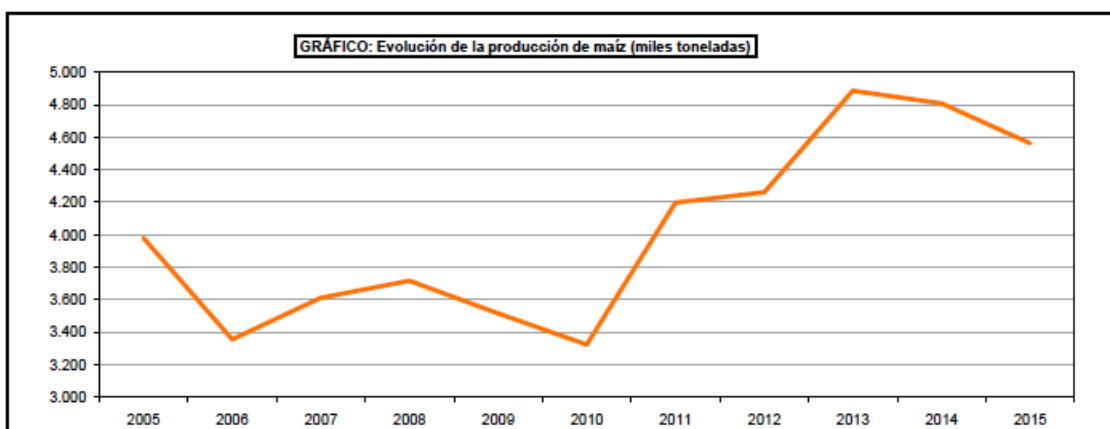
(1) No se incluye el valor de la semilla selecta.

(Fuente: Anuario de Estadística, M.A.P.A.M.A. 2016)



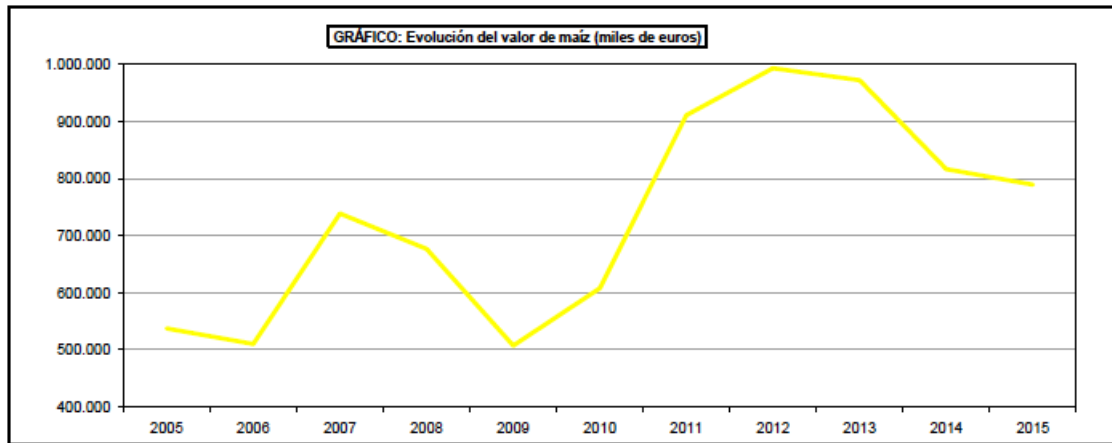
**Gráfica 2.** Gráfico de la evolución de la superficie de maíz en España.

(Fuente: Anuario de Estadística, M.A.P.A.M.A. 2016)



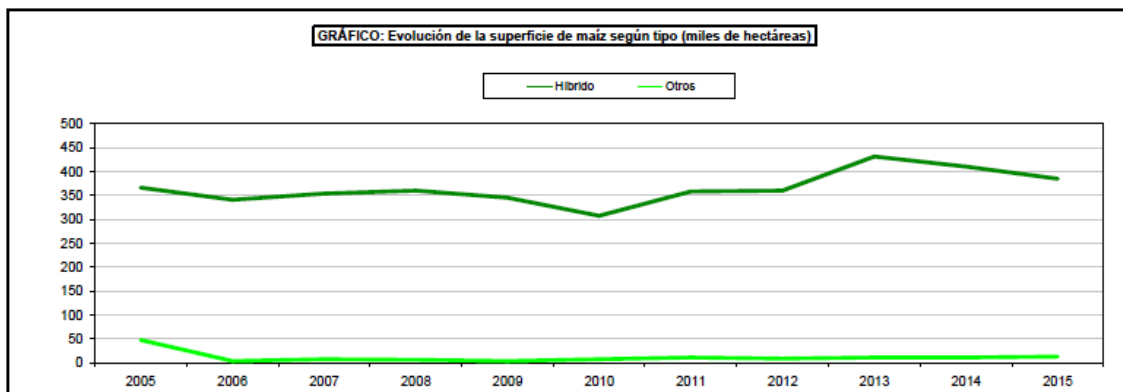
**Gráfica 3.** Gráfico de la evolución de la producción de maíz en España.

(Fuente: Anuario de Estadística, M.A.P.A.M.A. 2016)

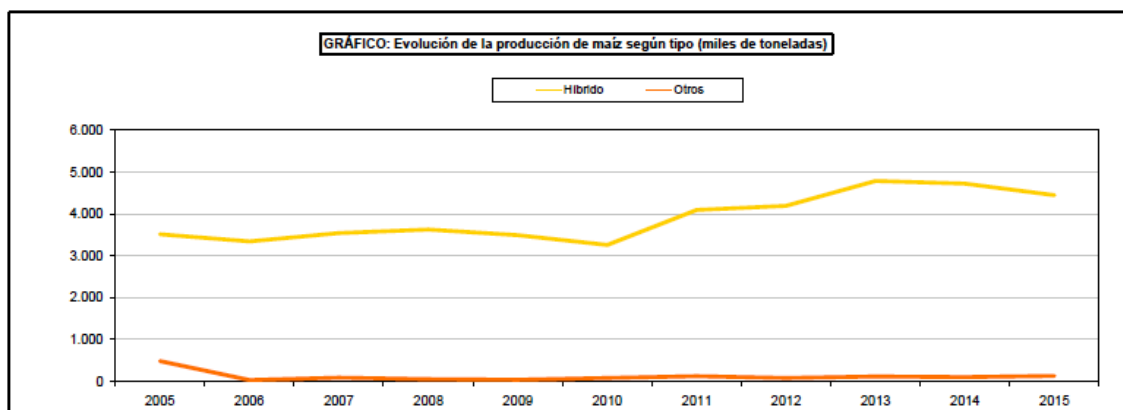


**Gráfica 4.** Gráfico de la evolución del valor de maíz en España.  
(Fuente: Anuario de Estadística, M.A.P.A.M.A. 2016)

Las gráficas 5 y 6 representan la superficie y la producción de maíz según su tipo, representando una gran diferencia entre las líneas híbridas y el resto, siendo éstas las que dominan, tanto en superficie como en producción.



**Gráfica 5.** Gráfico de la superficie según el tipo de maíz en España.  
(Fuente: Anuario de Estadística, M.A.P.A.M.A. 2016)



**Gráfica 6.** Gráfico de la producción según el tipo de maíz en España.  
(Fuente: Anuario de Estadística, M.A.P.A.M.A. 2016)

En España, la Comunidad Autónoma con mayor producción es Castilla y León con 1.078.409 t de granos de maíz, seguido de Aragón y Extremadura. En cuanto a Canarias, la producción total fue de 1.876 t con una superficie total de 769 ha (tabla 5).

**Tabla 5.** Análisis de superficie, rendimiento y producción en España en el año 2016.

Provincias y Comunidades Autónomas	Superficie (hectáreas)			Rendimiento (kg/ha)		Producción de grano (toneladas)
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío	
GALICIA	18.108	370	18.478	7.701	7.700	142.298
P. DE ASTURIAS	412	–	412	2.500	–	1.030
CANTABRIA	417	–	417	2.600	–	1.084
PAIS VASCO	179	5	184	2.308	5.900	443
NAVARRA	1	14.860	14.861	5.500	10.607	157.620
LA RIOJA	–	487	487	–	9.487	4.620
ARAGON	354	82.454	82.808	3.347	12.958	1.069.627
CATALUÑA	1.505	37.008	38.513	6.076	10.577	400.581
BALEARES	–	285	285	–	5.500	1.569
CASTILLA Y LEON	–	102.053	102.053	–	10.567	1.078.409
MADRID	–	5.772	5.772	–	12.515	72.237
CASTILLA–LA MANCHA	187	23.146	23.333	2.617	11.966	277.446
C. VALENCIANA	54	524	578	2.062	9.935	5.317
R. DE MURCIA	–	140	140	–	9.100	1.274
EXTREMADURA	–	49.328	49.328	–	12.023	593.052
ANDALUCIA	217	20.640	20.857	4.241	12.602	261.025
CANARIAS	331	438	769	1.409	3.217	1.876
ESPAÑA	21.765	337.510	359.275	7.089	11.600	4.069.508

(Fuente: Superficie y producciones anuales de cultivos, M.A.P.A.M.A. 2016)

\*Existe un error en los datos estadísticos oficiales, al representar prácticamente el mismo valor de rendimiento tanto en secano como en regadío para Galicia.

En Canarias, el cultivo del millo es uno de los más antiguos que se conoce. Recaltar que en el Archipiélago se le conoce como millo, derivado del portugués “milho”, y a su fruto se le llama piña. El maíz de palomitas es denominado “cotufa” en Tenerife y “rosca” en Las Palmas. Existen numerosos documentos antiguos haciendo referencia al cultivo del millo, en los que se pueden apreciar la importancia que supuso para los habitantes en tiempos pasados, teniendo un importante papel en la economía del Archipiélago.

Tanto el millo como la papa, ambos productos americanos, desde el siglo XVI han formado parte de la cocina canaria, siendo durante siglos la principal fuente de alimentación. La isla de Gran Canaria fue la mayor productora y consumidora de millo del Archipiélago, tanto fue así que se autoabastecían (habitantes y ganado) y además, si había excedente, exportaban a otras islas. Sin embargo, desde comienzos del siglo XX, Canarias se ve obligada a la importación de éste cereal, ya que los terrenos de cultivo destinados a éstos comenzaron a ser sustituidos por otros más rentables (papas, tomates y plátanos principalmente), con fines de exportación, dejando únicamente un cultivo de carácter familiar (Alzola, 1984). El millo, además de ser un cultivo importante en las islas Canarias, lleva arraigada toda una cultura a él (García-Martín, 2006).



Hoy en día, en Canarias se han ido cambiando los hábitos alimenticios, como consecuencia del aumento del nivel de vida y el desplazamiento de la población rural a la ciudad y a zonas turísticas. Pese a ello, el consumo de millo en forma de gofio se sigue manteniendo, a pesar de que ha disminuido.

**Tabla 6.** Superficie y producción de los cereales.

Cereales	Superficie secano (ha)	Superficie regadío (ha)	Total	
			Superficie (ha)	Producción (t)
2007	689,4	394,3	1.083,70	1.856
2008	860,3	407,1	1.267,40	2.129
2009	967,3	404,1	1.371,40	2.203
2010	996	407,5	1.403,50	2.239
2011	991	391,6	1.382,60	2.177

(Fuente: Instituto Canario de Estadística (ISTAC), 2018)

**Tabla 7.** Superficie, producción y valor de cereales por provincias en 2011.

Provincia	Superficie secano (ha)	Superficie regadío (ha)	Superficie total (ha)	Producción total (t)	Valor (miles de €)
Santa Cruz de Tenerife	1814	507,2	2321,2	1.581	1.682
Las Palmas de Gran Canaria	168	276	444	596	775

(Fuente: Instituto Canario de Estadística (ISTAC), 2018)

#### 4.5 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA DEL MILLO

El millo cultivado pertenece a la tribu Maydeae, subfamilia Andropogoneae, familia Gramineae y género *Zea* (Bianchi, Lorenzoni, Salamini, 1989).

La tabla 8 muestra la taxonomía del género *Zea* propuesta por Wilkes (1985) y según la modificación realizada por Doebley (1990).

**Tabla 8.** Clasificación taxonómica del maíz.

<b>Clasificación taxonómica</b>	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Maydeae
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>Z. mays</i>
<b>Nombre binomial</b>	
<i>Zea mays</i> L.	

La tribu Maydeae se compone de ocho géneros, de los cuales cinco son de origen asiático y relativamente tienen poca importancia económica. Éstos géneros son:

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

Los otros tres géneros son de origen americano (ilustración 4), y son:

- *Zea*
- *Tripsacum*, valorado en el cultivo de maíz forrajero pero no como cultivo de grano.
- *Euchlaena*, conocido también como Teosinte. Parece ser el pariente silvestre más cercano del millo.

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.

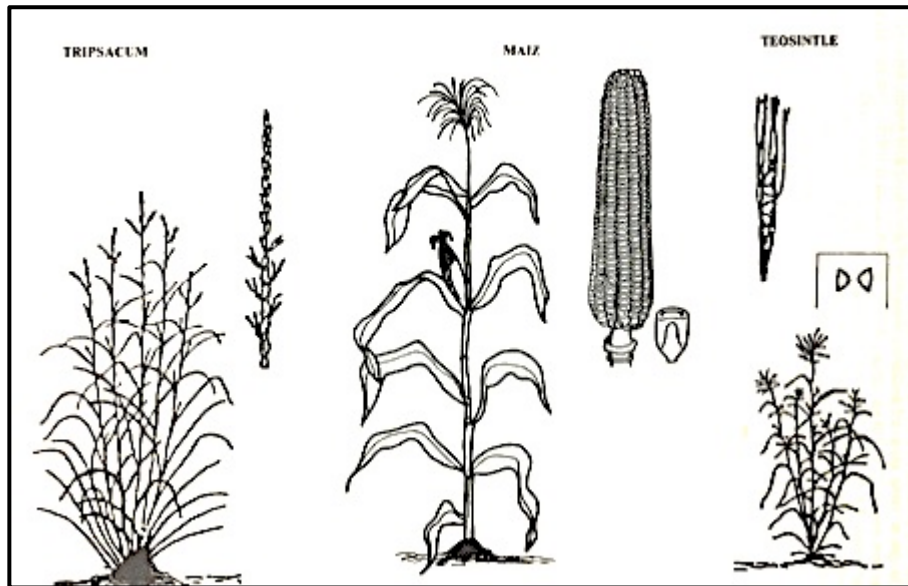
El *Tripsacum* se encuentra en toda América Central y se extiende además por el norte, en algunas regiones del oeste y del este de los Estados Unidos, y por el sur, hasta





Brasil. En estado natural se dan dos formas: la diploide ( $2n = 18$ ) y la tetraploide ( $2n = 36$ ). Su único aprovechamiento es como cultivo forrajero (Llanos-Company, 1984).

El *Euchlaena* (Teosinte) se encuentra en México y Guatemala y se da en dos formas: la anual, igual al maíz que 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).



**Ilustración 4.** Comparación de Tripsacum, maíz y Teosinte.  
(Fuente: Llanos-Company, 1984).

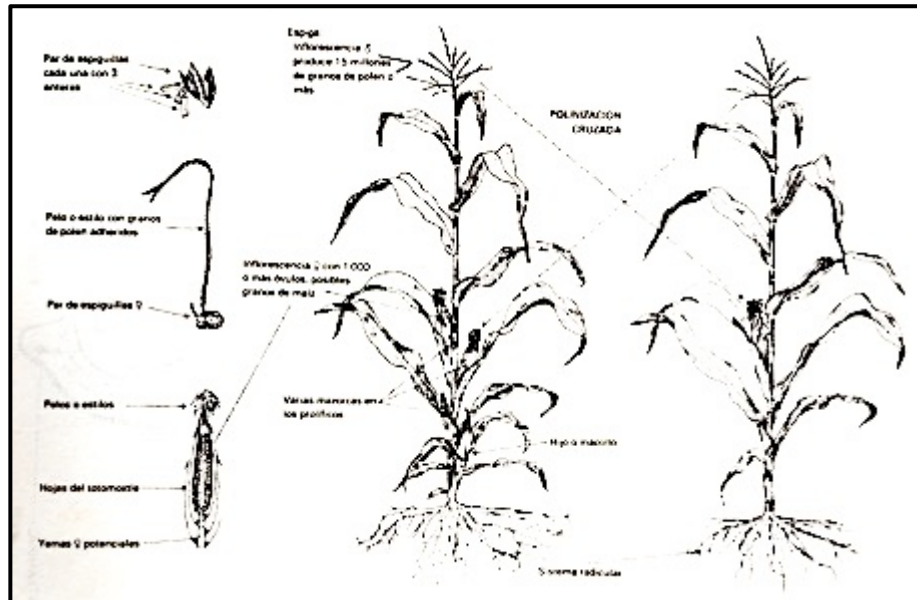
#### 4.5.1 Descripción botánica

Según Guerrero (1999), Jugenheimer (1981), Llanos-Company (1984) y Reyes-Castañeda (1990), el millo tiene la siguiente descripción botánica.

##### Planta

El maíz actual (ilustración 5) es una planta robusta, anual, de ciclo vegetativo que oscila entre 80 y 200 días, con un desarrollo vegetativo que puede llegar a alcanzar los 5 m de altura (normalmente de 2 a 2,5 m). Su tallo es nudoso y macizo y 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 va disminuyendo en el sentido de su crecimiento. 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.

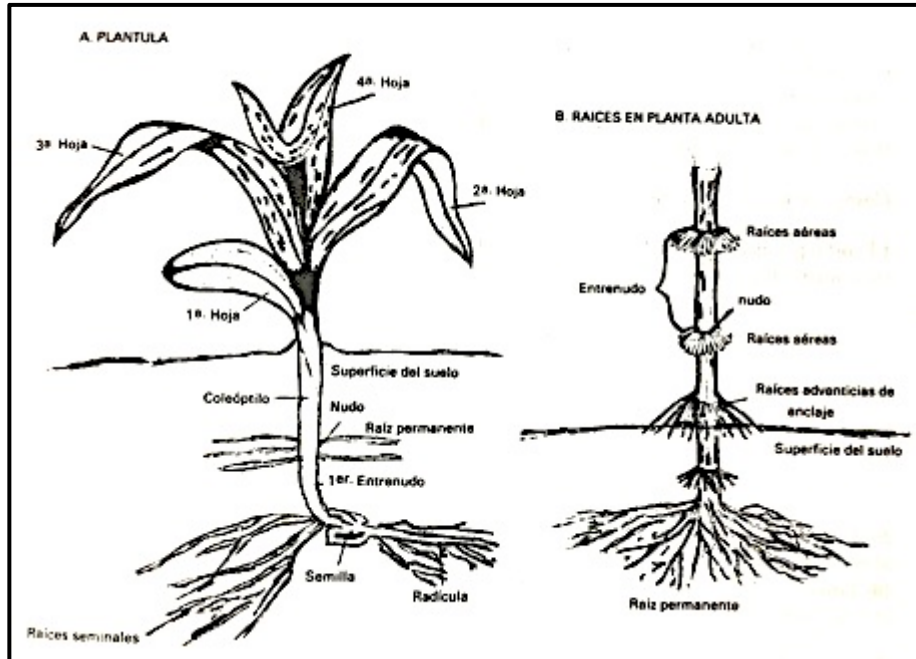


**Ilustración 5.** La planta del maíz.  
(Fuente: Reyes-Castañeda, 1990)

### Sistema radicular

Es un sistema radicular bastante fasciculado y extenso formado por tres tipos de raíces (ilustración 6):

- Las raíces primarias emitidas por la semilla que 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 casi la totalidad del sistema radicular.
- Las raíces aéreas o adventicias que nacen en último lugar, en los nudos de la base del tallo, por encima se la corona.



**Ilustración 6.** Plántula y sistema radicular del maíz.  
(Fuente: Reyes-Castañeda, 1990)

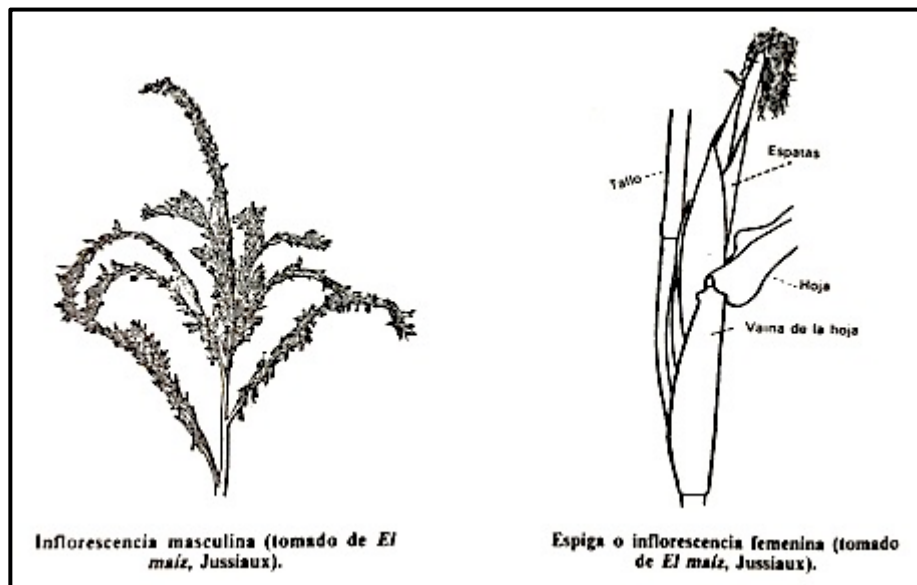
### Hojas

El número de hojas que oscilan en un tallo se encuentra entre 15 y 30. Son alargadas y abrazadoras (de 4 a 10 cm de ancho y de 35 a 50 cm de longitud), de borde áspero, finamente ciliado y algo ondulado.

### Flores

El millo es una planta diclina y monoica (ilustración 7). Las flores masculinas salen por parejas a lo largo de muchas ramas finas, de aspecto plumoso, situadas en el extremo superior del tallo. Estas ramas finas constituyen la panícula terminal. Su longitud es de 6 a 8 mm y poseen tres estambres, largamente filamentosos.

Las flores femeninas se reúnen en varias espigas que nacen de las axilas de las hojas del tercio medio de la planta. Cada flor femenina fecundada desarrollará un fruto en forma de grano, más o menos duro, lustroso, de color amarillo, púrpura o blanco. Los frutos quedan agrupados formando hileras o carreras en un eje grueso o zuro.



**Ilustración 7.** Inflorescencia masculina y femenina del maíz.  
(Fuente: Llanos-Company, 1984)

### Fruto

Los frutos (granos) forman una infrutescencia, conocida como “mazorca” o “piña”, en la que se insertan los granos. El tamaño y número de éstas está directamente relacionado con el rendimiento del grano, pues vendrá determinado por la longitud, el número de hileras y su peso.

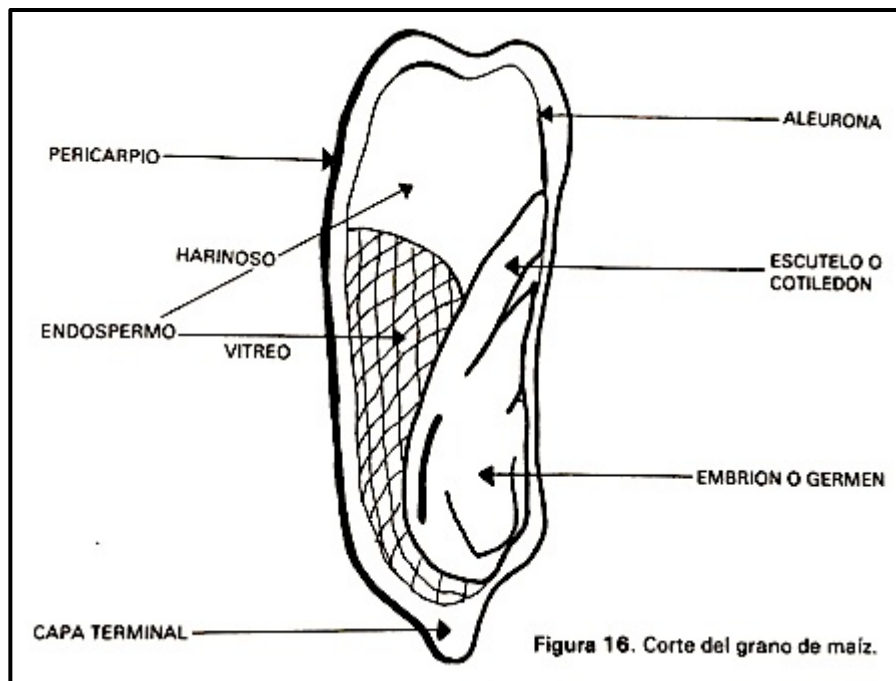
Las variedades de un tallo normalmente desarrollan una sola mazorca, aunque en algunos tipos existe la tendencia a que el pedúnculo ramifique y produzca un jilote o dos que puede formar granos o no. Las variedades que producen dos o más mazorcas en el mismo tallo, pero en diferente nudo, son llamadas variedades “cuateras”. Este desarrollo es muy apreciado en los procesos de selección.

El grano del maíz es un cariósipide. Está formado por la cubierta o pericarpio (6% del peso del grano), el endospermo (80%) y el almidón, germen o semilla (11%) (ilustración 8). Cada componente del grano tiene un origen hereditario y una misión funcional diferente:

- El pericarpio: procede de la planta madre productora de la semilla. Protege a la semilla.
- Aleurona: capa de células del endospermo, de naturaleza proteica.
- El endospermo: 2/3 proceden de la planta madre y 1/3 del padre. Es la reserva de la que se alimenta la nueva planta hasta que pueda empezar a sintetizar por sí sola.



- Escutelo o cotiledón: parte del embrión cuya función es la de servir de reserva a la semilla y a la plántula en sus primeras etapas de desarrollo.
- 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.
- Capa terminal: parte que se une al zuro o 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 (black-layer), indica el estado del grano maduro.



**Ilustración 8.** Corte del grano de maíz.  
(Fuente: Reyes-Castañeda, 1990)

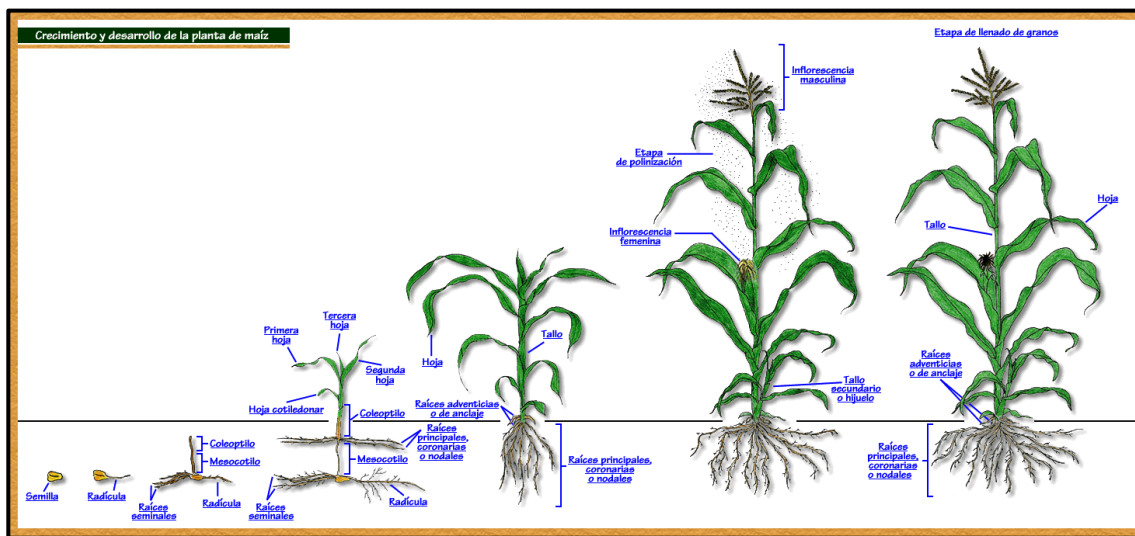
#### 4.5.2 Ciclo vegetativo

Según Guerrero (1999), el ciclo vegetativo del millo cuenta con cinco fases:

##### Nascencia

Abarca desde el momento en que transcurre la siembra hasta la emergencia del coleóptilo emitido por la plúmula hacia la superficie del terreno, transcurriendo de 6 a 8 días, aproximadamente. La germinación es un estado crítico en la vida de la planta, pues

si se produce lentamente debido a condiciones desfavorables, puede dar lugar a la incidencia de agentes patógenos que comprometen el futuro del cultivo.



**Ilustración 9.** Crecimiento y desarrollo de la planta de maíz.  
(Fuente: Cereales)

### Crecimiento vegetativo

Nacido el millo, comienza el desarrollo de hojas, apareciendo una hoja nueva cada 3 días si las condiciones edafoclimáticas son favorables. Transcurridos 15-20 días tras la nascencia, la planta debe tener 5 ó 6 hojas, y en las primeras 4 ó 5 semanas debe tener formada todas sus hojas.

En esta fase de crecimiento es cuando más se ven reflejadas las diferencias varietales, prolongándose este período en los ciclos largos, más que en cualquier otra etapa de la vida de la planta.

### Floración

La floración es el momento en que la panocha se encuentra emitiendo polen y se produce el alargamiento de los estilos. La formación de la panocha en el interior de la planta se produce en torno a los 25-30 días después de la siembra. Tras 4 ó 6 semanas desde este momento, se inicia la liberación del polen y el alargamiento de los estilos. La emisión de polen dura de 5 a 8 días, presentando problemas si las temperaturas son altas o si se produce sequía por falta de riego o lluvias. En los maíces híbridos actuales, la producción y emisión de polen puede alargarse entre 1 y 2 semanas.



El período más crítico de la planta es el que transcurre a partir de las 3 semanas previas a la liberación del polen y el alargamiento de los estilos. Una deficiencia de agua y nitrógeno puede provocar resultados irreparables en la cosecha.

### Fructificación

Tras la fecundación, si fue realizada con éxito, comienza la fase de fructificación. Una vez fecundada, los estilos de la mazorca, conocidos vulgarmente como sedas, barbas o greñas, cambian de color, tomando un color castaña. La mazorca alcanza su tamaño máximo después de la tercera semana tras la polinización, formándose los granos (en 50 días aproximadamente) y apareciendo en ellos el embrión. Los granos se llenan de una sustancia lechosa, rica en azúcares, los cuales se transformarán al final de la quinta semana en almidón. El punto final del ciclo biológico viene determinado por la aparición de la capa negra, una formación membranosa que aparece en la zona de unión del grano con el zuro.

### Maduración y secado de la mazorca en la planta

Tras la octava semana desde la polinización, el grano alcanza su máximo contenido en materia seca, pudiendo considerarse que ha llegado a su madurez fisiológica teniendo entorno a un 35% de humedad. A partir de este momento, va perdiendo humedad, alcanzando así su madurez comercial. La velocidad de esta pérdida de humedad estará influenciada más por las condiciones ambientales que por las características varietales.

## **4.6 FISIOLOGÍA DEL MILLO**

S.R. Aldrich y Earl R. Leng, afirman en su libro “Producción Moderna de Maíz” que, “*La planta del maíz es uno de los mecanismos más maravillosos que posee la Naturaleza para almacenar energía*” (Citado por Llanos-Company, 1984). Según López Bellido (1991) el maíz presenta la siguiente fisiología.

### Emergencia y establecimiento del cultivo

El buen desarrollo de la fase siembra-emergencia es esencial para el establecimiento del cultivo. Tras la emergencia, la planta inicia su fase autótrofa en la que abastece sus propias necesidades energéticas por medio de la fotosíntesis, siendo



suficiente la implantación del sistema radicular para asegurar la alimentación hídrica y mineral de las plantas, iniciándose esta fase normalmente con la aparición de la tercera hoja a una temperatura óptima de 20 °C. El proceso de germinación puede verse afectado por circunstancias adversas, pudiendo provocar la muerte de las plántulas. El crecimiento normal del mesocótilo y de las primeras hojas puede verse afectado por golpes mecánicos, altas temperaturas, estrés hídrico y la profundidad de siembra. La temperatura, el suministro de agua y el oxígeno son los factores ambientales que principalmente actúan en esta fase. La velocidad de germinación y del crecimiento de las plántulas está relacionado directamente con las temperaturas, existiendo entre 10 y 30 °C una respuesta lineal del crecimiento. El umbral térmico requerido para la germinación oscila entre 8 y 12 °C.

En las siembras tempranas, el frío dificulta y retrasa el establecimiento del cultivo, provocando la aparición escalonada de plantas. Las temperaturas de -1 y -2 °C pueden dañar las hojas sin provocar la muerte de la plántula. La plántula de maíz es extremadamente sensible a la limitación hídrica, principalmente hasta el estado de 1-2 hojas.

También perjudica a la germinación la localización del abono muy próximo a la semilla, produciendo un efecto osmótico.

#### Desarrollo del sistema foliar y radicular

El ritmo de aparición de hojas está muy influenciado por la temperatura, siendo lineal la curva de aparición entre 15 y 30 °C. La temperatura del suelo influye en la aparición de las primeras hojas, por su influencia sobre la temperatura en el ápice vegetativo. Existe una correlación positiva entre la altura máxima de la planta y el número total de hojas, siendo frecuentemente las variedades más tardías la de mayor altura. Fotoperíodos largos aumentan siempre la superficie total de hojas por planta, la cual se reduce con el incremento de la densidad de plantas por el efecto del sombreado mutuo.

La formación de hojas se detiene al comienzo de la aparición de la panícula, aunque el número total de hojas puede aumentar algo con las temperaturas (0,2 hojas por °C).

En el sistema radicular, el crecimiento de las raíces está muy influenciado por la temperatura, siendo escaso por debajo de los 10 °C y máximos sobre los 30 °C. El crecimiento de raíces en relación con la parte aérea de la planta, es relativamente mayor





a bajas temperaturas, implicando una relación de la parte aérea/raíces más débil en la gama de temperaturas entre 10-15 °C. Las raíces adventicias son más ramificadas a temperaturas altas, provocando una disminución de su diámetro medio, estimándose que a 20 °C el número de raíces laterales es máximo y comienza a descender su diámetro.

### Desarrollo reproductivo

La inducción floral en el maíz es compleja. Los días cortos y las temperaturas frescas favorecen una fuerte inducción floral, propiciando el desarrollo de la inflorescencia femenina. Los días largos y temperaturas cálidas retrasan la inducción y favorecen el desarrollo de la inflorescencia masculina. La velocidad y la calidad del desarrollo floral deben estar equilibradas para que exista un desfase breve entre la emisión de polen y la aparición de las sedas y una competencia ponderada entre panícula y espiga. Los días cortos y/o la aplicación de auxinas pueden provocar el desarrollo de flores femeninas en la panícula de ciertos genotipos. En las plantas con un desarrollo normal, la actividad del crecimiento por el empelo de giberelinas disminuye después de la iniciación de la panícula, sin embargo su actividad permanece elevada en los meristemas apicales que portan las flores femeninas.

### Madurez del grano

La pérdida de humedad del grano puede variar con el clima y la variedad, en función del equilibrio entre las cantidades de agua que llegan a la base del grano, las que salen por su periferia y las cantidades de materia seca que se acumulan. La madurez del grano de maíz se alcanza cuando cesan las transferencias de asimilados. En este momento las células de las placas nutricias mueren. En condiciones cálidas los componentes que ellas contienen se oxidan y se oscurecen para formar el “punto negro” (black layer), que no aparece si el clima es frío y húmedo. En la práctica cuando el “punto negro” está presente los granos que han alcanzado su peso definitivo pueden todavía perder humedad. En el período que transcurre desde la floración a la madurez existe una buena correlación entre la evolución del contenido de agua del grano y la suma de temperaturas recibidas después de la floración.

#### 4.7 MATERIAL VEGETAL

La evolución del maíz ha sido consecuencia de la selección natural, lenta pero efectiva, y gracias a la intervención del hombre indígena, a los agricultores por su selección y a los científicos y técnicos que lo domesticaron de un modo más acelerado que la natural, se han llegado a obtener variedades e híbridos mucho más productivos. Dicha evolución se refleja en la morfología, pues el maíz domesticado por los indígenas producía plantas amacolladas con tallos ramificados y mazorcas pequeñas de 3 a 6 cm de longitud y de 4 a 8 carreras de granos pequeños, duros, palomeros, tunicados y de colores oscuros, siendo muy diferentes a los actuales (Reyes-Castañeda, 1990).

Según los rasgos y las semejanzas entre millos se pueden agrupar o pertenecer a razas o variedades. Benz (1997) define las razas como poblaciones cuyas semejanzas entre sí son mayores que con las de otras, aumentando el parentesco al ser mayor la herencia compartida. Por tanto, es un grupo de individuos cuya relación en común permite su reconocimiento (Hernández, 1987). En cambio, el término variedad hace referencia a un grupo de individuos de una misma especie, con rasgos diferenciales más pequeños que en las razas, siendo así individuos que presentan similitudes en cuanto a sus características y comportamiento y que pueden distinguirse de otras variedades dentro de la misma especie (Ángeles-Gaspar, Ortiz-Torres, López y López-Romero, 2010). Este concepto es aplicable a los tipos de maíces que tienen los campesinos, como son las variedades criollas y nativas.

Variedades criollas: se refiere a un término campesino que comúnmente se utiliza para referirse a un material nativo de una comunidad, región, estado o país y que se diferencia de un material extranjero, un maíz híbrido o una variedad mejorada, conformada por una población heterogénea de plantas, diferenciadas por los agricultores por su color, textura, forma de grano, forma de la mazorca, ciclo de cultivo y uso (Aragón-Cuevas, Taba, Hernández-Casillas, Figueroa-Cárdenas y Serrano-Altamirano, 2006).

Variedades nativas: son aquellas que se originaron y evolucionaron en un lugar específico y que fuera de él presenta problemas de adaptación. No puede ser nombrada como criolla, porque puede conservar características específicas (Reyes-Castañeda, 1990).



Según Reyes-Castañeda (1990) el nombre común de una variedad se define por su lugar de origen o bien son denominaciones autodescriptivas. Existen siete tipos de variedades según su evolución o manipulación:

- Variedades *criollas*: son variedades introducidas que se han adaptado a las condiciones ambientales del lugar de destino. Se denominan según sus caracteres autodescriptivos o nombre del lugar de destino.
- Variedades *mejoradas*: han sido sometidas a un mejoramiento genético. Se denominan con la referencia V-número.
- Variedades *sintéticas*: denominadas con la referencia VS-número.
- Variedades *híbridas*: denominadas con la referencia H-número.
- Generaciones avanzadas de híbridos (F1, F2, F3, Fn) o *híbridos acriollados*.
- Cruces naturales recíprocos entre maíces criollos y variedades mejoradas (*criollos híbridos*).
- *Híbridos naturales* de las diversas clases de semillas descritas con *Teocintle*.

Se dificulta la clasificación de especies de polinización alógama como es la del millo, donde normalmente se producen cruzamientos intervarietales (Ruiz de Galarreta, 1998).

El millo puede dividirse en 7 grupos varietales de acuerdo a los caracteres del grano, considerados como variedades botánicas (Sturtevant, 1899). Estos grupos varietales son:

- El *dentado* (*Zea mays indentata*) (Dent corn): se caracteriza por una depresión o “diente” en la corona de la semilla, formada por consecuencia de un endospermo rico en almidón y bajo en proteínas, que en su madurez fisiológica el grano pierde humedad y se produce la hendidura. Grano sensible al quebrado. Es el grupo más cultivado, usado en alimentación animal y consumo humano.
- El *duro, cristalino o liso* (*Zea mays indurata*) (Flint corn): probablemente fue el primer tipo de millo que tuvieron los europeos (Brown y Anderson, 1947). Usado para la molienda en seco por su peso específico, dureza y rico en proteína.
- El *dulce* (*Zea mays sacharata*) (Sweet corn): grano de aspecto arrugado, caracterizado por su apariencia translúcida y córnea en su madurez y por su condición vítrea en estado seco. Recolectado en verde para la 1ª y 2ª gama de alimentos, apreciado por su alto contenido en azúcar soluble y poca fécula.

- El *harinoso* (*Zea mays amyloacea*) (Flour corn): uno de los tipos más antiguos de millo, apreciado por su suavidad, semidentado o de corona redonda, con endospermo vítreo, que lo hacen adecuado para hacer harina. Grano susceptible a plagas en almacén y hongos en campo, prefiriendo climas secos.
- El *reventón* (*Zea mays everta*) (Pop corn): es el utilizado para las palomitas, “cotufas” o “rocas” en Canarias, o confituras. Su cultivo pasa a ser secundario. Es considerado un millo primitivo.
- El *ceroso* (*Zea mays cerea*) (Soft corn): originario de China y de aspecto vítreo. Es usado para la fabricación de gomas, pegamentos y en alimentos con almidón como sustituto de la yuca.
- El *tunicado* (*Zea mays tunicata*) (Pod corn): considerado como primitivo, es un tipo raro de millo, ya que cada grano se encuentra encerrado por una túnica o vaina. Utilizado para el estudio del origen del millo y como material genético y citogenético.

Actualmente, se busca mejorar en la materia prima, entre otros factores, la calidad, especialmente para ganadería y consumo humano. La mejora genética, selección y obtención de nuevas variedades comprende diversas etapas, siendo las principales (De Gorostiza-Ysbert, Durán, Del Monte-Díaz de Guereñu, De Liñan-Vicente y Márquez-Delgado, 1990):

- Creación de poblaciones que aporten variabilidad genética.
- Mejora genética de dichas poblaciones.
- Creación de líneas puras.
- Mejora genética de dichas líneas puras.
- Hibridación o cruzamiento de las líneas para obtener los híbridos.

Los criterios de selección empleados como prioritarios en la mejora del millo son (Llanos-Company, 1984):

- Mejor utilización de los principios nutritivos, especialmente del nitrógeno por planta.
- Variedades más precoces para su introducción en zonas marginales por lo reducido del período libre de heladas. Variedades resistentes al encame y de mayor eficiencia fotosintética.



- Resistencia a plagas y enfermedades.
- Tolerancia a los pesticidas.

La última fase de la evolución del millo es muy reciente y da resultados positivos, teniendo su inicio en la aparición de los híbridos (De Gorostiza-Ysbert et al., 1990). El tipo de híbrido depende del número y del ordenamiento de las líneas puras paternas, formados según lo mostrado en la tabla 9 (Guerrero, 1999):

**Tabla 9.** Resumen de obtención de híbridos.

Línea pura x Línea pura	Híbrido simple (H.S.)
Híbrido simple x Híbrido simple	Híbrido doble (H.D.)
Híbrido simple x Línea pura	Híbrido tres líneas (H.3L.)
Híbrido simple x Variedad	Híbrido tres líneas
Polinización libre	(Top-cross)

(Fuente: Guerrero, 1999)

#### 4.7.1 Variedades locales de millo

Como ya se ha mencionado, las variedades locales han evolucionado a lo largo de su historia, adaptándose y adquiriendo las características propias de cada lugar. Su valor no sólo radica en la resistencia a plagas y enfermedades, calidad nutritiva o adaptación a condiciones ambientales adversas, sino que presentan un potencial que no ha sido explotado y puede llegar a ser indispensable, aunque actualmente no sean reconocidos (García-Méndez et al., 2013).

Según Álvarez y Ruiz de Galarreta (1995) existen una serie de características que definen a las variedades locales:

- Mayor adaptación a las condiciones adversas.
- Mayor tolerancia o resistencia a enfermedades fúngicas y plagas.
- Mayor vigor de crecimiento en los primeros estadios de desarrollo vegetativo.
- Compiten mejor con las malas hierbas en las primeras fases de crecimiento.

Es decir, las variedades tradicionales de millo son capaces de soportar condiciones ambientales que dañarían seriamente a muchos híbridos comerciales, lo que les confiere una mayor estabilidad productiva.

Actualmente, el uso de las variedades locales queda restringido a áreas con poco desarrollo técnico, agricultura de pequeñas extensiones y a regiones donde las variedades mejoradas no han sido capaces de adaptarse (Ruiz de Galarreta, 1998).

Para la obtención y denominación de una variedad local, es necesaria su evaluación agronómica y caracterización (Hallauer y Miranda-Filho, 1998). La clasificación en grupos según los caracteres distintivos, permiten su catalogación y demostrar las relaciones entre las mismas. Esto es indispensable en los programas de mejora genética. La formación de grupos permite también la conservación de genotipos de millo, con mucho menos costes que si se realizara con cada una de las variedades locales individualizadas.

Los estudios de caracterización de variedades y cultivares primitivos son importantes para ampliar la base genética del millo y de otras especies, siendo conservados en los bancos de germoplasma (Álvarez y Ruiz de Galarreta, 1995). Tan importante es, que la pérdida de una variedad local supone la eliminación irreversible de la diversidad genética contenida en ella (Esquinas, 1982).

El Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife (CCBAT) cuenta con 250 entradas recolectadas en las siete islas Canarias, además de otras 9 de distinta procedencia (Perú y España –gallegas, vascas y aragonesas-).

## **4.8 EXIGENCIAS EN CLIMA Y SUELO**

### **4.8.1 Clima**

#### Efecto de la luz y el fotoperiodo

La planta de maíz se ve influenciada considerablemente por el efecto de la luz, sobre todo en la etapa de floración, repercutiendo posteriormente en el rendimiento esperado. Durante la polinización, si los días son muy nublados reducen considerablemente la producción de grano. Las variedades más tardías, son las más sensibles a la falta de luz.

Las variedades de millo adaptadas a climas de día corto, si son expuestas a días de 11 a 15 horas de luz, ven retrasada su floración, mientras que de lo contrario, los días cortos promueven la floración (CEDAF, 1998). La floración se adelanta cuando se siembran variedades de latitudes altas en latitudes más bajas, y se retrasa cuando se siembran variedades del sur en el norte (Reyes-Castañeda, 1990).



Por lo general, las poblaciones de millo cultivadas en Canarias, debido a la latitud de las islas, parecen estar adaptadas a condiciones de fotoperiodo corto (Ríos Mesa, comunicación personal).

#### Altitud de siembra

La diversidad de millo obtenido a lo largo de su historia, gracias a la selección natural y humana, ha permitido la obtención de variedades de millo adaptadas a rangos de altitud que comprenden desde el nivel del mar hasta más de 4.000 m.s.n.m. (García-Méndez et al., 2013).

Las plantas de ciclo largo, pueden llegar a alcanzar más de 3 m de altura en altitudes medias o bajas, mientras que las plantas de ciclo corto apenas llegan al metro y medio en grandes altitudes.

#### **4.8.2 Suelo**

En cuanto a las condiciones edáficas, el millo es una planta que se adapta a una amplia variedad de suelos, prefiriendo suelos de textura media (francos), fértiles, profundos, bien drenados y con buena capacidad de retención de agua, con los que se consigue los máximos rendimientos.

El pH óptimo está entre 6 y 7, aunque con pH entre 5,5 – 8 ofrece buenos resultados.

El millo tolera medianamente la salinidad del suelo. Las sales retrasan la nascencia de la semilla, pero apenas altera el porcentaje de emergencia. El desarrollo del maíz se ve normalmente impedido cuando el contenido de sales solubles totales es de 0,5 por 100 en el suelo, o bien 15,3 g/l en la solución del suelo. Un contenido elevado de sales en el suelo, afecta al crecimiento de las raíces más que a la parte aérea de la planta. El retraso y reducción del sistema radicular de la planta, puede ser debido a la carencia de humedad fisiológica en las raíces, como consecuencia de la alta presión osmótica en la solución del suelo.

#### **4.8.3 Efecto de la temperatura**

El millo prefiere regiones de clima estival suave y con temperaturas lo más uniformes posibles a lo largo del verano.

Con temperaturas entre 30 y 35 °C se reduce el rendimiento y se produce un cambio cualitativo significativo en la composición de proteínas en el grano. Este efecto depende de la disminución de actividad de la enzima nitrato reductasa, siendo mayor el efecto cuando coincide con temperaturas elevadas y falta de agua.

Las plantas son muy susceptibles a las altas temperaturas en el período de floración, dañando el polen y los estigmas. Cuando se alcanzan temperaturas superiores a los 40 °C, el proceso de polinización puede verse seriamente afectado, sobre todo si hay humedades relativas altas (CEDAF, 1998).

Durante la noche, las temperaturas de -3 °C pueden causar la muerte de las hojas más jóvenes en plantas recién nacidas. Aunque la planta resista y pueda continuar creciendo, el efecto del frío puede causar una reducción de la cosecha de hasta un 15% de su rendimiento (Llanos-Company, 1984).

La temperatura óptima durante los meses de junio, julio y agosto es de 22 °C con variaciones entre el día y la noche de  $\pm 7-8$  °C.

**Tabla 10.** La temperatura y sus efectos en la germinación del millo.

<b>Temperatura (a 10 cm de profundidad)</b>	<b>Efectos en el crecimiento</b>
8 – 10 °C	Tª mínima para que la semilla germine
12 °C	Germinación y crecimiento lento
16 – 18 °C	Emergencia de las plantas bastante rápido (de 10 a 12 días)
20 °C	El período de emergencia se reduce a la mitad

(Fuente: Llanos-Company, 1984)

**Tabla 11.** Valores de temperatura en las diferentes etapas de desarrollo.

<b>Estadio</b>	<b>Tª mínima</b>	<b>Tª máxima</b>	<b>Tª óptima</b>
Germinación	10 °C	40 °C	20 – 25 °C
Crecimiento vegetativo	15 °C	40 °C	20 – 30 °C
Floración	20 °C	30 °C	21 – 30 °C

(Fuente: Reyes-Castañeda, 1990)





#### 4.8.4 Necesidades hídricas

Las aportaciones de agua en el cultivo del millo presentan una fuerte correlación en el rendimiento esperado, tanto si es para grano como si es para forraje. La velocidad de consumo de agua dependerá de la textura del suelo y de la evapotranspiración (Llanos-Company, 1984).

En el período desde la siembra hasta los primeros estadios de desarrollo, una escasez de agua puede inducir un mayor crecimiento en profundidad del sistema radicular, lo que permitirá a las plantas soportar mejor la ausencia de agua en la época más calurosa. La evapotranspiración es relativamente baja hasta que las plantas llegan a alcanzar los 30-40 cm de altura. Los valores máximos de evapotranspiración se alcanzan durante los estados de botón floral, espigado y polinización (Llanos-Company, 1984). Teniendo en cuenta que su cultivo se lleva a cabo entre los meses de marzo-septiembre, aproximadamente, los valores máximos de evapotranspiración suele coincidir con las máximas necesidades por parte de la planta y las reservas mínimas en el suelo, debido a la ausencia o escasez de precipitaciones junto con altas temperaturas e insolación.

Entre la emisión del botón floral hasta pasadas unas cinco semanas, las plantas deben disponer de aproximadamente la mitad del total de agua utilizada durante todo el ciclo de cultivo, pues la carencia de agua suficiente durante esta fase del cultivo puede mermar la cosecha considerablemente (Llanos-Company, 1984).

Las condiciones de sequía pueden prolongar en las flores femeninas la apertura y emisión de los estilos, hasta unas cuatro semanas, cuando normalmente se tarda unos diez días. Las altas temperaturas pueden adelantar la emisión de polen en las flores masculinas. De este modo, en la fase de fecundación, si coinciden las altas temperaturas con la escasez de agua, puede dar lugar a que un alto porcentaje de flores femeninas no reciban el polen de las espigas masculinas, provocando abortos de semillas y reflejándose en la cosecha.

### 4.9 EXIGENCIAS NUTRICIONALES Y SÍNTOMAS DE LAS CARENCIAS

Según Álvarez de Toledo et al. (1964), De Gorostiza-Ysbert et al. (1990), Guerrero (1999), Llanos-Company (1984) y Reyes-Castañeda (1990), los elementos nutritivos más importantes para la planta de maíz son:

### Nitrógeno (N)

El nitrógeno es importante tanto para el rendimiento como para la calidad de la planta y el grano. Desde la nascencia hasta un mes antes de la floración, el consumo de nitrógeno no es muy importante. Desde este momento hasta la floración (alargamiento de las sedas), el consumo de nitrógeno aumenta considerablemente, y en poco más de un mes, (tres semanas antes de la floración y dos después de dicho momento), se consume entorno al 45%.

Una deficiencia de N en la planta provoca una disminución del vigor, hojas pequeñas, las puntas de las hojas adquieren un color amarillo que poco a poco se va extendiendo a lo largo de la nervadura central, dando lugar a una especie de dibujo en forma de V. También retrasa la floración y en las mazorcas se manifiesta con las puntas de los granos vacía.

Un exceso de N en el suelo, puede producir tejidos blandos y débiles, con escasas fibras, siendo muy sensibles al encamado. También pueden aparecer las barbas en las piñas verdes en plena madurez.

### Fósforo (P)

El fósforo interviene en la fecundación, el desarrollo de las raíces y del grano. La velocidad de absorción del P se mantiene constante a lo largo de todo el ciclo.

La carencia de P, puede producir fecundaciones que dan mazorcas irregulares y que suelen tener carreras de granos rudimentarios. La planta presenta manchas de color purpúreos-amoratados a lo largo de los bordes de las hojas, y los tallos se vuelven delgados y ahilados tornándose también a un color purpúreo. También provoca un crecimiento lento y porte achaparrado.

### Potasio (K)

El potasio es el promotor de intercambios activos entre los otros elementos en el medio nutritivo. Incrementa la eficacia fotosintética en condiciones de baja intensidad lumínica, así un aporte elevado de K contrarresta el efecto negativo de sombreado o competencia de la luz en grandes densidades de plantación.

La carencia de K forma raíces débiles, que por su insuficiente arraigo al suelo facilita el encamado de la planta y son más vulnerables al ataque por hongos. En la parte aérea puede provocar tallos cortos con nudos de color pardo-oscuro, enanismo, alargamiento de hojas, reseca y oscurecimiento en los bordes, seguido de necrosis en



las hojas bajas. Las mazorcas no granan bien y los granos en el extremo de las mismas quedan poco apretados y se caen con facilidad.

### Magnesio (Mg)

El magnesio forma parte de la clorofila, fundamentalmente para la asimilación del carbono atmosférico.

La carencia de magnesio provoca en la planta rayas amarillentas a lo largo de las nerviaciones y coloración púrpura en la cara inferior de las hojas bajas. Típico en suelos ácidos y arenosos.

### Calcio (Ca)

El calcio actúa en las planta de maíz como un elemento antitóxico frente a la acción que pueden ejercer los iones de sodio, potasio y magnesio. Suele estar acumulado más en las hojas y en mucha menor cantidad en los granos de las piñas. El Ca activa el crecimiento de las raíces jóvenes, disminuyendo su permeabilidad.

Una carencia de Ca genera raíces cortas y poco activas en la asimilación de agua y nutrientes. En las partes más jóvenes de la planta, retrasa y paraliza su crecimiento. La planta pierde vigor, el tallo se debilita, las hojas se enrollan y el ápice termina ennegreciendo.

Un exceso de caliza en el suelo puede producir la inmovilización por insolubilización de ciertas sales, impidiendo la asimilación de hierro, manganeso o zinc.

### Oligoelementos

Los oligoelementos son imprescindibles, pues algunos como el boro, pueden producir mazorcas arrugadas por el lado que queda frente al tallo mientras el resto queda normal. Suele producirse en suelos con pH básicos y arenosos. La carencia de zinc produce clorosis en las hojas superiores y retraso en el crecimiento, provocando entrenudos cortos. Puede aparecer en suelos con un alto contenido en fósforo, pH elevados, suelos fríos y húmedos y bajo contenido en materia orgánica.

## 4.10 CULTIVO

### 4.10.1 Preparación del terreno

Comprende el conjunto de labores que se realizan al terreno teniendo como objetivo una adecuada nascencia y posterior desarrollo de la planta. El maíz exige para nacer un suelo con temperatura adecuada ( $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), un grado de humedad próximo a la capacidad de campo o ligeramente inferior, así como una tierra mullida sin llegar a apelmazarse, bien drenado, una buena aireación y que posea un grado de desmenuzamiento que permita un íntimo contacto entre la semilla y la tierra (De Gorostiza-Ysbert et al., 1990).

En general, se busca:

- La eliminación y la incorporación de los restos vegetales del cultivo anterior.
- El mullido y asentamiento del suelo en profundidad.
- Las labores superficiales preparatorias previas a la siembra (Reyes-Castañeda, 1990).

Según Llanos-Company (1984), las labores para la siembra del maíz pueden clasificarse en:

- Labores primarias: comprenden las iniciales, a incorporar los restos de cultivos anteriores en la parcela. La disposición del terreno después del enterrado de los restos vegetales, permite que la tierra “coja fondo”, es decir, que las lluvias queden almacenadas en la grietas y surcos formados.
- Labores secundarias: su objetivo es dejar la superficie del suelo en el mejor estado de agregación y limpio de malas hierbas, es decir, dejar preparada definitivamente la tierra para la siembra del maíz.

### 4.10.2 Siembra

#### Época de siembra

La época de siembra del millo depende de las condiciones climáticas de la zona y del ciclo de la variedad que se utiliza. Por lo general, en gran parte del norte de Canarias se suele sembrar entre los meses de marzo-abril. En términos generales se recomiendan siembras tempranas, ya que favorece que las plantas alcancen una mayor



altura y que el punto de inserción de la mazorca sea más bajo, con lo que se consigue un menor índice de plantas encamadas y mejora la recolección.

Si la temperatura del suelo permanece a 10 °C y varía poco durante el día y la noche o se prevé frío, es aconsejable retrasar la siembra unos días hasta que el suelo se caliente más (De Gorostiza-Ysbert et al., 1990).

Las siembras muy tardías provocan retrasos en la floración y en la maduración de los granos, que si coinciden con períodos lluviosos pueden afectar a las mazorcas y sus granos por la aparición de enfermedades fúngicas.

### Densidad de siembra

Supone el número de semillas que se siembran por unidad de superficie, que viene determinada por la distancia entre plantas en cada línea y la distancia entre líneas.

El rendimiento depende del nº de mazorcas por nº de granos de cada mazorca por peso de cada grano. Se debe conseguir el mayor número posible de granos por unidad de superficie, siempre que su tamaño y su peso específico se mantengan dentro de unos límites (De Gorostiza-Ysbert et al., 1990).

Con densidades de plantación bajas, se fomenta la aparición de hijuelos y la aparición de mazorcas secundarias que no terminan de granar bien o no maduran homogéneamente. En cambio, con densidades de plantación muy densas, las plantas se estorban, aparecen tallos débiles que tienden a ahilarse y con el peso de las piñas terminan encamando muchas de ellas.

La densidad de plantación dependerá de la variedad, del ciclo vegetativo, del clima, del tipo de suelo y de las prácticas culturales.

Generalmente se cumple la regla que dice que se debe sembrar a mayor densidad cuanto más corto es el ciclo de la variedad (De Gorostiza-Ysbert et al., 1990).

Los marcos de plantación suelen oscilar de 50 a 90 cm entre líneas y de 15 a 40 cm entre plantas.

Las densidades de siembra varían entre 40.000 y 120.000 plantas por ha, dependiendo de los ejemplares y de si se destina a maíz forrajero. En Canarias, aunque no existan estudios de los marcos de plantación más utilizados, en el norte de Tenerife es habitual densidades entre 40.000 y 60.000 plantas por ha (Ríos, comunicación personal).

### Profundidad de siembra

La profundidad de siembra depende de varios factores, tales como estado y naturaleza del suelo (estructura y textura) y clima en el momento de la siembra (Llanos-Company, 1984).

En condiciones óptimas para la nascencia la profundidad de siembra debe ser de 3 a 5 cm de profundidad (De Gorostiza-Ysbert et al., 1990). Siembras muy profundas provocan una prolongación innecesaria del mesocótilo, agotando las reservas de la semilla.

Por lo general, las siembras superficiales se emplean en suelos con textura fina y en suelos arenosos se siembra más profundo. También dependiendo de la temperatura, las siembras superficiales se emplean con temperaturas bajas y siembras profundas con temperaturas más altas, así se evita el riesgo de que se seque rápidamente en superficie.

### **4.10.3 Abonado**

Según Llanos-Company (1984), las fórmulas del abonado que pueden aplicarse y el momento de hacerlo depende principalmente de:

- Las características físicas y químicas del suelo.
- Que se repongan parte de los elementos nutritivos extraídos por las cosechas con aporte de estiércol o restitución de los rastrojos o que no se practique tal reposición.
- Que el cultivo sea de ciclo precoz, medio o tardío.

En la tabla 12 se resume la dosis de N / P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / K<sub>2</sub>O aplicables en un cultivo de millo para grano, según su ciclo y la textura de la tierra.

**Tabla 12.** Dosis media de abonado según el ciclo de la variedad y rendimientos en grano previsible.

Ciclo	Abonado de Fondo (kg/ha)			Abonado de Cobertura (N de Acción Rápida) (kg/ha)		Rendimiento Previsible (kg/ha)
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Un mes después de la nascencia	25 días antes de la floración	
Precoz	65	65	65	50	50	5.000-6.500
Medio	100	100	100	75	75	7.000-8.000
Tardío	150	150	150	110	110	8.500-10.500

(Fuente: Llanos-Company, 1984)



#### 4.10.4 Riego

En general, el maíz es una planta a la que le va bien el riego a pie (a manta), siempre que el terreno esté bien nivelado (Guerrero, 1999). Sin embargo, uno de los sistemas más empleados es el de aspersión (De Gorostiza-Ysbert et al., 1990), aunque durante la floración puede perjudicar la polinización (Llanos-Company, 1984).

En cuanto al riego por goteo, experiencias comparativas con el de aspersión en climas desérticos, han demostrado un rendimiento muy superior con este sistema (Llanos-Company, 1984).

La dosis de riego puede oscilar entre 500 y 1.500 m<sup>3</sup>/ha (De Gorostiza-Ysbert et al., 1990). Para Llanos-Company (1984) las necesidades normales para este cultivo oscilan sobre los 600 mm. Los primeros riegos hasta el momento de la floración no deben ser muy abundantes, cuando se acerca la floración los riegos deben ser más frecuentes, mientras que cuando las mazorcas están en estado del grano lechoso, las necesidades de agua disminuyen hasta el final del ciclo.

#### 4.10.5 Labores culturales

Durante el cultivo se hace necesario realizar una serie de labores como las binas y escardas, el riego, la abonada, las propias para el control de plagas y enfermedades y la recogida y almacenamiento de la cosecha. No obstante, se hace necesario realizar dos tipos de labores.

El *aporcado* que consiste en la sujeción de la base del tallo y las raíces aéreas más bajas de la planta con tierra, mejorando así el desarrollo vegetativo y ayudando a la sujeción de la planta (evitando el encamado), a la vez que se eliminan las malas hierbas que puedan aprovecharse de forma oportunista de la humedad recibida antes de la nascencia de la semilla.

El *despenachado* consiste en cortar las inflorescencias masculinas tras haber cumplido su función de polinizar. Con el corte de estas, se pretende acortar el ciclo y anticipar la maduración final del grano.

#### 4.10.6 Rotación y cultivos asociados

La asociación del millo con otros cultivos se ha realizado desde la agricultura primitiva, en donde se pretende aprovechar los medios naturales en beneficio para las especies que la conforman. La sucesión de cultivos distintos en un mismo terreno donde se ha cultivado millo, contribuye a mantener el equilibrio nutritivo del suelo y aumenta la fertilidad, dando como resultado mejores rendimientos de cosecha. En algunas regiones españolas la asociación de millo-judía ha sido bastante frecuente (Llanos-Company, 1984).

Las rotaciones utilizadas con millo, están influenciadas por las costumbres locales, los hábitos alimenticios y los mercados para la venta de productos agrarios.

Millo, judía y calabaza han sido asociados desde muy antiguo en México, extendiéndose a otros lugares de América, aportando una verdadera simbiosis entre las tres especies. Así, los tallos erectos del millo sirven de soporte para el crecimiento de las judías y para que sus hojas reciban la mayor cantidad de luz posible. El crecimiento rastrero de las calabazas, aporta una buena protección contra el crecimiento de malas hierbas y la erosión en los espacios libres entre plantas de millo y judías. Además, el nitrógeno atmosférico, es fijado por los nódulos de las raíces de las judías, que nutren al millo y a la calabaza.

El millo es excelente emplearlo en la cabeza de la rotación, pues aporta al suelo gran cantidad de fertilizantes, siendo considerado uno de los mejores cultivos para ir delante del trigo o de las papas.

En el Archipiélago Canario, las rotaciones dependen de la altitud, siendo este junto con las condiciones de cada lugar los que permitan la implantación y desarrollo en cada agrosistema.

Sabaté-Bel, Perdomo-Molina y Afonso-Álvarez (2008) citan la asociación muy extendida en las islas de papas-judías, localizadas en la zona de medianía o de costa, y las de papas-millo sobre todo en los altos, aunque también se podía cultivar en cotas más bajas. El millo y la judía se solían asociar con la papa del año (la de tardío), cuya siembra se realizaba en enero, ya fuese “bonita” o de “casta”, mientras que para Gil-González (2005), la asociación de papas y millo se realizaba fundamentalmente con las de “casta”. En zonas de costa, se asociaba la platanera con papas, millo o judías, aprovechando los espacios entre plantones, el agua y el abono que se dirigía al cultivo principal.





En zonas expuestas al viento, el cultivo del millo puede emplearse como cortavientos, situándose en los bordes de las parcelas (García-Martín, 2006).

Los principales objetivos que se pretenden conseguir con las rotaciones de cultivo son:

- Control de plagas y enfermedades.
- Control de malas hierbas.
- Mejora de la bioestructura del suelo.
- Aumento de la biodiversidad.
- Ahorro de recursos.

#### 4.11 RECOLECCIÓN Y CONSERVACIÓN

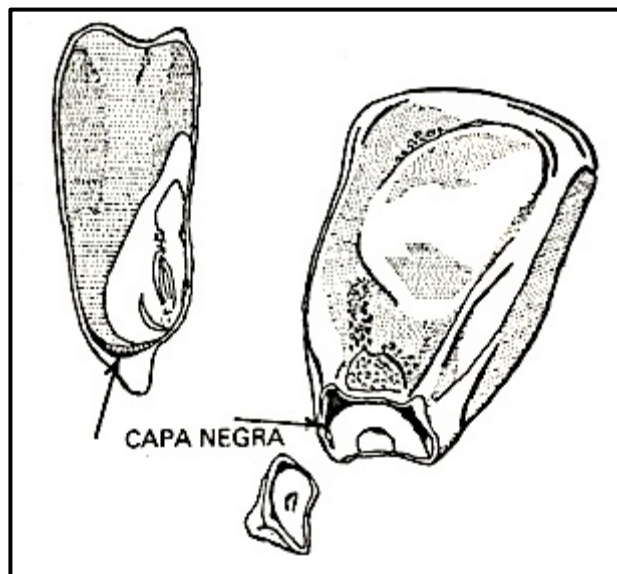
##### Recolección

La madurez fisiológica del millo (momento en que contiene el máximo de materia seca acumulada) se alcanza normalmente con un contenido de humedad entre 30-35%, entonces la humedad del forraje viene a ser de un 70%. A partir de ese momento el grano va perdiendo humedad, a la vez que se produce un ligero descenso de su contenido en humedad. Por tanto, su momento óptimo se establece cuando se ha pasado el punto de madurez fisiológica del grano, es decir, al disminuir su contenido de humedad por debajo del 30%. Las hojas y las espigas se han vuelto amarillas y éstas últimas en sus  $\frac{3}{4}$  partes están secas (Llanos-Company, 1984).

En Canarias, dependiendo de su aprovechamiento, las piñas se cogen en verde (estado lechoso) cuando se utilizan en potajes o antes de que comiencen a endurecerse cuando se quieren asar con leña.

García-Luis (2005) recoge el relato de la forma en que un agricultor realiza la recolección de las piñas: “*con una mano se agarraba el tallo y con la otra se separaba del mismo la mazorca, mediante un geito en forma de semigiro*”.

En el momento óptimo de recolección del grano seco se observa una capa negra en el grano (black-layer) (ilustración 10).



**Ilustración 10.** Madurez fisiológica del maíz.  
(Fuente: Reyes-Castañeda, 1990)

El porcentaje de humedad óptimo que presentan los granos de millo para la recolección, es elevado para su conservación, por lo que es necesario eliminar el exceso de humedad mediante el secado natural o artificial.

Previo al secado se realiza una selección, separando las mazorcas dañadas por insectos y enfermedades así como las que están muy faltas de granos o muy tiernas, evitando así focos de infección por hongos (Álvarez de Toledo et al., 1964).

#### Desfajinado o descamisado de las piñas

Para secar los granos, la mayoría de los agricultores aprovechan las condiciones normales del ambiente como patios o jaulas de tela metálica (es un secado lento pudiendo ser atacado por plagas), aunque hay que tener en cuenta que existe otro tipo de secado que se efectúa en almacenamiento mediante aire forzado (De León y Rodríguez-Montessoro, 1993).

En Canarias el secado de las piñas se ha realizado mediante el cuelgue, aprovechando sus propias fajinas o camisas, las cuales se abrían con un espicho punzante o con la punta de un cuchillo, atravesando la parte terminal de las piñas abriéndola a la mitad y llevando las camisas hacia atrás. Las piñas más vistosas y completas se solían dejar para semilla, las cuales no se descamisaban completamente.



### Cuelgue de las piñas

Para el cuelgue se dejaba fajina para ir amarrando una mazorca con otra, formando “torritas” o “tonguitas” que se colocaban sobre los muros de las azoteas. En ocasiones, en vez de atarse por pares se hacía de cuatro en cuatro, por lo que el cruzado ganaba en rapidez y uniformidad.

También se colgaban en las llamadas “latas de millo”, formadas por un palo grande de tea atravesado, sostenido por dos puntales a una altura de unos tres metros. Para hacer un cabo de millo, se empataba tres o cuatro varas de mimbre, doblada la resultante más o menos por el centro. Cada manilla la componían alrededor de 20 mazorcas, 10 por cada lado, hasta la altura de 10 metros.

A la vez que se realizaba el desfajinado se aprovechaba para eliminar los granos más pequeños del ápice de la piña (García-Luis, 2005): “*se quitaba la trompita del millo, los granos menudos de la punta de la mazorca*”.

### Desgrane

Una vez secas las mazorcas, se desgranaban de forma manual o con máquinas desgranadoras y se almacena en silos o en almacén–granero (Llanos-Company, 1984).

En Canarias, tradicionalmente se ha desgranado las piñas a mano. Se solía realizar con ayuda de un carozo, en la que era necesario sacar una o dos carreras de granos para que pudiera entrar el carozo. Otra forma típica era calentar las piñas bajo el sol metidas en sacos, a los que se le golpeaban con un palo para desgranarlas.

En cuanto a los granos para semilla, se procuraba dejar los granos más grandes y de la parte central de la piña que quedaban por el momento adheridos al carozo, rechazando los de los extremos.

Los diferentes contenidos en humedad del grano afectan en la conservación (tabla 13).

**Tabla 13.** Efecto del contenido de humedad del grano sobre la fisiología de la semilla y la presencia de factores bióticos de estrés.

Contenido de humedad de la semilla (%)	Comportamiento de la semilla y ocurrencia de estrés
>45-60	La semilla germina
>18-20	Puede ocurrir calentamiento
>14-20	Los mohos crecen sobre y dentro la semilla

Contenido de humedad de la semilla (%)	Comportamiento de la semilla y ocurrencia de estrés
<9-8	Escasa o ninguna actividad de insectos
<8-4	Almacenamiento hermético es más seguro

(Fuente: FAO, 2001)

El grano que se almacena con un 12% de humedad puede mantener su calidad alimenticia y comercial durante 3 meses de almacenamiento, sin aireación y traspaleo, o por un año con aireación periódica. Granos con un 14% de humedad, aireados durante el almacenamiento, pueden almacenarse durante 9 meses (De León y Rodríguez-Montessoro, 1993).

#### 4.12 PLAGAS Y ENFERMEDADES

El millo, durante su cultivo, se encuentra expuesto al ataque de diversos patógenos. Las plagas y enfermedades más comunes del millo serán descritas según CIMMYT (1991), De León y Rodríguez-Montessoro (1993), Guerrero (1999) y Llanos-Company (1984).

##### 4.12.1 Plagas

###### Plagas del sistema radicular

- Gusano de alambre (*Agriotes lineatus*) (Linnaeus, 1767): conocidos también como “oro vivos”, “doradillas”, “alfilerillos”, etc. Se conocen con este nombre las larvas de unos coleópteros de la familia Elateridae. Dañan la semilla en germinación o una vez nacidas. Las plantas se vuelven cloróticas y crecen escasamente, incluso, provocan la muerte de plantas jóvenes en forma de rodales y especialmente en terrenos dedicados a millos de ciclo corto que siguen a una cosecha de papas tempranas.
- Gusanos grises (*Agrotis* sp.): viven bajo tierra y rara vez suben a la parte aérea, royendo el cuello de las plantas jóvenes, hasta que el tallo adquiere consistencia para no ser afectado por las mordeduras. Son orugas de vida nocturna y pertenecen a la familia Noctuidae.



- Gusanos blancos (*Melolontha melolontha*) (Linnaeus, 1758): los peores daños se producen durante el segundo año de su ciclo, devorando el sistema radicular de las plantas y produciendo un amarilleo notable, provocando que las plantas terminen por caer al suelo. Pertenece a la familia Scarabaeidae.
- Alacrán cebollero (*Gryllotalpa gryllotalpa*) (Linnaeus, 1758): conocido también como grillo topo. Se alimenta de las raíces del millo, pero en general los ataques no tienen especial importancia.
- Nemátodos: puede ser atacado por muchas especies y en distintos sitios de la planta. Los daños son muy variados, desde la producción de quistes en las raíces hasta daños en las hojas y tallos.

#### Plagas de los órganos aéreos

- Gusanos verdes (*Heliothis armígera*, familia Noctuidae) (Hübner, 1805): esta oruga se alimenta de los granos de la mazorca, en los que penetra normalmente cuando están en estado lechoso sin llegar a taladrar el tallo. A veces también atacan a las hojas. Produce daños muy importantes.
- Taladros (*Sesamia nonagrioides*, familia Noctuidae y *Ostrinia nubilalis*, familia Crambidae) (Lefebvre, 1827 y Hübner, 1796, respectivamente): son orugas taladradoras o barrenadoras del millo. La oruga ataca tanto a la mazorca como al tallo. Las mariposas suelen poner los huevos en las hojas jóvenes. Las orugas al nacer penetran en las hojas, las larvas pasan al interior de los tallos donde excavan galerías, pudiendo afectar a los penachos y mazorcas. Los millos sembrados en junio o julio, sufren ataques muy graves, con pérdidas muy importantes de rendimiento.
- Pulgones (*Rhopalosiphum padi* y *Rhopalosiphum maidis*) (Linnaeus, 1758 y Fitch, 1856, respectivamente): producen daños importantes con las picaduras que realizan al alimentarse, en las que succionan savia e inyectan saliva fitotóxica, siendo un vector de enfermedades víricas. También provocan daños indirectos debido a la disminución de la capacidad fotosintética de las hojas, por el desarrollo de “fumagina” sobre las sustancias secretadas por el áfido.
- Araña roja o arañuela (*Tetranychus telarius*) (Linnaeus, 1758): se trata de un pequeño ácaro chupador de savia que vive en el envés de las hojas. Las hojas afectadas se abarquillan, se secan y se caen.

### Plagas en el almacenamiento

- *Sitophilus zeamais* (Motschulsky): se conoce como gorgojo del maíz o de los granos. Infecta la mazorca en campo durante el secado del grano y antes de que sea cosecha, o cuando el grano es almacenado. Los adultos perforan el grano para ovipositar, mientras que las larvas forman surcos en el endospermo al alimentarse.
- *Araecerus coffeae* (Fabricius, 1801): conocido también como gorgojo del café. En el millo, la hembra deposita los huevos en los granos más suaves. Por lo general, la larva no se desarrolla en granos con bajo contenido en humedad.
- *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1789): insecto lepidóptero perteneciente a la familia Gelechiidae. El adulto es una especie de mariposa tipo polilla de color pardo claro más bien ocre arena. Es uno de los parásitos más importantes de los cereales almacenados, teniendo bastante predilección por el maíz. Los daños que ocasiona no son debido únicamente a la pérdida del germen y su inutilización como semilla o a las disminuciones de peso en el grano almacenado, sino también a la gran cantidad de granos que se destruyen junto a uno sólo atacado, por los excrementos envueltos en telas sedosas, los despojos ninfales y la elevación de la temperatura que produce la fermentación de estos restos. Los ataques son una puerta de entrada a posteriores podredumbres, ácaros y toxinas alimentarias.

#### **4.12.2 Enfermedades**

Las enfermedades más comunes que atacan a los millos están producidas por hongos microscópicos.

- *Ustilago maydis* (Persoon, 1801): conocido comúnmente como “carbón del millo”, es una de las peores enfermedades en todas las regiones productoras de millo. Por medio del aire se propaga, desde las plantas enfermas al resto. Los tejidos donde germinan las esporas se ven invadidos por el micelio del hongo. Atacan a cualquier parte de la planta y en todos los momentos del ciclo vegetativo, formando grandes tumores. Los terrenos y lugares húmedos son propicios para su propagación.
- *Fusarium moniliforme* (podredumbre del millo): es la fase imperfecta del hongo Gibberella. Los daños producidos por el taladro sirven de puerta de entrada para el *Fusarium* que se instala en tallos y mazorcas pudriéndolos. El tejido interno de la médula se desintegra, quedando sólo los haces vasculares. Suele ser característico



los tonos rojizos en el interior de los tallos. Este hongo vive en suelos donde hay materia orgánica en descomposición.

- *Puccinia sorghi* (roya del millo) (Schwein): no suele causar daños importantes, aunque puede disminuir la producción de grano por inhabilitar la actividad fotosintética de las hojas en las zonas afectadas. Ataca en años húmedos, apareciendo tarde en las proximidades de la floración.
- *Helminthosporium turcicum* (Pass.): producida por hongos y conocida como “niebla del maíz”. Las hojas atacadas se ven recubiertas de manchas blancas alargadas, que finalmente adquieren un aspecto parduzco con formación de polvillo gris. Requiere de ambientes húmedos y en casos extremos puede producirse pérdidas de rendimiento apreciables.
- *Penicillium oxalicum*: afecta a la mazorca en forma de pudrición y muchas veces la infección está asociada con el daño causado por insectos en la mazorca. Se manifiesta como un polvo azul-verdoso que crece entre los granos y sobre la superficie del carozo. Los granos dañados tienen un color amarillento y rayas visibles en el pericarpio.
- *Aspergillus* sp.: aparece cuando las mazorcas infectadas se almacenan con un alto contenido de humedad. Los granos infectados tienen con frecuencia masas de esporas de color verde-amarillo sobre ellos y entre ellos. *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*, son los implicados en el desarrollo posterior de las potentes Aflatoxinas.

#### 4.13 MICOTOXINAS

Según Wallace, Sinha y Mills (1976), todos los cereales en el momento de ser recolectados se encuentran contaminados por hongos en grado variable, capaces de proliferar si las condiciones son adecuadas, es decir, si se produce una inadecuada manipulación en postcosecha. Estos hongos pueden derivar en la aparición de sustancias tóxicas denominadas micotoxinas.

Unas son mutágenas y cancerígenas, otras son tóxicas para determinados órganos, y otras se comportan como tóxicas por medio de otros mecanismos. No ha sido comprobado que algunas micotoxinas provoquen toxicidad a las personas, pero el efecto producido de estos compuestos mediante las pruebas in vitro en animales experimentales, deja poca duda sobre su toxicidad real y posible para las personas. Las

micotoxinas son producidas por metabolitos secundarios. En los hongos, los metabolitos primarios son aquellos compuestos que son indispensables para su crecimiento, mientras que los metabolitos secundarios, son producidos al final de la fase de crecimiento exponencial y aparentemente no son importantes para el microorganismo que los produce con respecto a su crecimiento o a su metabolismo (Jay, 1994).

Las micotoxinas son compuestos altamente tóxicos que contribuyen al desarrollo de numerosas enfermedades, incluso pueden causar la muerte en personas y animales. El mejor método para combatirlas es la prevención, evitando la contaminación por hongos durante la siembra, cuidado y cosecha de los productos y materias primas agrícolas utilizados para consumo humano. Las micotoxinas una vez producidas se pueden reducir durante el proceso industrial o de preparación de los alimentos, pero no se pueden eliminar en su totalidad. (Calvo-Carrillo y Mendoza-Martínez, 2012)

Son varios los métodos empleados para la detección de micotoxinas. Se utilizan lámparas ultravioleta para detectar la fluorescencia de algunas, anticuerpos monoclonales, cromatografía en capa delgada, cromatografía de alta presión, reacción en cadena de polimerasas y métodos basados en ELISA (Calvo-Carrillo y Mendoza-Martínez, 2012)

Las aflatoxinas han sido las micotoxinas más estudiadas ya que son los agentes cancerígenos más potentes.

El Deoxinivalenol (DON) y la Zearalenona (ZEA) son las micotoxinas más frecuentes en maíz y, por tanto, las principales a determinar en un análisis de micotoxinas para esta especie.

Según Erika (2013) y Jay (1994), estas micotoxinas se caracterizan por:

### Deoxinivalenol

Es una micotoxina producida por hongos del género *Fusarium*, *F. graminearum* y *F. culmorum*, principalmente. Se desarrollan con temperaturas entre 20-25 °C y con una humedad relativa superior al 85%. Se considera una típica “micotoxina de campo”, que afecta principalmente al maíz y al trigo.

Se considera una micotoxina termoestable, ya que soporta hasta 180 °C, persistiendo durante el procesado de los alimentos.

El deoxinivalenol no es clasificable en cuanto a su carcinogenicidad porque no hay evidencia de carcinogenicidad, mutagenicidad, ni genotoxicidad del DON y sus metabolitos, es especies animales de laboratorio o sometidos a experimentación. No





obstante, es teratogénica, pero no maternalmente tóxica y puede causar efectos en el sistema inmunológico a dosis altas.

### Zearalenona

Son producidas por especies de *Fusarium*, principalmente por *F. graminearum*, *F. culmorum* y *F. tricinctum*, y existen al menos 5 zearalenonas naturales. En el cultivo del maíz, estos microorganismos invaden los granos cuando están blandos, en especial cuando las lluvias son abundantes. Si tras la cosecha se mantiene un alto contenido en humedad, los hongos crecen y producen toxina. Además del maíz, afectan a otros cultivos como el trigo, la avena, la cebada y el sésamo. Se desarrollan en las mismas condiciones que el deoxinivalenol.

Es una micotoxina termoestable y también persiste a la congelación a  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Además, temperaturas por debajo de  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  y humedad menor del 33% son condiciones favorables para la estabilidad de la producción de zearalenona.

Al igual que el deoxinivalenol, la zearalenona no es clasificable en cuanto a su carcinogenicidad. Debido a su actividad estrogénica y la de sus metabolitos, niveles plasmáticos altos de zearalenona pueden relacionarse con alteraciones endometriales en las mujeres y el crecimiento de carcinomas mamarios. Asimismo, en el cerebro actúa como estrógeno agonista. No obstante, no hay datos suficientes para conocer los efectos tóxicos en humanos.



## **5. MATERIAL Y MÉTODOS**





## 5.1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo experimental forma parte de una línea de investigación que se ha realizado en las Comunidades Autónomas de Canarias (el presente trabajo), País Vasco y Galicia partiendo del mismo material vegetal aunque con destinos diferentes del producto, y siguiendo el mismo protocolo de actuación.

Los datos experimentales han permitido obtener información agronómica de las diferentes entradas ensayadas, la elaboración de fichas varietales con las características morfológicas y datos de aptitud harinera.

## 5.2 LOCALIZACIÓN DE LA PARCELA

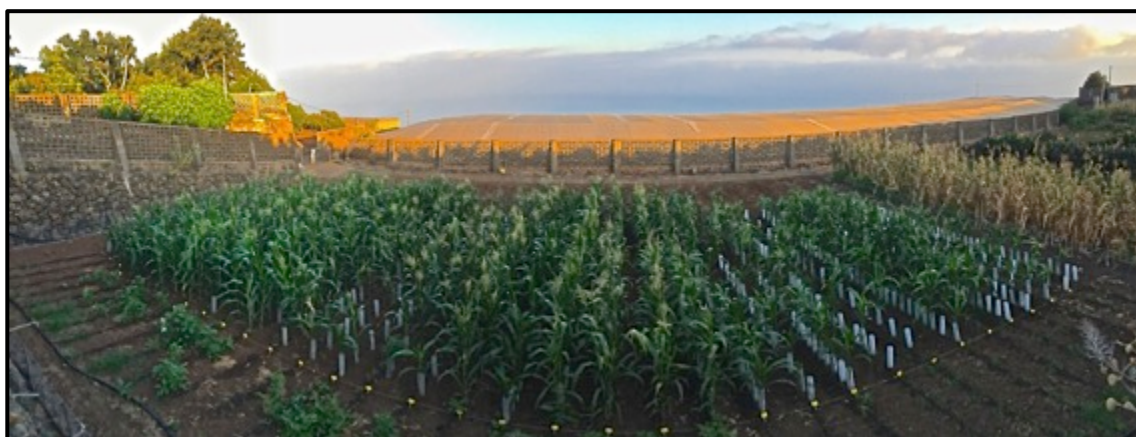
El ensayo de campo se realizó en el extremo oeste de una parcela de la Escuela de Capacitación Agraria de Tacoronte (ECAT), en el municipio de Tacoronte, Tenerife (imágenes 2, 3 y 4). La parcela se encuentra situada a una altura de 293 m.s.n.m. (latitud 28°29'46,76" N y longitud 16°25'15,88" O) y cuenta con una superficie de aproximadamente 3.100 m<sup>2</sup>, ocupando el ensayo unos 1.100 m<sup>2</sup> aproximadamente.



**Imagen 2.** Parcela de la Escuela de Capacitación Agraria de Tacoronte en la que se realizó el ensayo. (Fuente: GRAFCAN)



**Imagen 3.** Extremo oeste de la parcela en el que se realizó el ensayo experimental.  
(Fuente: GRAFCAN)



**Imagen 4.** Vista panorámica de la parcela de ensayo.



### 5.3 ANÁLISIS DEL SUELO Y CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

#### 5.3.1 Análisis del suelo

La toma de muestra de suelo se llevó a cabo según la forma habitual para ello, extrayendo submuestras con un toma-muestras en forma de zig-zag a lo largo de la parcela a una profundidad de unos 30 cm aproximadamente. Formada la muestra por el conjunto de submuestras, se envió a analizar 1 kg al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla 14, interpretando los valores según los valores óptimos de Hernández-Abreu et al. (1980).

Tabla 14. Resultados e interpretación del análisis de suelo.

Determinación	Resultado		Nivel óptimo*	Interpretación
pH	7,4		6-7	Alto
M.O. (%)	3,5		>2,5 (%)	Adecuado
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	228		>70 (ppm)	Adecuado
Cat. Extr. con Ac. NH <sub>4</sub> pH = 7	(meq/100g)	C.I.C. (%)	-	-
Calcio (Ca <sup>2+</sup> )	15,5	47,8	40-70 (%)	Adecuado
Magnesio (Mg <sup>2+</sup> )	10,6	32,7	10-20 (%)	Alto
Potasio (K <sup>+</sup> )	4,3	13,3	2-12 (%)	Alto
Sodio (Na <sup>+</sup> )	2,0	6,2	<5 (%)	Alto
C.I.C. estimada (meq/100g)	32,4		15-50 (meq/100g)	Adecuado
CE (SAT)/(dS/m)	1,16		<2 (dS/m) (no salino)	Adecuada
% Saturación	52		-	-

(Fuente: \*Hernández-Abreu et al., 1980)

Según los resultados del análisis, el suelo presenta un contenido adecuado tanto de materia orgánica (3,5 %) como de fósforo (228 ppm) según los valores de Hernández-Abreu et al. (1980), (> 2,5 % y > 70 ppm, respectivamente). Un valor muy elevado en fósforo es frecuente en Canarias.

Respecto a los cationes, el valor de calcio (47,8 %) se encuentra entre los valores óptimos de Hernández-Abreu et al. (1980) (40-70 %), siendo el magnesio, potasio y sodio ligeramente elevados. El magnesio es un elemento que se encuentra elevado en Canarias debido al origen volcánico. El exceso de sodio junto con el valor ligeramente alto de pH, hizo recomendable una enmienda con sulfato cálcico o yeso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), que ayudaría a desplazar el sodio y aumentar el calcio, favoreciendo la formación de agregados necesarios para mejorar la estructura del suelo y no elevar más aún el pH. Un pH de 7,4 sigue permitiendo la correcta asimilación de nutrientes por parte de la planta.

En cuanto a la conductividad eléctrica (1,16 dS/m) se encuentra por debajo del valor de Hernández-Abreu et al. (1980) (<2 dS/m) siendo un suelo no salino y, por tanto, adecuado para el desarrollo óptimo de las plantas.

### 5.3.2 Análisis del agua de riego

La ECAT cuenta con una única red de riego que abastece a toda la finca, por lo que sólo se obtuvo una muestra de agua, tras haber dejado salir el agua almacenada en la red, conservándose esta en frío hasta ser llevada al CSIC. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 15, interpretando los valores según los valores óptimos de Ayers y Westcot (1987).

**Tabla 15.** Resultados e interpretación del análisis de agua.

Determinación	Unidades	Resultados	Nivel óptimo*	Interpretación
pH	-	8,3	6,5-8,4	Adecuado
CE	dS/m (25 °C)	0,651	<0,7 (dS/m)	Adecuado
<b>Cationes</b>				
Calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ )	meq/l	1,2	0-20	Adecuado
Magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ )		2,1	0-5	Adecuado
Sodio ( $\text{Na}^+$ )		3,0	<3	En límite
Potasio ( $\text{K}^+$ )		0,19	0-0,05	Alto
<b>Aniones</b>				
Carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ )	meq/l	0,88	0-0,1	Alto
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )		4,9	<1,5	Alto





Determinación	Unidades	Resultados	Nivel óptimo*	Interpretación
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )		0,02	0-20	Adecuado
Cloruro (Cl)		0,78	<4	Adecuado
SAR	-	2,34	-	-

(Fuente: \*Ayers y Westcot, 1987)

Según los parámetros de interpretación de Ayers y Westcot (1987), se trata de un agua con un pH dentro del rango óptimo pero elevado, alcalinidad presente en las aguas procedentes de galerías junto con el alto contenido en bicarbonatos y carbonatos.

Si se valora la conductividad eléctrica teniendo en cuenta el SAR (SAR=0-3 y CE: <0,7 ningún riesgo; 0,7-3,0 riesgo moderado; >3,0 riesgo severo), teniendo un SAR de 2,34 y una CE de 0,651 dS/m, la restricción de uso es moderada.

La toxicidad iónica específica por sodio, se encuentra en el límite que junto a la aplicación del agua de riego por goteo, no presentan riesgo para el cultivo del millo.

#### 5.4 DATOS AGROCLIMÁTICOS DURANTE EL PERÍODO EXPERIMENTAL

Los datos agroclimáticos durante el período experimental son los registrados en la estación de Isamar (TF105) situada en Valle de Guerra, por encontrarse a la misma altitud del ensayo y distar unos 4 km del mismo, por lo que las condiciones son las más aproximadas. A continuación se muestran los datos registrados durante el período experimental (tabla 16).

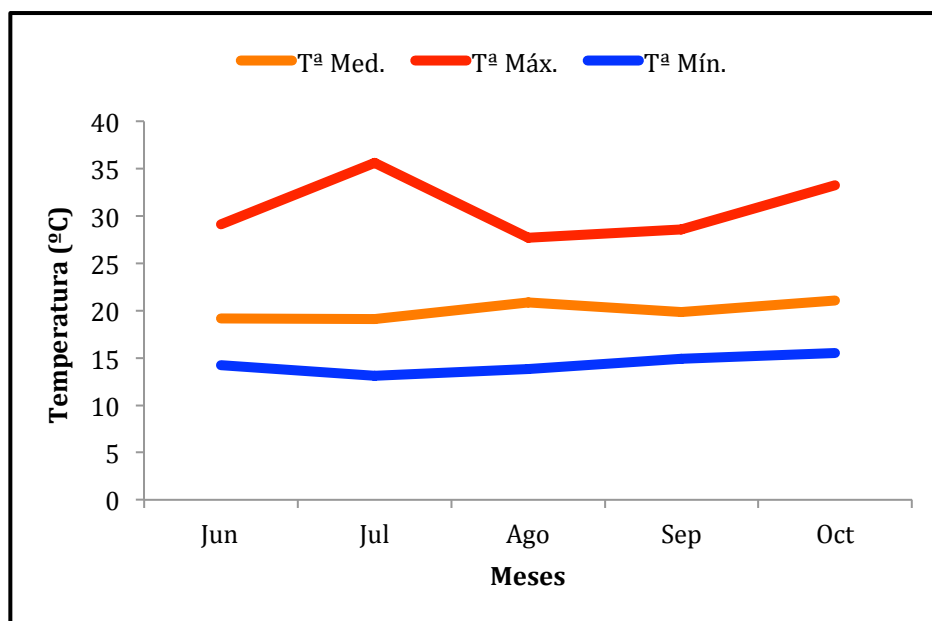
**Tabla 16.** Datos agroclimáticos durante el ensayo experimental, año 2017.

Estación TF105 Valle de Guerra-Isamar						
Lat.: 28°30'44000" (N) Long.: 16°23'15000" (W) Altitud: 293 m						
Variable	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Media
T <sup>a</sup> Med. (°C)	19,17	19,10	20,85	19,88	21,09	20,02
T <sup>a</sup> Máx. (°C)	29,10	35,58	27,70	28,55	33,23	30,83
T <sup>a</sup> Mín. (°C)	14,24	13,11	13,84	14,92	15,53	14,33

Estación TF105 Valle de Guerra-Isamar						
Lat.: 28°30'44000'' (N) Long.: 16°23'15000'' (W) Altitud: 293 m						
Variable	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Media
HR Med. (%)	76,21	77,90	81,43	78,75	67,35	76,32
HR Máx. (%)	94,90	94,70	95,50	94,70	93,10	94,58
HR Mín. (%)	9,25	9,58	31,05	43,03	11,93	20,97
Precip. (mm)	3,600	12,600	16,600	9,800	13,200	11,16
Vel. Viento (m/s)	1,17	1,07	0,94	1,11	1,12	1,08

(Fuente: Datos agroclimáticos, GobCan, 2018)

La temperatura media total durante los meses del ensayo fue de 20,02 °C, muy próxima a la temperatura óptima durante los meses de junio, julio y agosto que se sitúa en 22 °C (Llanos-Company, 1984). La temperatura media máxima fue de 30,83 °C y la temperatura media mínima de 14,33 °C. La temperatura máxima alcanzó su pico en el mes de julio con 35,58 °C, al igual que la mínima ocurrió en julio también con 13,11 °C. La mayor oscilación de temperatura tuvo lugar en el mes de julio siendo de 22,47 °C.

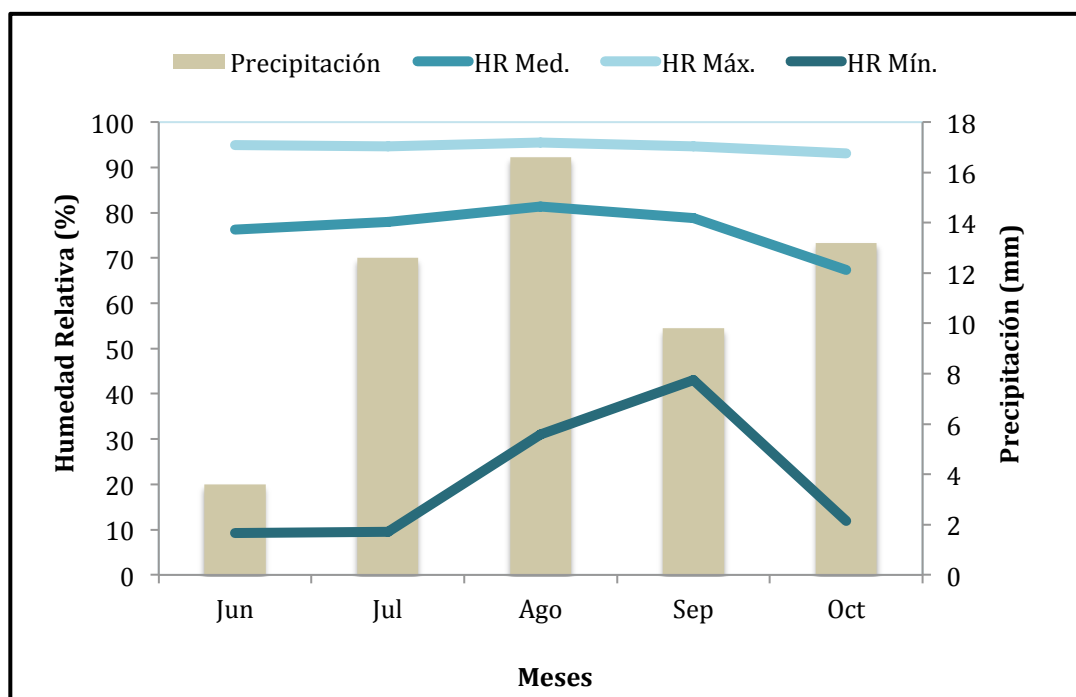


**Gráfica 7.** Gráfica de la temperatura durante el período experimental, año 2017.  
(Fuente: Datos agroclimáticos del GobCan, 2018)



La humedad relativa, la media se mantuvo entre el 67 y 82% durante todo el cultivo, siendo la media total de 76,32%. La humedad relativa media máxima fue de 94,58% y la media mínima de 20,97%.

Las precipitaciones máximas se registraron en el mes de agosto con 16,6 mm. Por el contrario el mes que registró la menor precipitación fue junio con 3,6 mm.



**Gráfica 8.** Gráfica de la humedad relativa y la precipitación durante el período experimental, año 2017. (Fuente: Datos agroclimáticos del GobCan, 2018)

## 5.5 DISEÑO DEL ENSAYO

Tras un cultivo de papas, se procedió a la preparación del terreno seguido de la colocación de un sistema de fertirrigación para abastecer las necesidades hídricas del cultivo y la aplicación de fertilizantes, estableciendo así el marco de plantación de 80 cm entre líneas y 30 cm entre plantas. Se utilizaron mangueras con emisores integrados de 4 l/h. También se delimitó el perímetro con malla para minimizar los posibles daños por roedores.

La siembra se realizó el 26 de junio del año 2017, siguiendo un diseño en bloques al azar compuesto por 16 variedades de millos tradicionales dispuestas en 2 repeticiones (tabla 17). Las semillas se sembraron siguiendo la forma tradicional, a

mano con plantón de madera, colocando 2 semillas por golpe, en la que cada línea estaba formada por 42 golpes. Se emplearon etiquetas plásticas para identificar cada una de las entradas y repeticiones. En los extremos del ensayo también se sembró, plantas las cuales no entraron en el estudio y cuya finalidad fue evitar el efecto borde.



**Imagen 5.** Sistema de fertirrigación y etiqueta identificativa.



**Imagen 6.** Plantación a mano con plantón de madera.



Tabla 17. Diseño del ensayo.

<b>1ª Repetición</b>	<b>BORDE</b>	*****
	<b>ARUCAS</b>	*****
	<b>TREMESINO</b>	*****
	<b>NAVARTE</b>	*****
	<b>LA OLIVA</b>	*****
	<b>DONOSTI</b>	*****
	<b>OSORO</b>	*****
	<b>RASTROJERO</b>	*****
	<b>REBRODONES</b>	*****
	<b>LA OROTAVA</b>	*****
	<b>TACORONTE</b>	*****
	<b>RIBADUMIA</b>	*****
	<b>TUY</b>	*****
	<b>SARRAEUS</b>	*****
	<b>HEMBRILLA</b>	*****
	<b>ENANO LEVA. X H.</b>	*****
<b>ELGORRIAGA</b>	*****	
<b>2ª Repetición</b>	<b>LA OLIVA</b>	*****
	<b>RASTROJERO</b>	*****
	<b>NAVARTE</b>	*****
	<b>ELGORRIAGA</b>	*****
	<b>DONOSTI</b>	*****
	<b>LA OROTAVA</b>	*****
	<b>SARRAEUS</b>	*****
	<b>RIBADUMIA</b>	*****
	<b>REBRODONES</b>	*****
	<b>TREMESINO</b>	*****
	<b>TACORONTE</b>	*****
	<b>OSORO</b>	*****
	<b>ARUCAS</b>	*****
	<b>ENANO LEVA. X H.</b>	*****
	<b>HEMBRILLA</b>	*****
	<b>TUY</b>	*****
<b>BORDE</b>	*****	

### 5.6 MATERIAL VEGETAL

Dentro del proyecto nacional, el Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife (CCBAT), el Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario (NEIKER), la Estación Experimental Aula Dei de Zaragoza (EEAD) y la Misión Biológica de Galicia (MBG), aportaron 4 variedades cada uno de ellos, siendo

un total de 16 variedades, las cuales se ensayaron siguiendo un protocolo de experimentación común. En la tabla 18 se detalla el material vegetal empleado.

**Tabla 18.** Variedades de millo tradicionales empleadas en el ensayo experimental.

<b>Variedad</b>	<b>Procedencia</b>
La Orotava (CBT00475)	CCBAT
Tacoronte (CBT02003)	CCBAT
La Oliva (CBT01361)	CCBAT
Arucas (CBT01689)	CCBAT
Osoro	NEIKER
Elgorriaga	NEIKER
Donosti	NEIKER
Navarte	NEIKER
Rastrojero	EEAD
Tremesino	EEAD
Hembrilla	EEAD
Enano Levantino x Hembrilla	EEAD
Ribadumia	MBG
Rebordones	MBG
Sarreaus	MBG
Tuy	MBG

## 5.7 LABORES CULTURALES

Durante el período de cultivo se realizaron las siguientes labores culturales:

- La reposición de marras tuvo lugar el 12 de julio (2017), la cual fue significativa, ya que al porcentaje habitual de semillas no germinadas se le sumó los daños provocados por una plaga de perdices en la zona, las cuales picoteaban el suelo en





busca de las semillas o desprendían las plántulas recién enraizadas, provocando la muerte de estas.



**Imagen 7.** Plántula dañada por perdices.

- El aporcado fue realizado por el personal de la ECAT un mes después de la siembra, con el objetivo de fortalecer y favorecer el desarrollo del sistema radicular de las plantas, lo que sirvió de ayuda para evitar el encamado a muchas plantas. Al realizar esta labor se eliminaron las malas hierbas existentes en el cultivo, destacando la especie juncia (*Cyperus sculentus* L.).



**Imagen 8.** Plantas de millo aporcadas.

- Los riegos fueron realizados por el personal de la ECAT, aplicándose tres veces por semana (lunes, miércoles y viernes) con un tiempo de riego de 30 minutos.
- El abonado también fue realizado por el personal de la ECAT según la tabla 19.

**Tabla 19.** Abonos aplicados durante el cultivo.

Abono	Días a la semana	Momento de aplicación
19-19-19	2	Las 3-4 primeras semanas
Nitrato cálcico	1	
19-19-19	2	A partir de la 5ª semana
Nitrato cálcico	1	
Nitrato potásico	1	
300 cm <sup>3</sup> de Ácido nítrico/kg de nitrato cálcico		

- Durante el ensayo fue necesaria la aplicación de varios productos fitosanitarios principalmente para combatir los fuertes daños provocados por el taladro (*Sesamia nonagrioides*). Para combatir los roedores se realizó un control continuo con productos rodenticidas. En la tabla 20 se detallan los tratamientos fitosanitarios aplicados durante el cultivo.

**Tabla 20.** Tratamientos fitosanitarios aplicados durante el cultivo.

Producto	Materia Activa	Fecha	Motivo Trat.	Dosis	
				En 100 L	L. caldo
Triple color	(N)total 4%, (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) soluble 1	29/08/2017	Corrector pH	30cm <sup>3</sup>	48
Epik 20 SG	Acetamiprid 20% p/p	29/08/2017	Taladro	21g	48
Triple color	(N)total 4%, (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) soluble 1	12/09/2017	Corrector pH	30cm <sup>3</sup>	32
Epik 20 SG	Acetamiprid 20% p/p	12/09/2017	Taladro	50g	32
Triple color	(N)total 4%, (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) soluble 1	21/09/2017	Corrector pH	21cm <sup>3</sup>	48
Epik 20 SG	Acetamiprid 20% p/p	21/09/2017	Taladro	30g	48





Producto	Materia Activa	Fecha	Motivo Trat.	Dosis	
				En 100 L	L. caldo
Triple color	(N)total 4%, (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) soluble 1	06/10/2017	Corrector pH	27	13
Turex 50 WG	Bacillus Thuringiensis Var Aizawai	06/10/2017	Taladro	200	13
Triple color	(N)total 4%, (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) soluble 1	25/10/2017	Corrector pH	1,5cm <sup>3</sup> /13l	26
Delfin	Bacillus Thuringiensis Var Kurstaki	25/10/2017	Taladro	10g/13l	26

**Nota:** Ninguno de los productos aplicados presentaba Plazo de Seguridad (NP).

## 5.8 RECOLECCIÓN, SECADO DE LAS PIÑAS Y DESGRANADO

La madurez fisiológica de los granos de maíz se estima que se alcanza la octava semana tras la polinización, alcanzando su máximo porcentaje de materia seca. La recolección fue hecha a mano, progresivamente según iban alcanzando la madurez las diferentes variedades, las cuales se transportaron y secaron en mallas plásticas identificadas con etiquetas de corbata. Para favorecer el secado, las piñas fueron previamente descamisadas y se colgaron en un secadero situado en Araya, Candelaria, donde las condiciones son favorables para este proceso.



**Imagen 9.** Secado de las piñas.

Una vez secadas las piñas se llevaron a las instalaciones del CCBAT, donde se valoró la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo, obteniendo el porcentaje de piñas sanas de cada variedad, en el caso de que la mazorca presentara algún tipo de daño, se consideraba “destrío”. Allí se realizó la toma de datos establecidos a las piñas identificadas para su caracterización morfológica, y las restantes fueron desgranadas a mano. Posteriormente se conservaron en una cámara de desecación (15 °C de temperatura y 15% de humedad relativa) para evitar el desarrollo de plagas y enfermedades, así como la proliferación de micotoxinas, asegurando las mejores condiciones hasta la elaboración del gofio.



**Imagen 10.** Desgranado a mano de las piñas.

## **5.9 EVALUACIÓN DE LOS CARACTERES AGRONÓMICOS Y MORFOLÓGICOS**

Para la caracterización morfológica de las diferentes variedades de millo, se aplicó lo establecido en “Descriptores para el maíz (*Zea mays* L.)” del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI, 1991) y lo propuesto por Álvarez y Ruiz de Galarreta (1995).

El IPGRI propone una lista de descriptores que pretende ser fácilmente comprensible y que contribuya a la estandarización de las definiciones de los descriptores. Esta lista cuenta con un formato internacional y por ello proporciona un



“lenguaje” comprensible universalmente para los datos sobre recursos fitogenéticos. Según el IPGRI y sus colaboradores “la adopción de este esquema para la codificación producirá un medio rápido, confiable y eficaz, para almacenar, recuperar y comunicar la información y ayudará a la utilización del germoplasma”.

Entre las definiciones que el IPGRI (1991) maneja en la documentación de recursos fitogenéticos es muy clasificadora la de “Descriptor de caracterización”: permiten una discriminación fácil y rápida entre fenotipos. Generalmente son caracteres altamente heredables, pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes. Además, pueden incluir un número limitado de caracteres adicionales que son deseables según el consenso de los usuarios de un cultivo en particular.

En el presente trabajo y como el propio IPGRI aconseja, no se utilizaron todos los descriptores dados, sino aquellos que resultaron más útiles y que mejor se adaptaron a las peculiaridades del trabajo, sobre todo aquellos que presentaban una heredabilidad mayor a 0,5 (Álvarez y Ruiz de Galarreta, 1995). Algunos caracteres se han evaluado visualmente siguiendo los descriptores de la FAO para la especie de maíz.

En la parcela experimental se identificaron 10 plantas al azar por variedad y repetición (siempre evitando las primeras y últimas 5 plantas para evitar el efecto borde), las cuales se sometieron a la toma de datos. Los parámetros analizados se detallan a continuación.

### **5.9.1 Descriptores de la planta y ciclo**

#### Fecha de floración

Comprende los días transcurridos entre la siembra y la aparición de las inflorescencias masculinas y femeninas, anotándose el número de días transcurridos cuando al menos el 50% de las plantas dentro de una misma variedad presentan sus inflorescencias abiertas, es decir, las inflorescencias masculinas (panochas o pendones) abiertas y liberando polen, y las inflorescencias femeninas asomando sus greñas o sedas en la mazorcas. Como norma general las inflorescencias masculinas abren dos o tres días antes que las femeninas.

### Vigor de la planta

En una escala de 2 a 8, siendo 2 el valor de menos vigor y 8 el mayor vigor, se seleccionaron 2 plantas de referencia que representaran los extremos de la escala y se valoraron las diferentes variedades.

### Altura de la planta

Es la distancia comprendida entre la base del tallo en el suelo y la parte más alta de la planta, incluyendo el extremo superior de la inflorescencia masculina. Se empleó un listón graduado para su medición.

### Altura de inserción de la mazorca

Distancia que separa el nudo de inserción de la primera mazorca respecto al suelo.

## **5.9.2 Descriptores de la mazorca**

Su determinación se realizó tras la recolección una vez alcanzada la madurez fisiológica del grano. Se identificaron en campo 10 mazorcas al azar por variedad y repetición, las cuales fueron caracterizadas posteriormente según los parámetros citados abajo. Se empleó un calibrador digital para las mediciones.

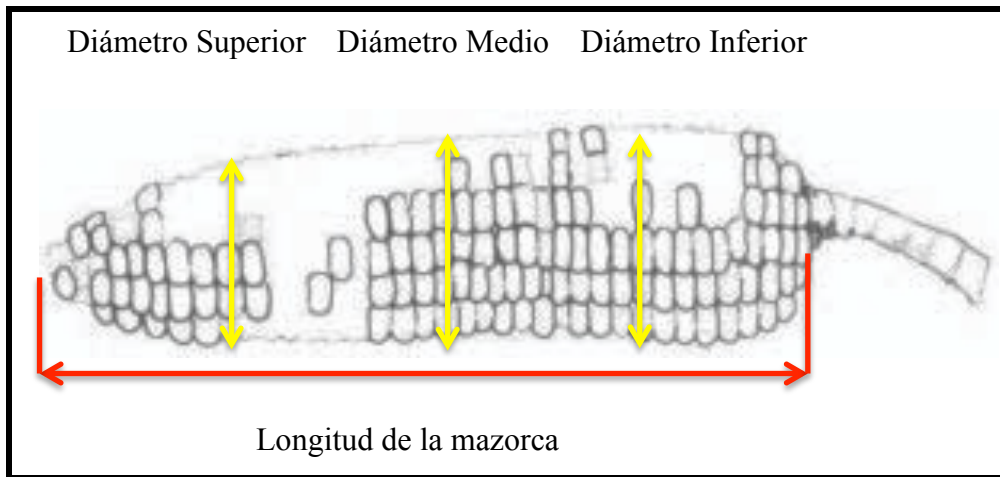
### Longitud de la mazorca

Definida como la longitud de la misma, distancia comprendida entre la base y el ápice (ilustración 11).

### Diámetros de la mazorca

- Superior: es el diámetro comprendido aproximadamente a un tercio del ápice de la mazorca.
- Medio: diámetro de la parte central de la mazorca.
- Inferior: es el diámetro comprendido aproximadamente a un tercio de la base de la mazorca.

En la ilustración 11 se muestran los diferentes diámetros.



**Ilustración 11.** Diámetros y longitud de la mazorca.

### Conicidad de la mazorca

Define la morfología de la misma. La determina la pendiente de la superficie externa de la mazorca, expresada en tanto por ciento (Ordás y Ron, 1988). El índice de conicidad se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{(D_i - D_s)}{\frac{L}{3}} * 100$$

Siendo  $D_i$  y  $D_s$  los diámetros inferior y superior, respectivamente, y  $L$  la longitud total de la mazorca.

### Número de filas de la mazorca

Es el número de filas o carreras de granos tomadas en la parte central de la mazorca.

### Número de granos por fila

Definido como el número total de granos por fila contados desde la base hasta el ápice de la mazorca. Para su cálculo se contaron los granos de tres carreras al azar, estimando el valor total mediante la media aritmética de los tres conteos.

### Proporción de zuro

Se define como el tanto por ciento en masa del zuro, respecto al total de la mazorca. Para ello se pesaron 5 mazorcas y a continuación se desgranaron

manualmente, recogiendo el grano y pesándolo. El porcentaje de zuro se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Zuro} = \frac{\text{Masa total} - \text{Masa del grano}}{\text{Masa total}} * 100$$

### Color del zuro

Se consideraron tres colores fundamentales: blanco (1), rosado (2) y rojo (3) (imagen 11).

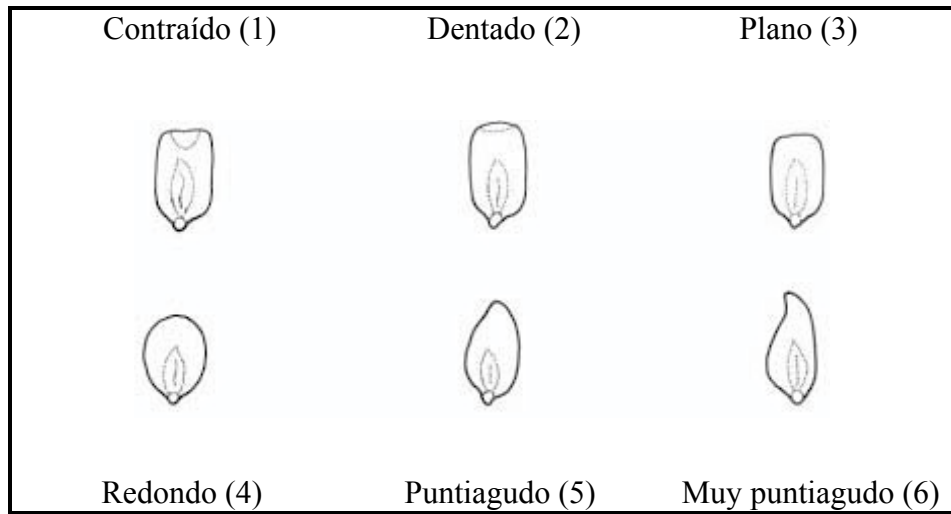


**Imagen 11.** Colores del carozo.

### **5.9.3 Descriptores del grano**

#### Tipo de grano

Indica la presencia o no de dentición, considerando seis tipos principales: contraído (1), dentado (2), plano (3), redondo (4), puntiagudo (5) y muy puntiagudo (6) (ilustración 12).



**Ilustración 12.** Forma de la superficie del grano.  
(Fuente: IPGRI, 1991)

Color del grano

Se estableció una escala subjetiva de valoración con observaciones visuales en una carta de colores (The Royal Horticultural Society, LONDON), considerando 10 tipos similares a los referidos por los descriptores de la F.A.O.-I.B.P.G.R. para maíz, mostrados en la imagen 12.



**Imagen 12.** Escala de colores de los granos.  
Amarillo 11C (1), amarillo 13A (2), amarillo-naranja 19A (3),  
amarillo-naranja 23B (4), naranja 24B (5), gris-naranja 168A (6),  
gris-naranja 172A (7), gris-púrpura 187B (8), púrpura 79A (9) y gris-verde 189B (10).



### Peso del grano

Se pesaron y desgranaron 5 de las mazorcas utilizadas para el cálculo de la proporción del zuro, pesando posteriormente el grano y determinándose el peso de 200 granos de cada piña, previamente contados con un contador de semillas.



**Imagen 13.** Contador de semillas, marca Pfeuffer.

#### **5.9.4 Identificación de plagas y enfermedades**

Durante el ensayo se anotaron en la libreta de campo las incidencias provocadas por las plagas y enfermedades más relevantes que afectan al cultivo del millo (tabla 21).

**Tabla 21.** Plagas y enfermedades según IPGRI, 1991.

<b>Organismo causante</b>	<b>Nombre de la enfermedad</b>
<i>Diploidia maydis</i> , <i>Gibberella zea</i> , <i>Fusarium moniliforme</i> , <i>Penicillium</i> spp.	Pudriciones de la mazorca
<i>Sitophilus zeamais</i> y otras especies	Gorgojos en las mazorcas
<i>Sitotroga cerealella</i>	Palomilla de los cereales
<i>Ustilago maydis</i>	Carbón común
<i>Sesamia</i> spp.	Barrenador en planta y mazorca

(Fuente: IPGRI, 1991)





**Imagen 14.** Carbón común en mazorca (*Ustilago maydis*).

## **5.10 PARÁMETROS DE CALIDAD HARINERA**

La determinación de los parámetros de calidad se realizó gracias a la colaboración de la empresa HARINALIA CANARIAS S.L., realizándose dentro de las instalaciones de dicha empresa. Por su parte, la elaboración de gofio se realizó gracias a la colaboración de CETECAL, realizando el mismo en sus instalaciones.

### **5.10.1 Análisis NIR**

La espectroscopia de referencia en el infrarrojo cercano (NIR), se empleó para la determinación del aceite, la proteína, la humedad y el almidón en los granos de millo. En el procedimiento simplemente se vierte la muestra de millo en la tolva del analizador y tras 5 pasos de lectura, en la pantalla se muestran los valores correspondientes.



**Imagen 15.** Analizador NIR, marca “Foss” (Infratec 1241 Grain Analyzer).

### **5.10.2 Análisis de micotoxinas**

Se evaluaron las cuatro variedades canarias, así como las dos más relevantes de origen gallego (Tuy y Ribadumia) y la vasca y aragonesa más importantes (Donosti y Hembrilla, respectivamente). Se analizaron las siguientes micotoxinas:

#### Deoxinivalenol

Es la micotoxina más común de los tricotecenos producida por hongos del género *Fusarium*. La toxicidad aguda y subaguda se caracteriza por vómitos (Observado en cerdos); después de la toxicidad aguda se evidencia la necrosis de tejidos como tracto gastrointestinal, médula ósea, tejido linfoide (López-Naranjo, 2013).

#### Zearalenona

Esta toxina es común en el maíz. La exposición a maíz contaminado con zearalenona ha ocasionado hiperestrogenismo en animales, especialmente cerdos, caracterizado por vulvovaginitis, mastitis e infertilidad. Hay poca información de fondo sobre los efectos de la zearalenona en los seres humanos. Sin embargo, las observaciones de concentraciones altas de zearalenona en los alimentos y la aparición de patologías relacionadas con los estrógenos en los seres humanos, tales como la



pubertad precoz y cáncer de mama ha dado lugar a la especulación de que la zearalenona puede contribuir a tales efectos (López-Naranjo, 2013).

El análisis cuantitativo de las mismas se realizó mediante el inmunoensayo enzimático (ELISA), y su correspondiente kit.



**Imagen 16.** Kit RIDASCREEN (marca R-Biopharm).  
(Fuente: R-Biopharm)

El procedimiento realizado se resume en los siguientes pasos:

### Preparación de extractos para determinar (DON) y (ZEA)

1. Se pesaron 5 g de muestra y se trituró en un licuoextractor.



**Imagen 17.** A. balanza digital, marca Mettler PJ400. B. licuoextractor, marca Mr. Magic.

2. La muestra se vertió en un matraz Erlenmeyer y se diluyó con 25 ml de agua destilada en la DON y 25 ml de metanol (70%) en la ZEA. Luego se agitó durante 3 minutos en un Vortex.



**Imagen 18.** Vortex 3 (marca IKA).

3. Se pusieron las muestras a filtrar en un recipiente mediante un embudo con papel de filtro (N° 1).



**Imagen 19.** Proceso de filtrado de las muestras.

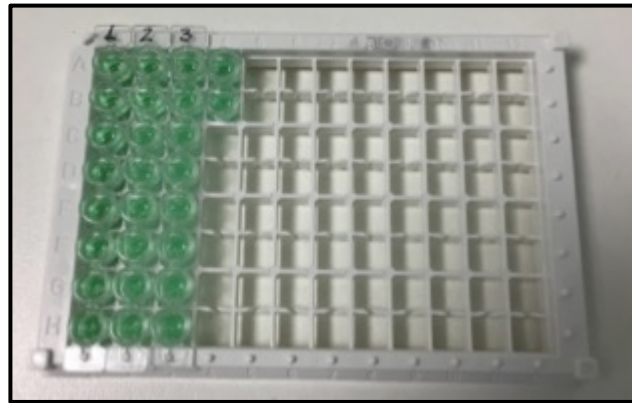


## Preparación de muestras y reactivos

(DON)

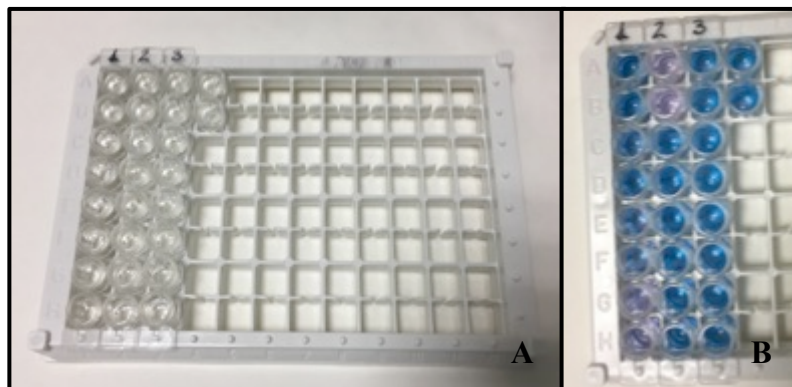
1. En cada pocillo se vertió:
  - 50  $\mu$ l de muestra/patrón
  - 50  $\mu$ l de conjugado-enzima
  - 50  $\mu$ l de anticuerpo

Una vez depositados en los pocillos, se agitó y se incubó durante 30 minutos en oscuridad.



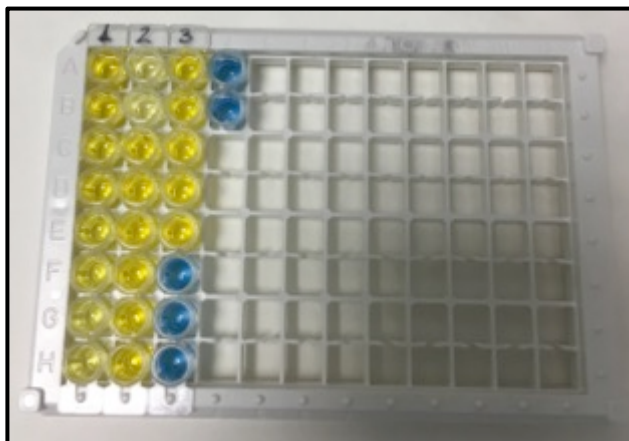
**Imagen 20.** Pocillos con las muestras y reactivos.

2. Se lavó 3 veces con 250  $\mu$ l de Washing Buffer (1 parte de Washing Buffer + 9 partes de H<sub>2</sub>O). Se le añadió 100  $\mu$ l de substrate/cromógeno, se agitó y se colocó 15 minutos en oscuridad.



**Imagen 21.** A. Lavado de los pocillos. B. Pocillos con substrate/cromógeno.

3. Se añadieron 100 µl de Stop solution y se agitó.

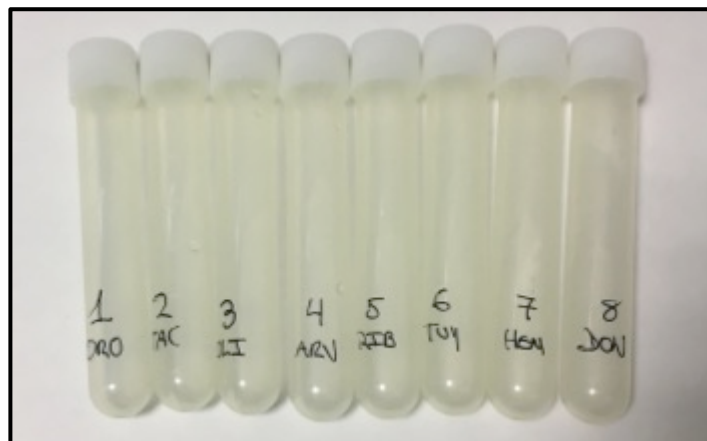


**Imagen 22.** Pocillos con stop solution.

(ZEA)

1. Se diluyó cada muestra con:

- 100 µl de filtrado
- 600 µl de buffer



**Imagen 23.** Muestras diluidas en tubos.



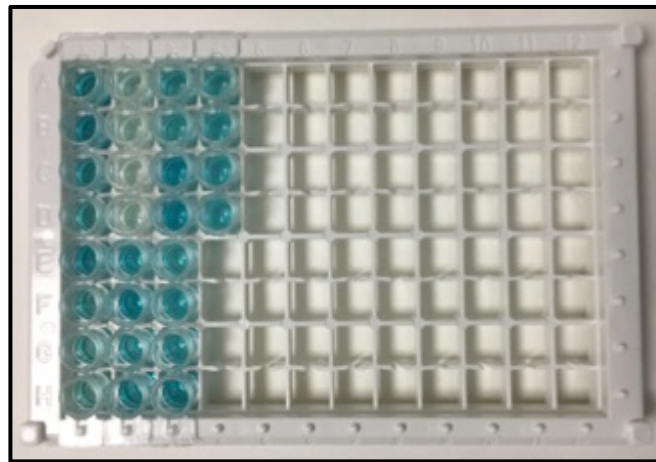


2. En cada pocillo se vertió:

- 50  $\mu$ l de muestra/patrón
- 50  $\mu$ l de conjugate diluido (1 parte + 10 de buffer)

Una vez depositados en los pocillos, se agitó y se incubó durante 2 horas en oscuridad.

3. Se lavó 3 veces con 250  $\mu$ l de H<sub>2</sub>O destilada. Se le añadió 50  $\mu$ l de sustrato, 50  $\mu$ l de cromógeno, se agitó y se colocó 30 minutos en oscuridad.



**Imagen 24.** Pocillos con sustrato y cromógeno.

4. Se añadieron 100  $\mu$ l de Stop solution y se agitó.



**Imagen 25.** Aplicación de stop solution.

### **Lectura de las muestras**

La lectura se llevó a cabo con un lector de microplacas por absorbancia, a 450 nm en los próximos 10 minutos para Deoxinivalenol y 30 minutos para Zearalenona de su finalización.



**Imagen 26.** Lector de microplacas por absorbancia, marca Biotek, modelo Elx800.

## **5.11 ELABORACIÓN Y VALORACIÓN SENSORIAL DEL GOFIO**

### **5.11.1 Elaboración de gofio**

El gofio se elaboró en las instalaciones de CETECAL con las 8 variedades con mayor producción sana (La Orotava, La Oliva, Tacoronte, Arucas, Osoro, Elgorriaga, Enano Levantino x Hembrilla y Rastrojero), por no haberse obtenido suficiente cantidad de las 8 restantes. Además, se elaboró también gofio con el millo utilizado por dicha empresa para sus productos comerciales, el cual es de origen catalán, cultivado en Huesca. La elaboración del gofio fue artesanal, realizándose de la misma forma y en las mismas condiciones en cada una de las variedades.

#### Tostado

El proceso de tostado se realizó en un horno convencional de gran capacidad, en una bandeja metálica, con un tiempo medio establecido en 20 minutos a una temperatura de 180 °C, removiéndolos con una frecuencia de 5 minutos. Visualmente se secaban cuando adquirían el color oscuro característico del grano tostado. Una vez tostados se depositaban en una caja de cartón para su enfriamiento.





**Imagen 27.** Horno eléctrico, marca Gayc, mod. g3 ibiza inox.



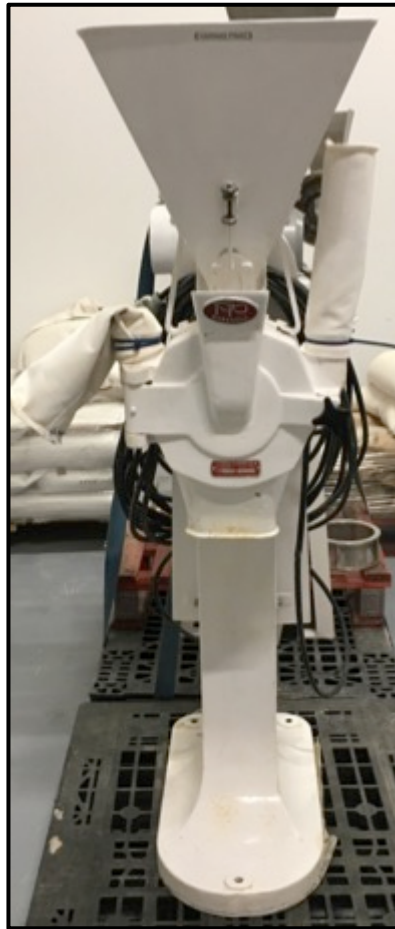
**Imagen 28.** Proceso de tostado.



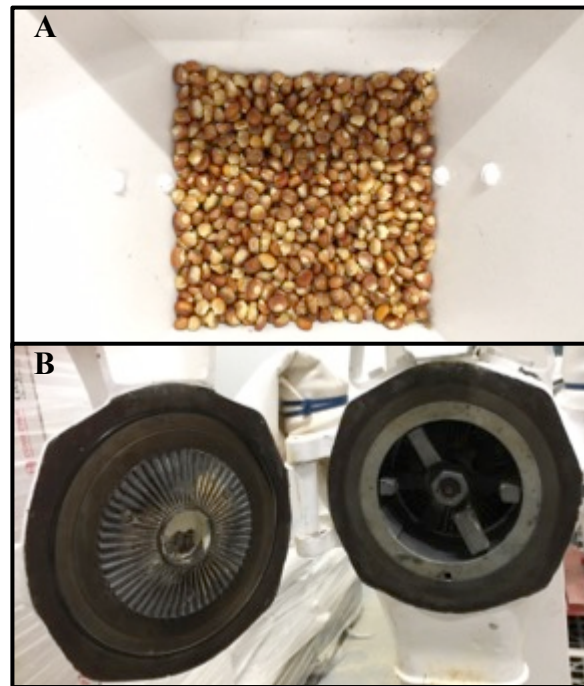
**Imagen 29.** Enfriamiento del millo tostado.

### Molienda

La molienda se realizó en un molino eléctrico de martillos. Los millos se vertían en la tolva del molino que mediante un paso regulable iban cayendo dentro del molino donde por el impacto de los martillos se partían haciéndolos pasar por un tamiz. Una vez pasado el tamiz, el gofio caía en un saco. Para evitar contaminación entre variedades, después de cada molienda el molino se abría y se limpiaba con aire a presión.



**Imagen 30.** Molino de martillos, marca Sabadell.



**Imagen 31.** A. Mollo en la tolva del molino. B. Martillos y tamiz del molino.

Para mejorar la textura del gofio, tras la molienda, el gofio se hizo pasar a mano a través de un tamiz de 300  $\mu\text{m}$ .



**Imagen 32.** Gofio tamizado con malla de 300  $\mu\text{m}$ .

El gofio se empaquetó en bolsas plásticas identificando su variedad, las cuales se cerraron herméticamente con una selladora térmica.



**Imagen 33.** Selladora térmica, marca Pronto.



**Imagen 34.** Gofios envasados en bolsas plásticas.

Para asegurar que el gofio no hubiera sido contaminado por ningún residuo metálico durante el proceso, las bolsas se hicieron pasar a través de un detector de metales.

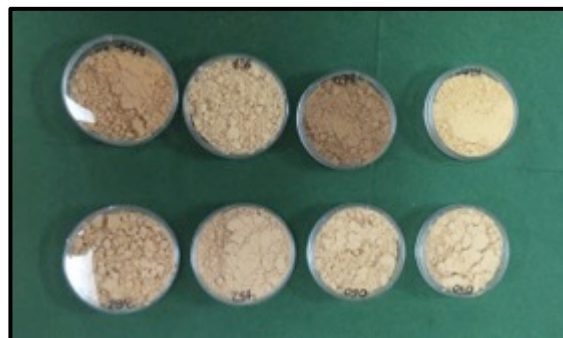


**Imagen 35.** Detector de metales, marca Cassel.

### 5.11.2 Valoración sensorial del gofio

La cata se realizó en la Casa de la Miel por 13 catadores, la mayoría de los cuales colabora habitualmente con la Unidad de Valorización de Productos Agroalimentarios. El objetivo de la cata fue establecer perfiles sensoriales de las variedades de gofio estudiadas, analizar posibles diferencias entre las mismas y conocer la valoración de las variedades canarias respecto al resto. La cata se realizó de un total de 8 muestras del ensayo -cuatro variedades tradicionales de Canarias (La Orotava, La Oliva, Tacoronte y Arucas), dos del País Vasco (Osoro y Elgorriaga) y dos de Aragón (Enano Levantino x Hembrilla y Rastrojero)-, con un testigo que fue el gofio elaborado en las mismas condiciones que los anteriores con el millo comercial utilizado por CETECAL. Las variedades gallegas no se pudieron catar debido a la escasa producción que tuvieron.

En una primera fase se valoró el color en seco, presentadas las muestras en placas de Petri. En el gofio de millo, el consumidor valora los colores amarillentos y anaranjados; cuanto más tonos de este tipo, mejor puntuación.




**Imagen 36.** Valoración del color de gofio en placas de Petri.



En una segunda fase, ya en húmedo, se evaluaron los siguientes parámetros de:

- Pastosidad: cuanto más pastoso, mayor puntuación.
- Intensidad del olor: cuanto más intenso el olor, mayor puntuación.
- Intensidad del aroma general: cuanto más intenso el sabor, mayor puntuación.
- Tostado: cuanto más intenso el sabor del tostado, mayor puntuación.
- Granulosidad: cuanto más granulosidad se notara en boca, mayor puntuación.
- Valoración global
- Comentarios: en este apartado se podían apuntar aquellas observaciones que se estimaran durante la cata (identificación de sabores, apuntes de textura, etc.)

 Catador:	<b>Valoración sensorial de GOFIO</b>
	Muestra: <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/> Fecha: _____
<b><u>Aspecto</u></b>	_____ >
Pastosidad	_____ >
<b><u>Olor</u></b>	_____ >
Olor	_____ >
<b><u>Sensación O/G</u></b>	_____ >
Inten. Aroma gral	_____ >
Tostado	_____ >
<b><u>Textura</u></b>	_____ >
Granulosidad	_____ >
<b>Valoración Global</b>	_____ >
Comentarios:	

**Imagen 37.** Formulario de respuesta para la prueba sensorial descriptiva.

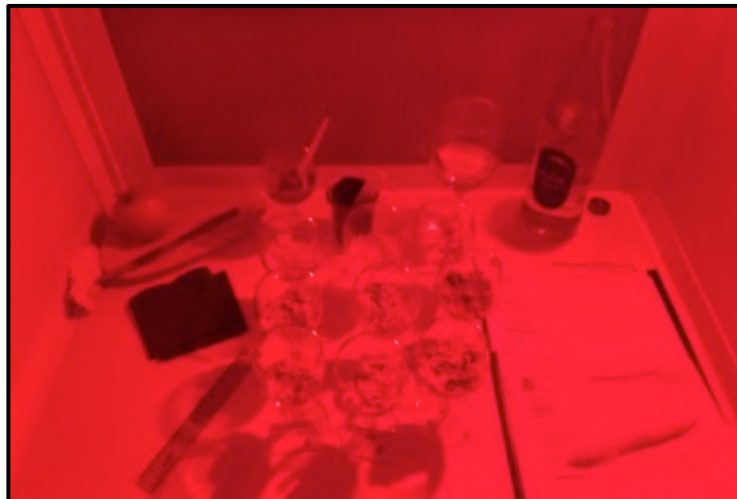
Al lado de cada parámetro a valorar, figuraba una línea de 10 cm de longitud, en la cual se marcaba la valoración. Posteriormente, con una regla, se cuantificaba la misma, obteniendo así un valor numérico para cada uno de los parámetros.



Cada muestra se presentó en copas de vidrio a las se le añadió 15 g de gofio, donde cada catador la acondicionaba con 25 ml de agua, amasando posteriormente el gofio con una cucharilla, el mismo número de veces en todas las muestras, de modo que se pudieran comparar texturas en las mismas condiciones. Cada muestra se identificó con un número de referencia donde cada catador las valoraba al azar. Para neutralizar el sabor entre muestras se ofreció manzana ácida y agua.



**Imagen 38.** Sala de cata.



**Imagen 39.** Evaluación gustativa realizada bajo luces rojas para minimizar el efecto del aspecto del gofio.



**Imagen 40.** Muestras de gofio (15 g + 25 ml de agua).

## 5.12 TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Todos los datos agronómicos y de caracterización morfológica se iban registrando en una libreta de campo y laboratorio, los cuales se incorporaban a una base de datos elaborada en Microsoft Excel 2011.

Los datos de campo y laboratorio provenían de 10 plantas experimentales por variedad y repetición, es decir, unas 20 plantas por entrada.

El tratamiento de los datos se realizó aplicando la media a todas las unidades experimentales de cada entrada en los caracteres métricos y la moda a todas las unidades experimentales de cada entrada de los caracteres cualitativos, utilizados con criterios jerárquicos, de tal manera que permita su tratamiento como datos cuantitativos de tipo discreto. En el caso de la valoración sensorial de los gofios, se utilizó la mediana por ser el tratamiento más adecuado, donde podría existir una desviación de los datos considerable (Bentabol Manzanares, comunicación personal).

El tratamiento estadístico de los datos cuantitativos métricos se realizó mediante el software Statistix 10.0. Primeramente se ha estudiado la distribución de los datos con el test Shapiro-Wilk, realizando a los datos de distribución normal un análisis de varianza (ANOVA) para detectar si había diferencias entre las variedades ensayadas y, de existir ( $p < 0,05$ ), se realizó un test de Tukey para la separación de medias determinando los grupos con diferencias significativas. Los datos analizados estadísticamente fueron los siguientes:





- Altura de la planta
- Altura de inserción de la mazorca
- Longitud de la piña
- Diámetro superior, medio e inferior de la mazorca
- Número de filas de la mazorca
- Número de granos por fila
- Número de granos por mazorca
- Peso de la mazorca
- Peso de 200 granos

En el caso del peso de 200 granos, cuya distribución no fue normal por tener una distribución muy sesgada, se realizó una transformación logarítmica, adecuada para este tipo de datos.



## **6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**





## 6.1 CARACTERES AGRONÓMICOS Y MORFOLÓGICOS

A continuación se muestran los resultados evaluados, tanto los cuantitativos como los cualitativos. Todos los datos cuantitativos métricos tratados mostraron diferencias significativas en el análisis de varianza realizado, por lo que se sometieron al test de Tukey para la separación de medias, mostrando los grupos con diferencias significativas.

### 6.1.1 Caracteres de la planta y ciclo

#### Nascencia

Todas las variedades presentaron un período de 7 días entre la siembra y la nascencia de las mismas.

#### Floración masculina y femenina

La variedad que menor tiempo presentó para florecer fue Navarte con 45 días después de la siembra (dds), (flor masculina). Elgorriaga, Rastrojero, Hembrilla y Enano Levantino x Hembrilla florecieron casi a los 50 dds. Por el contrario, La Orotava es la variedad que mayor tiempo necesitó para florecer con 72 dds (flor masculina).

**Tabla 22.** Floración masculina.

<b>Variedad</b>	<b>Floración masculina (dds*)</b>
NAVARTE	45
ELGORRIAGA	47,5
RASTROJERO	49,5
HEMBRILLA	49,5
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	49,5
DONOSTI	51
ARUCAS	53
TREMESINO	54
TUY	55
RIBADUMIA	57,5
OSORO	58
LA OLIVA	59
SARRAEUS	59
TACORONTE	61,5
REBORDONES	64
LA OROTAVA	72

\*dds: días después de la siembra

En la caracterización morfológica realizada por Rodríguez (2014), en la que se incluyeron algunas de las variedades de millo también estudiadas aquí, La Orotava también fue la variedad más tardía, junto con Tacoronte; en ese ensayo, sin embargo, el número de días que tardaron las variedades canarias en florecer fue menor, probablemente debido a que la siembra se realizó en mayo, con menores temperaturas. Todas las flores femeninas florecieron de media a los 3 días después de la emisión de la panocha masculina, cumpliendo con la norma general.

### Vigor de la planta

A continuación (tabla 23), se muestran los datos del vigor de la planta de las variedades ensayadas.

**Tabla 23.** Vigor de la planta.

<b>Variedad</b>	<b>Vigor de la planta (escala de 2 a 8)</b>
LA OROTAVA	8
LA OLIVA	7,5
OSORO	7,5
RASTROJERO	7,5
NAVARTE	7
TACORONTE	7
ELGORRIAGA	7
DONOSTI	6,5
ARUCAS	6
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	6
RIBADUMIA	5,5
REBORDONES	4,5
HEMBRILLA	4,5
TREMESINO	4
TUY	4
SARRAEUS	3,5

La variedad más vigorosa fue La Orotava con una valoración de 8, mientras que Sarreaus recibió el menor valor con 3,5. La segunda variedad más vigorosa fue La Oliva (7,5), compartiendo puntuación con Osoro y Rastrojero. Tacoronte y Arucas recibieron una valoración del vigor intermedia (7 y 6, respectivamente). De las 6 variedades con menor vigor, cuatro son gallegas (Ribadumia, Rebordones, Tuy y Sarreaus, procedentes del MBG), quizás por una menor adaptación a nuestro clima.



### Aspecto de la planta

Las únicas variedades que recibieron una valoración del aspecto de la planta como “bueno” fueron La Oliva, Rastrojero y La Orotava, recibiendo una valoración de aspecto “regular-malo” Sarreaus, Ribadumia y Tuy, todas ellas variedades gallegas.

En la tabla 24 se muestran los datos del aspecto de la planta; las que muestran más de un valor es que tenían, a partes iguales, mazorcas con dichas valoraciones.

**Tabla 24.** Aspecto de la planta.

<b>Variedad</b>	<b>Aspecto de la planta</b>
SARREAU	2 y 1
RIBADUMIA	2
TUY	2
TREMESINO	3 y 1
REBORDONES	3 y 2
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	3 y 2
NAVARTE	3
DONOSTI	3
HEMBRILLA	4 y 2
ARUCAS	4 y 3
ELGORRIAGA	4 y 3
OSORO	4
TACORONTE	4
LA OLIVA	5 y 3
RASTROJERO	5 y 4
LA OROTAVA	5 y 4

5: bueno, 4: regular-bueno, 3: regular, 2: regular-malo y 1: malo.

### Aspecto de la mazorca en la planta

A continuación (tabla 25), se muestra la valoración del aspecto de la mazorca o piña en la planta.

**Tabla 25.** Aspecto de la mazorca en la planta.

<b>Variedad</b>	<b>Aspecto de la mazorca en la planta</b>
TUY	2 y 1
SARREAU	2 y 1
RIBADUMIA	2
NAVARTE	3 y 2
HEMBRILLA	4 y 2
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	4 y 2
REBORDONES	4, 3 y 2

<b>Variedad</b>	<b>Aspecto de la mazorca en la planta</b>
OSORO	4 y 3
ELGORRIAGA	4 y 3
DONOSTI	5 y 1
TREMESINO	5, 2 y 1
TACORONTE	5 y 2
LA OROTAVA	5 y 4
RASTROJERO	5
ARUCAS	5
LA OLIVA	5

5: bueno, 4: regular-bueno, 3: regular, 2: regular-malo y 1: malo.

Las variedades con mejor aspecto de la piña fueron La Oliva, Arucas y Rastrojero. La Orotava, que tuvo el mejor aspecto de planta, sería la siguiente variedad con mejor aspecto de mazorca. Coincidiendo con el peor aspecto de la planta, las variedades gallegas Sarreaus, Tuy y Ribadumia también tuvieron la menor valoración en el aspecto de las piñas.

#### Número de mazorcas por planta

Enano Levantino x Hembrilla fue la variedad que presentó mayor número de mazorcas por planta siendo la media de 1,82 mazorcas por planta. En el extremo opuesto está Navarte, con 1,02 piñas por planta. Las variedades canarias obtuvieron entre 1,06 y 1,25 piñas por planta, valores inferiores a los medios obtenidos por Rodríguez (2014) para las variedades locales canarias estudiadas.

**Tabla 26.** Número de mazorcas por planta.

<b>Variedad</b>	<b>Nº de mazorcas por planta</b>
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	1,82
TREMESINO	1,58
RASTROJERO	1,28
LA OROTAVA	1,25
REBORDONES	1,24
TUY	1,22
OSORO	1,20
HEMBRILLA	1,18
TACORONTE	1,15
DONOSTI	1,11
SARREAUS	1,10
ARUCAS	1,10
RIBADUMIA	1,09





Variedad	Nº de mazorcas por planta
LA OLIVA	1,06
ELGORRIAGA	1,05
NAVARTE	1,02

### Altura de la planta

En la tabla 27, se muestran los datos de la altura de las plantas incluidas en el ensayo, mostrándose la media por variedad.

**Tabla 27.** Altura de la planta.

Variedad	Altura de la planta (m)	
LA OROTAVA	2,58	A
OSORO	2,54	A
RASTROJERO	2,44	AB
NAVARTE	2,345	AB
LA OLIVA	2,295	ABC
TACORONTE	2,29	ABC
ARUCAS	2,205	ABC
ELGORRIAGA	2,175	ABC
DONOSTI	2,045	ABC
TUY	2,035	ABC
REBORDONES	2,03	ABC
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	2,02	ABC
RIBADUMIA	1,965	ABC
HEMBRILLA	1,945	ABC
TREMESINO	1,89	BC
SARREUS	1,695	C
ANOVA	P = 0,0019	CV = 7,30

**Nota:** valores medios seguidos de la misma letra/s no presentan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Las variedades con mayor altura fueron La Orotava y Osoro superando los 2,5 m de altura, presentando diferencias significativas con Tremesino (1,89 m) y Sarreus (1,695 m), siendo esta última variedad gallega y que también mostró valoraciones pequeñas en el aspecto de planta y mazorca. En los resultados de Rodríguez (2014), Tacoronte fue la variedad más alta, con 3,33 m, seguido de La Orotava, con 3,07 m, valores bastante superiores a los obtenidos en este ensayo.

Altura de inserción de la mazorca

La mayor altura de inserción de la primera mazorca se registró en la variedad de La Orotava (1,275 m), coincidiendo con la variedad de mayor altura de la planta, mostrando diferencias significativas con Sarreaus (0,43 m), que también fue la de menor altura global. La Oliva (1,025 m) superó el metro de altura de inserción, mientras que Tacoronte y Arucas no llegaron a él, sin mostrar diferencias significativas entre ellas.

**Tabla 28.** Altura de inserción de la mazorca.

<b>Variedad</b>	<b>Altura de inserción de la mazorca (m)</b>	
LA OROTAVA	1,275	A
RASTROJERO	1,085	AB
LA OLIVA	1,025	AB
OSORO	1,015	AB
TACORONTE	0,98	AB
ELGORRIAGA	0,92	AB
ARUCAS	0,88	ABC
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	0,87	ABC
NAVARTE	0,78	BC
TREMESINO	0,735	BC
HEMBRILLA	0,725	BC
TUY	0,72	BC
REBORDONES	0,705	BC
RIBADUMIA	0,7	BC
DONOSTI	0,665	BC
SARREAUS	0,43	C
ANOVA	P = 0,0004	CV = 13,23

**Nota:** valores medios seguidos de la misma letra/s no presentan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

**6.1.2 Caracteres de la mazorca**Longitud de la mazorca

A continuación (tabla 29), se muestran los datos medios obtenidos para la longitud de mazorca de cada variedad.

**Tabla 29.** Longitud de la mazorca.

<b>Variedad</b>	<b>Longitud de la mazorca (cm)</b>	
OSORO	19,975	A
LA OROTAVA	19,49	A



Variedad	Longitud de la mazorca (cm)	
SARREUS	19,215	A
TACORONTE	19,04	A
REBORDONES	18,1	AB
RIBADUMIA	17,75	AB
TUY	17,62	AB
LA OLIVA	16,915	AB
TREMESINO	16,765	AB
HEMBRILLA	16,185	AB
ARUCAS	16,07	AB
ELGORRIAGA	15,755	AB
RASTROJERO	15,61	AB
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	15,175	AB
DONOSTI	14,58	AB
NAVARTE	12,655	B
ANOVA	P = 0,0093	CV = 8,78

**Nota:** valores medios seguidos de la misma letra/s no presentan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Las mayores longitudes de la mazorca se observaron en Osoro, La Orotava, Sarreaus y Tacoronte, superando los 19 cm, medias superiores a las obtenidas por Rodríguez (2014) y Millán (2010) en sus caracterizaciones de variedades locales de millo de Canarias. Por su parte, Navarte (12,655 cm) tuvo las mazorcas de menor longitud, con diferencias significativas con las variedades anteriormente citadas. La Oliva y Arucas, las otras variedades canarias del ensayo, mostraron un valor intermedio, superando los 16 cm, sin diferencias significativas entre ellas.

#### Diámetros inferior, medio y superior de la mazorca

En la tabla 30 se muestran los datos medios de los tres diámetros medidos en las mazorcas (inferior, medio y superior).

**Tabla 30.** Diámetros inferior, medio y superior de la mazorca.

Variedad	Diámetros					
	Inferior		Medio		Superior	
LA OROTAVA	55,045	A	51,35	A	45,95	A
ARUCAS	52,535	A	50,175	A	45,31	AB
LA OLIVA	52,19	AB	49,7	A	44,55	AB
NAVARTE	51,58	ABC	48,16	ABC	44,11	AB
ELGORRIAGA	51,49	ABC	49	AB	44,22	AB
TACORONTE	49,73	ABCD	47,84	ABC	42,4	ABC
OSORO	49,265	ABCD	46,75	ABCD	42,7	ABC
DONOSTI	46,19	BCDE	43,4	CDEF	39,36	CDE

Variedad	Diámetros					
	Inferior		Medio		Superior	
SARREUS	45,815	CDE	44,55	BCDE	41,935	BCD
HEMBRILLA	44,895	DE	42,71	DEF	38,295	DEF
RASTROJERO	42,49	EF	40,465	EFG	37,625	EF
REBORDONES	41,895	EF	39,4	FG	35,715	EFG
TUY	41,495	EF	39,58	FG	37,105	EF
RIBADUMIA	41,455	EF	39,675	FG	36,52	EF
TREMESINO	40,905	EF	38,59	FG	34,805	FG
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	37,615	F	35,93	G	32,65	G
ANOVA	P = 0,0000 CV = 3,20		P = 0,0000 CV = 2,71		P = 0,0000 CV = 2,31	

**Nota:** valores medios seguidos de la misma letra/s no presentan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Las variedades canarias La Orotava, Arucas y La Oliva fueron las que presentaron mayores diámetros (inferior, medio y superior) de la mazorca. Por su parte, Enano Levantino x Hembrilla tuvo los menores diámetros, con diferencias significativas con las variedades anteriormente citadas; esta variedad es la que mayor número de mazorcas por planta tuvo.

#### Conicidad de la mazorca

La conicidad de la mazorca depende de los diámetros y la longitud de la misma. A continuación (tabla 31) se muestran los datos de conicidad de las variedades ensayadas.

**Tabla 31.** Conicidad de la mazorca.

Variedad	Conicidad de la mazorca (%)
NAVARTE	88,40
LA OROTAVA	71,02
DONOSTI	70,33
ELGORRIAGA	69,33
LA OLIVA	68,08
ARUCAS	67,61
HEMBRILLA	62,12
TACORONTE	57,51
TREMESINO	54,40
REBORDONES	51,29
OSORO	49,47
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	49,14
RASTROJERO	46,78
RIBADUMIA	42,00
TUY	36,64
SARREUS	30,21



Navarte es la variedad que mayor conicidad presentó con 88,40%, siendo Sarreaus la menos cónica (30,21%). La Orotava, La Oliva, Arucas y Tacoronte presentaron valores de conicidad similares entre el 57 y 72%.



**Imagen 41.** Diferencia visual de la conicidad de la mazorca.

#### Número de filas de la mazorca

La variedad con mayor número de filas o carreras por mazorca fue Sarreaus con 13,25 filas, mostrando diferencias significativas con las variedades que menos filas tuvieron. Rastrojero, La Oliva y Enano Levantino x Hembrilla no superaron las 9 filas por mazorca.

**Tabla 32.** Número de filas de la mazorca.

Variedad	Nº de filas de la mazorca	
SARREAUS	13,25	A
NAVARTE	12,5	AB
OSORO	12,445	AB
ELGORRIAGA	12	ABC
ARUCAS	11,665	ABCD
RIBADUMIA	10,79	BCDE
LA OROTAVA	10,52	BCDE
REBORDONES	10,5	BCDE
TUY	10,315	BCDE

Variedad	Nº de filas de la mazorca	
TACORONTE	9,665	CDE
DONOSTI	9,53	DE
HEMBRILLA	9,45	DE
TREMESINO	9,215	E
RASTROJERO	8,915	E
LA OLIVA	8,815	E
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	8,445	E
ANOVA	P = 0,0000	CV = 5,59

**Nota:** valores medios seguidos de la misma letra/s no presentan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

### Número de granos por fila

Las variedades Osoro, Enano Levantino x Hembrilla, Rastrojero y La Orotava fueron las que mayor número de granos por fila presentaron, entre 32 y 35 granos por fila, mostrando diferencias significativas con la variedad con menor número de granos, Navarte, con poco más de 21 granos por fila. Las variedades canarias Arucas, Tacoronte y La Oliva tuvieron valores entre los 29 y 30 granos por fila, valores similares a los obtenidos por Rodríguez (2014) para las canarias caracterizadas en ese estudio.

**Tabla 33.** Número de granos por fila.

Variedad	Nº de granos por fila	
OSORO	34,67	A
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	34,185	A
RASTROJERO	33,13	A
LA OROTAVA	32,96	A
HEMBRILLA	30,27	AB
LA OLIVA	29,565	AB
SARREAU	29,53	AB
TACORONTE	29,465	AB
TREMESINO	29,24	AB
ARUCAS	29,12	AB
TUY	27,875	AB
REBORDONES	27,605	AB
RIBADUMIA	27,34	AB
ELGORRIAGA	26,595	AB
DONOSTI	25,41	AB
NAVARTE	21,065	B
ANOVA	P = 0,0215	CV = 9,75

**Nota:** valores medios seguidos de la misma letra/s no presentan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).



### Número de granos por mazorca

A continuación, se puede observar en la tabla 34 los valores medios del número de granos por piña de cada variedad estudiada.

**Tabla 34.** Número de granos por mazorca.

<b>Variedad</b>	<b>Nº de granos por mazorca</b>	
OSORO	441,4	A
SARREUS	400,16	AB
LA OROTAVA	342,2	AB
ARUCAS	340	AB
RIBADUMIA	325,8	AB
HEMBRILLA	315,18	AB
RASTROJERO	312,1	AB
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	304,65	AB
ELGORRIAGA	296,7	AB
REBORDONES	294,65	AB
TUY	284,35	AB
TREMESINO	274,55	AB
DONOSTI	251	AB
TACORONTE	247,44	AB
LA OLIVA	228,8	B
NAVARTE	202,25	B
ANOVA	P = 0,0285	CV = 16,92

**Nota:** valores medios seguidos de la misma letra/s no presentan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

La variedad Vasca Osoro, con 441,4 granos, fue la variedad con mayor número de granos por mazorca, mostrando diferencias significativas con La Oliva y Navarte, con 228,8 y 202,25 granos por mazorca, respectivamente.

### Peso de la mazorca

La variedad con mayor peso de la mazorca fue La Orotava con 194,71 g, mostrando diferencias significativas con la de menor peso, Navarte (77 g), así como con Donosti, Tuy, Tremesino y Enano Levantino x Hembrilla, todas por debajo de los 112 gramos por piña. Las mazorcas de Tacoronte, La Oliva y Arucas pesaron entre 129 y 147 g, sin diferencias significativas entre ellas ni con el resto de variedades.

**Tabla 35.** Peso de la mazorca.

<b>Variedad</b>	<b>Peso de la mazorca (g)</b>	
LA OROTAVA	194,71	A
OSORO	161,8	AB
ARUCAS	146,95	ABC
TACORONTE	142,42	ABC
SARREUS	137,86	ABC
LA OLIVA	129,32	ABC
ELGORRIAGA	128,9	ABC
HEMBRILLA	122,56	ABC
REBORDONES	116,06	ABC
RASTROJERO	115,57	ABC
RIBADUMIA	113,75	ABC
DONOSTI	111,77	BC
TUY	103,97	BC
TREMESINO	97,76	BC
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	90,47	BC
NAVARTE	77	C
ANOVA	P = 0,0056	CV = 16,34

**Nota:** valores medios seguidos de la misma letra/s no presentan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

### Proporción de zuro

Al igual que en el porcentaje de conicidad, Navarte fue la variedad con mayor proporción de zuro con 32,69%, mientras que Enano Levantino x Hembrilla con 11,57% fue la que menor porcentaje de zuro presentó. Las variedades canarias tuvieron proporciones medias de zuro entre 15 y 24%, dentro de las medias obtenidas también para variedades de este origen por Rodríguez (2014) y Millán (2010).

**Tabla 36.** Proporción de zuro.

<b>Variedad</b>	<b>Proporción de zuro (%)</b>
NAVARTE	32,69
LA OLIVA	23,03
DONOSTI	22,33
TACORONTE	19,42
LA OROTAVA	18,47
REBORDONES	18,24
ELGORRIAGA	18,23
TUY	18,02
OSORO	17,43
SARREUS	17,40
RIBADUMIA	17,27





<b>Variedad</b>	<b>Proporción de zuro (%)</b>
ARUCAS	15,43
HEMBRILLA	14,77
TREMESINO	14,01
RASTROJERO	13,94
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	11,57

### Color del zuro

En la tabla 37 se muestra el color del zuro o carozo de las distintas variedades. Las variedades que destacan por mostrar un color diferente son Enano Levantino x Hembrilla (rosado) y Osoro (rojo). El resto de variedades presentan el color de zuro más típico, el blanco. Millán (2010) y Rodríguez (2014) también obtuvieron una mayor frecuencia de piñas de color blanco.

**Tabla 37.** Color del zuro.

<b>Variedad</b>	<b>Color del zuro</b>
ARUCAS	1
DONOSTI	1
ELGORRIAGA	1
HEMBRILLA	1
LA OLIVA	1
LA OROTAVA	1
NAVARTE	1
RASTROJERO	1
REBORDONES	1
RIBADUMIA	1
SARREUS	1
TACORONTE	1
TREMESINO	1
TUY	1
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	2
OSORO	3

Blanco (1), rosado (2), rojo (3)



**Imagen 42.** Diferencia visual del color de zuro.  
En la misma foto también se puede observar la diferencia de proporción de zuro entre distintas piñas.

### Mazorcas sanas

Como ya se ha mencionado, tras el secado de las piñas, se valoró la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo, obteniendo el porcentaje de piñas sanas de cada variedad; en el caso de que la mazorca presentara algún tipo de daño, se consideraba “destrío”.

El mayor valor de mazorcas sanas lo presentó la aragonesa Enano Levantino x Hembrilla superando la mitad de sus mazorcas sanas. En cambio, Navarte apenas obtuvo un 14,18% de sus mazorcas sanas. La Orotava, Tacoronte, La Oliva y Arucas alcanzaron un porcentaje de mazorcas sanas entre el 30 y 41%, porcentajes medios similares a los obtenidos por Rodríguez (2014).

**Tabla 38.** Porcentaje de mazorcas sanas.

<b>Variedad</b>	<b>Mazorcas sanas (%)</b>
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	51,61
TUY	46,08
TREMESINO	43,65
SARREUS	43,06
OSORO	42,55
LA OROTAVA	40,21
RIBADUMIA	34,54



Variedad	Mazorcas sanas (%)
ARUCAS	32,73
LA OLIVA	32,17
TACORONTE	30,71
RASTROJERO	30,55
HEMBRILLA	30,15
REBORDONES	27,50
DONOSTI	21,10
ELGORRIAGA	19,78
NAVARTE	14,18

El bajo porcentaje general de mazorcas sanas que presentan las variedades, fue debido a la gran incidencia de enfermedades durante el cultivo, principalmente hongos (*Fusarium monoliforme* y *Penicillium oxalicum*, principalmente), que aparecieron fundamentalmente a final de ciclo –quizás favorecido por la siembra tardía-. El taladro (*Sesamia nonagrioides*) y los roedores (también a final de ciclo) también produjeron daños en las piñas. A diferencia de Millán (2010) y Rodríguez (2014), la afección por carbón del millo (*Ustilago maydis*) fue muy pequeña.



**Imagen 43.** *Penicillium oxalicum*.



**Imagen 44.** Granos afectados por *Fusarium monoliforme*.



**Imagen 45.** Larva de *Sesamia nonagrioides* en el tallo de la planta.



**Imagen 46.** *Sesamia nonagrioides* en el interior del zuro de la piña.



**Imagen 47.** Piña afectada por roedores.



**Imagen 48.** Piña afectada por ratones en campo.

Los ratones afectaron solo a algunas variedades. La Orotava fue la más afectada (30% de las piñas), seguida de Tacoronte (25%), Arucas y Sarreaus (12,5%), Rastrojero (5,6%) y La Oliva (5,3%); el resto de variedades no se vieron afectadas.

### 6.1.3 Caracteres del grano

#### Tipo de grano

Se evaluó el tipo de grano de cada variedad, dividiéndolos en Contraídos (1), dentados (2), planos (3), redondos (4), puntiagudos (5) y muy puntiagudos (6). A continuación se muestran los datos obtenidos (tabla 39).

**Tabla 39.** Tipo de grano.

Variedad	Tipo de grano mayoritario	Tipo de grano secundario	Tipo de grano terciario
OSORO	2	4	-
RASTROJERO	2	-	-
LA OROTAVA	2	4	3
TACORONTE	2	4	3
RIBADUMIA	2	4	3
HEMBRILLA	2	4	3
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	2	2 y 4	4
ARUCAS	4	3	3
NAVARTE	4	3	-
LA OLIVA	4	3	2
DONOSTI	4	3	3

Variedad	Tipo de grano mayoritario	Tipo de grano secundario	Tipo de grano terciario
REBORDONES	4	3	-
TUY	4	3	2
SARREUS	4	3	-
ELGORRIAGA	4	2 y 3	-
TREMESINO	2 y 4	3 y 4	4

Contraído (1), dentado (2), plano (3), redondo (4), puntiagudo (5) y muy puntiagudo (6).

Las variedades Osoro, Rastrojero, La Orotava, Tacoronte, Ribadumia, Hembrilla y Enano Levantino x Hembrilla presentaron granos mayoritariamente dentados, con un pequeño porcentaje de granos redondos y planos. Por su parte, las mazorcas de Arucas, Navarte, La Oliva, Donosti, Rebordones, Tuy, Sarreus y Elgorriaga fueron mayoritariamente de granos redondos, con pequeños porcentajes de granos planos y dentados. La variedad Tremesino tuvo, a partes iguales, granos dentados y granos redondos, presentando también algún grano plano.

#### Color del grano

En la tabla 40, se muestra el color de los granos de cada variedad. Figuran el color mayoritario, que es el que mostraban un mayor porcentaje de granos de la variedad, así como otros colores que pudieran presentar en caso de que esto ocurriese (colores secundario y terciario).

**Tabla 40.** Color del grano.

Variedad	Color mayoritario	Color secundario	Color terciario
RIBADUMIA	1	2	-
REBORDONES	1	2	10
HEMBRILLA	2	1 y 2	3
TACORONTE	2	4	4 y 1
RASTROJERO	3	1	-
LA OROTAVA	3	2	-
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	3	2 y 9	9 y 1
LA OLIVA	3 y 4	4	-
OSORO	4	-	-
TUY	4	2	-
NAVARTE	4,5 y 6	-	-
ARUCAS	5	9	-
TREMESINO	5	9	1
DONOSTI	5	9 y 6	-
SARREUS	5	1 y 2	1 y 2
ELGORRIAGA	6	-	-

amarillo 11C (1), amarillo 13A (2), amarillo-naranja 19A (3), amarillo-naranja 23B (4), naranja 24B (5), gris-naranja 168A (6), gris-naranja 172A (7), gris-púrpura 187B (8), púrpura 79A (9) y gris-verde 189B (10).





En la tabla 40 se pueden observar las variedades ordenadas en función del color mayoritario del grano, de más claro a más oscuro. El color de los granos de Rebordones y Ribadumia fue el más claro, mientras que Elgorriaga tuvo el color más oscuro (gris-naranja). Los colores púrpuras o verdosos tan solo aparecieron en una pequeña proporción de granos en las mazorcas de Rebordones, Enano Levantino x Hembrilla, Arucas, Tremesino y Donosti; estos colores están asociados a transposones, relativamente frecuentes en el cultivo del maíz (González-Duarte, 2011).



**Imagen 49.** Diferencia de colores en el grano.  
De izquierda a derecha:  
mazorca de color más claro, mazorca de color más oscuro y mazorca con transposones.

#### Peso de 200 granos

Para procesar los datos del peso de 200 granos se realizó una transformación logarítmica, propia de datos los cuales presentan una distribución muy sesgada (en este caso hacia la derecha).

**Tabla 41.** Peso de 200 granos.

Variedad	Peso de 200 granos (g)	
TACORONTE	94,1	A
LA OROTAVA	93,46	A
LA OLIVA	89,27	A
ARUCAS	75,58	AB

Variedad	Peso de 200 granos (g)	
ELGORRIAGA	73,11	AB
DONOSTI	71,14	ABC
HEMBRILLA	70,06	ABC
RASTROJERO	64,39	BC
REBORDONES	63,21	BC
TREMESINO	61,98	BC
OSORO	60,55	BC
TUY	59,44	BC
RIBADUMIA	58,64	BC
NAVARTE	57,09	BC
SARREUS	56,94	BC
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	52,36	C
ANOVA	P = 0,0000	CV = 1,91

**Nota:** valores medios seguidos de la misma letra/s no presentan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Las cuatro variedades canarias fueron las que tuvieron mayor peso de granos, con diferencias significativas con Enano Levantino x Hembrilla. Rodríguez (2014), también obtuvo los mayores pesos de semilla en dos de las variedades canarias aquí también estudiadas (La Orotava y La Oliva).

#### 6.1.4 Producción de grano

A continuación (tabla 42), se calcula de forma teórica el rendimiento en grano de las variedades estudiadas, en función de los siguientes parámetros: plantas por hectárea, referido al marco de plantación del ensayo, mazorcas por planta, porcentaje de piñas sanas, y peso de los granos de las mazorcas de cada variedad, suponiendo que nacieran todas las plantas.

**Tabla 42.** Rendimientos obtenidos en el ensayo.

Variedad	Nº Piñas/ha	Nº Piñas sanas/ha	Peso granos/piña (g)	Peso granos/ha (kg)
LA OROTAVA	5.208,3	2.094,3	159,9	334,9
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	7.583,3	3.913,8	79,8	312,2
OSORO	5.000,0	2.127,5	133,6	284,3
TREMESINO	6.583,3	2.873,6	85,1	244,5
SARREUS	4.583,3	1.973,6	113,9	224,8
TUY	5.083,3	2.342,4	84,5	198,0





Variedad	N° Piñas/ha	N° Piñas sanas/ha	Peso granos/piña (g)	Peso granos/ha (kg)
ARUCAS	4.583,3	1.500,1	128,5	192,7
TACORONTE	4.791,7	1.471,5	116,4	171,3
RASTROJERO	5.333,3	1.629,3	100,5	163,7
HEMBRILLA	4.916,7	1.482,4	110,4	163,7
RIBADUMIA	4.541,7	1.568,7	95,5	149,8
LA OLIVA	4.416,7	1.420,8	102,1	145,1
REBORDONES	5.166,7	1.420,8	93,1	132,3
ELGORRIAGA	4.375,0	865,4	108,5	93,9
DONOSTI	4.625,0	975,9	89,3	87,1
NAVARTE	4.250,0	602,7	57,7	34,8

La Orotava es la variedad con mayor producción de grano por superficie, debido a su superior peso de granos/piña, pese a que Enano Levantino x Hembrilla, segunda en producción, tuvo un mayor número de piñas por planta y una mayor proporción de plantas sanas. Navarte fue la variedad con menor producción de grano por superficie.

## 6.2 CALIDAD HARINERA

### 6.2.1 NIR

Se analizaron por espectroscopia en los granos de las variedades estudiadas, su humedad, así como los contenidos de aceite, proteína y almidón (tabla 43).

**Tabla 43.** Resultados del análisis NIR.

Variedad	Aceite (%)	Proteína (%)	Almidón (%)	Humedad (%)
LA OROTAVA	4,5	12,5	66,8	9,5
LA OLIVA	4,9	12,6	66,1	9
ARUCAS	5,1	13,4	65,7	8,7
TACORONTE	4,7	12,8	66	9,6
RIBADUMIA	4,9	13,4	66,7	8,7
SARREUS	5,1	11	67,6	9,1
REBORDONES	5	11,7	67,5	9
TUY	5,3	12,2	66,9	8,9
OSORO	4,3	10,7	68,5	8,7
ELGORRIAGA	4,7	11,2	68,1	9,1
DONOSTI	5,3	12,4	66,4	9,1
NAVARTE	4,6	12,1	67,3	9,5
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	5,8	12,4	65,9	8,2
RASTROJERO	5,3	12,5	66,3	9

<b>Variedad</b>	<b>Aceite (%)</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Almidón (%)</b>	<b>Humedad (%)</b>
TREMESINO	5	13	66,5	8,6
HEMBRILLA	4,6	11,4	68,1	8,8

El contenido de humedad de los granos estuvo entre el 9,6% (Tacoronte) y el 8,2% (Enano Levantino x Hembrilla). Esta última variedad también destacó por ser la que mayor contenido en aceite tuvo; los valores de este parámetro variaron entre el 5,8% de esa variedad y el 4,3% de Osoro, que fue la variedad que menor contenido de aceite tuvo, al igual que de proteína. Las proteínas oscilaron entre 10,7% en esa variedad vasca y 13,4% en las variedades Arucas y Ribadumia; siendo estos valores superiores a los aportados por Llanos-Company (1984). En cuanto al contenido de almidón, Osoro destaca con un 68,5%, correspondiéndole el menor valor a la variedad Arucas.

Las variedades canarias tuvieron un contenido de proteínas medio respecto al resto de variedades, superior al 12,5%, y de almidón inferior al 67%, variando los contenidos, al igual que los de humedad y aceite, en función de la variedad.

### 6.2.2 Micotoxinas

A continuación, se muestran los datos de las micotoxinas evaluadas: Deoxinivalenol (DON) y Zearalenona (ZEA). Se evaluaron en las cuatro variedades canarias, las dos más relevantes de origen gallego (Tuy y Ribadumia) y la vasca y aragonesa más importantes (Donosti y Hembrilla, respectivamente).

#### Deoxinivalenol

En la lectura para la determinación de la micotoxina Deoxinivalenol (DON), los mayores porcentajes de absorbancia se observaron en la variedad Tacoronte, seguida de Hembrilla y Tuy. Sin embargo, todas las muestras analizadas presentaron concentraciones no detectables para la micotoxina estudiada.

**Tabla 44.** Determinación de Deoxinivalenol (DON).

<b>Variedades</b>	<b>Absorbancia</b>			<b>Cálculo µg/L / µg/kg</b>	<b>* =</b>	<b>µg/L / µg/kg</b>
	<b>Media</b>	<b>CV</b>	<b>(%)</b>			
TACORONTE	2.257	3.9	103.8	<3.70	5.00	<18.50
HEMBRILLA	2.204	3.2	101.3	<3.70	5.00	<18.50



Variedades	Absorbancia			Cálculo	* =	µg/L / µg/kg
TUY	2.188	5.3	100.6	<3.70	5.00	<18.50
LA OROTAVA	2.153	1.1	99.0	<3.70	5.00	<18.50
LA OLIVA	2.145	3.1	98.6	<3.70	5.00	<18.50
RIBADUMIA	2.105	3.4	96.8	<3.70	5.00	<18.50
DONOSTI	2.087	1.7	96.0	<3.70	5.00	<18.50
ARUCAS	2.076	3.6	95.4	<3.70	5.00	<18.50

### Zearalenona

En la lectura para la determinación de la micotoxina Zearalenona (ZEA), el mayor porcentaje de absorbancia se observó en la variedad Arucas, seguida de Tacoronte y Ribadumia, mientras que el menor porcentaje se obtuvo en Hembrilla. Todas las muestras analizadas presentaron concentraciones no detectables para la micotoxina estudiada.

**Tabla 45.** Determinación de Zearalenona (ZEA).

Variedades	Absorbancia			Cálculo ng/L / ng/kg	* =	ng/L / ng/kg
	Media	CV	(%)			
ARUCAS	2.358	12.3	132.2	<50.00	5.00	<250.00
TACORONTE	2.295	7.6	128.7	<50.00	5.00	<250.00
RIBADUMIA	2.142	0.9	120.1	<50.00	5.00	<250.00
LA OROTAVA	2.037	2.4	114.2	<50.00	5.00	<250.00
TUY	1.968	6.7	110.4	<50.00	5.00	<250.00
LA OLIVA	1.884	24.3	105.7	<50.00	5.00	<250.00
DONOSTI	1.841	3.5	103.3	<50.00	5.00	<250.00
HEMBRILLA	1.690	6.8	94.8	<50.00	5.00	<250.00

## 6.3 RENDIMIENTO Y VALORACIÓN SENSORIAL DEL GOFIO

### 6.3.1 Rendimiento del gofio

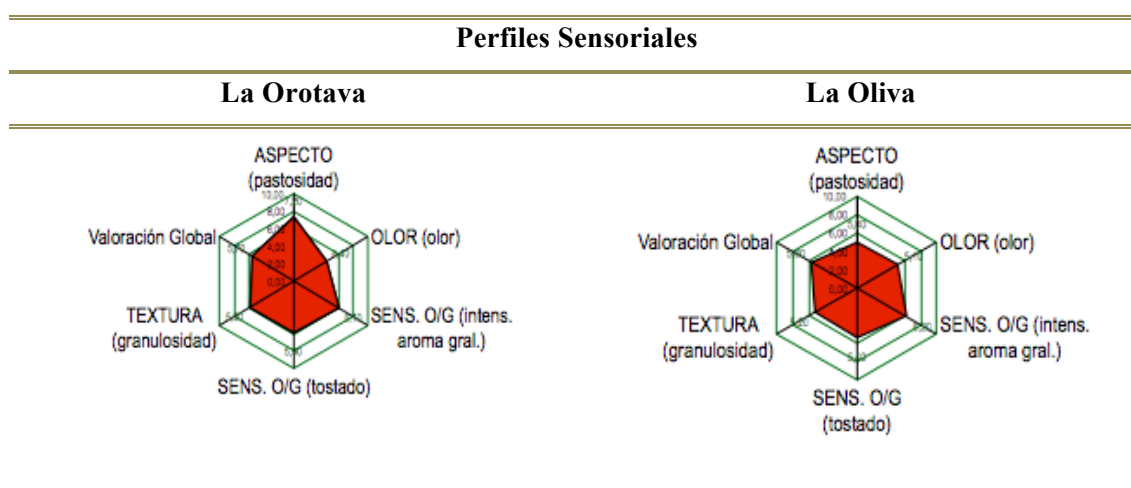
Se evaluó el rendimiento del grano en la producción de gofio. La Orotava y La Oliva fueron las que mayor rendimiento en gofio tuvieron, superior al 70%, mientras que Donosti fue el que menos, con un 52,5%.

**Tabla 46.** Rendimiento de gofío.

Variedad	Rendimiento de gofío (%)
LA OROTAVA	78,3
LA OLIVA	73,6
ENANO LEVANTINO X HEMBRILLA	69,1
TACORONTE	67,2
TREMESINO	64,8
NAVARTE	62,7
RASTROJERO	62,4
ARUCAS	61,4
ELGORRIAGA	58,5
HEMBRILLA	57,9
OSORO	56,4
DONOSTI	52,5
RIBADUMIA	-
SARREUS	-
TUY	-
REBORDONES	-

### 6.3.2 Valoración sensorial del gofío

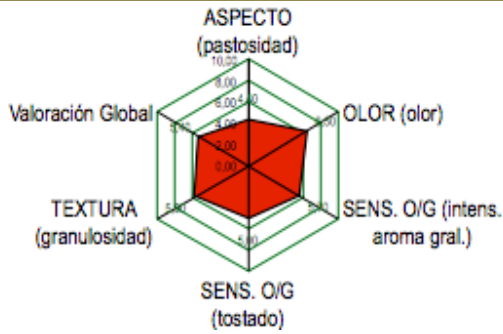
Una vez realizada la cata de los gofíos, se muestran los perfiles sensoriales de cada variedad (tabla 47).

**Tabla 47.** Perfiles sensoriales de las variedades catadas.

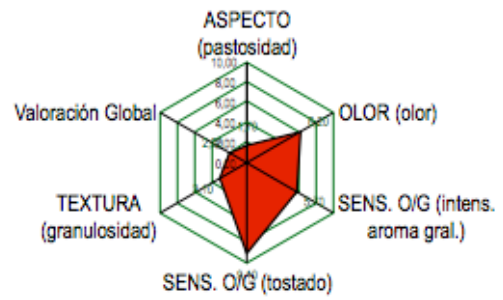


**Perfiles Sensoriales**

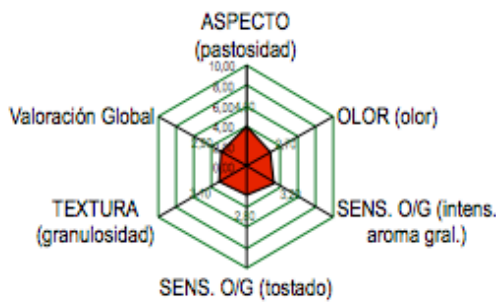
**Aruacas**



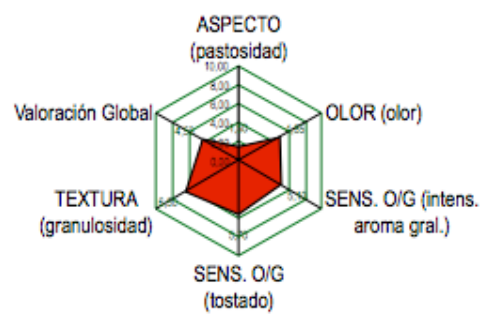
**Tacoronte**



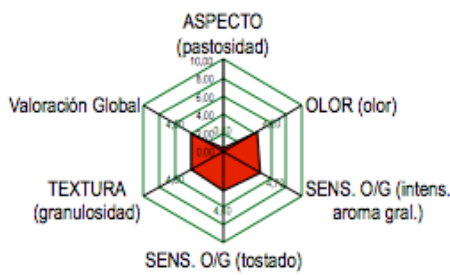
**Oso**



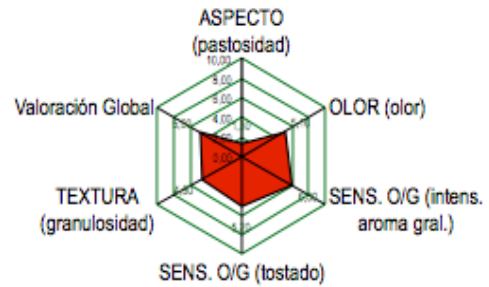
**Elgorriaga**



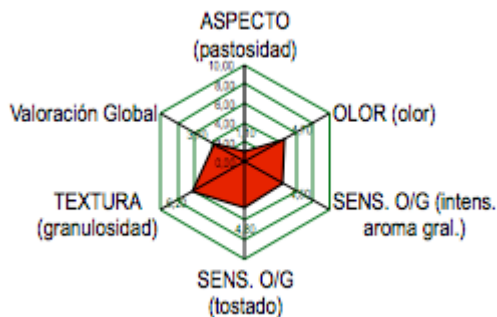
**Rastrojero**



**Enano Levantino x Hembrilla**



**CETECAL (Península)**



A continuación (tabla 48), se muestran las medianas de cada uno de los parámetros evaluados en la cata, ordenados en función de la mejor valoración global. Se ha escogido esta, y no la media, por ser un mejor indicador en este tipo de valoraciones, donde puede existir un alto grado de dispersión entre las puntuaciones dadas por cada uno de los catadores (Bentabol Manzanares, comunicación personal).

**Tabla 48.** Valores (mediana) obtenidos en la cata.

Variedad	Color (en seco)	Aspecto (pastosidad)	Olor	SENS. O/G (intensidad aroma gral.)	SENS. O/G (tostado)	TEXTURA (granulosid ad)	Valor. Global
La Orotava	5,8	7,20	4,40	6,10	5,90	5,90	5,70
La Oliva	6,7	5,00	5,10	6,20	5,40	5,20	5,60
Arucas	8,2	4,40	6,50	5,70	5,00	5,90	5,40
Enano L. X Hembrilla	6,6	1,30	5,10	6,00	5,20	4,80	5,00
Elgorriaga	7,3	1,50	4,85	5,10	5,70	6,50	4,50
Rastrojero	6,7	0,40	4,20	4,70	4,40	4,00	4,00
CETECAL Península		1,10	4,70	4,50	4,80	6,20	3,70
Osoro	5,8	4,00	2,70	3,20	2,80	3,10	2,90
Tacoronte	2,6	1,70	6,20	5,70	9,10	3,10	2,00

Los gofios mejor valorados de manera global fueron los elaborados con las variedades canarias La Orotava, La Oliva y Arucas, seguidos de Enano Levantino x Hembrilla, siendo las únicas variedades que superaron o igualaron el 5 en la cata. El gofio peor valorado también fue elaborado por una variedad canaria, Tacoronte. Cabe destacar que, a la hora del tostado, esta última se sacó siguiendo los mismos parámetros (color y tiempo) que el resto de variedades; sin embargo, el grano por dentro estaba muy tostado; esta podría ser la razón de su mala valoración global y del color.

Respecto al color, el gofio mejor valorado fue el elaborado con la variedad Arucas, mientras que el peor valorado fue el de Tacoronte.

En cuanto a la pastosidad, La Orotava fue también la variedad más pastosa, mientras que Rastrojero fue la que menos valor obtuvo. Este gofio obtuvo altas puntuaciones en la intensidad olfato/gustativa, así como en la granulosidad.

Osoro es la segunda variedad con baja puntuación en color, y obtuvo las menores puntuación en olor, intensidad olfato/gustativa y granulosidad. Esta variedad,



en el análisis NIR de sus granos, obtuvo valores extremos en aceite y proteínas (menor) y almidón (mayor), así como una baja humedad.

Respecto al gofio elaborado con millo de la empresa CETECAL, procedente de Barcelona y cultivado en Huesca, obtuvo una valoración global baja, superando sólo al gofio de Tacoronte y Osoro. Alcanzó una textura elevada junto con Elgorriaga y fue valorada como una de las menos pastosas. Su intensidad olfato/gustativa fue valorada con baja puntuación, similar al gofio de Rastrojero, aunque su olor fue valorado casi con la misma puntuación que La Orotava, gofio de mayor valoración global.





## **7. CONCLUSIONES**





1. De los caracteres de la planta y ciclo, destaca la variedad canaria de floración tardía La Orotava, con el mayor vigor de planta, el mejor aspecto, tanto de planta como de mazorca, y la mayor altura de planta y de inserción de la primera mazorca. En número de mazorcas por planta, es la aragonesa Enano Levantino x Hembrilla la que mayor número presenta.
2. De los caracteres estudiados en las piñas, la variedad Orotava también destacó en longitud, diámetros y peso de la misma.
3. El porcentaje de piñas dañadas fue muy importante. Los daños fueron sobre todo por hongos (fundamentalmente *Penicillium oxalicum*), taladro (*Sesamia nonagrioides*) y, en algunos casos, por roedores, en los que parece haber preferencias entre variedades, sobre todo por las canarias.
4. La variedad aragonesa Enano Levantino x Hembrilla presentó el mayor porcentaje de piñas sanas.
5. La variedad Orotava fue la de mayor producción de grano por superficie, debido a su gran peso de granos por piña, a pesar de que Enano Levantino x Hembrilla fue la que tuvo superior número de mazorcas por planta y mayor proporción de plantas sanas. Navarte fue la variedad con menor producción de grano por superficie.
6. En la cata realizada, donde no pudieron probarse las variedades gallegas por no haber obtenido suficiente cantidad de grano para gofio, la variedad Orotava fue la mejor valorada, siendo también la que mayor rendimiento de grano en gofio tuvo. Esta junto con las variedades también canarias Arucas y La Oliva y con Enano Levantino x Hembrilla, fueron las únicas que tuvieron puntuación igual o mayor a un 5. El millo utilizado por CETECAL para la elaboración de gofio obtuvo una valoración de 3,70, siendo el tercer peor valorado.
7. Las micotoxinas Deoxinivalenol (DON) y Zearalenona (ZEA) mostraron resultados no detectables en las variedades analizadas.

8. La variedad local La Orotava, a la vista de los datos de este Trabajo, es muy interesante, presentando unos buenos valores en casi todos los parámetros estudiados, incluyendo la mayor producción de grano por superficie, el más alto rendimiento de grano en gofio y la mejor valoración de dicho producto elaborado con sus granos.



1. Of the characters of the plant and cycle, highlights the Canary late flowering variety La Orotava, with the highest vigor of plant, the best appearance, both of plant and ear corn, and the highest plant height and insertion of the first ear corn. In the number of ears of corn per plant, it is the aragonesa Enano Levantino x Hembrilla which has the largest number.
2. Of the characters studied in the ears of corn, La Orotava variety also stood out in length, diameters and weight of the same.
3. The percentage of damaged ears of corn was very important. The damages were mainly caused by fungi (mainly *Penicillium oxalicum*), drill (*Sesamia nonagrioides*) and, in some cases, by rodents, in which there seems to be preferences between varieties, especially by the Canary Island.
4. The aragonesa variety Enano Levantino x Hembrilla presented the highest percentage of healthy ears of corn.
5. La Orotava variety obtained the highest production of grain per surface, due to its great weight of grains per ear corn, despite the fact that Enano Levantino x Hembrilla had the highest number of ears of corn per plant and the highest proportion of healthy plants. Navarte was the variety with the lowest grain production per area.
6. In the tasting carried out, where the galician varieties could not be proved due to not having obtained enough amount of grains for gofio, La Orotava variety was the best valued, being also the one with the highest yield of grain for gofio. This together with the canarian varieties Arucas and La Oliva and with Enano Levantino x Hembrilla, were the only ones that had a score equal to or greater than 5. The corn used by CETECAL for the preparation of gofio, obtained an assessment of 3.70, being the third worst valued.
7. The mycotoxins Deoxinivalenol (DON) and Zearalenone (ZEA) showed no detectable results in the analyzed varieties.

8. The local variety La Orotava, in view of the data of this work, is very interesting, presenting good values in almost all the parameters studied, including the highest production of grain per surface, the highest grain yield in gofio and the best evaluation of said product made with its grains.

## **8. BIBLIOGRAFÍA**







- ÁLVAREZ, A. Y RUIZ DE GALARRETA, J.I.** (1995). *Variedades locales de maíz de Gipuzkoa: evaluación y clasificación*. pp. 80. Vitoria-Gasteiz: Gráficas DIET.
- ÁLVAREZ DE TOLEDO, R., BESNIER-ROMERO, F., GÓMEZ-ARNAU, J.A., GRANDE DE CELIS, J.A., QUEIPO DE LLANO, J., SALVADOR-CHICO, A., URQUIJO Y LANDECHO, A. Y VADELL, M.** (1964). *Diez temas sobre el maíz*. pp. 143. Madrid: Ministerio de Agricultura.
- ALZOLA, M.J.** (1984). *El millo en Gran Canaria*. pp. 15-16. Museo Canario.
- ÁNGELES-GASPAR, E., ORTIZ-TORRES, E., LÓPEZ, P.A. Y LÓPEZ-ROMERO, G.** (2010). Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista de Fitotecnia Mexicana* (nº 4). Vol. 33. pp. 287-296.
- ARAGÓN-CUEVAS, F., TABA, S., HERNÁNDEZ-CASILLAS, J.M., FIGUEROA-CÁRDENAS, J.D. Y SERRANO-ALTAMIRANO, V.** (2006). *Actualización de la información sobre los maíces criollos de Oaxaca*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CS002 México D.F.
- AYERS, R.S. Y WESTCOT, D.W.** (1987). La calidad del agua en la agricultura. *Estudio FAO Riego y Drenaje* (nº 29). Rev.1. Roma.
- BEADLE, G.W.** (1939). *Teosinte and the origin of maize*. J. Hered. 30: pp. 245-247.
- BENZ, B.F.** (1997). *Diversidad y distribución prehispánica del maíz mexicano*. *Arqueología Mexicana*. 25: 16-23.
- BIANCHI, A., LORENZONI, C., SALAMINI, F.** (1989). *Genetica dei cereali*. pp. 376-379. Italia: Agricole.
- BRANDOLINI, A.** (1970). Maize. In O.H. Frankel & E. Bennet (Eds). *Genetic resources in plants: their exploration and conservation*. pp. 273-309. Philadelphia, PA, USA, F.A. Davis.
- BROWN, W.L. Y ANDERSON, E.** (1947). *The northern Flint corns*. Mo. Bot. Gard. Ann. 34: 1-28.

**CALVO-CARRILLO, M.C. Y MENDOZA-MARTÍNEZ, E.** (2012). *Toxicología de los alimentos*. pp. 253-266. México: McGraw-Hill.

**CEDAF** (1998). Cultivo de maíz (1ª Ed.). *Guía Técnica* (nº 33). pp. 8-9. República Dominicana.

**CEREALES.** <[http://www7.uc.cl/sw\\_educ/cultivos/cereales/maiz.htm](http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/maiz.htm)>. [en línea]. [Consulta: 17-04-2018].

**CIMMYT/IBPGR** (1991). *Descriptor del maíz*. pp. 16-25. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. México-Roma.

**COLLINS, G.N.** (1921). *Teosinte in Mexico*. J. Heredity 12: 339-350.

**CONSEJO INTERNACIONAL DE CEREALES.** Informe de Mercado de Cereales. <<https://www.igc.int/downloads/gmrsummary/gmrsumms.pdf>>. [en línea]. [Consulta: 17-04-2018].

**DATOS AGROCLIMÁTICOS.** Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas. Gobierno de Canarias. <[http://www.gobiernodecanarias.org/agricultura/agricultura/temas/datos\\_agroclimaticos/tf105.html](http://www.gobiernodecanarias.org/agricultura/agricultura/temas/datos_agroclimaticos/tf105.html)>. [en línea]. [Consulta: 25-05-2018].

**DE GOROSTIZA-YSBERT, M.F., DURÁN, J.E., DEL MONTE-DÍAZ DE GUEREÑU, J.P., DE LIÑAN-VICENTE, C. Y MÁRQUEZ-DELGADO, L.** (1990). *Vademécum del maíz*. pp. 107.

**DE LEÓN, C. Y RODRÍGUEZ-MONTESSORO, R.** (1993). *El cultivo del maíz*. Temas selectos. Colegio de Postgraduados. México: Mundi Prensa.

**DOEBLEY, J.F.** (1990). *Molecular Systematics of Zea (Gramineae)*. Maydica 35: pp. 143-150.

**DOWSWELL, C.D., PALIWALL, R.L. & CANTRELL, R.P.** (1996). *Maize in the third world*. Boulder, CO, USA, Westview Press.

**ELIKA** (2013). *Deoxinivalenol*. Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria. <[www.elika.eus/datos/pdfs\\_agrupados/Documento110/21.Deoxinivalenol.pdf](http://www.elika.eus/datos/pdfs_agrupados/Documento110/21.Deoxinivalenol.pdf)>. [en línea]. [Consulta: 18-05-2018].



- ELIKA** (2013). *Zearalenona*. Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria. <[www.elika.eus/datos/pdfs\\_agrupados/Documento111/22.Zearalenona.pdf](http://www.elika.eus/datos/pdfs_agrupados/Documento111/22.Zearalenona.pdf)>. [en línea]. [Consulta: 18-05-2018].
- ESQUINAS, J.T.** (1982). *Los recursos fitogenéticos una inversión segura para el futuro*. pp. 1-44. Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (F.A.O.)-I.N.I.A. Madrid.
- FAO** (2001). *EL MAÍZ EN LOS TRÓPICOS: Mejoramiento y producción*. <<http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s00.htm>>. [en línea]. [Consulta: 16-04-2018].
- FAO** (2018). *Estadísticas: Datos sobre alimentación y agricultura* <<http://www.fao.org/faostat/es/#home>>. [en línea]. [Consulta: 16-04-2018].
- GALINAT, W.C.** (1988). The origin of corn. In G.F. Sprague & j.W. Dudley (eds). *Corn and corn improvement*. pp. 1-31. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy.
- GARCÍA-LUIS, J.C.** (2005). *Del grano al gofio*. pp. 144. Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife. Cabildo Insular de Tenerife.
- GARCÍA-MARTÍN, M.D.** (2006). El cultivo y la cultura del millo en Canarias. *Revista de cultura popular canaria* (nº 7). pp. 201-235. Tenique.
- GARCÍA-MÉNDEZ, E.M., RUIZ DE GALARRETA-GÓMEZ, J.I., ÁLVAREZ-RODRÍGUEZ, A., MÉNDEZ-LODOS, S., DE SEBASTIÁN-PALOMARES, J.I., MAESTRO-REQUENA, G., RODRÍGUEZ-ARANGO, B.F. Y MORA-MARTÍNEZ, M.J.** (2013). *Variedades locales de Maíz de Cantabria*. pp. 134. Edita Gobierno de Cantabria. Consejería de Ganadería, Pesca y Desarrollo Rural.
- GARCÍA-MOUTON, P.** (1986). *Anuario de letras* (Vol. 24). Facultad de Filosofía y Letras, Centro de Lingüística Hispánica. Universidad Nacional Autónoma de México.
- GIL-GONZÁLEZ, J.** (2005). *Los cultivos tradicionales de la isla de Lanzarote. Los granos: diversidad y ecología*. pp. 258. Cabildo de Lanzarote, Área de Presidencia, Servicio de Patrimonio Histórico. Arrecife.

**GONZÁLEZ-DUARTE, R.** (2011). *Doce mujeres en la biomedicina del siglo XX*. Cuadernos de la fundación Dr. Antonio Esteve (nº13). pp. 5. Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona.

**GOODMAN, M.M.** (1976). *Maize. Evolution of crop plants*. pp. 128-136. Simmonds N.W. Longman Group Ltd. London, UK.

**GUERRERO, A.** (1999). *Cultivos herbáceos extensivos* (6ª ed.). pp. 215-261. Madrid: Mundi-Prensa.

**HALLAUER, A.R. Y MIRANDA-FILHO, J.B.** (1998). *Quantitative genetics in maize breeding*. Iowa State Univ. Press. Ames, Iowa, Usa.

**HERNÁNDEZ, X.** (1987). *Razas de maíz en México: Su origen, características y distribución*. Geografía Agrícola, 2: 609-732.

**HERNÁNDEZ-ABREU, J.M., MASCAREL, J., DUARTE, S., PÉREZ-REGALADO, A., SANTANA, J.L. Y SOCORRO, A.R.** (1980). *Seminario sobre interpretación de análisis químicos de suelos, aguas y plantas*. pp. 143. Personal de suelos y Riegos del Centro Regional de Investigaciones y Desarrollo Agrario de Canarias. CRIDA 11. Centro de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura.

**IBPGR** (1991). *Descriptors for Maize*. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City/International Board for Plant Genetic Resources, Rome. <[http://archivecpgar.cgiar.org/fileadmin/bioversity/publications/pdfs/104\\_Descriptors\\_for\\_maize.Descriptores\\_para\\_maiz.Descripteurs\\_pour\\_le\\_maiscache=1415188810.pdf](http://archivecpgar.cgiar.org/fileadmin/bioversity/publications/pdfs/104_Descriptors_for_maize.Descriptores_para_maiz.Descripteurs_pour_le_maiscache=1415188810.pdf)>. [en línea]. [Consulta: 31-05-2018].

**INSTITUTO CANARIO DE ESTADÍSTICA** (2018). <<http://www.gobiernodecanarias.org/istac/jaxiistac/menu.do?uripub=urn:uuid:ef5f2e5c-e2c4-4c1d-b5ed-c20fe946ce6f>>. [en línea]. [Consulta: 17-04-2018].

**JAY, J.M.** (1994). *Microbiología moderna de los alimentos* (4ª ed.). pp. 753-765. Zaragoza: Acribia, S.A.

**JUGENHEIMER, R.W.** (1981). *Maíz*. pp. 333. México: Limusa.

**LLANOS-COMPANY, M.** (1984). *El maíz: su cultivo y aprovechamiento*. pp. 15-254. Madrid: Mundi-Prensa.



- LÓPEZ-BELLIDO, L.** (1991). *Cultivos herbáceos*. Vol. I. pp: 312-340. Madrid: Mundi-Prensa.
- LÓPEZ-NARANJO, L.M.** (2013). *Principales micotoxinas asociadas al consumo de maíz y sus subproductos*. pp. 58. Trabajo de grado para optar al título de Especialista en alimentación y nutrición. Facultad de ingeniería de alimentos.
- MANGELSDORF, P.C.** (1974). *Corn, it's origin, evolution and improvement*. Cambridge, MA, USA, Belknap Press, Harvard University Press.
- MANGELSDORF, P.C., REEVES, R.G.** (1939). *The origin of indian Corn and it's relatives*. pp. 1-315. Texas Agric. Exp. Sta. Bull. 574.
- MARTÍNEZ-MURGUÍA, M.** (1907). *¿Cuándo se generalizó el cultivo del maíz en Galicia?*. BRAG. Vol. II.
- MILLÁN-MARTÍN, C.** (2010). *Caracterización Morfológica y Polinización de 50 Variedades Locales de Millo (Zea mays L.) de Canarias*. Trabajo Fin de Carrera. Ingeniero Agrónomo. Universidad Politécnica de Ingeniería de La Laguna.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE.** Anuario de Estadísticas Agrarias 2015/16. <<http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2016/default.aspx?parte=3&capitulo=13>>. [en línea]. [Consulta: 17-04-2018].
- MONTGOMERY, E.G.** (1913). *Correlations studies in corn*. Neb. Agric. Exp. Stn. Annu. Rep. 24: pp. 108-159.
- PÉREZ-GARCÍA, J.M.** (1981). *Aproximación al estudio de la penetración del maíz en Galicia*. En: La Historia Social de Galicia en sus fuentes de protocolos. Universidad de Santiago de Compostela.
- REYES-CASTAÑEDA, P.** (1990). *El maíz y su cultivo* (1ª Ed). pp. 9: 103-156. México: A.G.T. Editor.
- RODRÍGUEZ-ROSADO, G.** (2014). *Caracterización morfológica de millos locales de Canarias*. Trabajo Fin de Carrera. Ingeniero Agrónomo. Universidad Politécnica de Ingeniería de La Laguna.

**RUIZ DE GALARRETA, J.I.** (1998). *Agrupación de poblaciones locales de maíz (Zea mays L.) mediante la utilización de caracteres morfológicos y parámetros ambientales*. Tesis doctoral. Universidad de Lleida.

**RUIZ DE GALARRETA, J.I., PROHENS, J. Y TIERNO, R.** (2016). *Las variedades locales en la mejora genética de plantas* (1ª Ed). Donostia-San Sebastian: Gráficas Irudi.

**SABATÉ BEL, F., PERDOMO-MOLINA, A.C. Y AFONSO-ÁLVAREZ, V.** (2008). *Las fuentes orales en los estudios de agroecología*. El caso del agrosistema de Ycode (Tenerife). pp. 193. Centro de Conservación de la biodiversidad Agrícola de Tenerife. Cabildo Insular de Tenerife.

**STURTEVANT, E.L.** (1899). *Varieties of corn*. U.S. Dept. Agri. Exp. Sta. Bul. 57.

**SUÁREZ-MORENO, F.** (2013). *Artulugios y maquinarias para la molturación del milo en Gran Canaria*. pp. 43. Cabildo de Gran Canaria.

**VIERA Y CLAVIJO, J.** (2004). *Diccionario de Historia Natural de las Islas Canarias*. pp. 639. Tenerife: Nivaria.

**WALLACE, H.A.H., SINHA, R.N. Y MILLS, J.T.** (1976). *Fungi associated with small wheat bulks during prolonged storage in Manitoba*. Can. J. Bot. 54:1332-1343.

**WEATHERWAX, P.** (1954). *Indian corn in old American*. MacMillan, New York.

**WILKES, H.G.** (1985). *Teosinte: the closest relative of maize revisited*. Maydica: pp. 209-233.

## **9. ÁPENDICE**

---

# **FICHAS VARIETALES**







**NOMBRE:** La Orotava (CBT00475)

**ORIGEN:** CCBAT

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA PLANTA

Carácter	Valor medio
Floración masculina (dds)	72
Floración femenina (dds)	75
Vigor de la planta*	8
Aspecto de la planta	Bueno (5) y Regular-bueno (4)
Aspecto de la mazorca en la planta	Bueno (5) y Regular-bueno (4)
Número de mazorcas por planta	1,25
Altura de la planta (m)	2,58
Altura de inserción de la mazorca (m)	1,275

**dds:** días después de la siembra./\*Vigor de la planta valorada en escala de 2-8.

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA MAZORCA

Carácter	Valor medio
Longitud de la mazorca (m)	19,49
Diámetro inferior de la mazorca (mm)	55,045
Diámetro medio de la mazorca (mm)	51,35
Diámetro superior de la mazorca (mm)	45,95
Conicidad de la mazorca (%)	71,02
Número de filas de la mazorca	10,52
Número de granos por fila	32,96
Número de granos por mazorca	342,2
Peso de la mazorca (g)	194,71
Proporción de zuro (%)	18,47
Color del zuro	Blanco (1)
Mazorcas sanas (%)	40,21

#### CARACTERES DETERMINADOS DEL GRANO SECO

Carácter	Valor medio
Tipo de grano	Dentado (2)
Color del grano	Amarillo-naranja 19A (3)
Peso de 200 granos (g)	93,46





**NOMBRE:** Tacoronte (CBT02003)

**ORIGEN:** CCBAT

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA PLANTA

Carácter	Valor medio
Floración masculina (dds)	61,5
Floración femenina (dds)	64,5
Vigor de la planta*	7
Aspecto de la planta	Regular-bueno (4)
Aspecto de la mazorca en la planta	Bueno (5) y Regular-malo (2)
Número de mazorcas por planta	1,15
Altura de la planta (m)	2,29
Altura de inserción de la mazorca (m)	0,98

**dds:** días después de la siembra./\*Vigor de la planta valorada en escala de 2-8.

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA MAZORCA

Carácter	Valor medio
Longitud de la mazorca (m)	19,04
Diámetro inferior de la mazorca (mm)	49,73
Diámetro medio de la mazorca (mm)	47,84
Diámetro superior de la mazorca (mm)	42,4
Conicidad de la mazorca (%)	57,51
Número de filas de la mazorca	9,665
Número de granos por fila	29,465
Número de granos por mazorca	247,44
Peso de la mazorca (g)	142,42
Proporción de zuro (%)	19,42
Color del zuro	Blanco (1)
Mazorcas sanas (%)	30,71

#### CARACTERES DETERMINADOS DEL GRANO SECO

Carácter	Valor medio
Tipo de grano	Dentado (2)
Color del grano	Amarillo 13A (2)
Peso de 200 granos (g)	94,1





**NOMBRE:** La Oliva (CBT01361)

**ORIGEN:** CCBAT

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA PLANTA

Carácter	Valor medio
Floración masculina (dds)	59
Floración femenina (dds)	62
Vigor de la planta*	7,5
Aspecto de la planta	Bueno (5) y Regular (3)
Aspecto de la mazorca en la planta	Bueno (5)
Número de mazorcas por planta	1,06
Altura de la planta (m)	2,295
Altura de inserción de la mazorca (m)	1,025

**dds:** días después de la siembra./\*Vigor de la planta valorada en escala de 2-8.

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA MAZORCA

Carácter	Valor medio
Longitud de la mazorca (m)	16,915
Diámetro inferior de la mazorca (mm)	52,19
Diámetro medio de la mazorca (mm)	49,7
Diámetro superior de la mazorca (mm)	44,55
Conicidad de la mazorca (%)	68,08
Número de filas de la mazorca	8,815
Número de granos por fila	29,565
Número de granos por mazorca	228,8
Peso de la mazorca (g)	129,32
Proporción de zuro (%)	23,03
Color del zuro	Blanco (1)
Mazorcas sanas (%)	32,17

#### CARACTERES DETERMINADOS DEL GRANO SECO

Carácter	Valor medio
Tipo de grano	Redondo (4)
Color del grano	Amarillo-naranja 19A (3) y amarillo-naranja 23B (4)
Peso de 200 granos (g)	89,27





**NOMBRE:** Arucas (CBT01689)

**ORIGEN:** CCBAT

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA PLANTA

Carácter	Valor medio
Floración masculina (dds)	53
Floración femenina (dds)	56
Vigor de la planta*	6
Aspecto de la planta	Regular-bueno (4) y Regular (3)
Aspecto de la mazorca en la planta	Bueno (5)
Número de mazorcas por planta	1,10
Altura de la planta (m)	2,205
Altura de inserción de la mazorca (m)	0,88

**dds:** días después de la siembra./\*Vigor de la planta valorada en escala de 2-8.

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA MAZORCA

Carácter	Valor medio
Longitud de la mazorca (m)	16,07
Diámetro inferior de la mazorca (mm)	52,535
Diámetro medio de la mazorca (mm)	50,175
Diámetro superior de la mazorca (mm)	45,31
Conicidad de la mazorca (%)	67,61
Número de filas de la mazorca	11,665
Número de granos por fila	29,12
Número de granos por mazorca	340
Peso de la mazorca (g)	146,95
Proporción de zuro (%)	15,43
Color del zuro	Blanco (1)
Mazorcas sanas (%)	32,73

#### CARACTERES DETERMINADOS DEL GRANO SECO

Carácter	Valor medio
Tipo de grano	Redondo (4)
Color del grano	Naranja 24B (5)
Peso de 200 granos (g)	75,58







**NOMBRE:** Osoro

**ORIGEN:** NEIKER

#### **CARACTERES DETERMINADOS DE LA PLANTA**

<b>Carácter</b>	<b>Valor medio</b>
Floración masculina (dds)	58
Floración femenina (dds)	61
Vigor de la planta*	7,5
Aspecto de la planta	Regular-bueno (4)
Aspecto de la mazorca en la planta	Regular-bueno (4) y Regular (3)
Número de mazorcas por planta	1,20
Altura de la planta (m)	2,54
Altura de inserción de la mazorca (m)	1,015

**dds:** días después de la siembra./\*Vigor de la planta valorada en escala de 2-8.

#### **CARACTERES DETERMINADOS DE LA MAZORCA**

<b>Carácter</b>	<b>Valor medio</b>
Longitud de la mazorca (m)	19,975
Diámetro inferior de la mazorca (mm)	49,265
Diámetro medio de la mazorca (mm)	46,75
Diámetro superior de la mazorca (mm)	42,7
Conicidad de la mazorca (%)	49,47
Número de filas de la mazorca	12,445
Número de granos por fila	34,67
Número de granos por mazorca	441,4
Peso de la mazorca (g)	161,8
Proporción de zuro (%)	17,43
Color del zuro	Rojo (3)
Mazorcas sanas (%)	42,55

#### **CARACTERES DETERMINADOS DEL GRANO SECO**

<b>Carácter</b>	<b>Valor medio</b>
Tipo de grano	Dentado (2)
Color del grano	Amarillo-naranja 23B (4)
Peso de 200 granos (g)	60,55





**NOMBRE:** Elgorriaga

**ORIGEN:** NEIKER

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA PLANTA

Carácter	Valor medio
Floración masculina (dds)	47,5
Floración femenina (dds)	50,5
Vigor de la planta*	7
Aspecto de la planta	Regular-bueno (4) y Regular (3)
Aspecto de la mazorca en la planta	Regular-bueno (4) y Regular (3)
Número de mazorcas por planta	1,05
Altura de la planta (m)	2,175
Altura de inserción de la mazorca (m)	0,92

**dds:** días después de la siembra./\*Vigor de la planta valorada en escala de 2-8.

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA MAZORCA

Carácter	Valor medio
Longitud de la mazorca (m)	15,755
Diámetro inferior de la mazorca (mm)	51,49
Diámetro medio de la mazorca (mm)	49
Diámetro superior de la mazorca (mm)	44,22
Conicidad de la mazorca (%)	69,33
Número de filas de la mazorca	12
Número de granos por fila	26,595
Número de granos por mazorca	296,7
Peso de la mazorca (g)	128,9
Proporción de zuro (%)	18,23
Color del zuro	Blanco (1)
Mazorcas sanas (%)	19,78

#### CARACTERES DETERMINADOS DEL GRANO SECO

Carácter	Valor medio
Tipo de grano	Redondo (4)
Color del grano	Gris-naranja 168A (6)
Peso de 200 granos (g)	73,11





**NOMBRE:** Donosti

**ORIGEN:** NEIKER

#### **CARACTERES DETERMINADOS DE LA PLANTA**

<b>Carácter</b>	<b>Valor medio</b>
Floración masculina (dds)	51
Floración femenina (dds)	54
Vigor de la planta*	6,5
Aspecto de la planta	Regular (3)
Aspecto de la mazorca en la planta	Bueno (5) y Malo (1)
Número de mazorcas por planta	1,11
Altura de la planta (m)	2,045
Altura de inserción de la mazorca (m)	0,665

**dds:** días después de la siembra./\*Vigor de la planta valorada en escala de 2-8.

#### **CARACTERES DETERMINADOS DE LA MAZORCA**

<b>Carácter</b>	<b>Valor medio</b>
Longitud de la mazorca (m)	14,58
Diámetro inferior de la mazorca (mm)	46,19
Diámetro medio de la mazorca (mm)	43,4
Diámetro superior de la mazorca (mm)	39,36
Conicidad de la mazorca (%)	70,33
Número de filas de la mazorca	9,53
Número de granos por fila	25,41
Número de granos por mazorca	251
Peso de la mazorca (g)	111,77
Proporción de zuro (%)	22,33
Color del zuro	Blanco (1)
Mazorcas sanas (%)	21,10

#### **CARACTERES DETERMINADOS DEL GRANO SECO**

<b>Carácter</b>	<b>Valor medio</b>
Tipo de grano	Redondo (4)
Color del grano	Naranja 24B (5)
Peso de 200 granos (g)	71,14





**NOMBRE:** Navarte

**ORIGEN:** NEIKER

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA PLANTA

Carácter	Valor medio
Floración masculina (dds)	45
Floración femenina (dds)	48
Vigor de la planta*	7
Aspecto de la planta	Regular (3)
Aspecto de la mazorca en la planta	Regular (3) y Regular-malo (2)
Número de mazorcas por planta	1,02
Altura de la planta (m)	2,345
Altura de inserción de la mazorca (m)	0,78

**dds:** días después de la siembra./\*Vigor de la planta valorada en escala de 2-8.

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA MAZORCA

Carácter	Valor medio
Longitud de la mazorca (m)	12,655
Diámetro inferior de la mazorca (mm)	51,58
Diámetro medio de la mazorca (mm)	48,16
Diámetro superior de la mazorca (mm)	44,11
Conicidad de la mazorca (%)	88,40
Número de filas de la mazorca	12,5
Número de granos por fila	21,065
Número de granos por mazorca	202,25
Peso de la mazorca (g)	77
Proporción de zuro (%)	32,69
Color del zuro	Blanco (1)
Mazorcas sanas (%)	14,18

#### CARACTERES DETERMINADOS DEL GRANO SECO

Carácter	Valor medio
Tipo de grano	Redondo (4)
Color del grano	Amarilo-naranja 23B (4), naranja 24B (5) y gris-naranja 168A (6)
Peso de 200 granos (g)	57,09







**NOMBRE:** Rastrojero

**ORIGEN:** EEAD

#### **CARACTERES DETERMINADOS DE LA PLANTA**

<b>Carácter</b>	<b>Valor medio</b>
Floración masculina (dds)	49,5
Floración femenina (dds)	52,5
Vigor de la planta*	7,5
Aspecto de la planta	Bueno (5) y Regular-bueno (4)
Aspecto de la mazorca en la planta	Bueno (5)
Número de mazorcas por planta	1,28
Altura de la planta (m)	2,44
Altura de inserción de la mazorca (m)	1,085

**dds:** días después de la siembra./\*Vigor de la planta valorada en escala de 2-8.

#### **CARACTERES DETERMINADOS DE LA MAZORCA**

<b>Carácter</b>	<b>Valor medio</b>
Longitud de la mazorca (m)	15,61
Diámetro inferior de la mazorca (mm)	42,49
Diámetro medio de la mazorca (mm)	40,465
Diámetro superior de la mazorca (mm)	37,625
Conicidad de la mazorca (%)	46,78
Número de filas de la mazorca	8,915
Número de granos por fila	33,13
Número de granos por mazorca	312,1
Peso de la mazorca (g)	115,57
Proporción de zuro (%)	13,94
Color del zuro	Blanco (1)
Mazorcas sanas (%)	30,55

#### **CARACTERES DETERMINADOS DEL GRANO SECO**

<b>Carácter</b>	<b>Valor medio</b>
Tipo de grano	Dentado (2)
Color del grano	Amarilo-naranja 19A (3)
Peso de 200 granos (g)	64,39





**NOMBRE:** Tremesino

**ORIGEN:** EEAD

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA PLANTA

Carácter	Valor medio
Floración masculina (dds)	54
Floración femenina (dds)	57
Vigor de la planta*	4
Aspecto de la planta	Regular (3) y Malo (1)
Aspecto de la mazorca en la planta	Bueno (5), Regular-malo (2) y Malo (1)
Número de mazorcas por planta	1,58
Altura de la planta (m)	1,89
Altura de inserción de la mazorca (m)	0,735

**dds:** días después de la siembra./\*Vigor de la planta valorada en escala de 2-8.

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA MAZORCA

Carácter	Valor medio
Longitud de la mazorca (m)	16,765
Diámetro inferior de la mazorca (mm)	40,905
Diámetro medio de la mazorca (mm)	38,59
Diámetro superior de la mazorca (mm)	34,805
Conicidad de la mazorca (%)	54,40
Número de filas de la mazorca	9,215
Número de granos por fila	29,24
Número de granos por mazorca	274,55
Peso de la mazorca (g)	97,76
Proporción de zuro (%)	14,01
Color del zuro	Blanco (1)
Mazorcas sanas (%)	43,65

#### CARACTERES DETERMINADOS DEL GRANO SECO

Carácter	Valor medio
Tipo de grano	Dentado (2) y redondo (4)
Color del grano	Naranja 24B (5)
Peso de 200 granos (g)	61,98





**NOMBRE:** Hembrilla

**ORIGEN:** EEAD

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA PLANTA

Carácter	Valor medio
Floración masculina (dds)	49,5
Floración femenina (dds)	52,5
Vigor de la planta*	4,5
Aspecto de la planta	Regular-bueno (4) y Regular-malo (2)
Aspecto de la mazorca en la planta	Regular-bueno (4) y Regular-malo (2)
Número de mazorcas por planta	1,18
Altura de la planta (m)	1,945
Altura de inserción de la mazorca (m)	0,725

**dds:** días después de la siembra./\*Vigor de la planta valorada en escala de 2-8.

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA MAZORCA

Carácter	Valor medio
Longitud de la mazorca (m)	16,185
Diámetro inferior de la mazorca (mm)	44,895
Diámetro medio de la mazorca (mm)	42,71
Diámetro superior de la mazorca (mm)	38,295
Conicidad de la mazorca (%)	62,12
Número de filas de la mazorca	9,45
Número de granos por fila	30,27
Número de granos por mazorca	315,18
Peso de la mazorca (g)	122,56
Proporción de zuro (%)	14,77
Color del zuro	Blanco (1)
Mazorcas sanas (%)	30,15

#### CARACTERES DETERMINADOS DEL GRANO SECO

Carácter	Valor medio
Tipo de grano	Dentado (2)
Color del grano	Amarillo 13A (2)
Peso de 200 granos (g)	70,06





**NOMBRE:** Enano Levantino x Hembrilla

**ORIGEN:** EEAD

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA PLANTA

Carácter	Valor medio
Floración masculina (dds)	49,5
Floración femenina (dds)	52,5
Vigor de la planta*	6
Aspecto de la planta	Regular (3) y Regular-malo (2)
Aspecto de la mazorca en la planta	Regular-bueno (4) y Regular-malo (2)
Número de mazorcas por planta	1,82
Altura de la planta (m)	2,02
Altura de inserción de la mazorca (m)	0,87

**dds:** días después de la siembra./\*Vigor de la planta valorada en escala de 2-8.

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA MAZORCA

Carácter	Valor medio
Longitud de la mazorca (m)	15,175
Diámetro inferior de la mazorca (mm)	37,615
Diámetro medio de la mazorca (mm)	35,93
Diámetro superior de la mazorca (mm)	32,65
Conicidad de la mazorca (%)	49,14
Número de filas de la mazorca	8,445
Número de granos por fila	34,185
Número de granos por mazorca	304,65
Peso de la mazorca (g)	90,47
Proporción de zuro (%)	11,57
Color del zuro	Rosado (2)
Mazorcas sanas (%)	51,61

#### CARACTERES DETERMINADOS DEL GRANO SECO

Carácter	Valor medio
Tipo de grano	Dentado (2)
Color del grano	Amarillo-naranja 19A (3)
Peso de 200 granos (g)	52,36







**NOMBRE:** Ribadumia

**ORIGEN:** MBG

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA PLANTA

Carácter	Valor medio
Floración masculina (dds)	57,5
Floración femenina (dds)	60,5
Vigor de la planta*	5,5
Aspecto de la planta	Regular-malo (2)
Aspecto de la mazorca en la planta	Regular-malo (2)
Número de mazorcas por planta	1,09
Altura de la planta (m)	1,965
Altura de inserción de la mazorca (m)	0,7

**dds:** días después de la siembra./\*Vigor de la planta valorada en escala de 2-8.

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA MAZORCA

Carácter	Valor medio
Longitud de la mazorca (m)	15,75
Diámetro inferior de la mazorca (mm)	41,455
Diámetro medio de la mazorca (mm)	39,675
Diámetro superior de la mazorca (mm)	36,52
Conicidad de la mazorca (%)	42,00
Número de filas de la mazorca	10,79
Número de granos por fila	27,34
Número de granos por mazorca	325,8
Peso de la mazorca (g)	113,75
Proporción de zuro (%)	17,27
Color del zuro	Blanco (1)
Mazorcas sanas (%)	34,54

#### CARACTERES DETERMINADOS DEL GRANO SECO

Carácter	Valor medio
Tipo de grano	Dentado (2)
Color del grano	Amarillo 11C (1)
Peso de 200 granos (g)	58,64





**NOMBRE:** Rebordones

**ORIGEN:** MBG

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA PLANTA

Carácter	Valor medio
Floración masculina (dds)	64
Floración femenina (dds)	67
Vigor de la planta*	4,5
Aspecto de la planta	Regular (3) y Regular-malo (2)
Aspecto de la mazorca en la planta	Regular-bueno (4), Regular (3) y Regular-malo (2)
Número de mazorcas por planta	1,24
Altura de la planta (m)	2,03
Altura de inserción de la mazorca (m)	0,705

**dds:** días después de la siembra./\*Vigor de la planta valorada en escala de 2-8.

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA MAZORCA

Carácter	Valor medio
Longitud de la mazorca (m)	18,1
Diámetro inferior de la mazorca (mm)	41,895
Diámetro medio de la mazorca (mm)	39,4
Diámetro superior de la mazorca (mm)	35,715
Conicidad de la mazorca (%)	51,29
Número de filas de la mazorca	10,5
Número de granos por fila	27,605
Número de granos por mazorca	294,65
Peso de la mazorca (g)	116,06
Proporción de zuro (%)	18,24
Color del zuro	Blanco (1)
Mazorcas sanas (%)	27,50

#### CARACTERES DETERMINADOS DEL GRANO SECO

Carácter	Valor medio
Tipo de grano	Redondo (4)
Color del grano	Amarillo 11C (1)
Peso de 200 granos (g)	63,21





**NOMBRE:** Sarreaus

**ORIGEN:** MBG

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA PLANTA

Carácter	Valor medio
Floración masculina (dds)	59
Floración femenina (dds)	62
Vigor de la planta*	3,5
Aspecto de la planta	Regular-malo (2) y Malo (1)
Aspecto de la mazorca en la planta	Regular-malo (2) y Malo (1)
Número de mazorcas por planta	1,10
Altura de la planta (m)	1,695
Altura de inserción de la mazorca (m)	0,43

**dds:** días después de la siembra./\*Vigor de la planta valorada en escala de 2-8.

#### CARACTERES DETERMINADOS DE LA MAZORCA

Carácter	Valor medio
Longitud de la mazorca (m)	19,215
Diámetro inferior de la mazorca (mm)	45,815
Diámetro medio de la mazorca (mm)	44,55
Diámetro superior de la mazorca (mm)	41,935
Conicidad de la mazorca (%)	30,21
Número de filas de la mazorca	13,25
Número de granos por fila	29,53
Número de granos por mazorca	400,16
Peso de la mazorca (g)	137,86
Proporción de zuro (%)	17,40
Color del zuro	Blanco (1)
Mazorcas sanas (%)	43,06

#### CARACTERES DETERMINADOS DEL GRANO SECO

Carácter	Valor medio
Tipo de grano	Redondo (4)
Color del grano	Naranja 24B (5)
Peso de 200 granos (g)	56,94





**NOMBRE:** Tuy

**ORIGEN:** MBG

#### **CARACTERES DETERMINADOS DE LA PLANTA**

<b>Carácter</b>	<b>Valor medio</b>
Floración masculina (dds)	55
Floración femenina (dds)	58
Vigor de la planta*	4
Aspecto de la planta	Regular-malo (2)
Aspecto de la mazorca en la planta	Regular-malo (2) y Malo (1)
Número de mazorcas por planta	1,22
Altura de la planta (m)	2,035
Altura de inserción de la mazorca (m)	0,72

**dds:** días después de la siembra./\*Vigor de la planta valorada en escala de 2-8.

#### **CARACTERES DETERMINADOS DE LA MAZORCA**

<b>Carácter</b>	<b>Valor medio</b>
Longitud de la mazorca (m)	17,62
Diámetro inferior de la mazorca (mm)	41,495
Diámetro medio de la mazorca (mm)	39,58
Diámetro superior de la mazorca (mm)	37,105
Conicidad de la mazorca (%)	36,64
Número de filas de la mazorca	10,315
Número de granos por fila	27,875
Número de granos por mazorca	284,35
Peso de la mazorca (g)	103,97
Proporción de zuro (%)	18,02
Color del zuro	Blanco (1)
Mazorcas sanas (%)	46,08

#### **CARACTERES DETERMINADOS DEL GRANO SECO**

<b>Carácter</b>	<b>Valor medio</b>
Tipo de grano	Redondo (4)
Color del grano	Amarillo-naranja 23B (4)
Peso de 200 granos (g)	59,44







