



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA VEGETAL

**IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA  
CONSERVACIÓN DE RAZAS DE MAÍZ EN LA SIERRA DE  
ECUADOR**

Memoria de

TESIS DOCTORAL

Presentada por

**César Guillermo Tapia Bastidas**

Ingeniero Agrónomo

Para optar al grado de

Doctor en Ciencias

Madrid, 2015

## RESUMEN

En Ecuador el maíz es el cultivo más importante en superficie y es base de la alimentación para la población rural que vive en los Andes. A diferencia de lo que sucede en la Costa, en la región Sierra todavía se cultivan numerosas variedades tradicionales que se agrupan en veinticuatro razas. Mantener esta diversidad es, pues, de gran importancia no solo para la seguridad alimentaria, sino también como fuente de genes para tolerancia a factores abióticos que podrían ser incorporados a las variedades modernas. Si bien parte de esta diversidad fue recolectada a mediados del siglo pasado y está siendo conservada en distintos bancos de germoplasma, es deseable que su conservación *in situ* también esté asegurada, entre otras razones, porque de esta manera el cultivo puede seguir evolucionando. Para poder implementar un plan de conservación en finca que contribuya a preservar este patrimonio, resulta imprescindible identificar áreas idóneas donde concentrar los recursos y conocer las características y tipologías de los agricultores que manejan la diversidad actual. Generar esta información es el objetivo principal de esta investigación y para lograrlo se han llevado a cabo cuatro estudios: (1) Análisis de la diversidad a nivel de razas e identificación de áreas de alta riqueza de razas, alta diversidad morfológica y/o alta diversidad ecogeográfica en la Sierra de Ecuador, (2) Identificación del perfil y las características de los agricultores que conservan y manejan las variedades tradicionales de maíz en la Sierra de Ecuador, (3) Análisis del conocimiento local, manejo y usos de variedades tradicionales de maíz en la Sierra de Ecuador, y (4) Identificación de áreas de alta diversidad y bajo riesgo de pérdida para la conservación en finca de maíz en la Sierra de Ecuador.

Para el primer estudio se visitaron 303 fincas distribuidas a lo largo de la Sierra y se recolectaron 636 muestras que fueron caracterizadas morfológicamente mediante 14 variables: 8 relacionadas con la mazorca (forma, longitud y diámetro de la mazorca, color y diámetro de olote y número y disposición de hileras) y 7 referidas al grano (número total de granos, color, forma, longitud, anchura y grosor de grano y tipo de endospermo). Adicionalmente, las fincas donde se tomaron las muestras fueron caracterizadas ecogeográficamente mediante 5 variables climáticas (temperatura media estacional, rango de temperatura media anual, temperatura mínima de diciembre, precipitación estacional y precipitación de octubre), 2 geofísicas (altitud y pendiente) y 5 edáficas (textura principal del suelo, profundidad a roca, pH, contenido en materia orgánica y fertilidad). A partir de esta información y mediante técnicas de sistemas de información geográfica (SIG), se generaron mapas de distribución por raza en formato vectorial y un mapa de riqueza de razas, un mapa de diversidad morfológica y un mapa de diversidad ecogeográfica en formato ráster con celdas de 10 km x 10 km. Los resultados permitieron constatar que, en los últimos 60 años, no se ha perdido ninguna raza. Sin embargo, Canguil, Chaucho y Clavito han dejado de cultivarse en algunas provincias con la consiguiente erosión genética del cultivo. La caracterización morfológica detectó diferencias en el grado de variabilidad intra-raza, siendo Patillo Ecuatoriano, Racimo de Uva y Uchima las razas más heterogéneas tanto para los caracteres cualitativos como cuantitativos. A nivel climático y geofísico, también se

detectaron diferencias en el grado de variación intra-raza; Cuzco Ecuatoriano, Kcello Ecuatoriano y Montaña Ecuatoriana fueron las razas que en promedio presentaron mayores rangos y coeficientes de variación para estas variables ecogeográficas. En cuanto a las condiciones edáficas todas las razas, excepto Cónico Dentado, presentaron una gran heterogeneidad, pudiendo crecer tanto en suelos ricos como pobres, con valores de pH entre ácido y moderadamente alcalino. La comparación entre razas reveló diferencias significativas en los rangos ambientales de algunas razas como Cónico Dentado, que tiende a cultivarse a menor altitud y, por tanto, en ambientes menos fríos y de mayor precipitación que Blanco Blandito, Patillo Ecuatoriano, Sabanero Ecuatoriano, Uchima y Zhima. Para la mayoría de las razas se encontraron materiales potencialmente adaptados a condiciones de estrés (precipitación estacional inferior a 500 mm y suelos con pH entre 4.5 y 5.5). Finalmente, los mapas de riqueza, de diversidad morfológica y de diversidad ecogeográfica mostraron 36 celdas de alta diversidad repartidas en las 10 provincias de la Sierra: 11 celdas en las provincias del norte, 11 en las provincias del centro y 14 en las provincias del sur.

Para la caracterización e identificación de las tipologías de los agricultores que cultivan maíz en la Sierra de Ecuador y el análisis de los posibles factores de riesgo de pérdida de diversidad, se realizaron entrevistas individuales y semiestructuradas a los agricultores dueños de las fincas donde se recolectaron las muestras para el estudio de diversidad (254 en total). Las preguntas que se formularon (11 abiertas y 5 cerradas) estuvieron organizadas en seis bloques: datos del agricultor, características de la finca, diversidad y conocimiento del cultivo, manejo del cultivo, usos y flujo de semillas. Los resultados indicaron que la diversidad de maíz que hay en la Sierra de Ecuador es manejada mayoritariamente por agricultores mestizos, de entre 30 y 55 años, que cultivan una o dos variedades tradicionales para autoconsumo, en parcelas de menos de 0.5 ha y en asocio con fréjol. El análisis de segmentación mediante el algoritmo Chi-square automatic interaction detection (CHAID) permitió identificar un pequeño grupo de agricultores indígenas con parcelas medianas (entre 0.5 ha y 1.5 ha) que conservan un mayor número de variedades tradicionales por finca que el agricultor promedio. Los análisis estadísticos no detectaron diferencias significativas entre etnias (mestizo vs. indígena), géneros (hombre vs. mujer) y grupos de edad (jóvenes menores de 30 años, adultos entre 30 y 55 años y adultos mayores de 55 años) en lo que respecta al conocimiento del cultivo (criterios de reconocimiento y razones de preferencia) y manejo (tipo de cultivo), pero sí detectaron diferencias entre regiones, principalmente en el modo de cultivar el maíz; mientras que en el norte y sur tienden a sembrarlo en asocio y con un mayor número de especies, en el centro acostumbran a cultivarlo preferentemente solo. En cuanto a los usos, se recopilieron hasta 39 modos diferentes de consumir maíz, siendo Kcello Ecuatoriano y Zhima las razas para las que se registró un mayor número de usos. La comparación del número medio de usos por variedad entre etnias evidenció que los agricultores mestizos utilizan sus variedades tradicionales de forma más variada que los indígenas. Entre los factores de riesgo que se analizaron, el bajo porcentaje de jóvenes agricultores que se ocupan de las fincas podría suponer una amenaza a medio plazo por falta de relevo generacional. Adicionalmente, las numerosas

sinonimias y homonimias que se detectaron y el bajo intercambio de semillas también podrían ser causa de pérdida de diversidad, bien por reemplazo o por envejecimiento de la semilla. Finalmente, se concluyó que las razas Chaucho, Complejo Chillo-Huandango, Complejo Mishca-Huandango, Cónico Dentado, Montaña Ecuatoriana y Sabanero Ecuatoriano son particularmente vulnerables, no solo por su baja presencia, sino también por el color de grano que tienen (los mismos que la mayoría de las razas más comunes) y carecer de nombres y usos específicos.

Finalmente, para la priorización de áreas de conservación en finca para maíz en la Sierra de Ecuador, se utilizaron 13 criterios de diferente naturaleza: 2 ecogeográficos (precipitación, diversidad ecogeográfica), 6 biológicos (grado de presencia del cultivo, riqueza de razas, diversidad morfológica, presencia de mezclas, presencia de razas locales y riesgo de erosión genética), 3 culturales (abundancia de variedades por finca, diversidad de usos y frecuencia de intercambio) y 2 demográficos (tamaño de la población y distancia a núcleos urbanos). Mediante técnicas SIG y de evaluación multicriterio, los valores originales de las capas-criterio fueron transformados a una escala de 0 a 100. Posteriormente, las capas-criterio normalizadas fueron sumadas utilizando tres métodos de ponderación: (1) mismo peso, (2) diferente peso según la puntuación otorgada por 72 expertos, y (3) diferente peso según el método de comparación entre pares de criterios. Los resultados permitieron identificar ocho celdas de 10 km x 10 km con alta puntuación (> 65): tres celdas en el norte (una en cada una de las provincias), una celda en el centro (en la provincia de Cotopaxi), y cuatro celdas en la región sur (dos en Azuay y otras dos en Loja).

## SUMMARY

In Ecuador, the maize is the most important cultivation in surface and it is a base of the feeding for the rural population who lives in the Andes. In contrast to what it happens on the Coast, in the Sierra region still there are cultivated numerous traditional varieties that are grouped into twenty-four races. Maintaining this diversity is, therefore, of great importance not only for food security, but also as a source of genes for tolerance to abiotic factors could be incorporated into modern varieties. Although part of this diversity was collected in the middle of the last century and is still preserved in various germplasm banks, it is desirable for the *in situ* conservation also is assured, among other reasons, because in this way the crop can continue to evolve. To be able to implement a conservation plan *on farm* that contribute to preserving this heritage, it is essential to identify suitable areas where to concentrate resources and know the characteristics and typology of farmer who managed the current diversity. To generate this information is the main target of this investigation and to achieve this, four studies have been carried out: (1) Analysis of the diversity at races and identification of areas of high richness of races, high morphological diversity and / or ecogeographical high diversity in the Sierra of Ecuador, (2) Identification of the profile and characteristics of farmers who conserve and manage traditional varieties of maize in the Sierra of Ecuador, (3) Analysis of local knowledge, management and use of traditional varieties of maize in the Sierra of Ecuador, and (4) Identification of areas of high diversity and low risk of loss for the conservation of maize in the Sierra of Ecuador.

For the first study were visited 303 farms distributed along the Sierra and collected 636 samples that were characterized morphologically by 14 variables: 8 related to the ear (shape, length and diameter of the cob, colour, and diameter of cob and number and arrangement of rows) and 7 referred to the grain (total number of grain, colour, shape, length, width, and thickness and type of grain endosperm). In addition, the farms where the samples were taken were characterized ecogeographically through 5 climatic variables (seasonal average temperature, range of average annual temperature, minimum temperature for December, seasonal precipitation and precipitation of October), 2 geophysical (altitude and slope) and edaphic 5 (main texture of the soil, deep rock, pH, content of organic matter and fertility). From this information and techniques of geographic information systems (GIS), maps were generated for distribution by race in vector format and a map of richness of races, a map of morphological diversity and a map of ecogeographical diversity in raster format with cells of 10 km x 10 km. The results allowed observing that, over the past 60 years, it has not lost any race. Nevertheless, Canguil, Chaucho and Clavito have stopped being cultivated in some provinces with the consequent genetic erosion of the cultivation. The morphological characterization detected differences in the degree of variability intra-race, being Patillo Ecuatoriano, Racimo de Uva and Uchima races more heterogeneous both for the qualitative and quantitative characters. At climate and geophysical level, also detected differences in the degree of variation intra-race; Cuzco Ecuatoriano, Kcello Ecuatoriano and Montaña Ecuatoriana were races that, on average, showed

higher ranges and coefficients of variation for these geographical characters. In terms of the edaphic conditions, all races, except Cónico Dentado, showed a great heterogeneity, and can grow both in rich and poor soils, with pH values between acid and moderately alkaline. The comparison between races revealed significant differences in the environmental ranges in some races as Cónico Dentado, which tends to be grown at lower elevations and, therefore, in environments less cold and greater precipitation than Blanco Blandito, Patillo Ecuatoriano, Sabanero Ecuatoriano, Uchima and Zhima. For most of the races were found materials potentially adapted to stress conditions (seasonal precipitation less than 500 mm and soil with a pH between 4.5 and 5.5). Finally, the maps of richness, morphologic diversity and ecogeographical diversity showed 36 cells high diversity distributed in 10 provinces of the Sierra: 11 cells in the northern provinces, 11 in the central provinces and 14 in the southern provinces.

For the characterization and identification of the typology of the farmers who cultivate corn in the Sierra of Ecuador and the analysis of the possible factors of risk of loss of diversity, there were realized interviews individual and semistructured to the farmers' owners of the farms where the samples were gathered for the study of diversity (254 in whole). The questions that were formulated (11 opened ones and 5 closed ones) were organized in six blocks: data of the farmer, characteristics of the farm, diversity and knowledge of the crop, crop management, uses and seed flow. The results indicated that the maize diversity that exist in the Sierra of Ecuador is managed mainly by mestizo farmers, aged between 30 and 55, who cultivate one or two traditional varieties for self-consumption, on plots of less than 0.5 has and in associated with beans. The segmentation analysis algorithm using the Chi-square automatic interaction detection (CHAID technique), allowed to identify a small group of indigenous farmers with medium-sized plots (between 0.5 there is and 1.5 it is) that a major number of traditional varieties preserves for farm that the average farmer. The statistical analysis did not detect significant differences between ethnic groups (mestizos vs. indigenous), genres (man vs. women) and age groups (young people under 30 years of age, adults between 30 and 55 years and adults over 55 years old) in regards to the knowledge of the cultivation (recognition criteria and reasons of preference) and management (type of crop), but if detected differences between regions, mainly on the mode of cultivating the maize; while in the north and south they tend to sow in associate and with a greater number of species, in the center accustomed to cultivate it preferably only. In regards to the uses, they were compiled up to 39 different ways of consuming maize, being Kcello Ecuatoriano and Zhima the races for which a major number of uses registered. The comparison of the average number of uses per variety between ethnic groups showed that the mestizo farmers used their traditional varieties of form more varied than the indigenous people. Between the factors of risk that were analyzed, the low percentage of young farmers who deal with the farms might suppose a medium-term threat for lack of generational relief. In addition, the numerous synonyms and homonyms that were detected and the low seed exchange could also be a cause of loss of diversity, either by replacement or by aging of the seed. Finally, it was concluded that the races Chaucho, Complex Chillo-Huandango, Complex Mishca-Huandango, Cónico Dentado, Montaña

Ecuadoriana and Sabanero Ecuatoriano are particularly vulnerable, not only because of their low presence, but also by the grain color they have (the same as the majority of races more common) and lack of names and specific uses.

Finally, for the prioritization of maize conservation areas *on farm* in the Sierra of Ecuador, used 13 criteria of different nature: 2 ecogeographic (precipitation, diversity ecogeographical), 6 biological (degree of presence of the crop, races richness, morphological diversity, the presence of mixtures, presence of local races and risk of genetic erosion), 3 cultural (abundance of varieties per farm, diversity of uses and frequency of exchange) and 2 demographic (population size and distance to urban centers). Using GIS techniques and multicriteria evaluation, the original values of the layers-criterion were transformed to a scale of 0 to 100. Later, the normalized layers - criteria were added using three weighting methods: (1) the same weight, (2) different weight according to the score given by 72 experts, and (3) different weight according to the method of comparison between pairs of criteria. The results allowed to identify eight 10 km cells x 10 km with high punctuation (> 65): three cells in the north (one in each of the provinces), a cell in the center (in the Cotopaxi province), and four cells in the south region (two in Azuay and other two in Loja).