

Cultivo de Banana. Líneas Avanzadas INTA (LAI)

“Avances en Investigación sobre Resiliencia al Cambio Climático de clones promisorios de banana para la región subtropical del cono Sur”

La región subtropical húmeda de la provincia de Formosa, ubicada en el Nordeste Argentino (lat -34.587997; log -58.1203055), presenta una zona de condiciones climáticas favorables para el desarrollo del cultivo pese a la alta probabilidad de ocurrencia de heladas y sequías marcadas algunos años. Entre las variedades cultivadas de banana (*Mussa spp.*) se tiene a la Nanica y Nanicao (nombre con el que se las conoce en la región), ambas del subgrupo Cavendish (Colque, O.; Tenaglia, G.; 2010).

En la selección de material genético adaptado es necesario tener en cuenta los efectos provocados por el Cambio Climático (CC), en un escenario actual y a futuro, que se vuelve relevante en esta escala de tiempo en la que el horizonte está a 20 ó 30 años. Los modelos predictivos pronostican un incremento en la temperatura media y variancia del clima, presencia de inviernos cortos y pocos días muy fríos. La media de la precipitación no cambiaría mucho, y si lo hiciera, aumentaría y sería intensa y concentrada. En principio, si las predicciones se efectivizan, los subtrópicos se convertirán en zonas más aptas para la producción de banana (Jarvis, A.; 2008).

Así, en el año 2005, el grupo que lidera quien redacta inició el trabajo de selección de germoplasma con esta mirada prospectiva.

El primer enfoque fue el análisis sobre las condiciones agroclimáticas en las cuales deberá desarrollarse el material seleccionado que estaría en plena producción hacia el 2025 – 2030.

Las temperaturas del mes de julio de 2017 fueron 3,5° C superiores a la del período 1985 – 2005, teniendo tres días de heladas muy severas que produjeron un enorme daño en los cultivos. Temperaturas medias más altas, con pocos días muy fríos. Se observó que la tendencia es a confirmar los modelos predictivos (Fig.1).

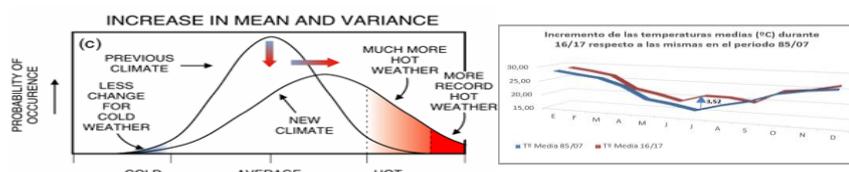


Fig. 1: Comparación del modelo predictivo respecto a los datos acumulados en el periodo 1985-2005 y 2016-2017. Fuente: Datos Propios

El segundo enfoque fue determinar el grado de polimorfismo fenotípico y molecular existente entre los clones cultivados por Agricultores Familiares, que resultó ser elevado (Ermini, J.; et al 2013; Ermini, J.; et al 2016).

Entre marzo y abril de 2012 se marcaron en la región subtropical norte de Formosa 684 plantas dentro de 84 lotes de Agricultores Familiares, que mostraron estabilidad de rendimiento en el periodo de tiempo comprendido entre 2006 y 2011, período en el que se registraron valores de las variables vegetativas (altura, diámetro de pseudotallo, números de hojas a floración y cosecha) y de producción (número de manos, peso del cacho, etc.) en las plantas evaluadas.

Criterios de Selección de Clones

El primer criterio de selección para estos 684 clones fue resiliencia, es decir, aquellos que mantuvieron un rinde alto durante todos los ciclos productivos, soportando cambios sin importar la dirección de los mismos, años con heladas intensas, sin heladas, secos, muy lluviosos y todas las condiciones que afrontaron desde 2006 (Tenaglia, G.; s.f). Buscamos clones que tengan buen rendimiento a lo largo del tiempo, asegurando estabilidad en la producción al Agricultor Familiar.

El segundo criterio es el ciclo de los clones, y se considera como estrategia planteada la producción anual que se inicia después de las heladas y finaliza con las mismas. Los cultivos tropicales no tienen tolerancia a las heladas, por ello buscamos escapar a las mismas con ciclos cortos y manejo.

El tercer criterio es rendimiento y forma de las manos. Los cachos de los clones seleccionados permiten completar una caja de fruta empacada, siendo mucho el trabajo que se realiza en el campo sobre el cacho. La forma de la mano, debe permitir un empaque adecuado, seleccionando forma y distancia entre manos.

Implantación de ensayo comparativo de rendimiento de los clones seleccionados

En la campaña 2014/2015 fueron seleccionados 140 clones del total de plantas marcadas provenientes de 8 lotes, implantados en un ensayo de evaluación en un ambiente único, con un diseño estadístico aumentado (Nokoe y Ortiz, 1998; Ortiz y de Cauwer, 1998). El mismo se lleva adelante en el campo experimental del INTA – IPAF Región NEA de Laguna Naineck, Formosa (Tenaglia, G.; s.f), y forma parte de la tesis Doctoral “**Diversidad**

genética y uso de recursos genéticos de *Musa acuminata* (AAA) Subgrupo Cavendish seleccionado por su comportamiento agronómico en la provincia de Formosa”.

Resultados

Con tres ciclos de evaluación, 2015 – 2016; 2016 – 2017 y 2017 – 2018, 36 variables (fenológicas, comportamiento a campo y productivas) registradas, marcadores moleculares y datos climáticos se construyó un índice de selección (Del Médico et al., 2018 a y b), del cual se desprenden tres Variedades Sintéticas, cada una de ellas conformadas por cuatro LAI.

Índice de Selección: $0,3023*(0,626*\text{Diámetro} + 0,784*\text{Peso de Raquis} + 0,859*\text{Peso de Mano} + 0,682*\text{Longitud de Segunda Mano}) + 0,1708*((-0,56)*\text{Altura} + (-0,538)*\text{Diámetro} + (-0,46)*\text{Número de manos} + 0,469*\text{Diámetro Segunda Mano} + 0,679*\text{Diámetro Última Mano})$

A continuación se presentan los valores fenotípicos de los clones seleccionados por Variedad, para altura de planta (AP, en metros), diámetro de pseudotallo (DPS en centímetros), número de hojas a floración (NHF), número de hojas a cosecha (NHC), peso de las manos (PM, en kilogramos), longitud de la segunda mano (LSM, en centímetros), longitud de la última mano (LUM, en centímetros) y grosor de la cáscara (GC, en milímetros). Cabe recordar en este punto que estas características fueron las más importante en diferenciar las variedades (Del Médico et al, 2018).

Variedad 1, caracterizada por plantas de mayor AP, DPS, PM, LSM y LUM pero mayor GC.

Nombre	AP	DPS	NHF	NHC	PM	LSM	LUM	GC	INDICE	Origen
LAI 14034	3,63	82,5	10	3,5	32,52	25,50	21,50	4,15	22,64	PB 3
LAI 14051	3,80	86,5	10	2,5	33,08	24,50	21,50	4,10	22,54	PB 3
LAI 14083	3,60	83	11	5	31,62	26,50	20,50	4,10	22,41	FS 2
LAI 14054	3,90	89,5	12	5	30,23	25,50	21,50	3,93	22,08	PB 3
Promedio	3,63	85,4	10,7	4	31,86	25,50	21,25	4,10		

Origen: refiere a campo de productor en que se recolectó el clon original, indicando con un número al lote. PB 3 Pedro Bondaruck Lote 3, FS 2 Felipe Sánchez Lote 2

Clones de porte medio, excelente diámetro de pseudotallo, los mejores rendimientos de las líneas avanzadas, con un grosor de cáscara apto para transporte a largas distancias. Estas líneas tienen dos diferencias entre ellas que tal vez, permitan volver a dividir este grupo, las líneas 14034 y 14051 tiene un excelente rendimiento, de más de 33 tn/ha mientras que en el

comportamiento a Sigatoka amarilla, las LAI 14083 y 14054 son materiales más tolerantes a la enfermedad. En un principio podríamos mantenerlas juntas, pero con cuidado.

Variedad 2, caracterizada por plantas de menor AP, DST, PM y GC promedio.

Nombre	AP	DPS	NHF	NHC	PM	LSM	LUM	GC	INDICE	Origen
LAI 14133	3,43	76	11	4,5	33,35	26,5	20	3,6	22,58	OC 2
LAI 14046	3,69	81,5	11	5	31,75	25,5	20,5	3,6	22,09	PB 3
LAI 14097	3,73	85,5	12	4	31,77	25	20,5	3,6	21,96	FS 2
LAI 14091	3,5	80,5	10,5	4	29,36	26	20,5	3,7	21,59	FS 2
Promedio	3,59	80.8	11,1	4,4	31,56	25,75	20,3	3,63		

Origen: refiere a campo de productor en que se recolectó el clon original, indicando con un número al lote OC 2 Omar Chaparro Lote 2, PB 3 Pedro Bondaruck Lote 3, FS 2 Felipe Sánchez Lote 2

Clones de excelente rendimiento, con un pseudotallo grande para nuestro ambiente de producción, tolerantes a Sigatoka amarilla, con un grosor de cáscara intermedio, que deberíamos tener ciertos cuidados para los mercados a mucha distancia (Bs As, Rosario, Córdoba, Mendoza). La línea 14133 se destaca por su rendimiento, superando las 33 tn/ha, casi con la posibilidad de presentarla sola dentro de este grupo.

Variedad 3, caracterizada por menor GC y AP, DST, PM promedios.

Nombre	AP	DST	NHF	NHC	PM	LSM	LUM	GC	INDICE	Origen
LAI 14075	3,57	77	11	4	28,25	26,5	20,5	3,1	21,35	FS 2
LAI 14008	3,68	80	11	3,5	28,02	26	21	3,25	21,34	PB 1
LAI 14043	3,65	78	10,5	3,5	28,51	26	20,5	3,15	21,31	PB 3
LAI 14098	3,58	83,5	11,5	5,5	31,45	24,25	19,3	3,2	21,23	FS 2
Promedio	3,62	79,6	11	4,1	29,06	25,69	20,3	3,18		

Origen: refiere a campo de productor en que se recolectó el clon original, indicando con un número al lote PB 1 Pedro Bondaruck Lote 1, PB 3 Pedro Bondaruck Lote 3, FS 2 Felipe Sánchez Lote 2

Estos clones son aptos para el mercado regional, su grosor y sensibilidad de cáscara para el transporte la ubican en el mercado local y regional (Corrientes y Resistencia). Se destaca la línea 14098 sobre el resto.

En las tres variedades se ha tenido especial atención a las características comerciales Longitud Segunda Mano (LSM) y Longitud Última Mano (LUM), algo esencial para llegar a los mercados. La selección de materiales con características distintas es muy importante en un ambiente tan

variable como el nuestro, no hemos repetido un solo año las condiciones agroclimáticas, haciendo muy vidrioso trabajar con materiales muy estrechos genéticamente. La alternativa de variedades sintéticas nos parece adecuada para este tipo de situación, otorgándole mayor Resiliencia.

Trabajos Académicos

Doctorados y Licenciaturas: en el contexto de este trabajo se están llevando adelante las siguientes Tesis que contribuyen al desarrollo de estas investigaciones.

Licenciado en Genética José Luis Ermini. Tesis de **Doctorando para optar al Grado Académico de Dr. en Ciencias Agrarias. UNR**, “Caracterización molecular de clones selectos de banana micropropagados: evaluación de su estabilidad genética y detección de variantes somaclónales”

Srta. Guillermina Merlo, **Tesina de grado para optar al título de Lic. en Biotecnología, Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, UNR (2015-2015)**. Tema: “Caracterización molecular de clones autotriploides de banana (*Musa acuminata*) mediante AFLP”. Tesina en proceso de escritura.

Lic. en Estadística Ana Paula del Médico, Beca de Postgrado Tipo I CONICET, Convocatoria 2016. Temas Estratégicos. **Tesis de Doctorado para optar al Grado Académico de Dr. en Estadística, Facultad de Ciencias Económicas y Estadística UNR** Tema: Análisis de grandes bases de datos aplicado a la producción agrícola.

Trabajos de investigación publicados durante estos años

a) Trabajos publicados:

Ermini, J.L.; Tenaglia, G. and Pratta, G.R. 2018. Molecular Diversity in Selected Banana Clones (Mussa AAA “Cavendish) Adapted to the Subtropical Environment of Formosa Province (Argentina). American Journal of Plant Sciences ISSN Online: 2158 – 2750 ISSN Print: 2158 – 2742.

Ermini, J.L.; Tenaglia, G. and Pratta, G.R. 2016. Genetic diversity, ancestry relationships and consensus among phenotype and genotype in banana (*Musa acuminata*) clones from Formosa (Argentina) farmers. Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology 17: 267-278.

Ermini, J.L.; Tenaglia, G. and Pratta, G.R. 2018. Molecular Diversity in Selected Banana clones (*Musa* AAA Cavendish) Adapted to the Subtropical Environment of Formosa Province (Argentina). *American Journal of Plant Sciences*.

b) Trabajos publicados como resúmenes:

Merlo, G.; Ermini, J.L.; Tenaglia, G.; Pratta, G.R. 2015. Comparison among multivariate analyses for assessing molecular variation of banana clones. *Biocell* 39(S4): A45.

c) Trabajos inéditos:

Ermini, J.L.; Tenaglia, C.G. and Pratta, G.R. 2018. Molecular diversity revealed by Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP) in selected bananas autotriploid clones (*Musa* AAA `Cavendish`) adapted to the subtropical environment of Argentinean north-eastern Formosa Province. Enviado para su publicación a *Journal of Tropical Biology and Conservation*.

d) Trabajos Publicados y presentados en Congresos.

Colque, O. y Tenaglia, G. Situación actual de la producción, cosecha, poscosecha y comercialización del banano, Formosa, Argentina. I Simposio Cono Sur. Joinville SC Brasil 2010.

Ermini, J.L.; Tenaglia, G.; Pratta, G.R. 2012. Caracterización de cuatro variedades de banana (*Musa acuminata* AAA subgrupo "Cavendish"). XV Congreso Latinoamericano de Genética, XLI Congreso Argentino de Genética, XLV Congreso de la Sociedad de Genética de Chile y II Reunión Regional SAG-Litoral. Rosario, Argentina.

Ermini J.L.; Tenaglia, G.; Pratta, G.R. 2013. Diversidad genética en clones de banana (*Musa acuminata*) de diferente composición genómica. XLII Congreso Argentino de Genética - III Reunión Regional SAG-NOA. Salta.

Ermini, J.L.; Tenaglia, G.; Pratta, G.R. 2013. Consensus among phenotype and genotype in banana clones (*Musa acuminata*) from Formosa farmers and estimation of their ancestry relationship. 4to Congreso Argentino de Bioinformática y Biología Computacional, Rosario.

Ermini, J.L.; Tenaglia, G.; Madelón, E.; Pratta, G.R. 2014. Estructura de la variación molecular en clones de banana (*Musa acuminata*) caracterizados por AFLP. XLIII Congreso Argentino de Genética - IV Reunión Regional SAG-Sur. Bariloche.

Madelón, E.; Ermini, J.L.; Tenaglia, G.; Pratta, G.R. 2014. Estimación de los componentes de la variación molecular en banana (*Musa spp*) por AMOVA. XVI Congreso y XXXIV Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario, Rosario.

Ermini, J.L.; Tenaglia, G.; Pratta, G.R. 2015. Diversidad genética, relaciones ancestrales y consenso entre genotipo y fenotipo de clones de banana (*Musa acuminata*) de productores de Formosa, Argentina. III Congreso Latinoamericano y del Caribe de Bananas y Plátanos, Corupá, Santa Catalina, Brasil.

Ermini, J.L.; Tenaglia, G.; Pratta, G.R. 2015. Diferencias genéticas para la regeneración in vitro en clones de banana (*Musa acuminata*) recolectados en campos de productores formoseños. XLIV Congreso Argentino de Genética, Mar del Plata, Buenos Aires.

Merlo, G.; Ermini, J.L.; Tenaglia, G.; Pratta, G.R. 2015. Molecular biodiversity through AFLP in banana autotriploid clones. 11th International Plant Molecular Biology Congress. Foz de Iguazú, Brasil.

Merlo, G.; Ermini, J.L.; Tenaglia, G.; Pratta, G.R. 2015. Comparación entre métodos de análisis multivariado para la caracterización molecular de clones de banana. XVII Congreso y XXXV Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario. Rosario.

Ermini, J.L.; Tenaglia, G.; Pratta, G.R. 2016. Cuantificación de diferencias en la regeneración in vitro en clones de banana (*Musa acuminata*) recolectados en campos de productores formoseños. XVI Congreso Latinoamericano de Genética y XLV Congreso Argentino de Genética. Montevideo, Uruguay.

Ermini, J.L., Tenaglia, G.C.; Pratta, G.R. 2017. Polimorfismos en los perfiles moleculares de genotipos de *Musa AAA* (subgrupo Cavendish) regenerados in vitro. XLVI Congreso Argentino de Genética. Catamarca.

Del Médico, A.; Ermini, J L; Tenaglia, G.; Vitelleschi, M S.; Lavallo, A. y Pratta, G. 2018. Estimación de Efectos Ambientales sobre el Fenotipo de Clones de Banana Mediante Análisis de Factorial Múltiple Jerárquico. XXIII Reunión Científica del GAB II Encuentro Argentino Chileno de Biometría. Neuquén. Argentina.

Del Médico, A.; Ermini, J L; Tenaglia, G.; Vitelleschi, M S.; Lavallo, A. y Pratta, G. 2018. Índice de Selección para Múltiples Caracteres en una Población de

Banana (*Musa* spp.). XXIII Reunión Científica del GAB II Encuentro Argentino Chileno de Biometría. Neuquén. Argentina.

Del Medico A., J. L. Ermini, G. Tenaglia, M. S. Vitelleschi, A. Lavallo, G. R. Pratta. 2018. Propuesta de un Enfoque Estadístico para Seleccionar Clones de Banana a Partir de un Diseño Aumentado Teniendo en Cuenta la Variabilidad Genética. III Jornadas Regionales de Genética del Litoral. Rafaela. Santa Fe.

Del Médico, A.; Ermini, J L; Tenaglia, G.; Vitelleschi, M S.; Lavallo, A. y Pratta, G. 2018. Análisis Factorial Múltiple para el Estudio del efecto del Ambiente de Crecimiento en plantas de Banana Regeneradas y no Regeneradas. Sociedad Argentina de Estadística. Coloquio de Río VI Córdoba.

Bibliografía Introducción

FAO 2007. www.fao.org

FAOESTAD 2014. www.faostat.fao.org/default.aspx

Jarvis, A.; Ramírez, J.; Guevara, E.; Zapata, E.; Impactos e implicaciones de cambio climático para el sector bananero. Acorbat 2008. Brasil.

Nokoe, S and Ortiz, R. 1998. Optimum Plot Size for Banana Trials. *Hort Science* 33(1): 130 -132.

Ortiz, R. and de Cauwer, I. 1998. Genotype –by- Environments for Plantain and Banana (*Musa* spp L.) Breeding in West Africa. *Tropicicultura* 16-17 (3) 97 – 102.

Tenaglia, G. Diversidad genética y uso de recursos genéticos de *Musa acuminata* (AAA) Subgrupo “Cavendish” seleccionados por su comportamiento agronómico en la provincia de Formosa. Tesis Doctoral. UNR s.f.