

AVANCES, DESARROLLO Y SUSTENTABILIDAD AGROAMBIENTAL

Luis SANDIA
Francklin RIVAS
Edmundo RECALDE
Santiago MAFLA

Editores

EN **ECUADOR**
Y **VENEZUELA**



COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL

47 miembros de 12 países (Alemania, Argentina, Brasil, Chile, Ecuador, España, Hungría, Perú, Portugal, Puerto Rico, Suiza, Venezuela):

Marco Antonio Alfaro (Universidad de La Serena, Chile)
Marilena Asprino (PUCESI, Ecuador)
Tomás Bandes (ULA, Venezuela)
Ceres Boada (ULA, Venezuela)
Gladys Cáceres (ULA, Venezuela)
Omar Carrero (Granflor, Brasil)
Richard Andrés Campusano (CIT, Chile)
Sabina Caula (UC, Venezuela)
Eulogio Chacón (ULA, Venezuela)
Doris Chalampiente (Universidad Técnica del Norte, Ecuador)
Fernando Delgado (ULA, Venezuela)
Leoncio Fernández (Universidad Agraria la Molina, Perú)
Pablo Fernández (Universidad de Concepción, Chile)
Yohn García (ULA, Venezuela)
Alejandro Gutiérrez (ULA, Venezuela)
Edwin Hernández (UCLA, Venezuela)
Alejandro Liñayo (CIGaIR, Venezuela)
Luis LLambi (ULA, Venezuela)
Jorge López (UCLA, Venezuela)
Juan López (ULA, Venezuela)
Raúl Machiavelli (Universidad de Puerto Rico, Puerto Rico)
Ronald Maldonado (Flouromatic, Suiza)

Jesús Mejías (ULA, Venezuela)
Elías Méndez (ULA, Venezuela)
Misael Molina (UNESUR, Venezuela)
Ana Yajaira Moret (ULA, Venezuela)
María Alejandra Noguera (POCH by WSP, Chile)
Györgyi Paloczi (Instituto de Meteorología, Hungría)
Anna Gabriela Pérez (ULA, Venezuela)
Mariela Alexandra Pérez (Yachay, Ecuador)
Rubén Pérez (Gas Energy, Venezuela)
Katina Rincón (Pequiven, Venezuela)
Luis Rincón (Universidad San Francisco, Ecuador)
Juan Carlos Rivero (ULA, Venezuela)
José Rojas López (ULA, Venezuela)
María Isabel Rojas Polanco (ULA, Venezuela)
José Gregorio Rosales (ULA, Venezuela)
Cándida Shinn (Universidad de Coimbra, Portugal)
Lillian Spencer (Yachat, Ecuador)
Sonia Sgroppo (UNNE, Argentina)
Delfina Trinca (ULA, Venezuela)
José Valderrama (CIT, Chile)
Carolina Valera (ULA, Venezuela)
Johanna Vasconez (Escuela Superior Politécnica del Ejército, Ecuador)
María Elena Vergara (HS Osnabrück, Alemania)
Mary Vergara (PUCESI, Ecuador)
Mauricio Villarroel (FIBAO, España)

AVANCES, DESARROLLO Y SUSTENTABILIDAD AGROAMBIENTAL EN ECUADOR Y VENEZUELA

EDITORES: LUIS SANDIA, FRANCKLIN RIVAS, EDMUNDO RECALDE y SANTIAGO MAFLA

Este libro es producto del Acuerdo de Cooperación Interinstitucional entre la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) Sede Ibarra, y la Universidad de Los Andes (ULA) de Venezuela a través del Consejo de Publicaciones en Mérida, Venezuela..

Av. Aurelio Espinosa Pólit, Ibarra, Ecuador.

Teléfonos: +593 6 264-1786 <http://www.pucesi.edu.ec>

Av. Andrés Bello, antiguo CALA, La Parroquia, Mérida, estado Mérida, Venezuela.

Telefax: +58274 2713210, 2712034, 2711955

Correo: cpula@ula.ve <http://www.ula.ve/cp>

Colección: Ciencias de la Tierra

Serie: Ambiente

1a edición, 2017

Reservados todos los derechos

© UNIVERSIDAD DE LOS ANDES (ULA)

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, SEDE IBARRA (PUCESI)

Hecho el depósito de ley

Depósito legal (digital) ME2017000168 (Venezuela)

ISBN (digital) 978-980-11-1899-2 (Venezuela)

ISBN (digital) 978-9978-375-33-4 (Ecuador)

CONCEPTO Y DISEÑO GRÁFICO: REINALDO SÁNCHEZ GUILLÉN vandrakor@gmail.com

ORGANIZACIÓN DE TEXTOS: ZULAY PEÑA DUGARTE penazulay@gmail.com

CORRECTOR: LUIS PANIAGUA correctorcpula@gmail.com Consejo de Publicaciones

Este libro fue sometido al debido proceso de evaluación y dictamen de reconocidos árbitros en el área, resultando favorable su evaluación y publicación dentro del programa de coediciones del Consejo de Publicaciones de la Universidad de Los Andes de Venezuela.

CAPÍTULO

17



Representatividad de la colección de maíz

de la Sierra Norte de Ecuador

POR

César Guillermo **TAPIA BASTIDAS**

Marcelo **TACÁN**

Edwin **NARANJO**

■ Introducción

En todos los ambientes en los que se ha sido cultivado el maíz durante siglos -comparados con aquellas áreas donde el maíz ha sido introducido hace relativamente poco tiempo- los cultivares han sido mantenidos, desarrollados y mejorados por agricultores-mejoradores durante muchas generaciones y son cultivados aún hoy en día. La gran diversidad de 29 razas que hay en Ecuador (Timothy et al., 1966) tiene relación con la historia y la geografía del país. Sus razas han sido introducidas del norte y del sur; ha habido cruces entre razas y el aislamiento geográfico ha permitido el desarrollo de nueva variabilidad en las tierras altas del centro de Ecuador. Estas razas son fuentes de características importantes para la adaptación local y la sostenibilidad del agricultor.

Lamentablemente, muchos centros de domesticación y diversificación están experimentando cambios rápidos en las prácticas agrícolas, producto de lo cual existe un peligro latente de un proceso de erosión genética de la diversidad de razas de maíz, costumbres y saberes locales que han dado sostenibilidad a los sistemas agrícolas (Brush, 2004). Esta pérdida se debe principalmente a varios factores como reemplazo de variedades tradicionales por variedades mejoradas, cambios en el uso del suelo, migración, integración en los mercados, dramática reducción en la proporción de la población de fincas agrícolas (Aguirre *et al.*, 2000; Bellon, 2000), cambios en los hábitos alimenticios y cercanía a mercados que tienden a homogenizar y no diversificar.

En las dos últimas décadas ha habido numerosos proyectos enfocados a promover la conservación en fincas (Almekinders y de Boef, 2000; Jarvis et al. 2000; Louette y Smale, 2000) y específicamente del maíz en varias zonas del planeta, pero fundamentalmente en el centro y sur de México (Bellon et al. 2003) y en la región Andina, zona norte de la sierra de Ecuador (Tapia y Carrera, 2011). Estos lugares son particularmente prometedores para la conservación de maíz debido a que presentan un alto nivel de diversidad intraespecífica que refleja un largo proceso de coevolución entre el cultivo y la población humana local (Piperno y Flannery, 2001; Pope et al. 2001). Esto se complementa con la conservación *ex situ* que ha permitido la formación de la colección nacional de maíz mantenida en el banco de germoplasma del INIAP producto de varias exploraciones de colecta desde los años de 1950.

Sin embargo, es importante el abordaje de nuevas recolecciones de germoplasma que aseguren capturar la mayor diversidad genética posible, es decir, qué tanto se parece la muestra de la diversidad conservada *ex situ* respecto a la diversidad genética total que ocurre en la naturaleza, lo que se denomina representatividad de una colección de germoplasma.

Por lo tanto, se planteó identificar vacíos o faltantes (*gap analysis*) en la colección del INIAP y la colecta de nuevo germoplasma que permita mejorar la representatividad de la misma.

■ Materiales y métodos

Características de la zona norte del país

El presente estudio fue efectuado en dos provincias al norte de la sierra ecuatoriana. La provincia del Carchi es la más septentrional del Ecuador; tiene una extensión aproximada de 3.605 km² y está integrada por los cantones Bolívar, Espejo, Mira, Montufar, San Pedro de Huaca y Tulcán. Esta provincia basa su economía principalmente en la agricultura y se destaca en la producción de trigo, cebada, maíz, habas, arvejas, lentejas y especialmente papas, con las que ocupa uno de los primeros lugares en la producción nacional (Avilés, 2009).

La otra provincia es Imbabura, que tiene una extensión aproximada de 4.523 km² y está integrada por los cantones Antonio Ante, Cotacachi, Ibarra, Otavalo, Pimampiro y San Miguel de Urcuquí. Se la conoce como “La Provincia de los Lagos” por estar salpicada por numerosos y hermosos lagos y lagunas. Su tierra es muy rica, pródiga y apta para la agricultura, y en ella hay importantes cultivos de maíz, fréjol, caña de azúcar, café, palma, tomate, bosques de maderas finas, tubérculos, algodón y tabaco; se dan también frutas como papaya, guanábana, banano, granadilla, guayaba y otras propias del subtrópico (Avilés, 2009).

Identificación de vacíos

Para lograr una buena representatividad de la colección del INIAP en la zona en estudio se hizo un análisis de faltantes o vacíos *gap analysis*. Para llevarlo a cabo fue necesario, por medio de sistemas de información geográfica, generar mapas de abundancia, colecta y riqueza de razas de mediante el siguiente proceso: 1) se creó una retícula de celdas de 10 x 10 km en el programa diva-gis (Hijmans et al., 2001); 2) se superpuso esta retícula sobre el mapa administrativo de las dos provincias en estudio; y 3) se asignó un color a cada celda en función del número de accesiones por celda y número de razas. Luego, se comparó con la distribución de las frecuencias de las recolecciones de la colección, lo que permitió ver claramente qué ambientes estaban sobrepresentados en la colección.

Colecta de germoplasma

Tomando como base la información generada en el análisis de vacíos se planificaron dos expediciones (una por provincia) haciendo coincidir los viajes con la época de la cosecha. Para la recolección del germoplasma se aplicaron los procedimientos y métodos recomendados por el Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos del INIAP (Monteros-Altamirano et al., 2016), así como los protocolos sugeridos en el Código Internacional de Conducta para la Recolección y Transferencia de Germoplasma Vegetal de la FAO (FAO, 1994). La recolección se hizo directamente en las fincas de los agricultores. Cuando se visitaron comunidades indígenas, se contactó con el promotor de la zona para que acompañara al equipo recolector. Su presencia generó confianza entre los agricultores y apoyó con el idioma de la etnia ahí presente, el *Kichua*.

Muestreo

La estrategia de muestreo, dentro de las parcelas, estuvo condicionada por la forma que tienen los agricultores de cultivar maíz en esta zona de la sierra y por la diversidad de microambientes. La mayoría de los agricultores de la sierra norte de Ecuador siembran en mezcla; esto es, cultivan en una misma parcela diversas razas sin un orden establecido generando poblaciones muy heterogéneas. Por tanto, una vez identificadas las razas presentes en una parcela se procedió a tomar una muestra representativa de cada una de ellas seleccionando plantas con fenotipos similares que estuvieran distribuidas a lo largo y ancho de la parcela. Cuando en la finca hubo parcelas adicionales sembradas con una sola raza, se procedió a hacer un muestreo aleatorio en zig-zag (si la parcela era llana) o estratificado (si la parcela presentaba zonas con pendiente).

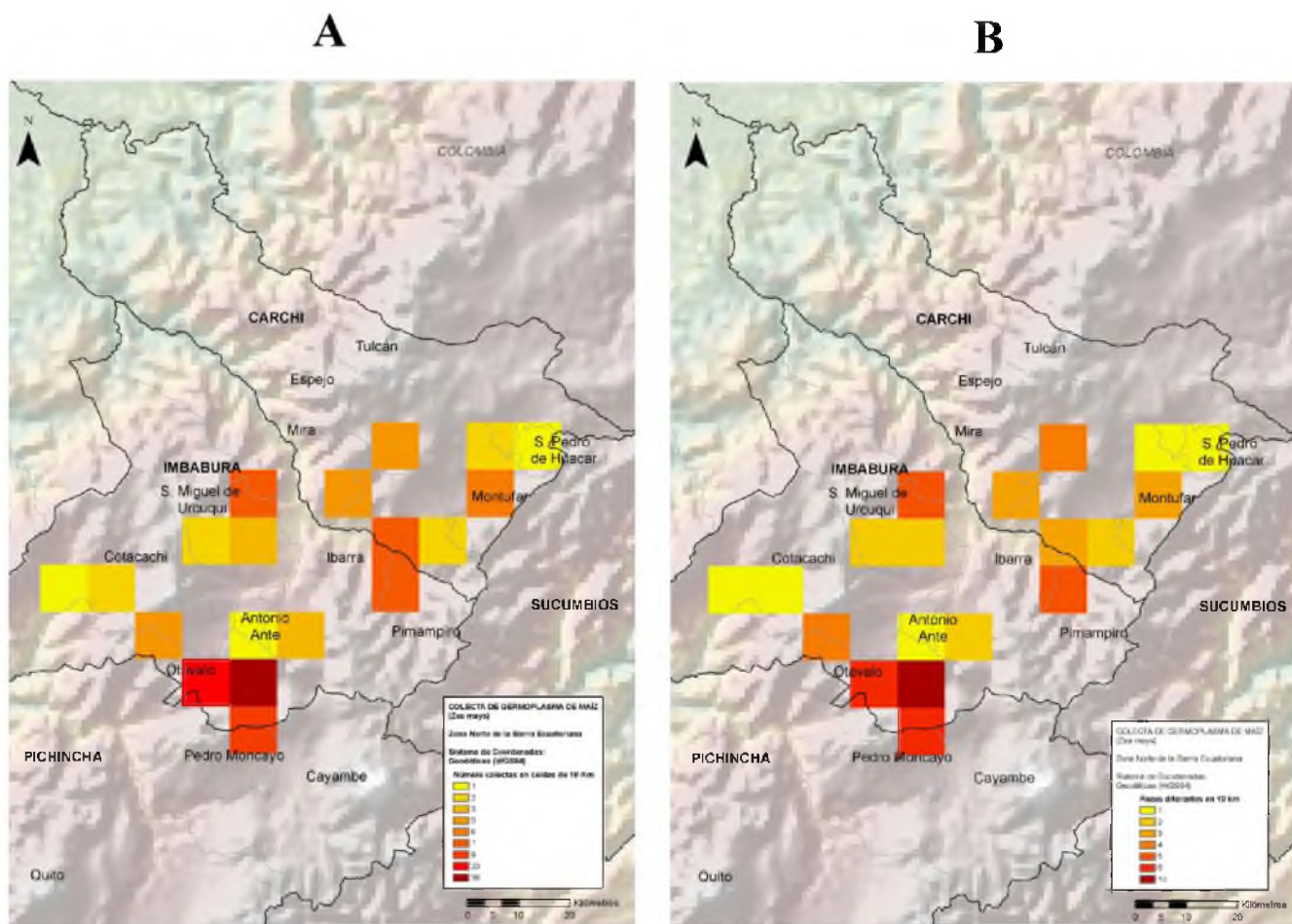
En la mayoría de los casos se seleccionaron 10 plantas por variedad y se recolectaron dos mazorcas por planta (aproximadamente 4.000 semillas). Cuando esto no fue posible se recolectó un mínimo de tres mazorcas por variedad. Para cada una de las muestras recolectadas se rellenó un formulario con los datos de pasaporte.

Resultados y discusión

En las dos expediciones de colecta que se hicieron en el año 2009, en 12 cantones y 48 fincas se colectaron 129 accesiones, 127 corresponden a 12 razas botánicas y dos no se pudieron identificar por presentar mezclas de diferentes granos en la mazorca. En orden de frecuencia se recolectaron accesiones de las razas: *Mishca* (32 accesiones), *Chillo* (23), *Morochón* (21), *Chulpi Ecuatoriano* (19), *Huandango* (11), *Blanco Blandito* (10), *Racimo de Uva* (5), *Complejo Mishca Chillo* (2), *Canguil* (1), *Chaucho* (1), *Cuzco Ecuatoriano* (1) y *Complejo Mishca Huandango* (1). Los cantones donde se recolectó un mayor número de razas fueron Cotacachi (12 razas), Otavalo (11 razas), Pimampiro (6 razas), Urcuquí (5 razas) y Bolívar (5 razas) (**MAPA 1**).

El análisis de las colectas que se llevaron a cabo en la última década (incluyendo las realizadas en 2009) señala los cantones Otavalo y Cotacachi, ambos en la provincia de Imbabura, como áreas potenciales para desarrollar programas de conservación *in situ*. Según los resultados, al menos se cultivan 11 razas diferentes en el cantón de Otavalo y 12 en Cotacachi. Esta gran riqueza, que representa el 41% de diversidad reportada en el Ecuador, está asociada a una infinidad de usos alimenticios y medicinales que contribuyen a la nutrición y salud de las comunidades indígenas.

En este sentido, la gran diversidad de maíces en los cantones de Cotacachi y Otavalo se debe a que desde tiempos antiguos, los saberes ancestrales han permitido clasificar los maíces con base en el color que presentaban, como, por ejemplo, maíz blanco, maíz amarillo, maíz barroso (beige), maíz negro, *cancha blanca* (maicillo), maíz de color (rojo), *huanza* (color crema), plomo, *misha* (rojo y blanco) y maíz morocho (Tapia y Carrera, 2011). Esta diversidad en esas zonas ha contribuido a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas que funcionan a partir de asociaciones complejas de maíz, fréjol, arveja, habas,



MAPA 1

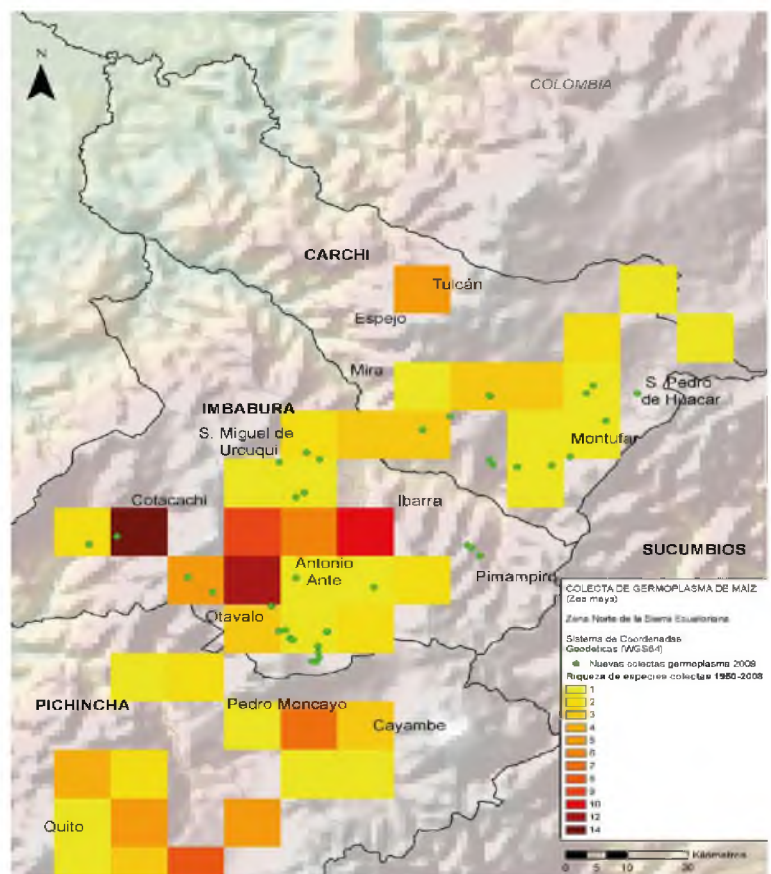
Mapas de abundancia y riqueza de las colectas del año 2009. A. Mapa de abundancia; B. Mapa de riqueza de razas. INIAP, 2017. Fuente: INIAP

calabaza, chochos y quinua con rotaciones periódicas (Ramón, 1984). El maíz, al crecer primero, sirve de soporte para el desarrollo del fréjol, mientras que sus raíces alimentan colonias de bacterias que fijan el nitrógeno necesario para renovar la fertilidad del suelo. Las calabazas, o *ayamas*, crecen al nivel del suelo y completan su cubierta vegetal.

En el **MAPA 2** permite comparar la abundancia de las colectas efectuadas entre 1950 y 2008 (representada en celdas) con los sitios de colecta del año 2009 (puntos color verde), y comprueba que la mayoría de las nuevas accesiones colectadas fueron hechas en sitios donde había un menor número de colectas o no había colectas. Por lo tanto, este proceso de colecta ha contribuido a mejorar la colección de maíz del INIAP en la medida en que la diversidad existente en las provincias de Imbabura y Carchi ha quedado mejor representada en la colección.

Adicionalmente, las colectas de 2009 han contribuido al conocimiento de la presencia de nuevas razas no reportadas anteriormente en estas provincias, como es el caso

de una accesión de la raza *Cuzco Ecuatoriano* y dos accesiones de *Complejo Mishca Chillo*, y a la conservación de una mayor variabilidad intraraza, especialmente de las razas *Chillo*, *Chulpi Ecuatoriano*, *Mishca* y *Morochón*, llegándose a duplicar en algunos casos el número de accesiones (**FIGURA 1**).



MAPA 2
Sitios de las provincias de Imbabura y Carchi prospectadas entre 1950-2008 (celdas) frente a las zonas prospectadas en el año 2009 (puntos verdes) INIAP, 2017. Fuente: INIAP

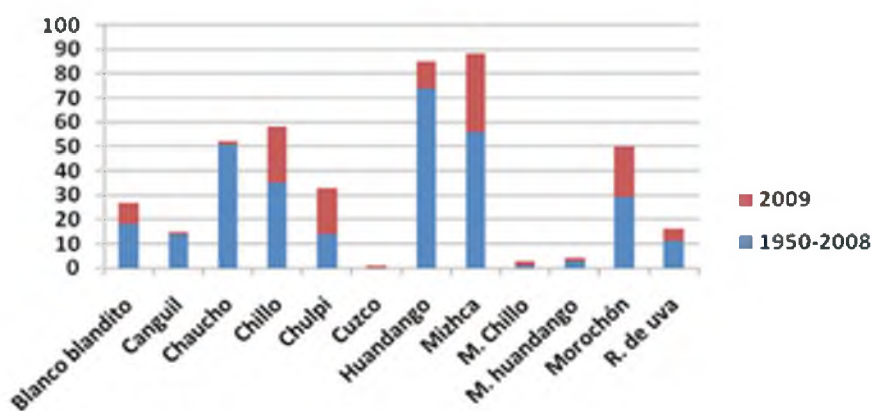


FIGURA 1
Composición de la colección de maíz antes y después de la colecta del 2009, referida a las provincias de Imbabura y Carchi. INIAP, 2017. Fuente: INIAP

■ Conclusiones

Se cultivan 11 razas diferentes en el cantón de Otavalo y 12 en Cotacachi, lo que representa el 41% de diversidad reportada en el Ecuador.

Las colectas realizadas en las provincias de Imbabura y Carchi han contribuido a mejorar considerablemente la representatividad de la colección del INIAP.

Se ha incrementado la variabilidad intraraza de todas las razas reportadas para la sierra norte, principalmente de *Chulpi Ecuatoriano*, *Chillo*, *Mishca* y *Morochón*, y se ha enriquecido la colección con una nueva accesión de *Cuzco Ecuatoriano* y dos del *Complejo Mishca Chillo* que no estaban reportadas para esta zona.

Se ha identificado a los cantones de Otavalo y Cotacachi como áreas de conservación de la agrobiodiversidad de maíz debido a que las comunidades agrícolas aún mantienen sus conocimientos y saberes ancestrales, lo que conduce a la conservación de una alta diversidad de razas.

Recomendar a los tomadores de decisiones la declaración de los cantones Cotacachi y Otavalo como zonas de conservación de la agrobiodiversidad de razas maíz.

■ Referencias

- Aguirre Gómez, J.A., Bellon, M.R., Smale, M. (2000). A regional analysis of maize biological diversity in southeastern Guanajuato, Mexico. *Econ. Bot.* 54(1):60-72.
- Almekinders, C., de Boef, W. (2000). Encouraging Diversity: The Conservation and Development of Plant Genetic Resources, Intermediate Technology Development Group., London.
- Avilés, E. (2009). Enciclopedia del Ecuador. Academia Nacional de Historia del Ecuador. Descargado el 1 de junio del 2017, de www.encyclopediadelecuador.com
- Bellon, M.R. (2000). Demand and supply of crop infraspecific diversity on farms: Towards a policy framework for *on-farm* conservation: International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) Economms Working Paper 01-01. CIMMYT, Mexico.
- Bellon, M.R., Berthaud, J., Smale, M., Aguirre, J.A., Taba, S., Aragón, F., Díaz, J., Castro, H. (2003). Participatory landrace selection for on-farm conservation: An example from the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. *Genet Resour Crop Ev* 50:401-416.
- Brush, S. B. (2004). Farmers' bounty: Locating crop diversity in the contemporary world. Yale University Press, New Haven (CT) and London.
- FAO (1994). Código Internacional de Conducta para la Recolección y Transferencia de Germoplasma Vegetal. Roma, Italia.
- Hijmans, R.J., Guarino, L., Cruz, M. Rojas, E. (2001). Computer tools for spatial analysis of plant genetic resources data: 1. DIVA-GIS, *Plant Genet. Resour. Newsl*, 127: 15-19.
- Jarvis, D.I., Sthapit, B., Sears, L. (2000) Conserving agricultural biodiversity *in situ*: a scientific basis for sustainable agriculture. IPGRI, Rome, Italy, 250 p.
- Louette, D., Smale, M. (2000). Farmers' seed selection practices and traditional maize varieties in Cuzalapa, Mexico. *Euphytica* 113:25-41.

- Monteros-Altamirano, A; Tacán, M.; Peña, G.; Paredes, N.; Lima, L.; Tapia, C. (2016). Protocolos para el manejo del banco de germoplasma de INIAP. Publicación miscelánea XX. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina. Quito, Ecuador. 52 p.
- Piperno, D., Flannery, K. (2001). The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: New accelerator mass spectrometry dates and their implications. P Natl Acad Sci USA 98:2101-2103.
- Pope, K.O., Pohl, M.E.D., Jones, J.G., Lentz, D.L., von Nagy, C. (2001) Origin and environmental setting of ancient agriculture in the lowlands of Mesoamerica. Science 292:1370-1373.
- Ramón, G. (1984). El comportamiento de las comunidades de Cangahua frente a los riesgos agrícolas. En: Estrategias de supervivencia en la comunidad andina, Cuadernos de Discusión Popular. N°8. CAAP. Quito – Ecuador.
- Tapia, C.G., Carrera, H. (2011). Promoción de los cultivos andinos para el desarrollo rural en Cotacachi-Ecuador. INIAP, UNORCAC, USDA, Bioversity International, Quito, Ecuador, 198 p.
- Timothy, D.H., Hatheway, W.H., Grant, U.J., Torregroza, M.A., Sarria, V.D., Varela, A, J. A.J. (1966). Razas de maíz en Ecuador. Bogotá (Colombia). Instituto Colombiano Agropecuario. Boletín Técnico - Instituto Colombiano Agropecuario (Colombia). no. 12.147 p.