

**VARIETADES LOCALES DE  
MAIZ DE GIPUZKOA  
Evaluación y clasificación**

ANGEL ALVAREZ RODRIGUEZ <sup>1</sup>  
JOSE IGNACIO RUIZ DE GALARRETA GOMEZ <sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Estación Experimental de Aula Dei (C.S.I.C.). Zaragoza

<sup>2</sup> Centro de Investigación y Mejora Agraria. Vitoria

EDITA:  
Diputación Foral de Gipuzkoa

IMPRIME:  
Gráficas DIET. Vitoria-Gasteiz

I.S.B.N.:  
84-7907-166-4

DEPOSITO LEGAL:  
VI-300/95

*En la mayoría de las especies vegetales cultivadas por el hombre, ha tenido lugar una importante erosión genética. El maíz no ha escapado a esta tendencia, habiendo sido sustituidas la mayor parte de las variedades autóctonas por híbridos, generalmente importados y de estrecha base genética, lo que implica un aumento de la vulnerabilidad del cultivo, por la mayor susceptibilidad a enfermedades y plagas. Una forma sencilla de incrementar la base genética de los cultivos es mediante la inclusión de dichas variedades autóctonas en programas de mejora.*

*El presente trabajo, desarrollado dentro del marco de una estrecha colaboración entre el Gobierno Vasco, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la Diputación Foral de Gipuzkoa, es un buen punto de referencia para conocer las variedades locales de maíz que aún existen en esta provincia.*

*Confío en que esta publicación contribuya al conocimiento del maíz como cultivo tradicional en nuestro territorio, y a valorar este material vegetal como un patrimonio cultural y científico que es preciso proteger y conservar.*

GREGORIO ALONSO VALLEJO  
Director del CIMA-SIMA

*Con la publicación de esta Monografía pretendemos contribuir al conocimiento general del maíz como especie cultivada, y particularmente de las variedades tradicionales de nuestros agricultores.*

*El estudio que hemos realizado durante varios años muestra la gran variabilidad genética existente en el conjunto de las variedades locales guipuzcoanas de maíz, y al propio tiempo señala la potencialidad agronómica y genética de algunas de estas variedades.*

*Queremos expresar nuestro reconocimiento a las instituciones -Departamento de Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco, Diputación Foral de Gipuzkoa, Estación Experimental de Aula Dei (CSIC)- que nos han proporcionado los medios necesarios para la ejecución del estudio.*

*También nuestro agradecimiento a los agricultores que han colaborado en los ensayos realizados en sus caseríos, con una mención especial al personal encargado de la Finca Zubieta de Hondarribia.*

*Enero de 1995*

*Los autores*

# INDICE

<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>9</b>
1.1. GENERALIDADES SOBRE EL MAIZ .....	9
1.2. TEORIAS SOBRE EL ORIGEN DEL MAIZ .....	11
1.3. DISTRIBUCION GEOGRAFICA .....	11
1.4. ASPECTOS HISTORICOS DEL MAIZ .....	13
1.5. EL MAIZ EN EUROPA .....	13
<b>2. EL CULTIVO DEL MAIZ EN ESPAÑA .....</b>	<b>16</b>
2.1. IMPORTANCIA ECONOMICA .....	16
2.2. CARACTERISTICAS DE LAS VARIEDADES LOCALES .....	18
2.3. POTENCIAL Y USO DE VARIEDADES ADAPTADAS .....	19
2.4. CLASIFICACIONES DE VARIEDADES LOCALES .....	19
<b>3. VARIEDADES LOCALES GUIPUZCOANAS .....</b>	<b>21</b>
3.1. EL MAIZ COMO CULTIVO TRADICIONAL .....	21
3.2. VARIABILIDAD GENETICA .....	24
3.3. RECOLECCION DE VARIEDADES LOCALES .....	25
3.4. CARACTERIZACION DESCRIPTIVA .....	27
3.4.1. Material vegetal y diseño experimental .....	27
3.4.2. Caracteres morfológicos evaluados .....	30
3.4.2.1. Caracteres de planta .....	30
3.4.2.2. Caracteres de mazorca .....	32
3.4.2.3. Caracteres de grano .....	33
3.4.2.4. Caracteres de ciclo .....	34
3.5. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACION .....	36
3.5.1. Caracteres de planta .....	36
3.5.2. Caracteres de mazorca .....	38
3.5.3. Caracteres de grano .....	39
3.5.4. Caracteres de ciclo .....	39

3.6. ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD .....	40
3.6.1. Análisis de varianza .....	40
3.6.2. Heredabilidad y constancia de los caracteres .....	41
3.7. CLASIFICACION TAXONOMICA DE LAS VARIEDADES .....	44
3.7.1. Elección de los caracteres clasificatorios .....	45
3.7.2. Análisis de grupos .....	46
3.8. EVALUACION AGRONOMICA. RED DE ENSAYOS .....	58
3.8.1. Zonas maiceras .....	58
3.8.2. Variedades ensayadas .....	61
3.8.3. Análisis individual de los ensayos .....	62
3.8.4. Análisis combinado de los ensayos .....	70
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>74</b>
<b>6. GLOSARIO.....</b>	<b>77</b>

## 1. INTRODUCCION

### 1.1. GENERALIDADES SOBRE EL MAIZ

El maíz (*Zea mays* L.), una de las especies vegetales de mayor cultivo en el mundo es, probablemente, el más importante legado de las culturas indígenas de América. Antaño fue base de la alimentación de los pueblos precolombinos y hoy es un componente fundamental en la alimentación humana y animal a nivel mundial.

El maíz es el tercer cereal en importancia, después del trigo y del arroz, en cuanto a superficie cultivada, unos 127 millones de hectáreas en 1993, y a cantidad de grano producida, unos 471 millones de toneladas (FAO, 1993). Sin embargo, el maíz se cultiva en un mayor número de ambientes que los otros cereales, debido a su mayor rango de adaptación, extendiéndose desde los 40° de latitud Sur, en Sudamérica y Africa, hasta los 58° de latitud Norte en Canadá. Asimismo, se cultiva desde las planicies próximas al mar Caspio, a 350 m bajo el nivel del mar, hasta casi 4000 m de altura en los altiplanos andinos de Perú. En cuanto a la climatología, el maíz se adapta de igual modo a las regiones semiáridas de Rusia, con una pluviometría anual próxima a los 250 mm, como a extensas zonas tropicales de Sudamérica con unos valores superiores a 2100 mm.

Aproximadamente el 67% del maíz producido se destina a alimentación animal, el 25% a consumo humano y un 8% se emplea en la industria y como semilla. El maíz tiene una considerable importancia como alimento humano en Norteamérica, Méjico, Centroamérica, Caribe, países andinos y en numerosos países africanos. En tiempos más recientes, la demanda del maíz como alimento para el ganado se ha incrementado con gran rapidez en los países del tercer mundo, en los medio industrializados y los exportadores de petróleo (CIMMYT, 1989).

Durante 1993 los principales países productores fueron Estados Unidos, con 161 millones de toneladas, China con 103 millones, y Brasil con casi 30 millones (Tabla 1). Los tres países conjuntamente produjeron alrededor del 63% de la producción mundial, aunque es de destacar que los Estados Unidos en solitario, representan aproximadamente el 46% del total, concentrando la mayor parte de su producción en cinco estados del denominado «Corn Belt» o cinturón maicero.

Tabla 1. Principales países productores de maíz a nivel mundial (FAO, 1993).

País	Superficie (x10 <sup>6</sup> Ha)	Rendimiento (Tm/Ha)	Producción (x10 <sup>6</sup> Tm)
EE.UU	27,5	6,3	161,1
China	20,6	5,0	103,4
Brasil	11,8	2,5	30,0
Méjico	7,8	2,4	18,6
India	5,9	1,6	9,7
MUNDO	127,4	3,7	470,6

En Europa los principales países productores son los del Este, con Rumanía a la cabeza, seguida de la antigua URSS y Yugoslavia, con grandes superficies de cultivo, pero con inferiores rendimientos, respecto al resto de países europeos con cultivos más tecnificados como Francia, Italia o España (Tabla 2).

Tabla 2. Principales países productores de maíz en Europa (FAO, 1993).

País	Superficie (x10 <sup>6</sup> Ha)	Rendimiento (Tm/Ha)	Producción (x10 <sup>6</sup> Tm)
Rumanía	3,1	2,6	8,0
U.R.S.S.	3,0	2,4	7,4
Yugoslavia	1,5	2,8	4,2
Francia	1,8	7,9	15,0
Hungría	1,3	3,5	4,5
Italia	0,9	8,3	7,7
España	0,4	6,7	3,2
EUROPA	11,4	4,7	53,4

## 1.2. TEORIAS SOBRE EL ORIGEN DEL MAIZ

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

Sin embargo, el foco de debate cambió con el descubrimiento del teosinte y algunos híbridos intraespecíficos entre éste y el maíz. De esta forma, muchos autores incorporaron el teosinte a sus teorías sobre el origen del maíz cultivado (Montgomery, 1913; Collins, 1921). Beadle (1939) refuerza la hipótesis de los primeros botánicos, ampliando la información y considerando al teosinte como el antecesor directo del maíz. Otros autores como Weatherwax (1935) formulan teorías alternativas con diferentes puntos de vista, excluyendo al teosinte como predecesor, y derivando a ambos y al género *Tripsacum*, de un maíz silvestre ya extinguido procedente de las tierras altas de Méjico o Guatemala. Mangelsdorf y Reeves (1939) fueron los primeros impulsores de esta teoría, argumentando que existía una gran diferencia morfológica entre las mazorcas del teosinte y del maíz, no siendo posible esta evolución en el período tan corto de domesticación de la especie. Ambas teorías, hipótesis del teosinte e hipótesis del maíz silvestre como ancestros del actualmente maíz cultivado, han tenido defensores en los últimos 50 años, existiendo una gran diversidad de opiniones al respecto. La controversia está basada fundamentalmente en las diferencias morfológicas existentes entre el teosinte y el maíz. No obstante, las evidencias moleculares refuerzan la teoría de la evolución del maíz a partir de una forma domesticada de teosinte, y sugieren como ancestro a la especie *Z. mays ssp. parviglumis*, situándola en el Valle del río Balsas al Sur de Méjico.

## 1.3. DISTRIBUCION GEOGRAFICA

Diversos estudios arqueológicos sobre el maíz sitúan su origen en los alrededores de Tehuacán (Méjico), unos 5000 años a.C. Este hecho junto con la proximidad de teosintes silvestres, avalan a Méjico como el posible área geográfica en la que tuvo lugar la domesticación del maíz (McNeish, 1985).

Otros restos encontrados en el valle Mautaro situado en las tierras altas de Perú, entre 3000 y 4000 m y datados entre los 1500 y 450 años a.C., ponen en evidencia un posible segundo centro de diversificación del cultivo (Johannessen y Hastorf (1989).

La expansión del maíz probablemente no se produjo hasta el primer milenio a.C., cuando aparecen formas más vigorosas, quizás procedentes de hibridaciones con formas teosintoides. Los nuevos cultivares irían poco a poco desplazando al hasta entonces mayoritario maíz cultivado (Francis, 1990).

Johannessen y Parker (1989) apuntan la posibilidad de que el maíz cruzara el Atlántico, antes de que lo hiciera Colón a finales del siglo XV. Estos autores se basan en el descubrimiento de unas figuras de mazorcas esculpidas en la roca y halladas en el templo Hoysala, al Sur de la India. Dichos restos están datados entre los siglos XII y XIII y de ser confirmados estos hallazgos, habría que aceptar la presencia del maíz en el Viejo Mundo en tiempos precolombinos y por tanto reconsiderar de nuevo la historia del maíz en este continente.

El desarrollo de los centros de variabilidad es paralelo, en muchos sentidos, con el desarrollo de las civilizaciones indias en América y el inicio de la agricultura intensiva. Los maíces mejicanos y los de tipo dentado de América Central parecen estar asociados con la civilización maya, mientras que los maíces cónicos de las zonas más altas de Méjico, se los relaciona con los aztecas y sus predecesores. La gran variabilidad del maíz en los Andes aparece con la agricultura extensiva desarrollada por los incas. A las mazorcas de formas cilíndricas de Guatemala y los maíces de grano liso de la zona norte de los Andes, se las relaciona con la cultura chibcha (Goodman, 1976).

Cuando Colón llegó a la isla de Cuba en 1492, el cultivo del maíz se extendía desde Canadá hasta Chile, ocupando un gran arco geográfico, entre el nivel del mar y los 4000 m de altura de las laderas andinas. Esta diversificación del maíz parece ser que se alcanza como consecuencia de la selección natural y humana durante centenares de años, resultando un gran número de cultivares adaptados a diferentes ambientes y usos. La reproducción alógama del maíz, el acúmulo de numerosas mutaciones y las hibridaciones entre materiales de distinta procedencia, habrían contribuido notablemente al aumento de la variabilidad genética dentro de la especie.

#### 1.4. ASPECTOS HISTORICOS DEL MAIZ

Algunas fechas significativas en la historia del maíz son las siguientes:

- 80000 años a.C.: Existencia de pólen fósil de un maíz silvestre en Méjico, posiblemente una forma intermedia con teosinte.
- 8000 a 6000 a.C.: Vestigios más antiguos de teosinte (Galinat, 1979).
- 8000 años a.C.: Comienza la domesticación del teosinte cultivado, según Beadle (1939).
- 5000 años a.C.: Restos más antiguos de maíz en Tehuacán (Mejico).
- 3000 años a.C.: El maíz está presente en todo el continente americano, alcanzando un pleno desarrollo de su cultivo.
- 1500 a 1000 a.C.: El maíz juega un papel económico y cultural primordial en numerosas civilizaciones americanas.
- 1493: El maíz llega a Europa, tras el primer viaje de Colón.
- 1494: El primer cultivo europeo de maíz se desarrolla en los alrededores de Sevilla (Brandolini, 1970).
- 1536: El botánico francés Jean Ruel describe por primera vez la planta de maíz.
- 1785: Parmentier escribe el primer tratado botánico dedicado enteramente al maíz.
- 1878: Beal realiza los primeros ensayos de hibridación con poblaciones de maíz.
- 1908: Shull describe el método de obtención de líneas puras y de sus cruzamientos para obtener híbridos simples.
- 1917: Jones describe la obtención de híbridos dobles, comenzando la era de las variedades híbridas comerciales.
- 1930: Primer congreso internacional del maíz en Pau (Francia).
- 1933: Expansión de los primeros híbridos comerciales en Estados Unidos.
- 1947: Llegada a Europa de los primeros híbridos americanos.

#### 1.5. EL MAIZ EN EUROPA.

Diversos autores han descrito la distribución del maíz en Europa, y principalmente en las regiones mediterráneas y del sureste europeo, a partir de su introducción a finales del siglo XV.

Brown (1960) sugiere que los maíces procedentes de Centroamérica y el Caribe, como las razas Liso Costero Tropical y Caribeño Precoz, pueden haber sido el germoplasma original introducido en Europa después de los viajes de Colón y de los primeros colonizadores españoles. Sin embargo Leng et al. (1962) sostienen que los tipos de maíz utilizados corrientemente en el sureste europeo guardan poca relación con esas dos razas.

El maíz inicialmente introducido estaba poco adaptado a las condiciones ambientales europeas, pero a medida que los exploradores españoles o sajones recolectaban diferentes germoplasmas en distintas áreas americanas, fueron llegando de forma continua a Europa, donde tras varios siglos de selección natural e inducida desarrollaron variedades que se fueron adaptando al amplio espectro de condiciones ambientales, desde las condiciones áridas de la región mediterránea a las condiciones más frías del Norte de Europa. Debido a la necesidad de soportar el transporte por mar, parece ser que las variedades lisas jugaron un papel primordial en el germoplasma precoz europeo, esencialmente en las regiones mediterráneas (Brown, 1960).

Las razas Northern Flint y Southern Dent fueron introducidas en el Norte y Centro de Europa como consecuencia de las exploraciones francesas e inglesas en Norteamérica y Canadá, durante los siglos XVII y XVIII.

Hacia finales del pasado siglo, la raza Corn Belt Dent se introdujo en el continente y se convirtió en una parte importante del germoplasma del centro de Europa. Además, las diferentes etapas de introducción de nuevas variedades y su hibridación con otras ya existentes, dieron lugar a una compleja formación de fondos genéticos adaptados a amplias condiciones ambientales.

Las clasificaciones preliminares del germoplasma europeo fueron realizadas de forma exhaustiva por Leng et al. (1962), para los maíces de las zonas del sureste europeo y por Brandolini (1970) para los del resto del continente.

Basándose en un estudio preliminar, Leng et al. (1962) mantienen que existen al menos 11 grandes razas o grupos raciales que ocupan el sureste de Europa y sostienen la idoneidad de estos germoplasmas para objetivos de mejora genética en zonas templadas y de días largos.

De forma análoga, en un estudio posterior Brandolini (1970) llegaba a las mismas conclusiones en cuanto a la idoneidad de estos materiales, después de caracterizar 38 razas y subrazas pertenecientes a la cuenca mediterránea. Otros autores como Pavlicic y Trifunovic (1967), Brandolini

y Mariani (1968), Costa-Rodrigues (1969), Radovic y Vidakovic (1979) han clasificado germoplasmas de maíz de países mediterráneos como Rumanía, Italia, Yugoslavia y Portugal.



## 2. EL CULTIVO DEL MAIZ EN ESPAÑA

El maíz fue introducido en España por Colón en 1493, después de su primer viaje a Centroamérica, habiendo constancia de su cultivo en los alrededores de Sevilla en 1494 (Brandolini, 1970). Estas primeras introducciones no estaban adaptadas a nuestras condiciones ambientales, debido a su origen caribeño, lo que planteó problemas de cultivo por su ciclo y fotoperiodo. Durante el siglo siguiente se fueron produciendo de forma esporádica nuevas entradas de germoplasma centroamericano y mejicano, los cuales tuvieron igualmente dificultades de adaptación.

La introducción masiva del maíz ya se había producido hacia 1634, probablemente a partir de Galicia y Asturias y poco tiempo después se implantó en todo el Norte de España, principalmente con variedades caribeñas y sudamericanas (Martínez-Murguía, 1907; Pérez- García, 1981). A partir de entonces se inició una expansión por todo el territorio y las sucesivas accesiones continuas e independientes de materiales diversos, propiciaron que los procesos evolutivos de adaptación tuvieran como control la selección natural, que actuaba además sobre la variabilidad creada por los fenómenos migratorios de intercambio y recombinación. Esa selección favorecía a los individuos portadores de genotipos mejor adaptados. La selección humana completaba el proceso de evolución, cuyo resultado fue un aumento constante de la diversidad genética dentro de la especie.

Cada nueva introducción proveniente de las diversas áreas americanas sufría un proceso de adaptación y se mantenía después en condiciones de relativo aislamiento. De esta forma se establecieron y adaptaron un gran número de variedades locales, desde las zonas más áridas de la región mediterránea, a las más frías y húmedas del Norte, sobre todo a lo largo de toda la Cornisa Cantábrica, donde aún se vienen cultivando de forma tradicional, aunque algunas de ellas posiblemente se hayan originado por hibridación entre variedades ya existentes.

### 2.1. IMPORTANCIA ECONOMICA

En España la superficie cultivada con cereales fue de unos 7 millones de hectáreas en 1992, ocupando el maíz grano el tercer lugar en importancia después de la cebada y el trigo, con una superficie cultivada de unas 390 mil hectáreas y una producción en torno a las 2,7 millones de toneladas (Tabla 3).

A lo largo del presente siglo este cultivo ha tenido una cierta estabilidad en cuanto a superficie, oscilando entre las 400 mil y 550 mil ha (MAPA, 1992).

Tabla 3. Superficie y producción de cereales en España (MAPA, 1992).

Cereal	Superficie (x10 <sup>3</sup> Ha)	Producción (x10 <sup>3</sup> Tm)
Cebada	4112	6105
Trigo	2243	4357
Maíz grano	392	2757
Avena	314	313
Centeno	179	222
Maíz forraje	119	4744

El maíz forrajero ocupó en el mismo año unas 119 mil hectáreas, con una producción en verde de unos 4,7 millones de toneladas. En la evolución de la superficie dedicada a este cultivo se ha producido un incremento continuo desde 1945 hasta 1975, en que se ha estabilizado en algo más de 100 mil hectáreas (MAPA, 1992).

Desde la introducción y expansión del maíz en España, durante el siglo XVI, hasta mediados de los años 50 del presente, se han venido cultivando en toda España variedades adaptadas a nuestras condiciones ambientales. Sin embargo hacia 1955 se introdujeron y expansionaron los híbridos comerciales, de origen norteamericano, en las zonas de regadío españolas, reduciéndose de forma continua la superficie sembrada con las antiguas variedades locales, en general muy adaptadas pero poco productivas. Sin embargo, en 1991 aún se cultivaron en España más de 74 mil hectáreas con dichas variedades locales de polinización libre, de un total de 485 mil hectáreas sembradas para producción de maíz grano (Tabla 4).

## 2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES LOCALES

En general las variedades locales del Norte de España poseen un tipo de grano liso, acorde con su procedencia sudamericana y caribeña, correspondiendo a ciclos precoces o muy precoces por adaptación a su cultivo en zonas montañosas, aunque ciertas variedades guipuzcoanas de la costa suelen ser algo más tardías. Algunas que poseen tipo de grano semidentado, pueden tener una procedencia norteamericana más reciente, de finales del siglo pasado, a partir de diversas introducciones de razas dentadas del Corn Belt y su posterior adaptación e hibridación con variedades lisas.

Tabla 4. Cultivo de variedades locales de maíz grano (MAPA, 1992).

Comunidad Autónoma	Superficie (Ha)	Producción (x10 <sup>3</sup> Tm)
Galicia	57457	133,8
País Vasco	870	2,1
Asturias	799	2,1
Cantabria	402	0,7
ESPAÑA	59958	141,3

Los genotipos precoces suelen ser de talla y mazorca pequeña, y las más tardías se asocian, generalmente, con un mayor porte de planta. Existen una serie de características que definen a las variedades locales:

- Mayor adaptación a las condiciones adversas, como primaveras lluviosas y frescas.
- Mayor tolerancia o resistencia a enfermedades fúngicas y a plagas de insectos.
- Mayor vigor de crecimiento (early vigor) en los primeros estadios de desarrollo vegetativo.
- En general compiten mejor con las malas hierbas, en las primeras fases de crecimiento.

Sin embargo en estos materiales que no han sido mejorados, se manifiestan multitud de genes defectivos y deletéreos, aunque éste es un problema fácilmente resoluble mediante diferentes ciclos de selección en programas de mejora genética.

## 2.3. POTENCIAL Y USO DE VARIEDADES ADAPTADAS

Las variedades tradicionales de maíz son capaces de soportar condiciones ambientales que dañarían seriamente a muchos híbridos comerciales, lo que les confiere una mayor estabilidad productiva. Su valor radica fundamentalmente no sólo en genes para caracteres tales como resistencia a enfermedades y plagas, calidad nutritiva y adaptación a condiciones ambientales adversas, sino también por su uso potencial de aquellos caracteres que, aunque no sean reconocidos actualmente, pueden ser un día considerados como indispensables.

A la conocida variación intervarietal se añade la gran diversidad genética intravarietal, que es la causa de la conocida heterogeneidad morfológica de las variedades locales. Estas han sido las principales fuentes de germoplasma que han servido para la obtención de líneas puras de maíz. Algunas de estas líneas son de gran calidad y se usan extensamente en la producción de híbridos comerciales (Darrah y Zuber, 1986).

La utilidad de las variedades locales adaptadas es muy variable, lo que determina que el mejorador de maíz necesite elegir bien el material genético de partida y el método de selección aplicable a dicho material. El primer paso consiste en su caracterización y posterior evaluación agronómica. A continuación, y para las variedades más prometedoras, se pueden efectuar varios ciclos de selección dentro de la población (selección intrapoblacional), antes de incorporarlas a un programa de mejora, ya que con ello se consigue eliminar los defectos básicos, como poca resistencia al encamado, abundante heterogeneidad de plantas o delimitar el ciclo vegetativo de maduración (Hallauer y Miranda, 1988).

## 2.4. CLASIFICACIONES DE VARIEDADES LOCALES

La clasificación taxonómica de las plantas cultivadas no ha progresado tan rápidamente como la de las especies espontáneas, siendo la razón principal la diferencia que hay en el tipo de variación existente en las dos categorías de plantas. En el maíz, como especie alógama, el problema es importante, por producirse constantemente cruzamientos intervarietales. La mayoría de las variedades locales de maíz son simplemente poblaciones genéticas con mayor o menor grado de heterocigosis en numerosos loci y ofrecen bastantes dificultades para su agrupación, la cual se basa en un análisis de su contenido genético.

La clasificación de las variedades locales en grupos, con afinidades en determinados caracteres distintivos, es de gran utilidad no sólo con fines de catalogación, sino también para demostrar las relaciones entre las mismas e indicar sus orígenes, indispensable en cualquier programa de mejora genética. La formación de grupos permite también la conservación de genotipos de maíz, con mucho menor coste que si se realizara con cada una de las variedades locales individualizadas.

En la década de los años 50 y al igual que en otros países europeos, en España se iniciaron acciones encaminadas a la recuperación del patrimonio genético vegetal de maíz, en consonancia con los planes cooperativos de la FAO. De este modo se realizó una amplia recolección de variedades locales por toda la península y en 1962 Sánchez-Monge describe 17 razas de maíz grano, 3 de maíces palomeros e identifica 32 formas intermedias, originadas posiblemente por hibridación entre las razas principales. Posteriormente, se han sucedido una serie de trabajos de clasificación de variedades locales basados en caracteres morfológicos, isoenzimáticos o parámetros ambientales.

Ron (1987) utiliza métodos de taxonomía numérica con 73 poblaciones de Galicia y describe cinco grupos fundamentales, algunos de los cuales coinciden con los descritos por Sánchez-Monge. Alvarez (1988) utiliza dieciocho caracteres morfológicos y describe 229 poblaciones de toda la Cornisa Cantábrica, obteniendo 15 grupos taxonómicos. Malvar y Ordás (1989) estudian diferentes componentes genéticos en poblaciones gallegas. Llauradó (1990) utiliza métodos isoenzimáticos para reconocer diferentes grupos de ecotipos gallegos.

Ruiz de Galarreta (1993) clasifica 100 variedades locales de maíz de Gipuzkoa, a partir de caracteres morfológicos y parámetros ambientales, que caracterizan los lugares de recolección de las poblaciones.

Ordás et al. (1994) describen las relaciones existentes entre poblaciones norteamericanas y 142 españolas, en su mayor parte gallegas.

### 3. VARIEDADES LOCALES GUIPUZCOANAS

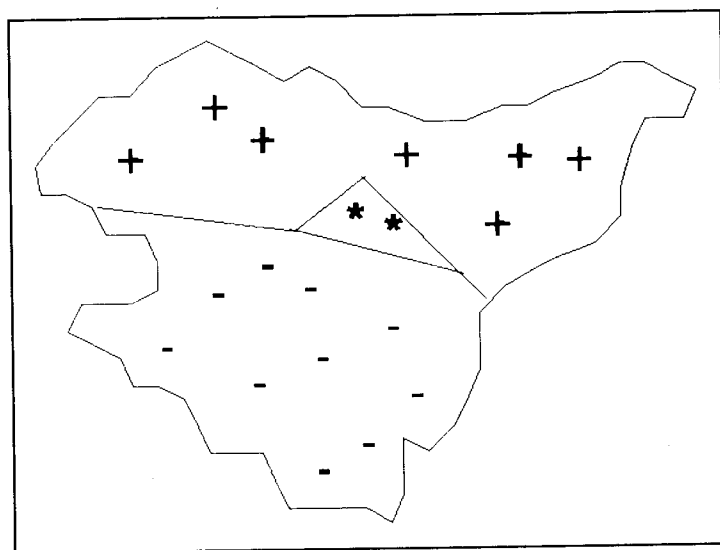
#### 3.1. EL MAIZ COMO CULTIVO TRADICIONAL

Hacia mediados del siglo XVII el maíz ya se había implantado en la provincia de Gipuzkoa, extendiéndose a costa de otros cereales. Los diversos autores que han tratado el tema aunque no se ponen de acuerdo, en general sitúan su penetración en la anterior centuria. Se asegura que en 1520 el maíz se había extendido por España como planta ornamental, cultivada sólo en los jardines. Laguna en 1544 lo describe así: «..hállase a cada paso una suerte de mijo llamado turquesco que produce unas cañas muy grandes, y en ellas ciertas mazorcas llenas de muchos granos, de las cuales molidas, hace pan la ínfima gente, y éste es el maíz de las Indias». Goyhenecha cita la llegada a Vascongadas hacia 1523, al igual que Echegaray, y Lefebre señala su cultivo en Bayona ya en 1570. Parece evidente que fue en el siglo XVII cuando este cereal se extendió y empezó a tener una cierta importancia, aunque ya se conociera anteriormente. En un principio el maíz se utilizó como pienso para el ganado y con bastante rapidez como alimento humano. La generalización y casi exclusivo uso de la «borona» (harina de maíz) como dieta de la gente pobre fue muy temprana. A ello se debe la aparición de una enfermedad carencial desconocida hasta entonces, de curso muy grave y serio pronóstico, que Gaspar de Casal en 1725 la interpretó como una lepra atípica, llamada lepra escorbútica y que ya existía en Asturias aproximadamente desde 1630.

La extensión del maíz por Gipuzkoa supuso un cambio en la estructura agrícola, acabando por desplazar al mijo, cereal cuya siembra coincidía con la del maíz, aunque la expansión de éste fue fundamentalmente a costa de la cebada, avena y de los prados que ocupaban el fondo de los valles, excesivamente húmedos para los demás cereales que se cultivaban en las partes más elevadas y en las colinas. Al retroceder los pastos, el ganado mayor fue disminuyendo, incrementándose cada vez más la cría del ganado menor. En las partes altas de los municipios se plantaron bosques de pino marítimo, apareciendo el maíz como cultivo alimenticio casi exclusivo en el sector Norte y Oeste de la provincia.

Todo parece indicar que el retorno a las actividades primarias por una parte de la población -comerciantes y artesanos- fue soportada por la agricultura sin provocar un desfase entre la demanda y la oferta de tierras. gracias al «mijo de las Indias». Desde la recogida del trigo en agosto a la siembra del maíz en febrero-marzo, la tierra podía descansar, o bien ser sembrada de nabos, según la disponibilidad de abono, dado que se trataba de un cultivo de ciclo corto. Este giro en la agricultura palió de algún modo la crisis existente en el sector secundario y terciario. De esta forma y durante los primeros años del siglo XVIII la población de la costa se inclinó más al cultivo y la labranza de la tierra que a la marinería.

La Figura 1 refleja esquemáticamente los primeros datos de producción de maíz en la provincia de Gipuzkoa, durante la segunda mitad del siglo XVIII.



- + cosecha de maíz equivalente o superior a la de trigo
- \* cosecha de maíz superior a la de trigo (>50%)
- cosecha de maíz inferior a la de trigo (<50%)

Figura 1. Producción de maíz en el País Vasco (1771-1775).

En este ámbito, la unidad de explotación era ya el caserío; casas macizas, con paredes de cal y canto, almacén de madera y tejas de color rojo. Según la Sociedad Bascongada de Amigos del País, en 1766 un caserío medio de Gipuzkoa tenía entre 4 y 5 hectáreas y obtenía una cosecha de 32 fanegas de trigo y 48 de maíz.

Actualmente, las características del cultivo de maíz en la Comunidad Autónoma Vasca (CAV) no difieren sustancialmente de lo que ha sido el cultivo tradicional desde su introducción. Así, forma parte de la mayoría de las rotaciones y suele relacionarse con alubias, ray-grass o patatas, en muchas ocasiones en cultivo asociado. La integración del maíz permite intensificar la producción forrajera. La ventaja de éste sobre los pastos consiste en la posibilidad de intensificar la producción por unidad de superficie y obtener dos cultivos por año, maíz en primavera-verano y otro durante el otoño-invierno.

No obstante, los rendimientos en grano obtenidos son bajos en comparación con los de otras regiones maiceras, aunque existen varias causas que lo justifican. En primer lugar hay que considerar el ciclo vegetativo corto de las variedades empleadas, y las condiciones de cultivo, que son generalmente de secano, además de las peculiaridades de la tenencia de la tierra en la CAV (reducido tamaño de los caserios). Asimismo, las temperaturas medias y los aportes de fertilizantes son menores que en otras zonas al igual que la superficie regada, del orden del 15% en el conjunto de las explotaciones existentes.

Uno de los factores que tienen una mayor influencia en esos bajos rendimientos es el uso de variedades locales que son ecotipos poco productivos, pero muy bien adaptados y con una gran tradición de cultivo.

Aproximadamente un 60% de la superficie se cultivó con variedades locales en 1991 y cabe señalar como específico del cultivo en Gipuzkoa que la orientación geográfica de los valles posibilita el cultivo de variedades no tan precoces como en otras zonas de la Cornisa Cantábrica. En la CAV en 1992 se cultivaron unas 1550 hectáreas, de las cuales 950 ha (61%) lo fueron en Gipuzkoa (Tabla 5).

El maíz forrajero tiene una importancia similar a la del maíz para grano, en cuanto a la superficie cultivada, y se destina fundamentalmente a la alimentación de ganado vacuno. En ese mismo año se cultivaron en el conjunto de la CAV, alrededor de 1750 hectáreas, con una producción de unas 68 mil toneladas de forraje. Cabe señalar que las producciones de maíz forrajero son muy buenas, en comparación a la media nacional, por lo que se deduce una buena adaptación de este cultivo.

Tabla 5. Superficie y producción de maíz en la Comunidad Autónoma Vasca (MAPA, 1992).

Provincia	MAIZ GRANO		MAIZ FORRAJERO	
	Superficie (Ha)	Producción (Tm)	Superficie (Ha)	Producción (Tm)
Gipuzkoa	950	2700	450	17800
Bizkaia	400	1200	800	32000
Araba	200	600	500	17500
CAV	1550	4500	1750	67300

### 3.2. VARIABILIDAD GENETICA

Las variedades locales de maíz han evolucionado durante largos períodos de tiempo sometidas a selección natural, bajo medios ambientales y culturales diversos. En general, su evolución se ha producido bajo unas condiciones de reducido número de prácticas culturales, fertilización y protección sanitaria, lo que les ha conferido una gran estabilidad productiva. A la variación intervarietal, se añade la gran diversidad genética intravarietal que es la causa de la conocida heterogeneidad morfológica de las variedades locales. La utilización directa de las variedades locales queda actualmente restringida a zonas con una agricultura de pequeñas extensiones, como es el caso de la provincia de Gipuzkoa y a otras zonas en las cuales no se han adaptado totalmente las nuevas variedades comerciales, obtenidas mediante mejora genética. Obviamente, una variedad altamente productiva y de buenas características agronómicas puede eliminar rápidamente a sus predecesoras, ésto es lo que hace tan urgente la recolección de este material, que de otro modo desaparecería. El valor potencial de las variedades locales tradicionales queda demostrado, incluso para alto rendimiento, ya que los cultivares comerciales muy productivos han surgido de aquéllas mediante programas de mejora genética.

Durante los siglos XVIII y XIX la selección humana, basada principalmente en el fenotipo de planta y mazorca, ha dado lugar a un gran número de cultivares adaptados a áreas específicas.

La geografía accidentada, el sistema agrícola minifundista de Gipuzkoa y el aislamiento natural de los caseríos, junto con la reproducción alógama del maíz, han contribuido a la diferenciación local de un gran número de cultivares.

En algunas zonas las variedades locales tradicionales han sido sustituidas por variedades comerciales procedentes del Corn Belt. No obstante, la adaptación de estos híbridos no es excesivamente buena en todas las zonas, debido a que nuestras condiciones ambientales y las americanas difieren notablemente. Los cruzamientos derivados de las variedades locales de estas áreas con variedades dentadas americanas, parecen ser unos buenos patrones heteróticos (Ordás, 1991) para la obtención de híbridos adaptados a nuestras condiciones agroecológicas.

Por todo ello, es muy importante continuar con la recolección, evaluación y conservación de las variedades locales que se cultivan en Gipuzkoa y en otras determinadas zonas del Norte de la península.

La preocupación por ampliar la base genética del maíz y de otras especies es hoy latente, por lo que se continúa caracterizando variedades y cultivares primitivos, conservados en los bancos de germoplasma de un gran número de centros de investigación y mejora genética distribuidos por todo el mundo.

### 3.3. RECOLECCION DE VARIEDADES LOCALES

En 1984 los servicios técnicos del Departamento de Agricultura de la Diputación Foral de Gipuzkoa, iniciaron una recolección de variedades locales de maíz cultivadas a lo largo de toda la provincia (Alvarez y Ruiz de Galarreta, 1990). Se muestrearon prácticamente la totalidad de los caseríos (unos 3300) en los que se sembraba esta especie. El objetivo del trabajo era hacer frente a la pérdida de recursos fitogenéticos autóctonos, recuperar las variedades que se han cultivado tradicionalmente en los caseríos y conservar así el potencial genético existente dentro de las mismas.

El procedimiento de recolección se basaba en la elección de diferentes muestras representativas de cada cultivar, en las que se pretendía que su variabilidad genética estuviese bien recogida. Las mazorcas se elegían aleatoriamente dentro de cada población, identificando la muestra con un número de entrada correlativo así como con las características del lugar de recolección (datos de pasaporte). Posteriormente se procedía al desgrane y se aplicaban los tratamientos fitosanitarios pertinentes para la conser-

vación de las semillas. Estas se guardan en tarros de cristal herméticamente cerrados, a una temperatura aproximada de 4°C y con una humedad relativa próxima al 60%, en la Finca Zubieta de Hondarribia, perteneciente a la Diputación Foral de Gipuzkoa.

Tras un estudio geográfico previo de identificación y clasificación sobre mapas y según el origen del conjunto de las variedades, se eligieron 244 muestras que se consideran representativas de las diferentes zonas maiceras guipuzcoanas. La Tabla 6 muestra el conjunto de localidades muestreadas.

Durante 1989 se llevó a cabo, en la Estación Experimental de Aula Dei (C.S.I.C.) en Zaragoza, una multiplicación y caracterización fenotípica preliminar del conjunto de las 244 variedades. La multiplicación fue de tipo conservativo, sin ningún criterio de selección y realizada mediante polinizaciones manuales controladas. En cada variedad se utilizaron al menos 120 plantas, cada una como polinizador o como hembra de forma excluyente, con lo que se pretendía recoger la máxima variabilidad genética contenida en cada variedad y que el aumento de la consanguinidad fuera mínimo.

El ensayo de evaluación preliminar basado en una caracterización morfológica y de ciclo y teniendo en cuenta, además, el origen geográfico de las variedades, permitió la eliminación de duplicidades fenotípicas y centrar el estudio en un total de 100 variedades, las cuales han constituido el material base del amplio trabajo, cuyos resultados se presentan en esta Monografía.

A partir de la caracterización preliminar fue necesaria la realización de una completa evaluación de las variedades, así como la agrupación de las mismas en un número menor de entradas o grupos raciales, de tal forma que se facilite la utilización de su potencial genético en futuros programas de mejora genética.

Tabla 6. Relación de localidades muestreadas.

<b>Zona costera</b>	<b>Relieves y valles interiores</b>	<b>Relieves orientales</b>
Hondarribia	Tolosa	Villabona
Lezo	Belauntza	Elduaien
Pasaia	Hernialde	Berastegi
Aia	Leaburu	Renteria
Usurbil	Ibarra	Hernani
Orio	Berrobi	Irun
Donostia	Albiztur	Urnieta
Zarautz	Bidegoian	Oiartzun
Zestoa	Errezil	
Getaria	Arama	<b>Montaña</b>
Deba	Azpeitia	Zaldibia
Motriku	Azkoitia	Lazkao
	Bergara	Olaberría
<b>Relieves prelitoral</b>	Altzo	Ataun
Andoain	Lizartza	Idiazabal
Aduna	Alegia	Mutiloa
Aizarnazabal	Orendain	Zerain
Zizurkil	Amezketá	Segura
Asteasu	Abaltzisketa	Zegama
Larraul	Gaintza	Beasain
Anoeta	Legorreta	Gabiria
Alkiza	Itsasondo	Ormaiztegi
		Ordizia Ezkioga

### 3.4. CARACTERIZACION DESCRIPTIVA

#### 3.4.1. Material vegetal y diseño experimental

El material vegetal utilizado en este estudio, se centra en un conjunto de 100 variedades locales de maíz de Gipuzkoa. La Tabla 7 detalla su nombre de origen y especifica el número del código de identificación del banco de germoplasma donde se conservan a largo plazo.

Tabla 7. Variedades locales de Gipuzkoa evaluadas.

Nombre	Código	Nombre	Código
Hondarribia	690	Albiztur 2	822
Irun	697	Bidegoian 1	823
Oiartzun 1	699	Bidegoian 2	826
Lezo 1	700	Errezil	827
Lezo 2	701	Azpeitia 1	835
Pasaia	703	Azpeitia 2	839
Oiartzun 2	709	Azkoitia 1	840
Renteria	712	Azkoitia 2	843
Hernani	717	Azkoitia 3	848
Urnieta	722	Bergara	849
Andoain 1	723	Altzo 1	852
Andoain 2	725	Lizartza 1	854
Aduna	728	Lizartza 2	856
Andoain 3	730	Alegia 1	859
Zizurkil 1	731	Altzo 2	861
Zizurkil 2	732	Orendain 1	862
Villabona	734	Orendain 2	863
Asteasu	737	Amezketta 1	864
Anoeta	743	Tolosa 2	865
Alkiza 1	744	Amezketta 2	866
Alkiza 2	746	Abaltzisketa 1	868
Larraul	748	Abaltzisketa 2	869
Aia 1	752	Alegia 2	871
Usurbil 1	755	Gaintza	874
Usurbil 2	758	Legorreta 1	875
Orio	759	Legorreta 2	877
Donostia 1	760	Itsasondo 1	878
Aia 2	764	Itsasondo 2	880
Zarautz	766	Ordizia 1	881
Donostia 2	775	Arama	885
Aizarnazabal	780	Ordizia 2	887
Getaria	784	Zaldibia 1	888
Zestoa	786	Zaldibia 2	891
Deba 1	787	Lazkao	892
Deba 2	790	Olaberria	894
Motriku 1	791	Ataun 1	897
Motriku 2	794	Ataun 2	901
Hernialde	797	Idiazabal 1	905
Tolosa 1	799	Idiazabal 2	909
Belauntza 1	802	Mutiloa	911
Belauntza 2	803	Zerain	912
Leaburu	805	Segura 1	913
Ibarra	806	Segura 2	914
Berrobi 1	808	Zegama 1	915
Berrobi 2	809	Zegama 2	919
Elduaen 1	810	Beasain	921
Elduaen 2	812	Gabiria 1	923
Berastegi 1	815	Gabiria 2	926
Berastegi 2	818	Ormaiztegi	927
Albiztur 1	820	Ezkioga	928

La caracterización morfológica se realizó mediante ensayos de evaluación que tuvieron lugar durante los años 1990 y 1991 en dos localidades: una en la Finca Zubieta de Hondarribia y la otra en la Estación Experimental de Aula Dei, en Montañana (Zaragoza). En la Tabla 8 se detalla la situación geográfica aproximada de las zonas de ubicación de los ensayos.

El diseño experimental utilizado en los cuatro ensayos de evaluación (dos años y dos localidades por año) fue de bloques completos al azar con 3 repeticiones. La parcela elemental constaba de 2 líneas de 5 m de longitud, con 25 plantas a 20 cm entre sí y una separación entre líneas de 75 cm. Los pasillos entre bandas eran de 2 m. Los surcos extremos dentro de cada bloque se sembraron con la misma variedad para reducir el efecto de borde. La densidad final fue de unas 66000 plantas/ha, aspecto importante dentro del diseño del ensayo, ya que la misma puede afectar a las medidas absolutas de los caracteres vegetativos.

Respecto al tamaño de muestra y número de individuos a controlar, se dispuso de un total de 600 plantas de cada variedad, con lo que quedan suficientemente representadas. Del total de plantas se controlaron 10 por repetición, es decir, 120 plantas por cada variedad.

Tabla 8. Localización de los ensayos de caracterización.

Localidad	Longitud	Latitud	Altitud
Hondarribia	1°53'52"W	43°21'24"N	25 m
Zaragoza	0°47'00"W	41°44'30"N	220m

### 3.4.2. Caracteres morfológicos evaluados

Uno de los aspectos más importantes en la caracterización y clasificación taxonómica de las variedades es la elección de los caracteres más adecuados. Existen varios tipos de caracteres que pueden utilizarse en un estudio taxonómico: morfológicos, fisiológicos, bioquímicos, ecológicos, etc. Sin embargo, hay una serie de ellos que no deben emplearse en este tipo de estudio, como los que no aportan ningún tipo de información sobre la naturaleza fenética de los organismos.

A partir de resultados de otros trabajos similares realizados anteriormente, se han elegido para el presente estudio una serie de caracteres morfológicos, que permiten la clasificación taxonómica de las 100 variedades locales de maíz de la provincia de Gipuzkoa. Algunos se han evaluado visualmente siguiendo los descriptores de la FAO para la especie maíz. Esta es una circunstancia que se da con frecuencia en clasificaciones de tipo infraespecífico (Bartual et al., 1985).

#### 3.4.2.1. Caracteres de planta

Los caracteres morfológicos que se describen a continuación, fueron medidos en cada parcela sobre 10 plantas competitivas, tomadas al azar y considerando solo plantas individuales, flanqueadas y sanas.

##### Altura de la planta

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

##### Altura de inserción de la mazorca

Distancia en cm desde el suelo hasta el nudo de inserción de la mazorca superior. Para su medida se utilizó el mismo listón que en el caso anterior.

##### Número de hojas

Definido como el número total de hojas que posee la planta, contadas desde la base de la misma hasta la última hoja en el tallo.

##### Nudo de inserción de la mazorca

Se considera, en el tallo, el lugar que ocupa el nudo de inserción del pedúnculo de la mazorca superior.

##### Area de la hoja

Se define como la superficie del limbo foliar (S) cm<sup>2</sup>, situado debajo de la mazorca principal. Se han descrito varios métodos para el cálculo de este parámetro en maíz, siendo muy utilizada su determinación a partir del producto de la longitud del limbo (L) por su anchura máxima (A) y por un factor igual a 0,75. De esta forma:

$$S = (L \times A) \times 0,75$$

##### Índice de ahijamiento

Indica la relación entre el número de tallos principales con hijuelos y el número inicial de tallos de plantas.

##### Longitud del pendón

Es la distancia entre el punto de origen de la ramificación inferior y el ápice del raquis central. Para su medida se empleó una regla graduada en cm.

##### Número de ramificaciones del pendón

Hace referencia al número total de ramificaciones primarias, secundarias y terciarias de la inflorescencia masculina o pendón.

##### Longitud del pedúnculo de la mazorca

Es la distancia medida desde el nudo de inserción del pedúnculo en el tallo hasta la base de la mazorca principal, expresada en cm.

##### Número total de nudos del pedúnculo

Se define como el número total de nudos que posee el pedúnculo de la mazorca principal, contados desde la base de la misma, hasta el nudo de inserción con el tallo.



### **3.4.2.2. Caracteres de mazorca**

Su determinación se realizó tras la recolección, una vez alcanzada la madurez fisiológica del grano. Sobre una muestra de 10 mazorcas tomadas al azar en cada parcela elemental, se tomaron los parámetros que se describen a continuación.

#### Longitud de mazorca

Definida como la longitud de la misma, desde el ápice hasta la base. Para su medida se empleó una regla graduada en cm.

#### Diámetro inferior de la mazorca

Medido con un calibrador «pie de rey» graduado en mm, aproximadamente a un tercio de la base de la mazorca.

#### Diámetro medio de la mazorca

Se tomó el diámetro de la mazorca en su parte central, medido de igual manera que el anterior.

#### Diámetro superior de la mazorca

Corresponde al diámetro medido aproximadamente a un tercio del ápice de la mazorca.

#### Conicidad de la mazorca

Define la morfología de la misma. Para su determinación se consideró la pendiente de la superficie externa de la mazorca, expresada en tanto por ciento (Ordás y Ron, 1988). El índice de conicidad (C) se calculó de la siguiente forma:

$$C = \frac{(D_i - D_s)/2}{L/3} \times 100$$

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

Se realizó el conteo de las filas de granos en la parte central de la mazorca.

#### Número de granos por fila

Definido como el número total de granos contados desde la base hasta el ápice de la mazorca, en tres filas diferentes tomadas al azar, y expresado como la media aritmética de 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 10 mazorcas y a continuación se desgranaron manualmente, recogiendo el grano y pesándolo. El porcentaje de zuro se calculó aplicando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ zuro} = [(Masa \text{ total} - Masa \text{ del grano}) / Masa \text{ total}] \times 100$$

#### Color de zuro

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

### **3.4.2.3. Caracteres de grano**

#### Tipo de grano

Indica la presencia o no de dentición, considerando tres tipos principales: liso (1), semidentado (2) y dentado (3).

#### Color de grano

Se estableció una escala subjetiva de valoración con observaciones visuales, considerando ocho tipos similares a los referidos por los descriptores de la F.A.O.-I.B.P.G.R., para el maíz: blanco (1), crema (2), jaspeado (3), amarillo (4), naranja (5), marrón (6), rojo (7) y púrpura (8).

### Peso del grano

Se determinó el peso de 1000 semillas, expresado en gramos al 14% de humedad relativa, utilizando para ello una balanza de precisión.

### Peso hectolítrico

Para su determinación se usó una muestra, tomada al azar, de la masa de granos empleada en el punto anterior, utilizando para ello un analizador digital de precisión.

### Humedad del grano

Medida en el momento de la recolección y expresada en tanto por ciento. Se utilizó el analizador digital de grano anteriormente citado.

### **3.4.2.4. Caracteres de ciclo**

#### Floración femenina

Es un carácter ampliamente utilizado, no sólo en caracterización descriptiva de variedades de maíz, sino también en programas de selección. Se define como el número total de días transcurridos entre la siembra y la aparición de sedas o pistilos receptivos, al menos en aproximadamente el 50% del total de plantas de la parcela.

#### Unidades térmicas hasta floración

El número de días naturales hasta la floración femenina fue transformado posteriormente en unidades térmicas acumuladas. El cálculo se efectuó de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$UT/día = [(T_{máx} + T_{mín})/2] - 10$$

$T_{máx}$  y  $T_{mín}$  representan las temperaturas máxima y mínima diarias, respectivamente. Los límites de temperatura se establecieron a 10°C y 30°C, es decir, temperaturas inferiores a 10°C o superiores a 30°C fueron consideradas como 10°C y 30°C, respectivamente (Derieux y Bonhomme, 1990).

#### Protandria

Medida como el número de días transcurridos desde que alrededor del 50% de las plantas emiten polen, hasta que alrededor del 50% de los estilos son fértiles y, por tanto, receptores de polen.

La Tabla 9 muestra la relación de caracteres morfológicos empleados, así como su clave de identificación.

Tabla 9. Caracteres utilizados en la evaluación de las variedades.

CARACTER	CLAVE
<i>PLANTA</i>	
Altura (cm)	AP
Altura de inserción de la mazorca (cm)	AM
Número de hojas	NT
Nudo de inserción de la mazorca	NM
Área de la hoja (cm <sup>2</sup> )	AH
Índice de ahijamiento	IA
Longitud del pendón (cm)	LP
Ramificaciones del pendón	RP
Longitud del pedúnculo de la mazorca (cm)	LD
Nudos del pedúnculo de la mazorca	ND
<i>MAZORCA</i>	
Longitud (cm)	LM
Diámetro inferior (mm)	DI
Diámetro medio (mm)	DM
Diámetro superior (mm)	DS
Conicidad (%)	CM
Número de filas	NF
Número de granos por fila	GF
Proporción de zuro (%)	PZ
Color de zuro	CZ
<i>GRANO</i>	
Peso de 1000 semillas (g)	PS
Peso hectolítrico (kg/Hl)	PH
Humedad (%)	HG
Tipo de grano	TG
Color de grano	CG
<i>CICLO</i>	
Floración femenina (días)	FF
Unidades térmicas hasta floración (°C)	UT
Protandria (días)	PT

### 3.5. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACION

La caracterización morfológica se ha basado en el análisis de la variabilidad de cada carácter para las 100 variedades estudiadas, así como de los efectos que más contribuyen a dicha variación. El análisis de los caracteres morfológicos permite dar una visión más objetiva de cómo se distribuye cada uno en el conjunto de las variedades. A continuación y para cada carácter se pretende describir el componente fenotípico de la variabilidad, a partir del cálculo de las principales medidas de tendencia central y de dispersión para cada distribución de valores.

En la Tabla 10 se presentan las medias, desviaciones típicas e intervalos de variación del conjunto de los caracteres estudiados.

#### 3.5.1. Caracteres de planta

El estudio se ha realizado a partir de un total de 12000 valores obtenidos para cada carácter, en el conjunto de las 100 variedades.

La **altura** de planta mostró una media cercana a los 190 cm, con un rango de variación muy amplio.

La **altura de inserción de la mazorca** principal presentó una gran variabilidad con un valor promedio de 67 cm y muy amplio rango de variación, siendo el valor máximo casi nueve veces el valor mínimo.

El **número de hojas** tuvo una distribución entre 6 y 15 como valores mínimo y máximo, respectivamente, con un promedio en torno a 10.

El **nudo de inserción de la mazorca** principal concentró la mayor frecuencia de valores entre el 5° y 6° nudo.

El **índice de ahijamiento** se determinó a nivel de parcela, por lo que el número total de valores de la distribución fue de 1200. Posee un rango muy estrecho con una media general de 1,07 es decir, un ahijamiento prácticamente nulo, muy propio de las variedades locales del Norte de España.

Tabla 10. Medias, desviaciones típicas e intervalos de variación de los caracteres morfológicos.

Carácter	Media	Desviación típica	Intervalo de variación
AP	189,10±0,30	35,33	102,00-324,00
NT	10,25±0,01	1,46	6,00-15,00
AM	67,53±0,21	23,25	17,00-149,00
NM	5,67±0,01	1,15	3,00-9,00
IA	1,07±0,00	0,11	1,00-1,79
AH	555,19±1,34	147,18	110,00-1112,00
LP	39,06±0,06	7,01	20,00-67,00
RP	15,06±0,05	6,10	3,00-53,00
LD	11,95±0,05	6,44	1,00-50,50
ND	6,67±0,02	2,02	1,00-14,00
LM	4,80±0,02	2,61	7,00-24,00
DI	47,45±0,05	6,25	30,00-76,00
DM	44,52±0,05	5,86	28,00-68,00
DS	39,02±0,05	5,84	21,00-62,00
CM	10,33±0,04	4,50	1,00-37,50
PZ	7,59±0,15	5,26	13,50-58,30
NF	11,72±0,02	2,21	6,00-20,00
GF	27,51±0,04	4,97	12,00-48,00
CZ	1,02±0,00	0,14	1,00-3,00
TG	1,09±0,00	0,28	1,00-2,00
CG	5,14±0,00	0,80	1,00-8,00
PS	370,17±1,62	56,11	232,80-531,20
PH	70,37±0,19	6,67	47,50-81,70
HG	15,39±0,14	5,05	7,90-29,20
FF	69,05±0,16	5,66	56,00-85,00
PT	2,49±0,04	1,41	0,00-9,00
UT	610,19±2,61	90,60	459,50-852,70

El **área de la hoja** presentó un valor máximo de 1112 cm<sup>2</sup>, siendo la media de 555 cm<sup>2</sup>. Es de destacar el amplio rango de variación encontrado en la distribución de este carácter, con un valor máximo diez veces superior al mínimo.

La **longitud del pendón**, con una media en torno a 39 cm, es un carácter que mostró un mínimo de 20 cm y un máximo de 67 cm.

La **longitud del pedúnculo de la mazorca** alcanzó el coeficiente de variación más elevado (53,9), con un rango extremadamente amplio, entre 1 y 50,5. Es un carácter que no sólo muestra una gran variación intervarietal, sino también dentro de cada una de las variedades.

El **número de ramificaciones del pendón** se distribuyó entre un valor mínimo de 3 y un máximo de 53, con una media de 15 ramificaciones. También se puede apreciar que la variabilidad encontrada en este carácter ha sido muy alta.

El **número de nudos del pedúnculo de la mazorca** principal presentó un amplio rango de variación, siguiendo la misma tendencia que la longitud del pedúnculo, con un coeficiente de variación muy elevado, lo que da idea de la dispersión de los valores encontrados.

### 3.5.2. Caracteres de mazorca

La **longitud** de la mazorca principal mostró una distribución entre clases con un mínimo de 7 cm y un máximo de 24. La media alcanzó los 14,8 cm.

El **diámetro inferior** presentó una distribución de valores entre 30 y 76 mm, situándose el valor medio en 47,5 mm.

El **diámetro medio** obtuvo una distribución entre 28 y 68 mm, siendo la media de 44,5 mm. Asimismo, el **diámetro superior** tuvo un comportamiento, en cuanto al patrón de variación, muy similar a los dos anteriores, presentando un valor promedio de 39 mm.

La **conicidad** es un carácter que presenta un coeficiente de variación elevado, con un valor mínimo del 1% y un máximo de 37,5%, siendo el valor promedio de 10,3%. Destaca el amplio rango que posee, así como uno de los más elevados coeficientes de variación.

La **proporción de zuro** mostró una distribución general de valores con un promedio de 27,6%.

El **número de filas** presentó un mínimo de 6 y un máximo de 20, situándose el promedio en casi 12 filas.

El **número de granos por fila** tuvo un rango de variación amplio, entre 12 y 48, con un valor promedio de 27,5.

El **color de zuro** presentó una media general de 1,02, con una distribución entre 1 y 3, pero en la que 11729 mazorcas de un total de 12000, es decir, el 97,7% mostraron zuro de color blanco.

### 3.5.3. Caracteres de grano

El **tipo de grano** obtuvo una distribución muy similar al color del zuro, con un valor más frecuente que se sitúa en 1, es decir, grano de tipo liso. El **color** tiene una media general en torno a 5. El rango es amplio, encontrando prácticamente todos los colores descritos en la escala, siendo el valor más frecuente el que coincide con el color naranja.

El **peso de 1000 granos** mostró una distribución entre clases de 232 a 531 g, siendo el valor promedio de 370 g.

El **peso hectolítrico** presentó un valor mínimo de 47,5 kg/Hl y un máximo de 81,7 kg/Hl, con un valor medio de 70,4.

La **humedad** de grano tuvo una distribución muy variable dependiendo de la localización de los ensayos.

### 3.5.4. Caracteres de ciclo

La **floración femenina** presentó un valor mínimo de 56 días y un máximo de 85, existiendo un rango de variación amplio, con poblaciones desde muy precoces hasta semitardías. El promedio se situó en un ciclo medio, de alrededor de 69 días.

El carácter **protandria** o intervalo de días entre la floración masculina y femenina, muestra un rango de 9 días, concentrándose la mayor parte de los valores de la distribución en torno a un valor de 2,5 días.

Las **unidades térmicas** hasta floración femenina mostraron también un amplio rango entre 459° y 852°C, siendo el valor promedio de 610°C.

En general, los caracteres vegetativos como altura de planta, altura y nudo de inserción de mazorca, área de hoja, número de hojas y longitud y número de ramificaciones del pendón, poseen una gran variabilidad si consideramos los intervalos de variación obtenidos. Los caracteres de ciclo como floración femenina, unidades térmicas hasta floración y protandria siguen, asimismo, la misma tendencia.

A modo de resumen, cabe destacar la alta variabilidad encontrada para caracteres asociados al pedúnculo de la mazorca, como longitud y número de nudos, así como los valores bajos encontrados en el índice de ahijamiento.

Los caracteres de mazorca tales como longitud, diámetros, conicidad, número de filas, número de granos por fila y proporción de zuro se pueden reunir en un grupo de variabilidad media-alta, ya que presentan unos rangos de variación algo más moderados que los caracteres de planta. El color de zuro muestra una baja variabilidad para el conjunto de las variedades.

Los caracteres de grano como color, peso de 1000 semillas y peso hectolítrico poseen una variabilidad de tipo medio. La humedad de grano se ha excluido de este grupo, al ser un carácter en el que se han observado grandes diferencias de magnitud entre los ensayos realizados, al verse afectada por las condiciones especiales de recolección, tan diferentes entre ambas localidades de ensayo. El tipo de grano mostró una variabilidad baja al pertenecer la mayor parte de las poblaciones al tipo de grano liso.

### **3.6. ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD**

#### **3.6.1. Análisis de varianza**

Los datos experimentales obtenidos en los ensayos de caracterización se han sometido a un análisis de varianza. Previamente, se comprobó la normalidad de las variables, transformando las que no lo eran para mejorar la fiabilidad. En primer lugar se ha procedido a realizar los análisis individuales para cada localidad y año. A continuación, se han combinado los cuatro experimentos (dos años y dos localidades por año) en uno sólo, con el fin de poder estimar las varianzas genéticas de todos los factores.

Los análisis de varianza individuales han puesto de manifiesto diferencias altamente significativas entre poblaciones (nivel del 0,01 de probabilidad) para todos los caracteres, exceptuando el color de zuro, protandria, índice de ahijamiento y humedad del grano en la recolección. En éstos, el nivel de significación varía según el ensayo, o no se encuentran diferencias estadísticamente significativas. Del estudio del análisis de varianza combinado puede destacarse que las diferencias entre poblaciones resultan altamente significativas para todos los caracteres, exceptuando la protandria, el índice de ahijamiento, la humedad de grano y el color de zuro. Respecto a las interacciones, se presentan en un gran número de caracteres debido posiblemente, a la gran disimilitud, no sólo geográfica sino también climática, existente entre las localidades donde se realizaron los ensayos de evaluación.

#### Interacción variedad/año

Al nivel del 0,01 de probabilidad la presentan los caracteres altura de inserción de mazorca, número de filas y floración femenina, y al nivel del 0,05 se presenta en el carácter protandria.

#### Interacción variedad/localidad

Se presenta al nivel del 0,01 en los caracteres altura de inserción de mazorca, número de hojas, número de ramificaciones del pendón, floración femenina y unidades térmicas hasta floración, y al nivel del 0,05, en el tipo, color y humedad de grano y peso hectolítrico.

#### Interacción variedad/año/localidad

Se ha encontrado al nivel de probabilidad del 0,01 en los caracteres número de nudos del pedúnculo de la mazorca y color de grano, y al nivel del 0,05, en peso de grano, altura de planta, altura de inserción de mazorca, área de la hoja, diámetro superior, conicidad de mazorca y tipo de grano.

Este primer paso del análisis de resultados confirma el supuesto inicial de que existen diferencias entre el conjunto de las variedades de maíz de Gipuzkoa, y que esas diferencias constituirán la base para su clasificación y agrupación.

#### **3.6.2. Heredabilidad y constancia de los caracteres**

A partir de las estimaciones de los componentes de la varianza se ha procedido al cálculo de la heredabilidad y la constancia, así como de sus errores, para el conjunto de caracteres que en el análisis de varianza combinado presentaron diferencias significativas entre variedades.

La heredabilidad, en sentido amplio, se puede definir como el cociente entre la varianza genética y la varianza fenotípica.

Se sabe por numerosos estudios genéticos en maíz, que las medidas de los caracteres que se utilizan en estudios de clasificación taxonómica, están influenciadas por el ambiente específico en el que se desarrolla la evaluación. Una de las posibles soluciones a este problema es elegir los caracteres clasificatorios que posean una menor interacción con el ambiente, es decir, que estén poco influenciados por el mismo. Un estimador para la elección de este tipo de caracteres puede ser la constancia (Ron y Ordás, 1987) que se expresa como

el cociente entre la varianza genética y la ambiental. Dicha razón de varianzas informa acerca de la estabilidad de un carácter, es decir, de su comportamiento en una serie de ambientes distintos.

La Tabla 11 muestra las heredabilidades obtenidas y sus errores para los 23 caracteres morfológicos. Según los resultados que se observan, los valores de heredabilidad más elevados corresponden a los caracteres proporción de zuro, número de filas de la mazorca, alturas de planta y de mazorca y número de granos por fila.

Tabla 11. Heredabilidades y sus errores.

Carácter	$h^2$	E ( $h^2$ )
AP	0,706	0,100
AM	0,695	0,098
NT	0,585	0,024
NM	0,645	0,020
AH	0,607	0,086
LP	0,502	0,067
RP	0,584	0,082
LD	0,255	0,035
ND	0,150	0,017
LM	0,638	0,059
DI	0,623	0,088
DM	0,632	0,089
DS	0,536	0,076
CM	0,500	0,059
NF	0,807	0,110
GF	0,711	0,001
PZ	0,832	0,066
PS	0,448	0,063
PH	0,246	0,034
TG	0,450	0,071
CG	0,465	0,020
FF	0,624	0,088
UT	0,663	0,093

$h^2$ : heredabilidad; E ( $h^2$ ): error

Estimas de heredabilidad de tipo medio se presentan en nudo de inserción de la mazorca, área de hoja, longitud de mazorca, y en diámetros inferior y medio de la mazorca, floración femenina y unidades térmicas. Los caracteres longitud y nudos del pedúnculo de la mazorca y peso hectolítrico, mostraron los valores de heredabilidad más bajos. No se calcularon los valores de este parámetro genético para protandria, índice de ahijamiento, color de zuro y humedad de grano, al no mostrar diferencias significativas entre poblaciones en el análisis de varianza combinado. Los valores de constancia de cada carácter y su error se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Constancias y sus errores.

Carácter	C	E (C)
AP	1,632	0,089
AM	1,660	0,095
NT	1,480	0,200
NM	1,484	0,063
AH	1,714	0,101
LP	1,310	0,018
RP	1,980	0,280
LD	0,145	0,020
ND	0,160	0,022
LM	2,320	0,003
DI	1,240	0,076
DM	1,004	0,076
DS	0,820	0,060
CM	1,170	0,137
NF	4,610	0,633
GF	4,050	0,554
PZ	1,878	0,098
PS	0,697	0,097
PH	0,280	0,040
TG	1,000	0,100
CG	0,410	0,078
FF	1,373	0,012
UT	1,470	0,081

C: constancia; E(C): error

En caracteres de mazorca como longitud, número de filas y número de granos por fila se han obtenido los valores de constancia más elevados. Los caracteres altura de planta, altura y nudo de inserción de la mazorca, número de hojas, área de la hoja, longitud y ramificaciones del pendón, diámetros inferior y medio, conicidad, tipo y color de grano, floración femenina, unidades térmicas y proporción de zuro, mostraron valores de constancia de tipo medio. El resto de caracteres obtuvieron valores bajos de este parámetro.

Al igual que para la heredabilidad, no se calcularon los valores de constancia en la protandria, índice de ahijamiento, color de zuro y humedad de grano, al no presentar diferencias significativas entre variedades, en el análisis combinado de varianza.

La heredabilidad y la constancia junto con la caracterización descriptiva presentada para los caracteres estudiados, proporcionan en conjunto una valiosa información genética y ambiental de la variación observada en las 100 variedades locales de maíz. A partir de estos resultados, se realizó el estudio de clasificación taxonómica de las mismas.

### 3.7. CLASIFICACION TAXONOMICA DE LAS VARIEDADES

El término de Taxonomía Numérica se puede definir como la aplicación de la Estadística u otros métodos numéricos a la investigación sobre la Sistemática de las especies. Su principal objetivo es la agrupación de los organismos en taxones, mediante el uso de métodos numéricos, y tomando como datos de partida los valores de los caracteres utilizados. Con la aplicación de este conjunto de métodos pretendemos medir la semejanza o desemejanza entre individuos, basándonos en un gran número de atributos, los cuales no se ponderan «a priori». Todos ellos tienen el mismo valor relativo, y este valor solamente variará una vez que la clasificación se haya realizado, estudiando cuáles han sido los caracteres que han tenido un mayor poder clasificatorio.

Para estudiar las relaciones existentes entre las variedades locales de maíz de Gipuzkoa, así como para desarrollar un sistema de clasificación objetivo de las mismas que pueda evidenciar sus relaciones, es necesario determinar el grado de diferenciación o disimilitud entre diferentes pares de variedades. A tal fin existen, por una parte, diferentes coeficientes de similitud o disimilitud, en función del tipo de carácter considerado y del grado de correspondencia entre el fenotipo y el genotipo, y por otra,

técnicas de análisis agrupatorio que permiten una representación gráfica de la diversidad encontrada. En este trabajo se ha empleado el denominado análisis de grupos para el estudio de las distancias genéticas entre las variedades.

Existen una gran diversidad de métodos válidos de agrupación. En el presente estudio se ha elegido el método basado en el ligamiento promedio entre grupos, denominado UPGMA o «método no ponderado de grupo par usando promedios aritméticos». Define la distancia entre dos grupos como el promedio de las distancias entre todos los pares de casos, en que un miembro del par está en cada uno de los grupos.

En cuanto a la medida de la distancia genética entre las poblaciones, hay un gran número de coeficientes de semejanza y de desemejanza. Del conjunto existente, se ha elegido el coeficiente de distancia euclídea que mide la distancia entre unidades taxonómicas, definidas en un espacio determinado por unos ejes que representan a las variables empleadas.

#### 3.7.1. Elección de los caracteres clasificatorios

La elección de los caracteres morfológicos válidos para la clasificación taxonómica es un factor importante para conseguir una buena agrupación, ya que no todos los caracteres considerados resultan aptos para tal fin, una vez que se conoce la heredabilidad y la constancia de los mismos.

En nuestro estudio y siguiendo una metodología ampliamente utilizada se ha tomado el criterio de elegir los 16 caracteres que presenten valores de heredabilidad mayores a 0,5 y de constancia superiores a 1,0 (Tabla 13). De esta forma, se han excluido algunos como longitud y nudos del pedúnculo de la mazorca, diámetro superior, peso de grano, peso hectolítrico, tipo y color de grano. Este último carácter posee, además, el conocido efecto de «xenia» lo cual invalida su utilización. La eliminación de esos caracteres morfológicos se ha basado en la consideración de que los valores de heredabilidad y constancia de cada uno de ellos resultan, en conjunto, excesivamente bajos, lo cual supone una excesiva influencia ambiental, por lo que los hace inadecuados para la clasificación taxonómica.

Además de estos caracteres, se han excluido los que no presentaron diferencias significativas entre poblaciones en el análisis de varianza combinado, como color de zuro, protandria, índice de ahijamiento y humedad de grano, de los cuales, obviamente, no se calcularon las estimaciones de los parámetros genéticos.

Tabla 13. Caracteres elegidos para la clasificación taxonómica de las variedades.

CARACTER	CLAVE
<i>PLANTA</i>	
Altura (cm)	AP
Altura de inserción de la mazorca (cm)	AM
Número de hojas	NT
Nudo de inserción de la mazorca	NM
Area de la hoja (cm <sup>2</sup> )	AH
Longitud del pendón (cm)	LP
Ramificaciones del pendón	RP
<i>MAZORCA</i>	
Longitud (cm)	LM
Diámetro inferior (mm)	DI
Diámetro medio (mm)	DM
Conicidad (%)	CM
Número de filas	NF
Número de granos por fila	GF
Proporción de zuro (%)	PZ
<i>CICLO</i>	
Floración femenina (días)	FF
Unidades térmicas hasta floración (°C)	UT

### 3.7.2. Análisis de grupos

A partir de los 16 caracteres elegidos para la clasificación de las 100 variedades de maíz, se efectuó un análisis de componentes principales. La Figura 2 muestra el dendrograma que representa las relaciones obtenidas entre ellas. El procedimiento para la elección de un número de grupos determinado, se ha basado en el estudio de las fases de fusión con el número de grupos y los coeficientes de distancia euclídea correspondientes, que acompañan al código de la variedad. Un incremento importante en el coeficiente indica que se están fusionando grupos heterogéneos, por lo que nos fijamos en la fase anterior como la indicadora de un número de grupos homogéneos.

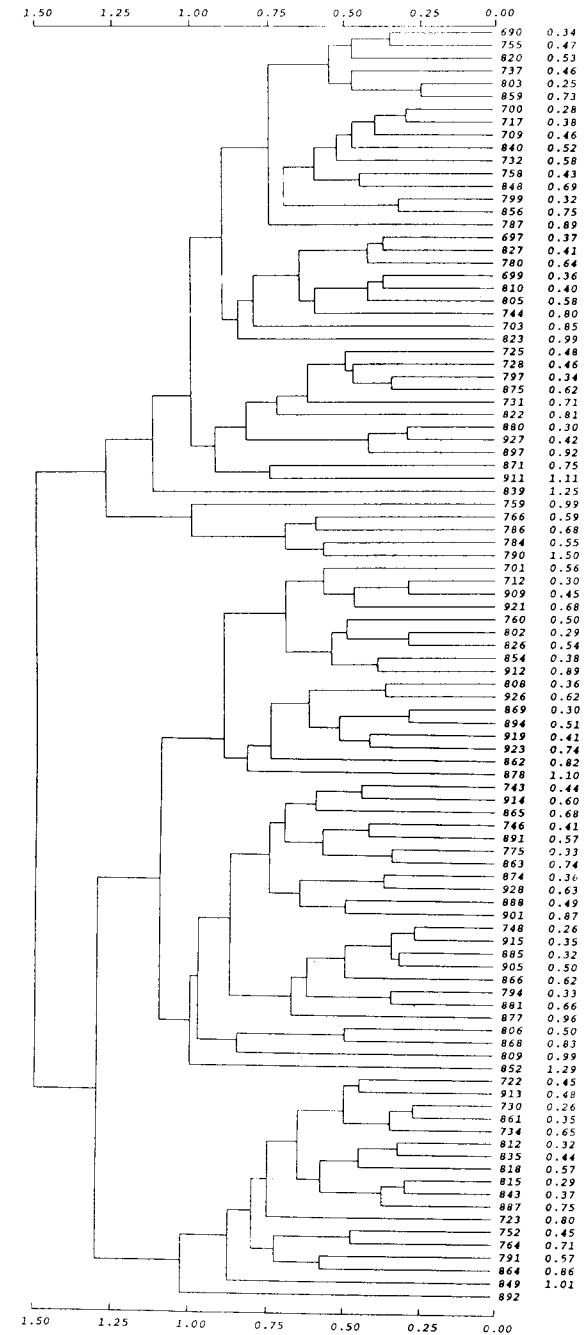


Figura 2. Dendrograma que representa la relación existente entre las variedades locales.



De este modo, en una población si dicho coeficiente es inferior a 1,01, esta población y la siguiente pertenecen al mismo grupo. Por el contrario, si el valor es superior, las poblaciones pertenecen a unidades taxonómicas diferentes. Así, se ha establecido una clasificación de 7 grupos con las 100 variedades locales de maíz de la provincia de Gipuzkoa, dos de los cuales incluyen una única población (Ruíz de Galarreta et al., 1993). En la Tabla 14 se muestran los grupos generados y las poblaciones que pertenecen a cada grupo. Las características generales de dichas agrupaciones son las siguientes:

#### GRUPO I

Es el más numeroso y representativo del maíz existente en Gipuzkoa, está formado por 36 variedades distribuidas a lo largo de toda la provincia. Las plantas son de talla muy alta, entre 183 y 218 cm, con un promedio de 204 cm y con pendones largos y ramificados. Su ciclo es medio-tardío, entre 67 y 74 días hasta la floración femenina, con una media de 71 días. La mazorca es larga, de forma cilíndrica y con 10 a 14 filas de granos (Foto 1).

#### GRUPO II

Formado por una sola variedad perteneciente a la localidad de Azpeitia, la cual se separa del resto por sus características de mazorca. Las plantas son de talla baja mostrando una media de 179 cm, con pendones muy ramificados. Su ciclo es tardío, situándose en torno a los 72 días. La mazorca posee una longitud media de 17,1 cm, siendo la mayor de todos los grupos, al igual que el número de granos por fila con 28,6 y la proporción de zuro con 35,4%. La forma de la mazorca es cilíndrica, presentando la conicidad más baja con un promedio del 8% (Foto 2).

#### GRUPO III

Está constituido por 5 variedades, 4 de ellas localizadas en la costa y una en la zona prelitoral. Las plantas son de talla alta, alrededor de 200 cm, mostrando los valores más elevados en algunos caracteres como número de hojas, área foliar, longitud y número de ramificaciones del pendón. Su ciclo es el más tardío con unos 75 días hasta la floración femenina. La mazorca es de longitud media, de forma semicónica y con el mayor número de filas de granos (Foto 3).

Tabla 14. Grupos obtenidos de la clasificación taxonómica.

Grupo	Variedad	Nº	Grupo	Variedad	Nº	
<b>I</b>	Hondarribia	690	<b>IV</b>	Lezo 2	701	
	Usurbil 1	755		Renteria	712	
	Albiztur 1	820		Idiazabal	909	
	Asteasu	737		Beasain	921	
	Belauntza 2	803		Donostia 1	760	
	Alegia 1	859		Belauntza 1	802	
	Lezo 1	700		Bidegoian 2	826	
	Hernani	717		Lizartza 1	854	
	Oiartzun 2	709		Zerain	912	
	Azkoitia 1	840		Berrobi 1	808	
	Zizurkil 2	732		Gabiria 2	926	
	Usurbil 2	758		Abaltzisketa 2	869	
	Azkoitia 3	848		Olaberria	894	
	Tolosa 1	799		Zegama 2	919	
	Lizartza 2	856		Gabiria 1	923	
	Deba 1	787		Orendain 1	862	
	Irun	697		Itsasondo 1	878	
	Errezil	827		<b>V</b>	Anoeta	743
	Aizarnazabal	780			Segura 2	914
	Oiartzun 1	699			Tolosa 2	865
Elduaen 1	810	Alkiza 2	746			
Leaburu	805	Zaldibia 2	891			
Alkiza 1	744	Donostia 2	775			
Pasaia	703	Orendain 2	863			
Bidegoian 1	823	Gaintza	874			
Andoain 2	725	Ezkioga	928			
Aduna	728	Zaldibia 1	888			
Hernalde	797	Ataun 2	901			
Legorreta 1	875	Larraul	748			
Zizurkil 1	731	Zegama 1	915			
Albiztur 2	822	Arama	885			
Itsasondo 2	880	Idiazabal 1	905			
Ormaiztegi	927	Amezketta 2	866			
Ataun 1	897	Motriku 2	794			
Alegia 2	871	Ordizia 1	881			
Mutiloa	911	Legorreta 2	877			
<b>II</b>	Azpeitia 2	839	Ibarra	806		
<b>III</b>	Orio	759	Abaltzisketa 1	868		
	Zarautz	766	Berrobi 2	809		
	Zestoa	786	Altzo 1	852		
	Getaria	784				
	Deba 2	790				

Tabla 14. (continuación).

Grupo	Variedad	Nº
<b>VI</b>	Urnietia	722
	Segura 1	913
	Andoain 3	730
	Altzo 2	861
	Villabona	734
	Elduayen 2	812
	Azpeitia 1	835
	Berastegui 2	818
	Berastegui 1	815
	Azkoitia 2	843
	Ordizia 2	887
	Andoain 1	723
	Aia 1	752
	Aia 2	764
	Motriku 1	791
Amezqueta 1	864	
Bergara	849	
<b>VII</b>	Lazkao	892

#### GRUPO IV

Formado por 17 variedades situadas en los valles interiores, a excepción de la variedad costera Donostia 1. Las plantas presentan la talla más baja, con un promedio de 167 cm, y muestran los menores valores para el número de hojas, área de la hoja y longitud y número de ramificaciones del pendón. El ciclo es precoz con 65,3 días hasta floración femenina y un rango entre 62 y 69 días. La mazorca posee un diámetro muy pequeño y forma cilíndrica con un promedio de 10 filas de granos (Foto 4).

#### GRUPO V

Es un grupo numeroso constituido por 23 variedades pertenecientes, la mayor parte de ellas, a zonas interiores y montañosas de la provincia. Las plantas son de talla mediana, entre 166 y 204 cm y un promedio de 183 cm. Se caracterizan por poseer unos pendones, tanto en longitud como en número de ramificaciones, de tipo intermedio con 38,7 y 14,1 cm, respectivamente. El ciclo es de tipo medio, en torno a los 68 días hasta floración femenina. Destacan sus pequeños diámetros de mazorca y su elevado número de granos por fila con una media de 28,2 y un rango entre 24 y 30 (Foto 5).

#### GRUPO VI

Está formado por 17 variedades todas ellas situadas en el interior de Gipuzkoa, tanto en su parte oriental como occidental. Las plantas son de talla media a alta con un promedio de 186 cm, mostrando un número de hojas y área foliar de tipo medio. Es un grupo que se caracteriza por tener unos pendones muy pequeños, al igual que unas mazorcas de escasa longitud, grandes diámetros y forma cónica, con valores elevados de número de filas de granos, entre 12 y 14. Tienen un ciclo medio en torno a los 68 días y un rango que varía entre 65 y 73 días hasta floración femenina (Foto 6).

#### GRUPO VII

Se compone de una sola variedad originaria de Lazkao, situada en el interior de la provincia, y que se diferencia del resto por la gran conicidad de su mazorca (15%). Las plantas son bajas, de pocas hojas y superficie foliar pequeña. Los pendones son de longitud media con pocas ramificaciones, alrededor de 14. El ciclo es el más precoz, con una media de 64,7 días. Las mazorcas son pequeñas, de gran diámetro y forma cónica, mostrando el número más bajo de granos por fila, con un promedio de 21,7 (Foto 7).

La Tabla 15 presenta las medias de los caracteres utilizados en la clasificación taxonómica, para cada uno de los siete grupos generados.

Tabla 15. Medias de los caracteres en los 7 grupos resultantes de la clasificación taxonómica.

Carácter	Grupo						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
AP	2 03,7	179,1	200,9	166,8	183,4	186,2	169,2
NT	10,7	10,2	11,1	9,4	9,9	10,2	9,6
AM	77,8	63,6	80,8	51,5	61,9	66,2	54,8
NM	6,0	5,7	6,4	5,0	5,4	5,6	5,3
AH	608,3	573,6	642,5	463,3	533,9	539,1	511,1
LP	40,6	38,9	41,0	37,0	38,7	37,6	38,7
RP	16,2	16,6	21,4	12,6	14,1	14,3	14,1
LM	15,5	17,1	15,4	13,9	14,9	13,5	12,3
DI	48,4	48,2	49,6	44,6	46,0	49,1	51,3
DM	45,6	46,1	46,3	41,3	43,1	46,5	47,0
CM	9,0	8,0	11,0	9,0	9,0	12,0	15,0
NF	12,3	10,7	12,9	10,1	11,0	12,6	11,0
GF	28,6	28,6	26,5	27,1	28,2	25,1	21,7
PZ	28,0	35,4	35,3	24,4	26,4	28,5	30,7
FF	70,8	71,9	74,9	65,3	68,2	68,7	64,7
UT	630,3	44,9	681,6	565,8	599,8	605,8	560,3

En las Figuras 4 a 6 se han representado gráficamente las medias normalizadas de los caracteres, con el fin de identificar de una forma visual las características propias de cada grupo, por las que se separan del resto.

Del conjunto de grupos obtenidos, la población perteneciente al grupo VII posee grandes semejanzas varietales con la raza descrita como «Vasco» por Sánchez-Monge (1962) y similitudes con un grupo descrito por Alvarez (1988) en otras poblaciones del Norte de España.

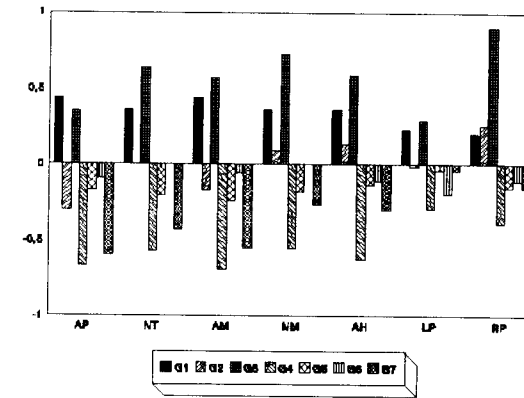


Figura 4. Medias normalizadas de los caracteres de planta.

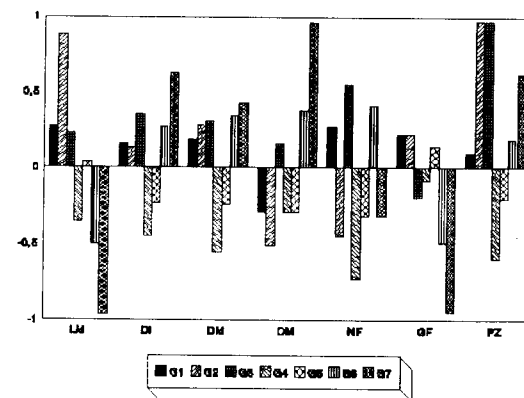


Figura 5. Medias normalizadas de los caracteres de mazorca.

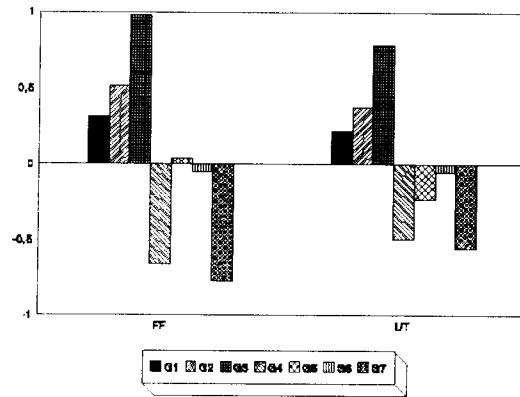


Figura 6. Medias normalizadas de los caracteres de ciclo.

El Grupo VI es muy heterogéneo y posiblemente, compuesto por variedades procedentes de diversas introducciones independientes a lo largo de los últimos siglos, seguidas de una posterior adaptación local e hibridación con otras variedades.

### 3.8. EVALUACION AGRONOMICA. RED DE ENSAYOS

#### 3.8.1. Zonas maiceras

Una vez realizada la caracterización y agrupación de las 100 variedades locales de maíz de Gipuzkoa, se eligieron las más representativas y de mejores características agronómicas en los grupos generados, con el fin de obtener información sobre las que presentan un mejor comportamiento y adaptación y que puedan ser utilizadas directamente por los agricultores.

Para ello se realizó una red de ensayos agronómicos de evaluación de dichas variedades, en diferentes zonas maiceras representativas de la provincia (Alvarez et al., 1993). De este modo se eligieron cinco ambientes ecológicos diferentes (Salazar et al., 1991), donde realizar los ensayos y que se definen con las siguientes características:

#### A.- Zona costera

Ambiente con una marcada influencia marítima en su clima, que condiciona la presencia de precipitaciones frecuentes a lo largo de todo el año. Posee un clima húmedo y más o menos templado, con un relieve suave (menos de 300 m) y un uso del suelo preferentemente de praderas y cultivos hortícolas. Esta zona ocupa la franja del litoral guipuzcoano desde la Playa de Saturrarán hasta el Cabo Higuer y el estuario del Bidasoa, así como la zona de relieves más o menos suaves del Cantábrico. Los cursos bajos de los principales ríos guipuzcoanos como el Deba, Urola, Oria, Urumea, Oiartzun y Bidasoa, junto con las pequeñas vaguadas secundarias forman la red hidrográfica de la costa.

#### B. Relieves y valles prelitorales

Se agrupan en esta zona dos ambientes íntimamente relacionados entre sí y que caracterizan el prelitoral de la provincia. Por un lado, goza de la influencia climática del mar y por otro el relieve pierde su suave carácter de paisaje costero y se organiza en montes elevados y valles angostos. La vegetación está representada por bosques de repoblación, ocupando los pastos una superficie importante. Los valles prelitorales, además presentan otras posibilidades de uso como praderas y cultivos hortícolas. El relieve del prelitoral es muy abrupto con cimas superiores a 500 m, constituyendo el monte Erlo, con 1026 m de altitud, el punto más elevado en esta zona.

#### C.- Relieves orientales

Los relieves orientales guipuzcoanos muestran una dirección Suroeste-Noroeste, mostrando laderas con exposiciones preferentes al Noroeste. Al no existir relieves que aíslen a estos montes de la influencia climática marina, son especialmente frecuentes las lluvias producidas por estancamiento de la nubosidad y confieren a este área el carácter de auténtico receptor de precipitaciones, alcanzando medias anuales superiores a los 2000 mm. Las características montañosas del relieve imponen el uso

forestal del suelo como actividad prioritaria. Este ambiente incluye los montes situados en el extremo Oeste de Gipuzkoa, desde el río Bidasoa hasta el Valle de Berastegi.

#### D. Relieves y valles interiores

El ambiente morfodinámico que representa esta zona se compone por un lado de laderas de topografía variable, que ocupan la franja central de la provincia. Por otra parte, los valles son zonas deprimidas, por cuyos fondos discurren los cauces de los ríos Deba, Urola y Oría. Los relieves están cubiertos por una densa masa forestal, tanto de coníferas como hayedos y robledales. También son frecuentes los prados y pastizales en áreas de pendientes medias. Los valles interiores se caracterizan por la alternancia de montes y valles, con cumbres que superan los 900 m como Irukurtxeta o Arrolamendi y laderas menos abruptas que dan lugar a orografías más suaves.

#### E.- Montaña

Este ambiente se caracteriza por la presencia de abruptos relieves calizos, con laderas de elevada pendiente, que destacan sobre el paisaje de topografía más suave. Por encima de los 1000 m. de altitud, el clima es extremadamente frío en invierno con abundantes nevadas, algunos años muy persistentes y continuadas, siendo los veranos frescos y agradables. La vegetación, en las zonas más altas está formada principalmente por prados, desarrollándose pinos y hayedos sobre las laderas protegidas y los parajes de menor elevación. Las alturas máximas de esta zona se sitúan en el pico Usastegui con 1549 m y las mínimas sobre los 200 m en Ataun. La altitud media se establece en torno a los 700 m.

Todas estas áreas geográficas representan una buena variación en cuanto a las diferentes zonas maiceras guipuzcoanas, por ello las localidades elegidas para efectuar la red de ensayos agronómicos han sido las siguientes:

- 1.- Finca Zubieta en Hondarribia: la parcela presentaba una ligera pendiente, con un contenido medio en materia orgánica y una climatología favorable para el cultivo del maíz, es decir, alta pluviometría y humedad relativa (Foto 8).
- 2.- Caserío Azkatzu en el Barrio Aitzarna de Zestoa: el terreno era llano y su cultivo ordinario formado por praderas, con buena

estructura física y un elevado contenido en materia orgánica (Foto 9).

- 3.- Caserío Olloki en Berastegi: representativo de la zona de relieves orientales, presentaba un relieve llano de prado, con suelo franco-arenoso y alto contenido en materia orgánica (Foto 10).
- 4.- Caserío Muneta en Soraluze: poseía una orientación Sur, con fuerte pendiente al encontrarse en ladera de montaña y un suelo típicamente orgánico, muy fértil y de textura arenosa (Foto 11).
- 5.- Caserío Berresueta en Azpeitia: situado en la zona de relieves y valles interiores mostraba una parcela llana, de huerta, con alto contenido en materia orgánica y suelo muy bien estructurado (Foto 12).
- 6.- Caserío Korta en Mutiloa: localizado en una ladera orientada al Norte, con ligera pendiente y suelo de bosque recuperado para el cultivo de maíz, con una estructura predominantemente franco-arenosa (Foto 13).

#### **3.8.2. Variedades ensayadas**

El material vegetal empleado en los ensayos (Tabla 16) estaba compuesto de 14 variedades: 10 variedades locales, representativas de los principales grupos generados en la clasificación taxonómica, 2 poblaciones sintéticas mejoradas (Azkoitia y Lazkao), y 2 testigos comerciales (INRA 260 y Hórreo 330).

Tabla 16. Variedades evaluadas en la red de ensayos.

Variedad	Procedencia
Andoain	Grupo I
Alkiza	Grupo I
Alegia	Grupo I
Hernalde	Grupo I
Usurbil	Grupo I
Getaria	Grupo III
Altzo	Grupo V
Berrobi	Grupo V
Donostia	Grupo V
Villabona	Grupo VI
Azkoitia	Aula Dei
Lazkano	Aula Dei
INRA 260	Comercial
Hórreo 330	Comercial

La parcela elemental constaba de dos líneas de 5 m de longitud a 0,80 m entre sí y con una distancia entre golpes de 20 cm. El diseño experimental se dispuso en base a bloques completos al azar con tres repeticiones.

Los caracteres evaluados fueron fundamentalmente de ciclo y producción por ser los parámetros económicos más importantes y estar las variedades ya caracterizadas previamente. No se muestran los valores de humedad al no ser un factor fundamental, según las técnicas de cultivo y recolección empleadas en esta provincia. Los parámetros evaluados son los que se describen a continuación:

- Floración femenina (días)
- Encamado de planta (%)
- Rendimiento de grano al 14% de humedad (kg/ha)
- Índice de producción (%)

### 3.8.3. Análisis individual de los ensayos

#### Hondarribia

En la evaluación efectuada en la Finca Zubieta se obtuvieron unos rendimientos muy buenos en consonancia con el tipo de parcela (Tabla 17). Las temperaturas fueron muy adecuadas durante el cultivo, aunque la alta frecuencia de vientos marinos hizo que el encamado de plantas fuese muy elevado. La variedad Andoain destacó como la más productiva y mejor adaptada de todo el ensayo, superior incluso a ambos testigos, con un rendimiento del 53% por encima de la media. Usurbil también mostró un índice de producción superior a la media (106%), alcanzando ambas variedades las menores tasas de encamado. Getaria aunque tuvo bajo rendimiento, demostró ser una variedad de buena aptitud, por su menor porcentaje de encamado.

#### Aitzarna

Los rendimientos en esta localidad fueron elevados. Seis variedades obtuvieron índices de producción superiores a 100, destacando Lazkao, Usurbil, Getaria y Andoain, aunque sólo las tres últimas mostraron encamados inferiores a la media. Getaria tuvo el menor número de plantas caídas, siendo la variedad de mejor comportamiento para este carácter (Tabla 18).

#### Berastegi

Durante el desarrollo del cultivo la climatología fue muy desfavorable. En las primeras fases del mismo las temperaturas fueron bajas, lo que dificultó el crecimiento inicial. En conjunto fue el ensayo con menor integral térmica y mayor pluviometría. Las tormentas de granizo y viento, antes de la recolección, tumbó la práctica totalidad de las plantas del ensayo, por lo que no se contabilizó el porcentaje de encamado (Tabla 19). Las variedades Andoain, Usurbil, Lazkao y Getaria, obtuvieron los mejores rendimientos con índices de producción superiores a la media.

Tabla 17. Medias del ensayo de evaluación en Hondarribia.

Variedad	Rendimiento (kg/Ha)	Indice de producción (%)	Encamado (%)	Floración (días)
Andoain	3486a	152,9a	20,2d	76bc
Hórreo 330	3405a	149,3a	39,3abc	76bc
INRA 260	3101a	136,0a	19,4d	76bc
Usurbil	2417b	106,0b	29,2bcd	72d
Donostia	2278bc	99,9bc	32,0bcd	74cd
Villabona	2206bc	96,7bc	40,1abc	74cd
Hernialde	2142bc	94,0bc	41,3abc	76abc
Lazkao	2080bc	91,2bc	34,0abcd	78ab
Alkiza	2023bc	88,7bc	32,8abcd	76bc
Berrobi	1948bc	85,4bc	38,4abc	72d
Alegia	1937bc	84,9bc	42,6ab	77ab
Altzo	1928bc	84,5bc	38,4abc	74cd
Getaria	1740cd	76,3cd	23,6cd	79a
Azkoitia	1233d	54,1d	54,2a	77abc
Media	2280	100,0	34,1	75,5
CV	16,7	16,7	14,6	1,2

Separación de medias por Waller-Duncan (0,01).

#### Soraluze

Los rendimientos fueron buenos (Tabla 20), a pesar de la escasa pluviometría durante el período crítico de floración del cultivo. Las variedades Lazkao, Berrobi y Usurbil fueron las más productivas. Tanto la primera como la tercera tuvieron un buen comportamiento para el encamado, sin embargo Berrobi presentó un porcentaje superior a la media.

Tabla 18. Medias del ensayo de evaluación en Aitzarna.

Variedad	Rendimiento (kg/Ha)	Indice de producción (%)	Encamado (%)	Floración (días)
INRA 260	3779a	161,1a	8,6def	73cd
Hórreo 330	3519b	150,0ab	2,5efc	73cd
Lazkao	2990bc	127,5bc	18,5bde	75ab
Usurbil	2884bc	122,9bc	9,4def	71d
Getaria	2781bc	118,6bc	1,8f	76a
Andoain	2717c	115,8c	13,2d	73cd
Alegia	2476cd	105,6cd	17,0cd	73abc
Villabona	2372cde	101,1cde	16,2cd	74abc
Altzo	1859def	79,2def	41,7a	74abc
Donostia	1853def	79,0def	12,2de	73cd
Alkiza	1720efg	73,4efg	17,3cd	73cd
Hernialde	1695efg	72,3efg	34,0abc	74abc
Berrobi	1109fg	47,3fg	38,8ab	71d
Azkoitia	1085g	46,2g	33,6abc	75ab
Media	2346	100,0	16,6	73,4
CV	20,1	20,1	29,4	1,8

Separación de medias por Waller-Duncan (0,01).

#### Azpeitia

En esta localidad se obtuvieron los rendimientos más elevados, considerados muy buenos para un cultivo con variedades locales y en condiciones de secano (Tabla 21). Getaria, Lazkao, Usurbil y Andoain obtuvieron las mejores producciones, con unos porcentajes por encima de la media entre un 11 y un 18%. Sin embargo, sólo Getaria mostró un valor de encamado inferior a la media, que fue muy elevada (39,5%), y la variedad Donostia con un bajo rendimiento en grano, destacó por su buen comportamiento para encamado, con sólo un 9,7%.

Tabla 19. Medias del ensayo de evaluación en Berastegi.

Variedad	Rendimiento (kg/Ha)	Indice de producción (%)	Encamado (%)	Floración (días)
Hórreo 330	2013a	129,9a	-	78bc
INRA 260	1910a	123,3a	-	78bc
Andoain	1817a	117,3a	-	77cd
Usurbil	1790ab	115,1ab	-	76d
Lazkao	1761ab	113,7ab	-	79ab
Getaria	1733ab	111,8ab	-	80a
Hernialde	1522ab	98,2ab	-	78bc
Altzo	1476bc	95,2bc	-	77cd
Villabona	1389bc	89,6bc	-	76d
Alegia	1366bc	88,1bc	-	77cd
Alkiza	1362bc	87,9bc	-	77cd
Donostia	1289bc	83,2bc	-	76d
Berrobi	1180c	76,1c	-	76d
Azkoitia	989c	70,3c	-	78bc
Media	1550	100,0	-	77,3
CV	32,1	32,0	-	2,0

Separación de medias por Waller-Duncan (0,01).

#### Mutiloa

Los rendimientos fueron en general bajos, en parte debido a la escasez de precipitaciones en los períodos críticos del cultivo (Tabla 22). Las temperaturas fueron bajas lo que originó un alargamiento del ciclo vegetativo. Las variedades Lazkao, Usurbil y Altzo mostraron rendimientos superiores a la media del ensayo, no apareciendo diferencias significativas con los testigos. El encamado de las dos primeras fue bajo, sin embargo Altzo obtuvo un valor algo superior a la media. Getaria y Villabona mostraron un buen comportamiento para este carácter, pero con rendimientos algo inferiores a la media.



Foto 8. Ensayo de evaluación en Hondarribia.



Foto 9. Aspecto del ensayo en Aitzarna





Foto 10. Nascencia del ensayo de Berastegi.



Foto 12. Ensayo de evaluación en Loyola.

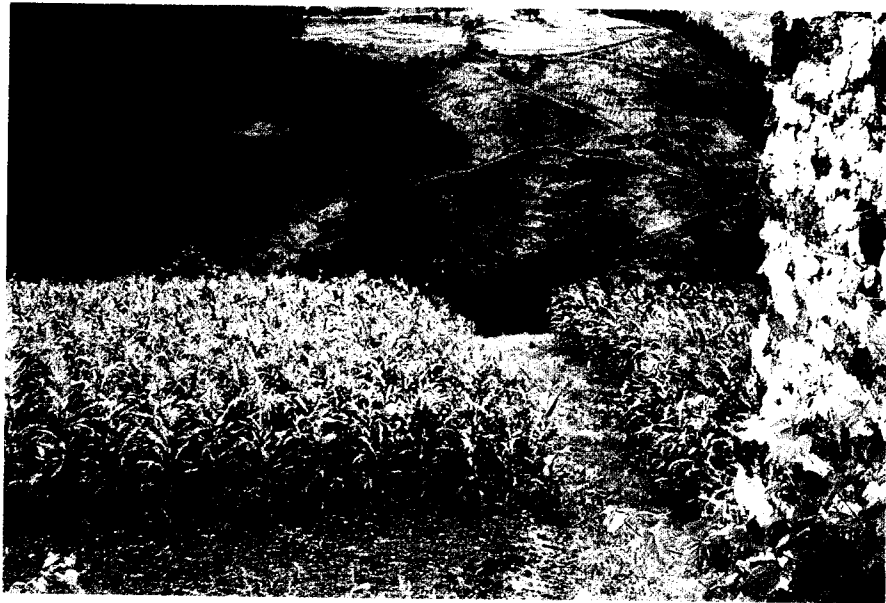


Foto 11. Vista del ensayo en Soraluze.



Foto 13. Aspecto del ensayo en Mutiloa.

Tabla 20. Medias del ensayo de evaluación en Soraluze.

Variedad	Rendimiento (kg/Ha)	Índice de producción (%)	Encamado (%)	Floración días)
Hórreo 330	3421a	174,7a	14,1bc	80cd
INRA 260	2252b	115,0b	8,0e	79d
Lazkao	2073bc	105,8bc	14,4bc	83ab
Berrobi	2050bcd	104,6bcd	17,0ab	79d
Usurbil	1992bcd	101,7bcd	11,8cd	83abc
Azkoitia	1959bcd	100,bcd	12,2cd	80cd
Alegia	1915bcd	97,8bcd	13,9bc	82abc
Andoain	1818cd	92,8cd	13,4bc	84a
Hernalde	1804cd	92,1cd	23,0a	81bcd
Villabona	1801cd	92,0cd	12,5de	80cd
Altzo	1717cd	87,7cd	15,2bc	79d
Donostia	1710cd	87,3cd	10,2de	80cd
Alkiza	1667d	85,1d	23,3a	83abc
Getaria	1244e	63,5e	12,7cd	87a
Media	1959	100,0	14,2	81,0
CV	12,9	12,9	26,8	0,9

Separación de medias por Waller-Duncan (0,01).

### 3.8.4. Análisis combinado de los ensayos

A partir de los resultados individuales de los 6 ensayos, se ha realizado un análisis conjunto con el fin de verificar las variedades de mejor comportamiento, en el amplio rango de ambientes de evaluación elegidos. La Tabla 23 muestra los resultados obtenidos en el análisis conjunto. En general, las variedades Lazkao, Andoain y Usurbil resultaron ser las más prometedoras desde el punto de vista agronómico ya que mostraron los rendimientos más elevados, con índices de producción en torno al 14% superior a la media.

Tabla 21. Medias del ensayo de evaluación en Azpeitia.

Variedad	Rendimiento (kg/Ha)	Índice de producción (%)	Encamado (%)	Floración (días)
Hórreo 330	4085a	138,6a	4,7c	77bc
INRA 260	3986ab	135,2ab	32,8bc	77bc
Getaria	3496abc	118,6abc	26,0cd	80a
Lazkao	3450abcd	117,0abcd	57,7ab	80a
Usurbil	3405abcd	115,5abcd	43,5abc	75de
Andoain	3275bcd	111,1bcd	40,4abc	77bc
Alegia	2925cde	99,2cde	39,7abc	76cd
Hernalde	2731cdef	92,6def	61,9ab	77bc
Villabona	2721def	92,0def	36,4bc	77bc
Donostia	2462ef	83,5ef	9,7de	76cd
Alkiza	2368ef	80,3ef	62,9ab	77bc
Berrobi	2207ef	74,9ef	61,3ab	74e
Azkoitia	2125f	72,1f	45,3abc	76cd
Altzo	2054f	69,6f	79,9a	76cd
Media	2949	100,0	39,5	76,7
CV	15,8	15,8	23,0	1,3

Separación de medias por Waller-Duncan (0,01).

De las dos poblaciones sintéticas de referencia, Lazkao ha presentado buen rendimiento en todas las localidades, mientras que Azkoitia ha obtenido inferiores resultados.

Tabla 22. Medias del ensayo de evaluación en Mutilloa.

Variedad	Rendimiento (kg/Ha)	Indice de producción (%)	Encamado (%)	Floración (días)
INRA 260	2425a	159,0a	6,6ab	79def
Hórreo 330	2125ab	139,3ab	4,4ab	82bc
Lazkao	2042ab	133,9ab	4,5ab	83b
Usurbil	1890ab	123,9ab	7,8ab	80cde
Altzo	1805ab	118,3ab	12,2ab	73g
Getaria	1503ab	98,5ab	2,7b	86a
Villabona	1431ab	93,8ab	6,4ab	79def
Alegia	1380ab	90,5ab	10,4ab	78ef
Hernialde	1379ab	90,4ab	15,7ab	78ef
Andoain	1294ab	84,8ab	16,8ab	79def
Azkoitia	1286ab	84,3ab	13,0ab	77fg
Donostia	1049ab	68,8ab	11,3ab	77fg
Berrobi	965ab	63,2ab	38,4a	78ef
Alkiza	780b	51,1b	6,6ab	81cd
Media	1525	100,0	10,5	80,0
CV	31,8	31,8	33,0	1,0

Separación de medias por Waller-Duncan (0,01).

En cuanto al ciclo vegetativo, la variedad más tardía resultó ser Getaria con 83,2 días desde siembra a floración, siendo la más precoz Altzo con 76,3 días. En su conjunto las variedades guipuzcoanas de maíz evaluadas son de ciclos medios a semitardíos.

Tabla 23. Medias combinadas de producción y ciclo.

Variedad	Rendimiento (kg/ha)	Indice de producción (%)	Encamado (%)	Floración (días)
Hórreo 330	3095a	147,3a	10,1f	79,4cde
INRA 260	2909a	138,5a	13,6ef	78,0efg
Andoain	2401b	114,3bc	19,9de	79,6cd
Lazkao	2399b	114,2b	22,4cd	81,4b
Usurbil	2396b	114,0b	18,1de	78,2def
Getaria	2083c	99,1cd	10,9f	83,2a
Alegia	2000cd	95,2d	22,8cd	79,4cde
Villabona	1985cd	94,5d	20,2de	77,8fg
Hernialde	1879cde	89,4de	33,9ab	78,6cdef
Altzo	1806cdef	86,0de	32,8ab	76,3h
Donostia	1774def	84,4def	14,2ef	77,2fgh
Alkiza	1653efg	77,7f	25,5bcd	79,9bc
Berrobi	1576fg	75,0ef	37,4a	76,6gh
Azkoitia	1463g	69,6f	29,2abc	78,0efg
Media	2101	100,0	21,4	78,8
CV	22,2	25,4	27,5	1,0

Separación de medias por Waller-Duncan (0,01).

Es de destacar la población Lazkao que se situó como primero o segundo más productiva en 4 localidades. Andoain fue la mejor en dos ensayos y Usurbil ocupó el segundo o tercer lugar en todos los ensayos.

Respecto al encamado, Andoain y Usurbil mostraron porcentajes inferiores a la media y Lazkao obtuvo un valor ligeramente superior.

## 4. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos de la caracterización y evaluación agronómica, en la amplia colección de variedades locales guipuzcoanas, representativas del maíz que se cultiva en esta provincia, se pueden desprender las siguientes conclusiones:

- 1.- El estudio descriptivo ha puesto en evidencia la gran variabilidad genética existente entre las variedades, para el conjunto de caracteres morfológicos estudiados.
- 2.- Los valores más altos de heredabilidad y constancia han correspondido a caracteres de mazorca y de ciclo, junto a vegetativos como alturas de planta y mazorca.
- 3.- Mediante la utilización de caracteres morfológicos se han clasificado las poblaciones en 7 grupos, 5 de ellos mayoritarios que comprenden el 98% de las variedades y 2 grupos formados por una sola población.
- 4.- Se puede afirmar la versatilidad y potencialidad del sintético Lazkao y las variedades Usurbil y Andoain, en consonancia con los resultados obtenidos en los diferentes ambientes agrológicos de las localidades de ensayo. El óptimo comportamiento productivo y de adaptación de estas variedades, junto con la gran variabilidad genética observada, hacen que las mismas puedan ser de inmediata utilización por los agricultores, tras un corto proceso de selección intravarietal.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALVAREZ A. 1988. Evaluación de poblaciones de maíz grano (*Zea mays* L.) de la Cornisa Cantábrica y estudio de sus relaciones. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
- ALVAREZ A., RUIZ DE GALARRETA J.I. 1990. Caracterización agronómica de poblaciones locales guipuzcoanas de maíz. *Sustrai* 21, 43-45.
- ALVAREZ A., GIMENEZ J., GARAY G., RUIZ DE GALARRETA J.I. 1993. Evaluación agronómica de variedades locales de maíz de la provincia de Guipúzcoa. *Sustrai* 30, 23-27.
- BARTUAL R., CARBONELL E.A., GREEN D.E. 1985. Multivariate of a collection of soybean cultivars for Southwestern Spain. *Euphytica* 34, 113-123.
- BEADLE G.W. 1939. Teosinte and the origin of maize. *J. Hered.* 30, 245-247.
- BRANDOLINI A. 1970. Razze Europee di Mais. *Maydica* 15, 5-27.
- BRANDOLINI A.; MARIANI G. 1968. Il germoplasma italiano nella fase attuale del miglioramento genetico del mais. *Genetica Agraria* 22, 189-206.
- BROWN W.L. 1960. Races of maize in the West Indies. NAS-NRC Publ. 792. Washington D.C., USA.
- CIMMYT. 1989. CIMMYT Reseña de la Investigación 1989. México, DF.
- COLLINS G.N. 1921. Teosinte in Mexico. *J. Heredity* 12, 339-350.
- COSTA-RODRIGUES L. 1969. Races of maize in Portugal. *Agronomia Lusit.* 31, 239-284.
- DARRAH L.L., ZUBER M.S. 1986. 1985 United States farm maize germplasm base and commercial breeding strategies. *Crop Sci.* 26, 1109-1113.
- DERIEUX M., BONHOMME R. 1990. Heat units requirements of maize inbred lines for pollen shedding and silking: Results of the european FAO network. *Maydica* 35, 41-46.
- F.A.O. 1993. Anuario F.A.O. de Producción. F.A.O., nº 47. Roma. Italia.

- FRANCIS A. 1990. The tripsacinae: An interdisciplinary review of maize (*Zea mays*) and its relatives. Acta Bot. Fennica 140, 1-51.
- GALINAT W.C. 1979. Small pollen in modern teosinte as a secondary adaptation for self fertilization. M.N.L. 53, 98-99
- GOODMAN M.M. 1976. Maize. p. 128-136. En Simmonds N.W. (ed.). Evolution of crop plants. Longman Group Ltd. London, UK.
- HALLAUER A.R., MIRANDA-FILHO J.B. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State Univ. Press. Ames, Iowa, USA.
- JOHANNESSEN S., HASTORF C. 1989. Corn and culture in central andean prehistory. Science 244, 690-692.
- JOHANNESSEN C.L., PARKER A.Z. 1989. Maize ears sculptured in 12th and 13th century A.D. India as of pre-columbian diffusion. Econ. Bot. 43, 164-180.
- LENG E.R., TAVCAR A., TRIFUNOVIC V. 1962. Maize of Southeastern Europe and its potential value in breeding programs elsewhere. Euphytica 11, 263-272.
- LLAURADO M. 1990. Caracterización morfológica e isoenzimática de las variedades locales de maíz de Galicia y de la Cornisa Cantábrica. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
- McNEISH R.S. 1985. The archaeological record on the problem of the domestication of corn. Maydica 30, 171-178.
- MALVAR R.A., ORDAS A. 1989. Estimación de los componentes de la varianza genética en poblaciones de maíz del Noroeste de España. XXIV Jornadas Luso-Espanholas de Genética. 71 pp.
- MANGELSDORF P.C., REEVES R.G. 1939. The origin of Indian corn and its relatives. Texas Agric. Exp. Sta. Bull. 574.
- M.A.P.A. 1992. Anuario de Estadística Agraria. Ed. Secretaría General Técnica, Madrid.
- MARTINEZ-MURGUIA M. 1907. ¿Cuándo se generalizó el cultivo del maíz en Galicia?. BRAG. Vol. II.
- MONTGOMERY E.G. 1913. Correlations studies in corn. Neb. Agric. Exp. Stn. Annu. Rep. 24, 108-159.
- ORDAS A. 1991. Heterosis in crosses between American and Spanish populations of maize. Crop Sci. 31, 931-935.
- ORDAS A., RON A.M. de 1988. A method to measure conicalness in maize. Maydica 33, 261-267.
- ORDAS A., MALVAR R.A., RON A.M. de. 1994. Relationships among American and Spanish populations of maize. Euphytica 79, 149-161.
- PAVLICIC J., TRIFUNOVIC V. 1967. A study of some important ecologic corn types in Yugoslavia and their classification. J. Sci. Agric. Res. 19,44-62.
- PEREZ-GARCIA 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.
- RADOVIC G., VIDAKOVIC M. 1979. Taxonomic studies of maize populations from Yugoslavia. Proc. of the 10th Meet. Section Maize and Sorghum. EUCARPIA.
- RON A.M. de. 1987. Estudio genético y taxonómico de las poblaciones gallegas de maíz (*Zea mays* L.). Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
- RON A.M. de, ORDAS A. 1987. Genetic study of non-ear characters in maize. Plant Breeding 98, 262-271
- RUIZ DE GALARRETA J.I. 1993. 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., GARAY G, ALVAREZ A. 1993. Variedades locales de maíz de Guipúzcoa. Sustrai 28. 29-31.
- SANCHEZ-MONGE E. 1962. Razas de maíz en España. Publ. Ministerio de Agricultura. Madrid. 179 pp.
- SALAZAR A., ALONSO S., GALLARDO J., PORTERO G., PASCUAL M.H, OLIVE A., DIAZ DE TERAN, J.R., FRANCES E. 1991. Geomorfología y Edafología de Guipúzcoa. Ed. Diputación Foral de Guipúzcoa. San Sebastián.
- WEATHERWAX P. 1935. The phylogeny of *Zea mays*. Amer. Midl. Nat. 16. 1-71.

## 6. GLOSARIO

**ancestro.** Antepasado del cual se proviene por evolución. En el caso del maíz se han considerado, como ancestros, a los teosintes y al *Tripsacum*.

**cloroplasto.** Plastidio que contiene la clorofila que es la responsable de la síntesis de los hidratos de carbono.

**constancia.** En el maíz expresa la relación entre la variación genética y la ambiental, y representa la repetibilidad de un determinado carácter, es decir, su manifestación en diferentes ambientes.

**deletéreo.** Carácter cuya presencia lleva asociada un pérdida de viabilidad.

**dendrograma.** Es la representación gráfica de un árbol genealógico, donde se manifiestan las relaciones de parentesco entre diferentes individuos.

**ecotipo.** Es una subunidad dentro de la especie, no sujeta a pérdida de fertilidad por recombinación genética con otras unidades similares. Comúnmente se refiere a una determinada variedad de cultivo, en un ambiente determinado.

**fenotipo.** Conjunto de caracteres externos que se manifiestan en un individuo dentro del medio en que se desarrolla, y que son apreciables visualmente.

**fotoperiodo.** Término referido a la duración del tiempo diario en que los organismos están expuestos a la acción de la luz.

**genotipo.** Conjunto de los factores hereditarios que regulan o condicionan, en conjunto, las normas de reacción del organismo frente al mundo exterior. Representa la fórmula genética que hereda un individuo.

**gluma.** Cubierta floral de las plantas gramíneas, que se compone de dos valvas a manera de escamas, insertas debajo del ovario.

**heredabilidad.** En Genética Vegetal se define como la parte de la variación debida al componente hereditario de una especie. La heredabilidad es una importante propiedad del conjunto de caracteres cuantitativos, ya que mide la relación existente entre los valores fenotípicos de un conjunto de individuos y los valores reales de in-

terés en la mejora de los mismos.

**heterosis.** Es un fenómeno biológico que se expresa como el incremento de productividad en la descendencia, comparado con los parentales progenitores. Desde un punto de vista práctico, la heterosis es importante sólo cuando la descendencia es superior al mejor parental.

**intraespecífico.** Subdivisión dentro de la categoría de especie, como subespecie o variedad.

**introgresión.** Introducción de uno o varios caracteres de una especie, en alguno o algunos individuos de otra especie afín, como consecuencia de cruzamientos y recombinaciones.

**isoenzimas.** Diversas formas de un enzima que catalizan la misma reacción, pero que difieren ligeramente en su composición en aminoácidos o en su estructura, por lo que son separables mediante electroforesis o cromatografía.

**línea pura.** Es el conjunto de descendientes de un individuo homocigótico. En el caso del maíz se obtienen líneas puras homocigóticas, después de más de diez generaciones de autofecundación.

**monoica.** Especie que posee sus órganos reproductores en flores distintas, pero en la misma planta. El maíz es un típico caso de monoecia.

**morfología.** Parte de la Biología que estudia la estructura y la forma de los organismos.

**mutación.** Cambio que aparece bruscamente en el genotipo y que se transmite a la descendencia, por vía hereditaria. Una mutación puede tener o no efectos fenotípicos visibles, ya que a veces las alteraciones del fenotipo son muy pequeñas o sólo se manifiestan en determinadas circunstancias.

**patrón heterótico.** Conjunto ideal de progenitores que manifiestan una determinada heterosis en su cruzamiento.

**peso hectolítrico.** Representa una medida de la densidad del grano en los cereales.

**recombinación.** Es la nueva combinación de factores parentales en individuos de la segunda o siguientes generaciones, después de un cruzamiento.

**reproducción alógama.** Fenómeno que se produce cuando el polen llega al estigma floral procedente de otra flor, tanto si ésta pertenece a la misma planta, como si corresponde a otro ejemplar de la misma especie.

**taxón.** Unidad de clasificación de cualquier jerarquía.

**taxonomía.** Es la ciencia que se ocupa de la clasificación de los organismos en general, mediante un sistema gerárquico que refleja las semejanzas y diferencias. La Taxonomía Botánica se ocupa de la clasificación de las plantas.

**teosinte.** Considerada como una especie de la que el maíz se ha originado por evolución. Se cultiva de forma espontánea en áreas de Centroamérica y México, e hibrida con el maíz originando descendencias fértiles.

**tripsacum.** Es el tercer género junto con el teosinte y el maíz que comprende la Familia Maydeas. En alguna ocasión se ha considerado al Tripsacum como un posible ancestro del maíz. Sin embargo no hibrida de forma espontánea con éste, y cuando se logra el cruzamiento, la descendencia es estéril.

**variabilidad genética.** Es la cualidad por la que diversos individuos engendrados por los mismos progenitores, pueden no ser absolutamente idénticos entre sí, o cada uno de esos individuos con respecto a sus padres. Su estudio se hace mediante métodos estadísticos ya que, en general, las diferencias son cuantitativas y muy pequeñas.

**varianza.** Medida de la dispersión estadística, que se calcula sumando los cuadrados de las diferencias entre cada valor individual y la media de una población.

**xenia.** Fenómeno relativo a la influencia del polen extraño, procedente de otra variedad. En el caso del maíz, cuando la inflorescencia femenina de una variedad de grano amarillo es en parte polinizada por otra variedad de color diferente, la mazorca resultante tiene granos de ambos colores.

**zuro.** Raquis o corazón de la mazorca de maíz.