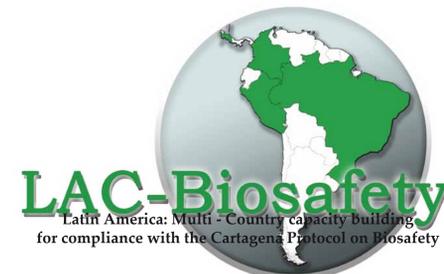


Latin America: Multi - Country capacity building for compliance with the Cartagena Protocol on Biosafety

Brazil - Colombia - Perú - Costa Rica



LINEA DE BASE PARA LA TOMA DE DECISIONES EN BIOSEGURIDAD: DESARROLLO DE UN MODELO PARA LA EVALUACION DE FLUJO DE GENES EN YUCA

III. Persistencia De Plantas Voluntarias En Campos Del Agricultor De Yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

Luisa Fory y Alicia Velásquez
Proyecto LAC-Biosafety, CIAT

Carlos Nagles y Andy Jarvis
Decision and Policy Analysis, CIAT

Fernando Calle, Jorge Lenis, Juan C. Perez y Hernán Ceballos
Mejoramiento de yuca, CIAT

Introducción

El flujo de genes en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) se puede dar mediante el polen y semillas entre especies relacionadas o dentro de la misma especie (Nassar, 2003; Duputié, et al. 2007; Nassar, 2008). La semilla de yuca proveniente de especies silvestres o de cultivares puede mantener su viabilidad durante largos periodos de tiempo y germinar en el campo del agricultor para dar lugar a las denominadas plantas voluntarias. Algunas de las plantas voluntarias que sobreviven al ambiente local, son incorporadas como variedades criollas y propagadas vegetativamente, convirtiendo el cultivo de pequeña escala en una mezcla de sistemas reproductivo clonal y sexual (Elias et al. 2001, Arias et al. 2004, Pujol et al. 2005, Pujol et al. 2007). Este intercambio de estacas y de semilla botánica, muestra un nuevo escenario de flujo de genes de gran importancia para los cultivos propagados por multiplicación clonal. Para que ocurra este evento de flujo, deberán ocurrir procesos de hibridación, introgresión y dispersión. El éxito del flujo dependerá de la frecuencia del cruzamiento, de la supervivencia de las semillas y de las plantas voluntarias que se encuentren en el suelo, y de su éxito reproductivo (Chandler y Dunwell, 2008).

Para establecer delimitaciones básicas de bioseguridad en el cultivo de yuca, es necesario conocer la ecología y la biología reproductiva, tanto de la especie cultivada *M. esculenta* como de las especies silvestres de *Manihot*. Esto con el fin de encontrar (1) distancias mínimas de siembra para evitar el flujo de genes mediante polen, (2) tasas de hibridación entre cultivo-cultivo y cultivo-silvestres, y (3) la supervivencia e incorporación de las plantas voluntarias en los lotes comerciales, escenario principal donde podrían ocurrir las primeras liberaciones de yucas modificadas. El objetivo de este trabajo es evaluar la persistencia de plantas voluntarias en lotes comerciales del cultivo de yuca. Esta información será útil para los agricultores y tomadores de decisión en el escenario de bioseguridad, donde se pretende mantener la integridad genética de un material y evitar el escape de características modificadas. Este trabajo se encuentra en el proyecto "América Latina: Desarrollo de Capacidad Multi-País en cumplimiento del protocolo de Cartagena en Bioseguridad": que busca específicamente el fortalecimiento técnico-institucional de las autoridades o tomadores de decisión competentes en bioseguridad en cuatro países de América: Colombia, Perú, Brasil y Costa Rica.

Materiales y métodos

La metodología seguida para la evaluación de voluntarios se basó en Pujol y colaboradores (2005) con algunas adaptaciones realizadas para este estudio.

- Selección de lotes de 1 a 5.2 ha en los departamentos de Valle del Cauca, Sucre y Atlántico, los cuales tenían al menos dos ciclos de siembra del cultivo.
- Identificación de las plantas voluntarias usando características morfológicas como las hojas cotiledonales a los 20 días del cultivo, raíz pivotante y bajo vigor (Figura 1a).
- Levantamiento topográfico del lote y georeferenciación de cada planta voluntaria mediante GeoExplorer 3 (Trimble), cada 10 surcos haciendo recorridos hasta el final del lote, y marcaje de plantas adyacentes con una cinta (Figura 1 b y c).
- Evaluación de supervivencia de voluntarios antes y después de la limpieza, y al momento de la cosecha. Esta última fue realizada con el acompañamiento de los agricultores de la finca. La tasa de voluntarios presentes en el cultivo fue igual al número de voluntarios dividido por el número de plantas totales.
- Cosecha de dos a cuatro plantas de yuca comercial de alrededor de los voluntarios. Estos se usan para comparar algunas características morfológicas: altura de plantas, perímetro del tallo, color del peciolo, color del tallo, número de ramificaciones, número de lóbulos de la hoja, peso de raíz y peso de parte aérea.

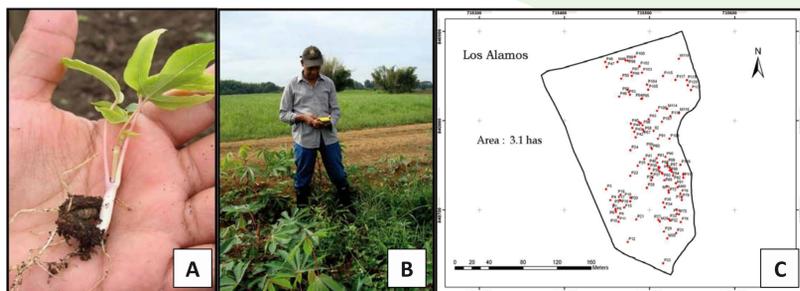


Figura 1. Identificación de plantas voluntarias (A), georeferenciación de plantas voluntarias (B y C)

Resultados y discusión

Se evaluaron y georeferenciaron un total de 541 voluntarios, en siete lotes de yuca en los departamentos de Atlántico, Sucre y el Valle del Cauca. Se realizó un seguimiento durante todo el ciclo del cultivo hasta la cosecha (Tabla 1). En el Valle del Cauca se registraron 512 plantas voluntarias (0.0049 plantas/m²), de las cuales el 95% sobrevivió hasta la cosecha, y solo dos de las plantas voluntarias (0.39%) fueron seleccionados por los agricultores. En la Costa Atlántica solo se registró un total de 29 voluntarios (0.0005.3 plantas/m²) antes del proceso de limpieza. Una planta sobrevivió hasta la cosecha, y ninguna fue seleccionada por los agricultores para propagación vegetativa.

Tabla 1. Evaluación de voluntarios antes y después de la limpieza manual y número de voluntarios incorporados por el agricultor en el siguiente ciclo. Tasa de voluntarios en el cultivo = plantas voluntarias/ plantas totales X 100%. Para calcular la densidad se asumió que en 1 ha hay 10.000 plantas.

Departamento /municipio	Área (ha) de cultivo	Clon cultivado	Número de ciclos de cultivo	Número de plantas de yuca en el cultivo	Número de voluntarios antes de limpieza	Número y porcentaje de voluntarios sobrevivientes	Número de voluntarios incorporados
Valle del Cauca (Villa Rica)	4.1	HMC1	2	9927	118	16 (0.16%)	1
Valle del Cauca (Jamundí)	5.2	CM7951 - 5	2	9358	394	79 (0.84%)	1
Total	9.3	-	-	19285	512	95 (0.49%)	2
Sucre (Sampuzé)	2.9	Venezolana	0	7335	0	0	0
Sucre (Roble)	1.8	MTAI	2	3550	0	0	0
Atlántico (Soledad)	1.3	MTAI	4	2448	26	1	0
Atlántico (Malambo)	2.4	SM 1438	2	3915	0	0	0
Atlántico (Galapa)	1.1	MTAI	4	1536	3	0	0
Total	9.5	-	-	18784	29	1	0

Bibliografía

- Arias G, LA Ramos F, Acosta L, Camacho H. and Marín Z. 2004. Diversidad de las yucas entre los ticuna. 2004. Riqueza cultural y genética de un producto tradicional. Instituto Amazónico de Investigaciones científicas, Sinchi. Bogotá. 32p.
- Chandler S and Dunwell J. 2008. Gene flow, risk assessment and the environmental release of transgenic plants. Plant Sciences. 27:25-49.

Estas diferencias en la supervivencia de voluntarios menores al 1% son atribuidas a procesos de deshidratación y competencia por nutrientes de las plantas, causadas por las altas temperaturas y la baja humedad en la Costa Atlántica. En lotes de comunidades indígenas que no habían sido sembrados con yuca desde varios años, Pujol y colaboradores (2005) observaron que la densidad de voluntarios disminuía después del proceso de limpieza manual, reportando densidades de entre 0.0390 y 0.047 plantas/m² antes de la limpieza y de 0.0309 y 0.032 plantas/m² después de la limpieza. Lo que indica un mayor número de voluntarios en lotes de pequeños agricultores en comparación con áreas de cultivo extensivo.

Las plantas voluntarias presentaron bajo vigor y altura, poca área foliar (Figura 2a), raíces pivotantes poco desarrolladas en comparación con las variedades sembradas (Figura 2b y c). Estas características pueden ser el resultado de la depresión por autofecundación, la cual afecta en general a la planta, en altura y rendimiento de la raíz



Figura 2. Plantas y raíces de voluntarios (Izquierda) y el clon cultivado (Derecha), cinco y ocho meses después de siembra (A y B), cosecha del cultivo (C).

Las plantas voluntarias que fueron seleccionadas por los agricultores como reserva para la siguiente cosecha, fueron las plantas más altas y con tallos gruesos, que tienen mayor probabilidad de sobrevivir después de los procesos de limpieza, lo cual refleja una remoción selectiva de plantas mejoradas por los agricultores (Pujol et al. 2005).

Es necesario entender el papel de los voluntarios en diferentes formas de agricultura. Por ejemplo, en pequeños lotes donde el campesino o indígena cultiva la yuca a pequeña escala, es posible encontrar diferentes variedades; allí los voluntarios tienen gran probabilidad de sobrevivir y pueden ser fácilmente incorporados dentro del reservorio de estacas, incrementando la diversidad genética de las variedades criollas y favoreciendo el aumento de plantas heterocigotas (Pujol et al., 2005).

Conclusiones y recomendaciones

Una tasa de adopción menor al 1% fue encontrada en los siete lotes evaluados en los departamentos de Atlántico, Sucre y el Valle Cauca. Este valor indica un bajo nivel de "contaminación" o presencia accidental por estacas de voluntarios en lotes comerciales. No encontramos evidencias de que las plantas voluntarias florecieran sincrónicamente con las variedades sembradas en el lote ya que 99.6% de plantas no floreció. La supervivencia y la cantidad de voluntarios pueden depender de la capacidad de floración y número de ciclos del cultivo, y de factores medioambientales como la humedad y radiación solar, así como de la fecha de la cosecha, ya que si se hace tardíamente, puede incrementar el número de semillas en el suelo.

La evaluación de plantas voluntarias es un trabajo ex ante, diseñado a gran escala para obtener una muestra representativa de voluntarios por lote. Para obtener una mejor información de la línea base es necesario realizar este trabajo en otras regiones del país, o en otros países durante varios ciclos del cultivo. Esta metodología ha sido validada por los ingenieros agrónomos Fernando Calle y Jorge Lenis, así como por los integrantes del equipo de flujo de genes de Brasil, Colombia y Perú durante el curso taller armonización de técnicas para la recolección y análisis de datos en Bioseguridad (LAC biosafety, 2009).

- Duputié A, David P, Debain C. and McKey D. 2007. Natural hybridization between a clonally propagated crop, cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and a wild relative in French Guiana. Mol. Ecol. 16: 3025-3038.

- Elias M, Penet L, Vindry P, McKey D, Panaud O. and Robert T. 2001. Unmanaged sexual reproduction and the dynamics of genetic diversity of a vegetatively propagated crop plant, Cassava (*Manihot esculenta* Crantz), in a traditional farming system. Molecular Ecology 10: 1895-1907.

- Nassar N. 2003. Cassava, *Manihot esculenta* Crantz genetic resources: VI. Anatomy of a diversity center. Genet. Mol. Res. 2 : 214-222.

- Nassar, N. 2008. Wild *Manihot* species: botanical aspects, geographic distribution and economic value Genet. Mol. Res. 7 : 16-28.

- Pujol B, David P, and McKey D. 2005. Microevolution in agricultural environments: how a traditional Amerindian farming practice favors heterozygosity in cassava (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae). Ecology Letters 8: 138-147.

- Pujol B, Renoux F, Elias M, Rival L, McKey D. 2007. The unappreciated ecology of landrace populations: Conservation consequences of soil seed banks in Cassava. Biological conservation 136: 541-551.

