

Introducción

El cambio climático y el calentamiento global son situaciones que colocan en riesgo la seguridad alimentaria¹. El desafío es producir bajo condiciones adversas lo que hace necesario la búsqueda y aprovechamiento de especies con características de tolerancia a estreses abióticos. *Phaseolus acutifolius* Gray. (Frijol tépari) es una especie de frijol reconocida por su alto grado de tolerancia a estrés hídrico y altas temperaturas²⁻³ sin embargo es subutilizada o poco cultivada en comparación con otras especies de su género, a pesar de poseer características únicas que hace de esta especie un objetivo para iniciar procesos de mejoramiento genético⁴⁻⁵.

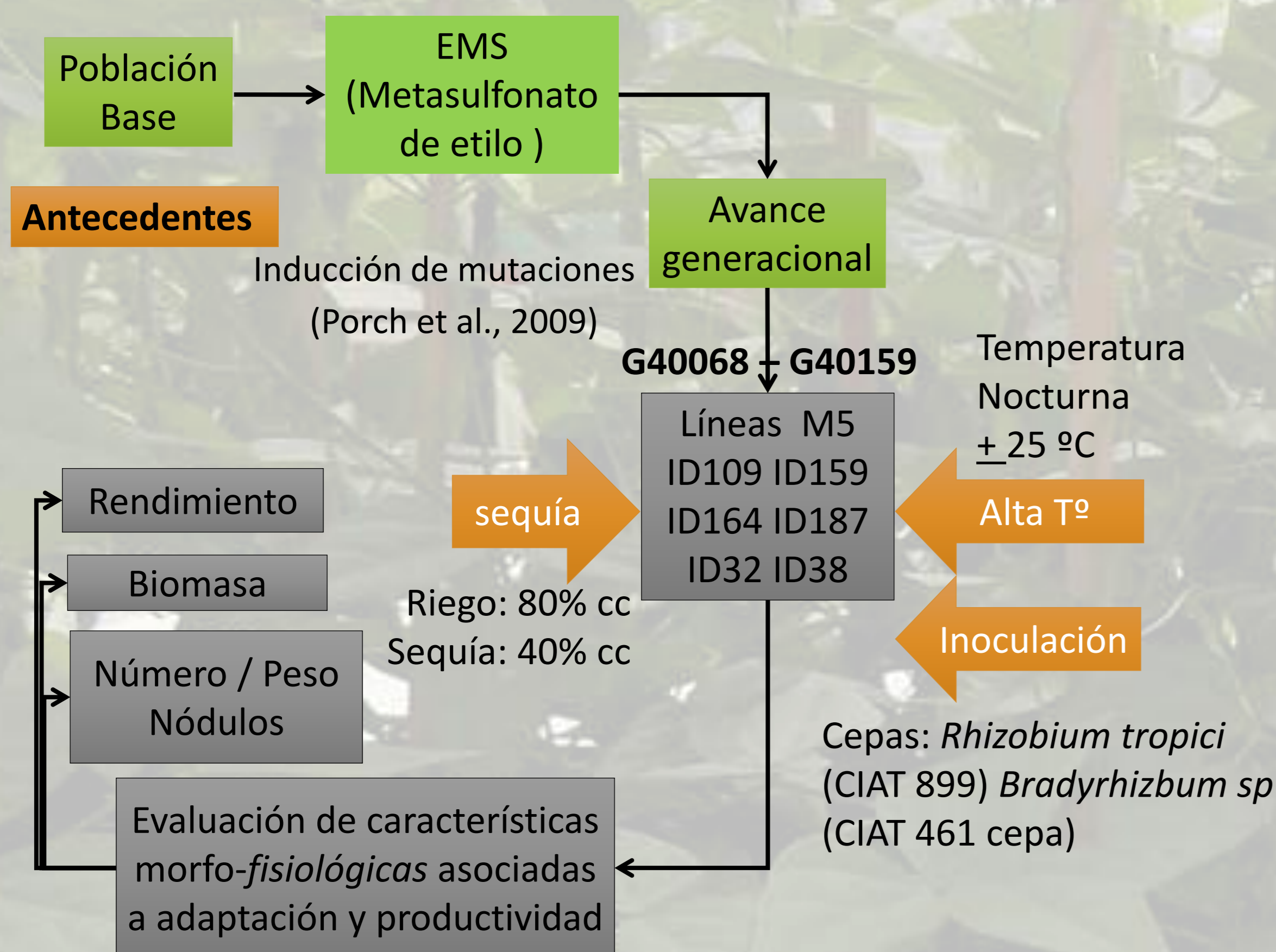
Por esta razón los esfuerzos se han focalizado en aumentar la diversidad en el germoplasma del frijol tépari por inducción de mutagénesis con Metasulfonato de etilo (EMS), en dos poblaciones de los genotipos G40068 y G40159 para posteriormente obtener líneas promisorias con características de agronomías superiores asociadas a la simbiosis con cepas de bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico de *Rhizobium tropici* y *Bradyrhizobium* sp., como complemento evaluación agronómica como un atributo deseable al igual que el rendimiento, producción de semillas y mecanismos fisiológicos que la planta desarrolla naturalmente frente a condiciones adversas de estrés generado por sequía y altas temperaturas.

Objetivo

Establecer el efecto de la inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno (*Rhizobium* sp., *Bradyrhizobium* sp.) en líneas mutantes M₅ de *Phaseolus acutifolius* A. Gray. (frijol tépari) bajo condiciones de estrés abiótico (altas temperaturas y sequía) como parámetro para determinación de variabilidad generada.

Metodología

Los ensayos fueron realizados en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Palmira (Valle del Cauca, Colombia), a 3°31' N y 76°19' W a una altitud de 965 msnm. El suelo utilizado fue un Mollisol (Aquic Hapludoll), del Valle del Cauca, mezclado con arena (2:1), manejado bajo condiciones controladas de invernadero.



- Se observaron correlaciones significativas y positivas (Tabla 1) entre el peso de las vainas y a) el peso de 100 semillas ($p = 0.05$) y b) el número de nódulos ($p \leq 0,001$), bajo condiciones de riego y sequía, respectivamente.
- El número de vainas por línea se correlacionó con 0.83 b) el número de nódulos ($P \leq 0,05$) y $P \leq 0.001$ (0,27 y 0,50) en condiciones de riego y sequía, respectivamente, y este valor fue mayor en condiciones de sequía
- Se presentó correlación negativa y significativa para b) la temperatura de las hojas ($P \leq 0,05$) (-0,33) sólo bajo condiciones de sequía.

Traits	Seeds biomass /Plant		Nodules biomass /Plant		Leaves temperature	
	Non-Irrigated	Irrigated	Non-Irrigated	Irrigated	Non-Irrigated	Irrigated
Seeds biomass /PI	1.00 --	1.00 --	0.16	0.32*	-0.43***	-0.29*
Number of pods /PI	0.79***	0.78***	0.15	0.45***	-0.37**	-0.26*
Number of seeds /PI	0.90***	0.92***	0.27*	0.37**	-0.46***	-0.23
Number of seeds /pod	0.45***	0.47***	0.23	-0.10	-0.31*	0.00
Weight 100 seeds	-0.69***	-0.48***	0.10	-0.04	0.17	0.25
Pods biomass /PI	0.46***	0.67***	0.33**	0.35**	-0.34**	-0.15
Number of nodules /PI	0.25*	0.31*	0.66***	0.40**	-0.21	-0.21
Nodules biomass /PI	0.16	0.32*	1.00***	1.00***	-0.19	-0.38**
Stem biomass /PI	0.67***	0.35**	0.27*	0.37**	-0.48***	-0.11
Roots biomass /PI	0.02	-0.03	0.34**	0.49***	-0.25*	-0.05
Chlorophyll SPAD	-0.06	0.34**	-0.02	0.23	0.32**	-0.39**
Stomatal conductance	-0.07	0.06	-0.14	0.13	0.14	-0.33**
Leaves temperature	-0.43***	-0.29*	-0.19	-0.38**	1.00 --	1.00 --

El peso de las raíces también correlacionó con el número de nódulos ($P \leq 0,001$ (0,40 y 0,39), en las dos condiciones de humedad de suelo.

Tabla1. Correlaciones (Pearson) entre el peso de 100 semillas, peso de vainas por línea, número de nódulos por línea, la temperatura de las hojas, tamaño de las vainas, y otros rasgos morfo-fisiológico en condiciones de riego y sequía.

Resultados

- El análisis de varianza mostró para la condición de humedad de suelo (Riego y sequía) un efecto significativo en parámetros asociados a rendimiento y en fisiológicos solo para temperatura de las hojas.
- Se obtuvo un efecto significativo para cepa, genotipo e interacciones en casi todas las variables evaluadas, exceptuando algunos rasgos fisiológicos: la conductancia estomática y la temperatura de las hojas.
- Las interacciones entre condición de humedad de suelo x genotipo fue significativa para número semillas y peso de la vaina.
- Se evidenció efectos de la condición del suelo con reducciones significativa en sequía y temperaturas altas para: biomasa (Figura 1), número de vainas por línea de 36,9%, en peso de las vainas de 41,5%, el número de semillas de 39,1%.

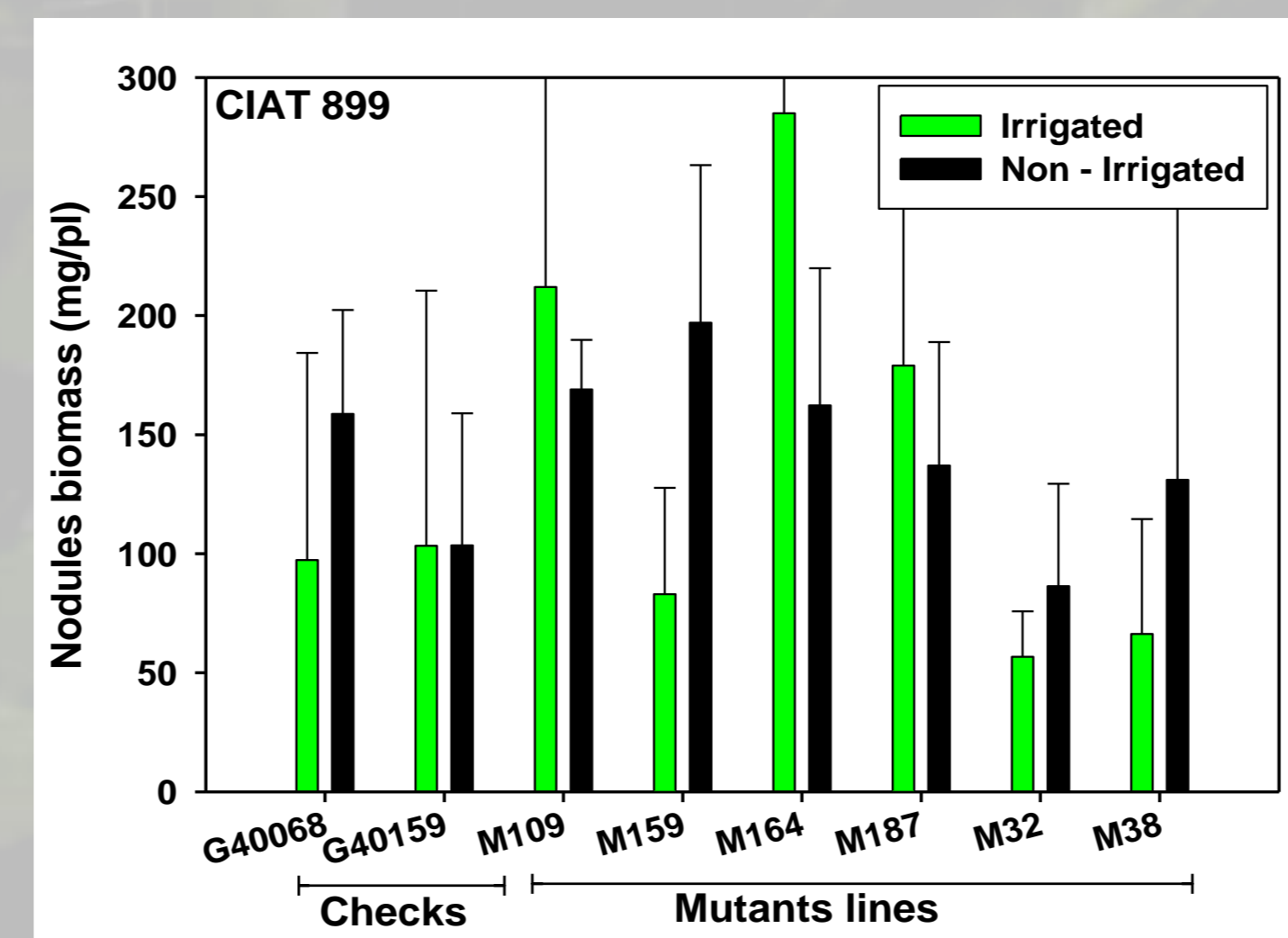
- En cuanto a nodulación se presentó una reducción superior para número de nódulos con un (67,2%) en comparación con el peso de los nódulos (10,4%).

- En relación con el efecto de la cepa se observó una reducción del 31,5% con *Bradyrhizobium* sp., CIAT 461, mientras que con el *Rhizobium tropici*, CIAT 899 cepa, no se observó ninguna diferencia entre las condiciones de riego y sequía en condiciones de altas temperaturas.

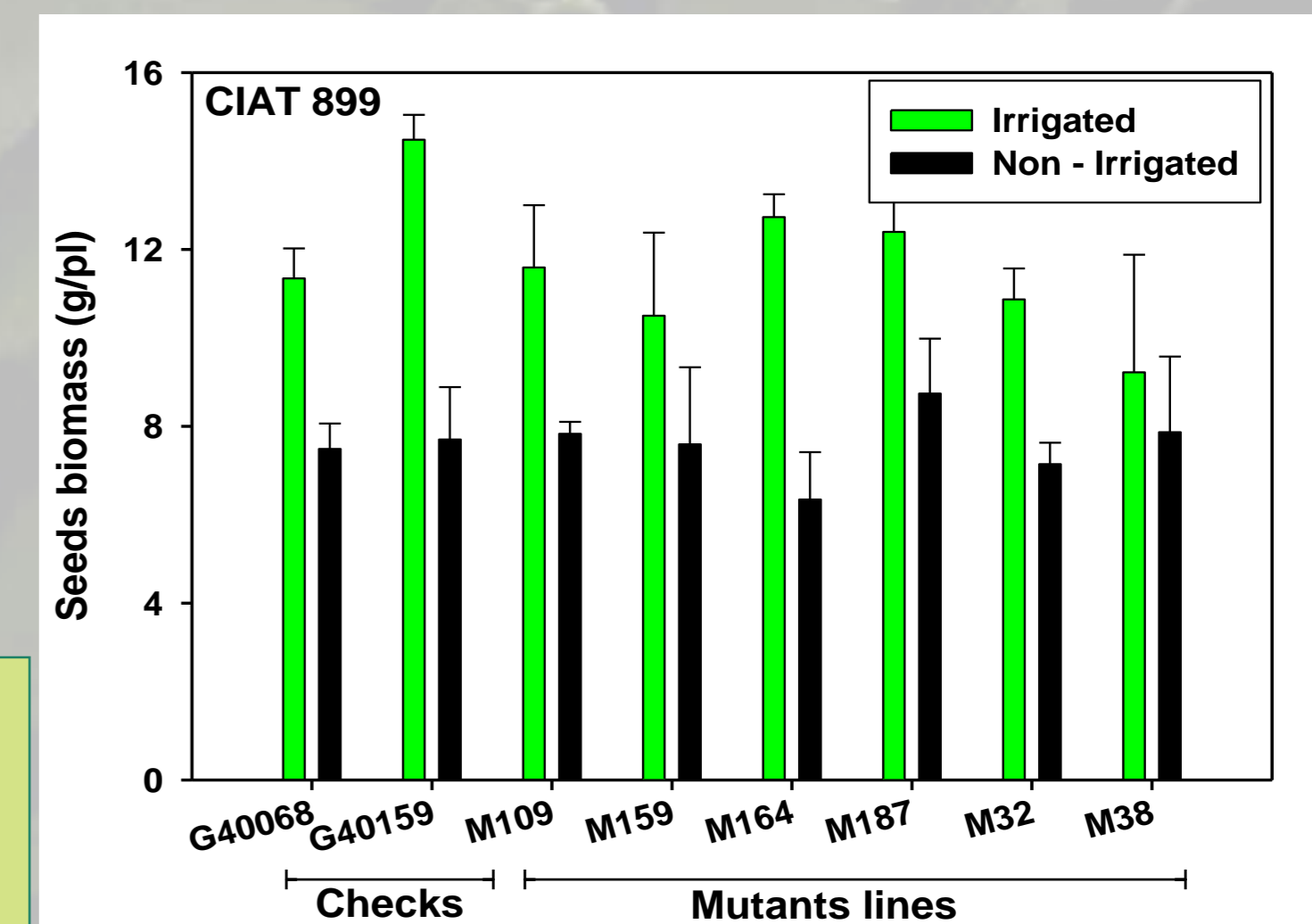


Figura 1. Comportamiento de las líneas evaluadas bajo condiciones de riego y sequía en interacción con cepas de rizobios, nótese las diferencias en cuanto a producción de biomasa.

- En sequía se evidencia mediante los parámetros fisiológicos la capacidad de adaptación de los genotipos al encontrarse correlaciones negativas significativas en el caso de temperatura de la hoja, adicionalmente bajo esta condición se logró valorar las cualidades de las líneas mutantes M159 superior en producción de biomasa de nódulos (Gráfica 1) y M187 que supera en productividad bajo dicha condición de estrés (Gráfica 2).



Gráfica1. Producción de nódulos medidos en biomasa (mg/pl) de la cepa con respuesta superior CIAT 899 por cada genotipo evaluado, bajo condiciones de riego y sequía, sobresaliendo los genotipos mutantes M159 en sequía y M164 en riego.



Gráfica 2. Producción semilla medidos en biomasa (g/pl) de la cepa con respuesta superior CIAT 899 por cada genotipo evaluado, bajo condiciones de riego y sequía, con respuesta superior para los genotipos mutantes M187 en sequía y M164 en riego.

Conclusiones

- Las mutaciones inducidas por EMS en las líneas evaluadas no afectó genes involucrados en la nodulación, ninguno de los genotipos presento fenotipo no-nodulante, por el contrario se evidencia en algunos genotipos superioridad en condiciones de estrés abiótico.
- La inducción de mutaciones en el frijol tépari, es un método eficiente para ampliar la variabilidad del frijol tépari lo cual contribuye significativamente al mejoramiento genético de la especie.

Agradecimientos

A la Agencia Internacional de Energía Atómica IAEA (Austria) Por la financiación del proyecto. A todo el equipo científico y técnico del Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. A los docentes de la Universidad Nacional por sus constantes aportes durante el proceso de desarrollo esta fase del proyecto.

Bibliografía

- IPCC. (2014). Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 34p.
- Lazcano-Ferrat, I. and Lovatt, C. J. (1999). Relationship between relative water content, nitrogen pools, and growth of *Phaseolus vulgaris* L. and *P. acutifolius* A. Gray during water deficit. *Crop Sci.* 39:467-475.
- Muñoz, L., Duque, M. C., Debouck, D. G., & Blair, M. W. (2006). Taxonomy of Tepary Bean and Wild Relatives as Determined by Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP) Markers. *Crop Science*, 46(4), 1744-1754. doi:10.2135/cropsci2005-12-0475
- Jimenez J., y Acosta-Gallego J. (2012). Caracterización de genotipos criollos de frijol Tepari (*Phaseolus acutifolius* A. Gray) y común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo temporal, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.3 Núm.8 1 de noviembre - 31 de diciembre, 2012 p. 1565-1577
- Rao, I., Beebe, S., Polania, J., Ricaurte, J., Cajiao, C., García, R., & Rivera, M. (2013). Can tepary bean be a model for improvement of drought resistance in common bean?. *African Crop Science Journal*, 21(4).