

CAÑA, MEGADIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

Abel Muñoz Orozco

Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México, Genética, 56230
amunozo@colpos.mx

MARCO CONCEPTUAL

La caña de azúcar junto con el maíz y el frijol han llegado a ser tres puntales de la dieta en México; el maíz y el frijol lo son desde la época prehispánica y la caña como productora de azúcar constituye un tercer puntal, dado que hoy día no se puede concebir una mesa sin azúcar. Esta situación lo es también a nivel mundial, la caña como primer cultivo productor de azúcar, el maíz como el primer cultivo en producción de cereales y los frijoles como los de mayor producción dentro de las leguminosas. Sin embargo la caña como fuente de energía alterna incrementa su trascendencia a medida que el petróleo se agota. Dada la magnitud del problema, todas las fuentes de energía alterna son altamente importantes; sin embargo, en el caso de la caña México tiene cerca de medio milenio de experiencia. Por circunstancias históricas la investigación básica en caña se deshilvanó en los últimos 20 años; pero se aprecia una reacción significativa en el momento actual. En el siglo XXI esa reacción debe cobrar conciencia de que su cimentación descansa sobre un país mega diverso, bajo un cambio climático galopante y otros factores mega adversos incipientes.

Mega diversidad

Dada la trascendencia de la riqueza que encierra la mega diversidad, como base de numerosas actividades de México, en particular de la agrícola, resulta esencial tener conocimiento de algunas de las aportaciones más vinculadas a ella. Toledo (1988) hace notar que México con unas 30 mil especies de plantas superiores posee más que China, que la antigua Rusia, Estados Unidos y Canadá juntos y sólo es comparable con Brasil, pero éste en un territorio mayor. Flores y Gerez (1994) enfocan la biodiversidad y conservación de los vertebrados, de la vegetación y el uso del suelo. Una amplia obra sobre la biodiversidad mexicana (Ramamoorthy, Bye, Lot y Fa, 1998) compila la diversidad geológica y de todos aquellos grupos, géneros y familias en que México destaca por su riqueza genética incluso hace referencia a la diversidad de la flora y el hombre (Bye, 1998; Hernández-Xolocotzi, 1998). Por su parte Muñoz *et al.*, (2009) condensan las principales componentes que explican porque México es mega diverso en lo genético (G) y en lo ecológico (E) (Figura 1), partiendo del hecho que el territorio que ahora constituye la República Mexicana, hace 100 millones de años, estaba bajo el mar, y el océano Atlántico y el Pacífico estaban comunicados (Figura 2) por el espacio que ahora ocupa México. El territorio emergió plenamente hace unos 20 millones de años (Crowley y North, 1996). Hoy día México es considerado mega diverso, biológicamente, el tercero a nivel mundial después de Brasil y Colombia (Llorente *et al.*, 2005, Pág. 173).

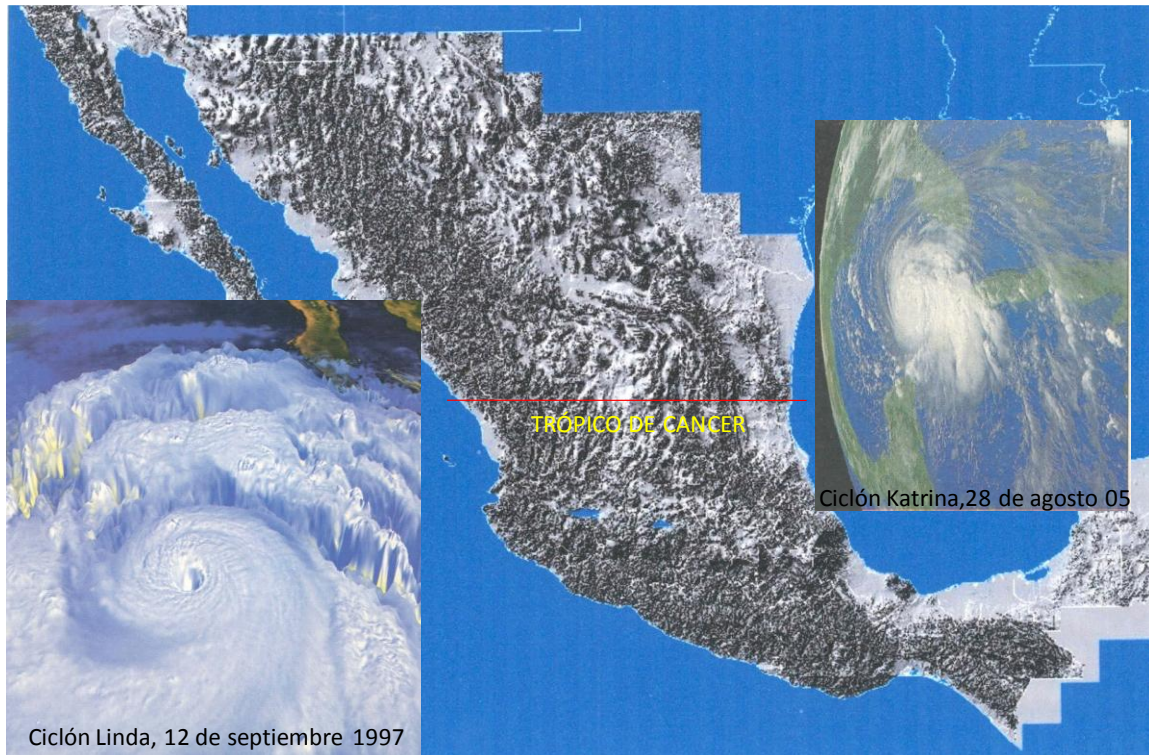


Figura 1 Al emerger el territorio mexicano quedó como lo muestra el mapa de esta Figura. Como componentes que explican la mega diversidad se pueden mencionar: la acción de dos corrientes ciclónicas la del este y la del sur; el efecto de la corriente del Niño Oscilación del Sur; la posición del Trópico de Cáncer que divide al país en sección tropical y desértica; la forma ancha en el Norte y angosta hacia el Sur; la variabilidad poblacional, orográfica, de suelos y climas; la variabilidad derivada de la colonización del territorio por organismos del dominio neotropical y del neopolar y la diversidad de resistencias a factores adversos. Como consecuencia cuenta con numerosos agro sistemas, especies silvestres y domesticadas, destacando entre estas el maíz y los frijoles. (Adaptación en base a Muñoz, 2008: p 124).

Modelo de interacción genotipo por ambiente

En 1966 Bucio Alanís demostró biológicamente el modelo de interacción genético ambiental ($P=G+E+G \cdot E$), esencial para diseñar el manejo y aprovechamiento de la mega diversidad. Si como tenemos claro hoy, que somos mega diversos en lo genético (G) y en lo ambiental (E), la variación por concepto de la interacción $G \cdot E$ es de una magnitud monumental, mucho más que la mayoría de los países, y tenemos las herramientas técnicas y científicas para capitalizarla. Como nuestro proceso agrícola es plenamente original, porque evolucionó de manera continua y aislada de los demás troncos agrícolas, la riqueza genética, ambiental y de la interacción es específica a cada micro región y no la hemos capitalizado.

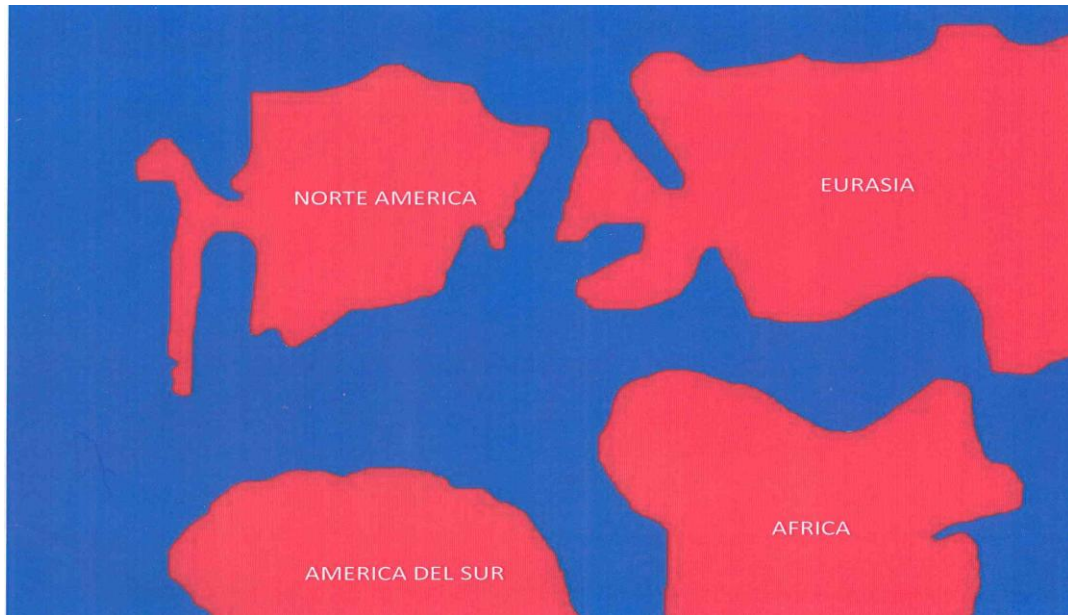


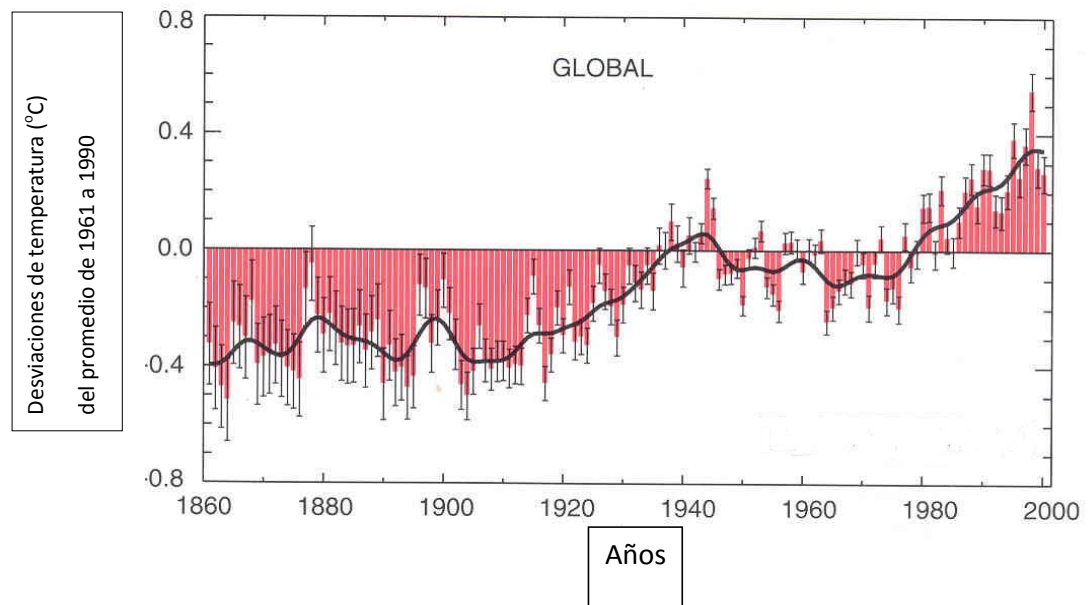
Figura 2. Hace más de 100 millones de años México estaba bajo el mar, ambos océanos, el Atlántico y el Pacífico estaban comunicados a través de lo que hoy es el territorio mexicano. Imagen captada en el Museo Pie de Vaca, Puebla (UNAM).

Ensamble de la caña en México

Sobre esta mega diversidad ensambló la caña de azúcar hace unos 490 años, alojándose eminentemente abajo del trópico de cáncer e invadiendo altitudes en torno a los dos mil metros sobre el nivel del mar. El país como mosaico de micro regiones en su proceso evolutivo ha estado sometido al factor adverso sequía como lo prueba el hecho de que los dioses del agua sean los más prominentes en las culturas mesoamericanas más desarrolladas (Muñoz 2005). El territorio mexicano es parte de un continuo desde Canadá conectado por enormes valles que facilitan el deslizamiento de las corrientes extra tropicales o nortes que se generan en invierno en altas latitudes y causan las heladas más severas en las microrregiones mexicanas limítrofes a el trópico de cáncer y de la vertiente del Golfo de México.

El Cambio Climático

El Cambio Climático asociado al aumento de los gases de efecto invernadero con predominio del CO_2 se reanudó aproximadamente desde 1975 como lo evidencia la Figura 3 en donde se aprecia este fenómeno. Tal incremento tiende a ser curvilíneo hacia finales del siglo XXI (Figura 4) lo que agrava las predicciones amenazando con desaparecer buena parte de la civilización. Sobre el fenómeno de la mega diversidad (Figura 1) hay que encimar el del cambio climático con su dinámica de cambio. Es claro que los modelos de predicción son una herramienta fundamental en este escenario.



Figur

a 3. Desviaciones de temperatura (°C) combinando las temperaturas medias anuales de la superficie de la tierra, de la superficie del mar y del aire, de 1961 a 2000. Las desviaciones estándar se marcan con barras en la temperatura media de cada año. (Adaptación del autor en base a IPCC, 2001 Pag.171)

En el siglo XXI la caña requiere de cuatro resistencias abióticas

En solo 36 años que han transcurrido desde 1975, aun sin aparatos, es posible apreciar la mayor intensidad de los ciclones, sequías más prolongadas e intensas, lluvias más extremas; y por un fenómeno de continuidad desde Canadá hasta nuestro territorio como se mencionó antes, nortes más extremos están alcanzando las zonas cañeras limítrofes al Trópico de cáncer. Si bien la literatura al referirse al cambio climático argumenta como efecto un calentamiento global, por el aumento de las turbulencias en interacción con nuestras orografías el territorio nacional se ve sometido a sequías más prolongadas e intensas no solo tratándose de la Sequía Intraestival (SI) sino también la Gran Sequía Invernal (GSI) mismas que se esquematizan en la Figura 5; pero además están ocurriendo enfriamientos invernales más intensos. El calentamiento implica resistencia al calor, las sequías resistencia a sequía, las heladas resistencia a la helada y las inundaciones resistencia a anoxia.

Modelos matemáticos para evaluar las resistencias

Partiendo del modelo matemático de Bucio (1966) se han derivado varios modelos para evaluar la resistencia a sequía, a heladas y a calor en plantas. En el presente año en cuatro ingenios, dos de la vertiente del Golfo de México y dos de la vertiente del occidente mexicano, se van a probar el modelo uno y el dos que son los de uso más inmediato. El uno se enuncia $Y=G+S+G*S$, significa que Y, la variación total en un experimento de sequía, es función de G la variación de los genotipos en evaluación, de S la variación de los niveles de

sequía aplicados y de G*S la interacción de G por S (Muñoz, 1990). El segundo modelo se enuncia $Y=R_O+R_F+R_O*R_F$, significa que la variación total Y en un ambiente de sequía, es función de R_O la resistencia del genotipo según la etapa de desarrollo en que incide la sequía, de R_F la resistencia según el grupo de precocidad a que pertenece el genotipo en evaluación y de la interacción de R_O por R_F (Muñoz, 1997). En combinación con el Departamento de Campo del ingenio de Tala se está concluyendo el primer estudio en México de la resistencia a heladas de la caña y se está avanzando en la prueba de estos modelos en dos ingenios de la vertiente del Golfo de México y en dos de la Región Occidente del país. El planteamiento genotécnico consiste en probar al menos las 10 mejores variedades regionales actuales bajo el Sistema Riego-Sequía (Muñoz, 1991), aplicando la sequía en tres etapas fenológicas, con miras a detectar los factores de resistencia a sequía básicos, seguido de la recombinación de los genotipos cuyos factores se complementen.

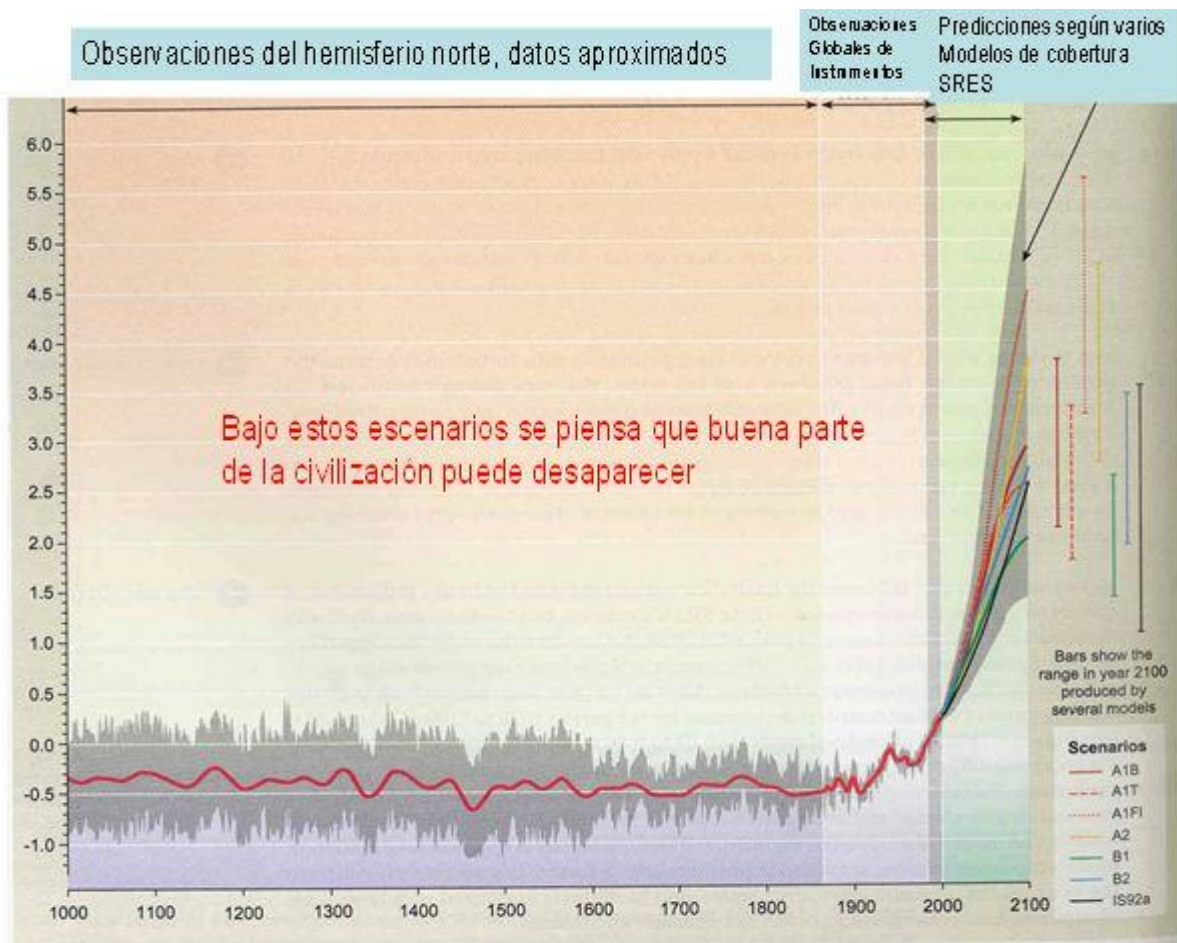


Figura 4. Variaciones de la temperatura de la superficie de la tierra años 1000 a 2100. Los escenarios varían según diversas situaciones socioeconómicas y de los factores del cambio climático. (SRES, Special Report on Emission Scenarios). Adaptación del autor en base a IPCC (2001 p 140).

Cambio climático micro regional

Si bien la información del IPCC sobre el cambio climático es básica para conocer las tendencias globales, dado que México es mayoritariamente un mosaico de microrregiones con componentes de la mega diversidad ecológica únicas, las tendencias globales no necesariamente se cumplen a nivel de nicho ecológico. De ahí que sea fundamental estudiar, a nivel micro regional, como se da específicamente el cambio. Para ello, como parte del curso GEN-627 Genotecnia de Resistencia a Sequía y al Cambio Climático impar-

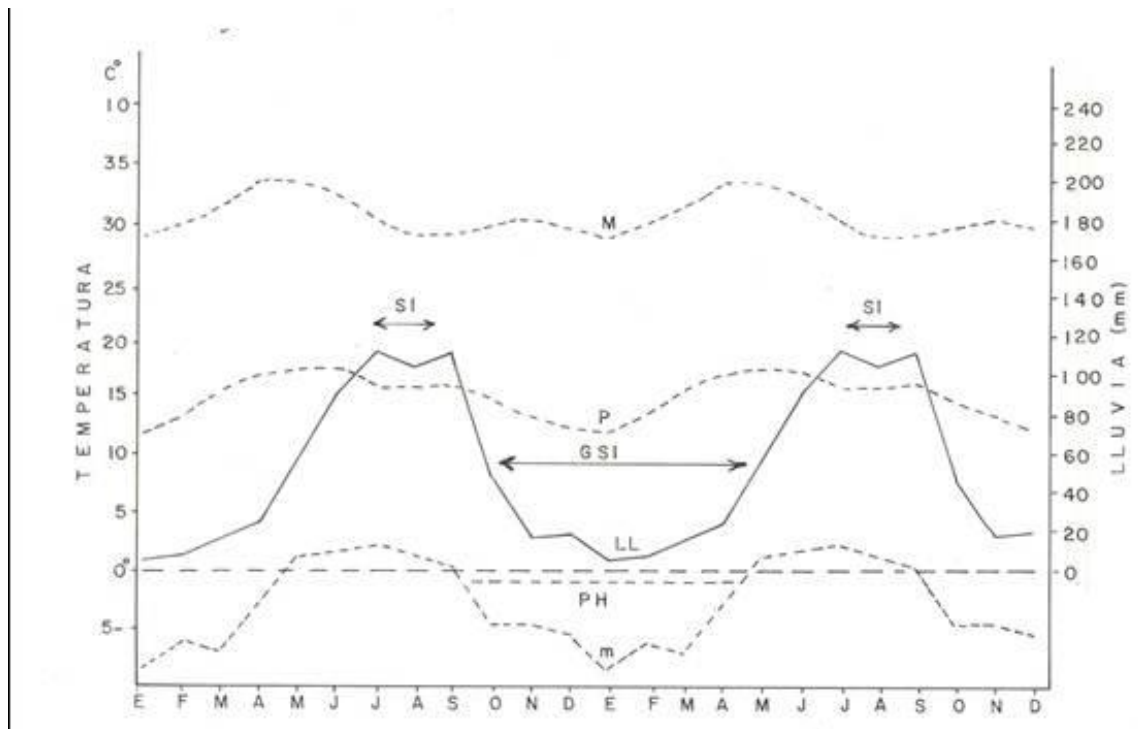


Figura 5. Al dibujar las curvas de lluvia en dos años consecutivos se puede apreciar la Gran Sequía Invernal (GSI) que va desde noviembre del año anterior hasta Mayo del año actual; así mismo, la Sequía Intraestival (SI) o Canícula que ocurre frecuentemente en agosto.

tido en el Colegio de Postgraduados, se busca en las bases de datos meteorológicos micro regiones con registros antes y después de 1975 (Figura 3) y por comparación se determinan los efectos del cambio principalmente en lluvia y temperaturas extremas; así mismo, se están realizando varios estudios de caso enfocados a zonas cañeras. Se busca tener elementos de juicio de las adecuaciones agronómicas y ajustes a los genotipos para mitigar los efectos de dicho cambio.

Factores mega adversos

El país será uno de los primeros en requerir las energías alternas dado que ya inició el declive de su producción petrolera. El proceso de desertificación se está agravando por el acelerado deterioro de los recursos naturales no renovables. El cambio climático, a diferencia del siglo pasado, presenta al menos los factores adversos abióticos: calor, sequías, heladas y anoxia. Como contraparte se tiene una diversidad en caña producto de la epigenética, ejercida en cerca de medio milenio, que no se ha reunido y evaluado frente a los factores adversos del siglo XXI. Considerando los diferentes puntos en que prosperó la caña desde la colonia, se puede duplicar el área cultivada; mas, si se consideran las áreas que fueron forestales, cuya vocación cambió por la erosión, para las cuales puede haber una variedad de caña con las resistencias necesarias para adaptarse a su diversidad. La caña por su naturaleza perenne puede reconstruir el suelo, producir forraje y reforzar la ganadería o bien usarse para energía alterna.

COMENTARIOS FINALES A MANERA DE CONCLUSIONES

De acuerdo con el presente análisis nuestra situación es única en el mundo consecuentemente la investigación esencial hay que realizarla *in situ* para capitalizar nuestro potencial

El escenario actual hace necesario ampliar y unificar la visión, ajustarla al siglo XXI dominado por un galopante cambio climático, por un proceso de desertificación y por el agotamiento del petróleo, entre otros.

Específicamente en la línea de genotecnia se sugiere unificar y recolectar el germoplasma de caña, abrir un robusto programa genotécnico de resistencia a factores adversos abióticos y preparar los recursos humanos necesario como chispa del programa.

Ampliar el área cultivada diversificando los enfoques, adecuar las prácticas agronómicas, el manejo de residuos y el mejoramiento genético en consonancia a los factores mega adversos.

REFERENCIAS

Bucio AL. 1966. Environmental and genotype-environmental components of variability. *Heredity* 21: 387-397.

Bye R. 1998. La intervención del hombre en la diversificación de las plantas en México. *In: Ramamoorthy TP, R Bye, A Lot y J Fa (comps). Diversidad biológica de México. Instituto de Biología, UNAM. Primera edición en español. Páginas 689-713. México.*

Crowley TM y GR North. 1996. *Paleoclimatology*. Oxford University Press, New York. Pág. 112. EEUU.

Flores VO y P Gerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. UNAM. 439 páginas.

Hernández-Xolocotzi E. 1998. Aspectos de la domesticación de plantas en México: una apreciación personal. *In*: Ramamoorthy TP, R Bye, A Lot y J Fa (comps). Diversidad biológica de México. Instituto de Biología, UNAM. Primera edición en español. Páginas 715-535. México.

IPCC. 2001. Climate Change 2001: Synthesis Report. A contribution of working groups I, II y III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Watson, RT and core writing Team (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, 398 pp.

Llorente V, C Sampayo y D Torras (eds). 2005. Nuestro país: enciclopedia de México. Tomo1. OCEANO. 192 páginas. España.

Muñoz OA. 1990. Modelo matemático 1 para evaluar la resistencia a Sequía caso uno a seis. Evolución Biológica (ASIBE), Vol. 4: 93-106. Colombia

Muñoz OA. 1997. **Model 2 to Select for Drought Tolerance.** *In* G.O. Edmeades. M. Banzinger, H. R. Michelson and C.B. Peña-Valdivia. (eds). Developing Drought-and low N-Tolerante Maize. Proceedings of a Symposium, March 25-29, 1996, CIMMYT El Batán, Pags. 541-543, MEXICO, 1997.

Muñoz OA. 1991. La investigación fisiotécnica en el área de resistencia a Sequía del Centro de Genética del Colegio de Postgraduados. Rev. Fitotecnia Mexicana 14:200-215.

Muñoz OA. 2008. Contribuciones de la genética y genotecnia del estrés en relación al cambio climático. *In*: A. Muñoz O (comp). Panorámica de la genética y genotecnia en los últimos siglos. Colegio de Postgraduados. Páginas 119-134.

Muñoz OA, JA Cuevas S, S Miranda C, J Molina G y A Santacruz V. 2005. Prehistoria e historia del progreso de la diversidad. *In*: A. Muñoz O. (ed). Centli Maíz. 2da Edición. Colegio de Postgraduados, Montecillo; Méx. Páginas 1-31.

Muñoz OA, Miranda CS, JA Cuevas S, A Santacruz V y S Sánchez D. 2009. Resistencias, prehistoria, historia, y diferencias de teocintle a maíz. Primera Edición, Impresos América. 109 páginas. México.

Ramamoorthy TP, R Bye, A Lot y J Fa. (comps). 1998. Diversidad biológica de México. Instituto de Biología, UNAM. Primera edición en español. 792 páginas
Toledo VM. 1988. La diversidad biológica de México. Ciencia y Desarrollo XIV: 14-30. México.