



DIRECCIÓN TÉCNICA DE ANÁLISIS Y PRIORIDADES
COORDINACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO Y BIOSEGURIDAD

Resultados del análisis de riesgo a la solicitud 027/2012 para liberación de *Triticum aestivum* L., 1753 genéticamente modificado *Lip9-DREB2A CA*, presentada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) para liberar en fase experimental dentro de las instalaciones de la Estación Experimental de Tlaltizapán, municipio de Tlaltizapán en el estado de Morelos, durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2012-2013. El polígono que solicita el promovente está delimitado por las siguientes coordenadas geográficas: -99.12611111, 18.68555556; -99.12527778, 18.68555556; -99.12555556, 18.68472222 y -99.12611111, 18.68472222.

Esta solicitud fue enviada por SEMARNAT para su análisis y evaluación mediante el oficio S.G.P.A./D.G.I.R.A./D.G./4192 de fecha 04 de junio de 2012 y recibido por CONABIO el mismo día.

Recomendación Final del Análisis de Riesgo:

SE CONSIDERA VIABLE LA LIBERACIÓN EN EL SITIO SOLICITADO

**ESTA RECOMENDACIÓN FINAL DEL ANALISIS DE RIESGO DE LA SOLICITUD
027/2012 SE BASA EN LO SIGUIENTE:**

1. Caracterización del OGM

Este evento de transformación en *Triticum aestivum* L. resistente a sequía *Lip9-DREB2A CA*, ha sido solicitado previamente en la Estación Experimental de Tlaltizapán del CIMMYT en el Estado de Morelos, mediante la solicitud 057/2011.

El trigo *Lip9-DREB2A CA* fue transformado con el plásmido *pBRACKT302-lip9:DREB2Aca* el cual incorpora en su tDNA una versión parcialmente deletada del gen *DREB2A Arabidopsis thaliana*, denominada *DREB2A CA (Constitutive Active form of DREB2A)*, que codifica para un factor de transcripción y que confiere tolerancia a la sequía. Este gen es regulado por el promotor *Lip9* inducible por estreses abióticos y que proviene de plantas de arroz. Adicionalmente, el tDNA incluye al gen *bar*, que confiere resistencia al herbicida glufosinato de amonio, regulado por un promotor de ubiquitina.

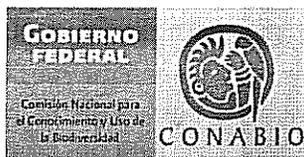


DIRECCIÓN TÉCNICA DE ANÁLISIS Y PRIORIDADES
COORDINACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO Y BIOSEGURIDAD

2. Análisis de aspectos moleculares

Este evento se encuentra en una etapa muy temprana de desarrollo, por lo que la información molecular proporcionada en este momento aún es parcial y aún no se puede concluir con respecto a los riesgos asociados a los aspectos moleculares. Es deseable que el promovente incluya en futuras solicitudes la información que obtiene en relación a la caracterización del OGM, a medida que avanza en la experimentación, en particular lo relativo a los siguientes puntos:

- 1) Es necesario que el promovente proporcione suficiente información sobre todos los cassettes de expresión que se incluyen en el o los constructos de interés que se pretende insertar y las distintas proteínas que estos expresarían. En este caso es necesario que el promovente indique claramente cuál es el organismo donador de la secuencia del promotor de ubiquitina utilizado para lograr la expresión constitutiva del gen bar, y que además proporcione la secuencia de aminoácidos de la proteína correspondiente. En efecto, aunque el gen bar sea considerado un gen de selección por el promovente y no se pretenda utilizar para propósitos agronómicos de manejo de malezas, éste se expresa en el OGM y no puede ser obviado en los análisis de riesgo.
- 2) Una vez que defiñan las líneas más interesantes se deberá profundizar en estudios tales como:
 - a) La caracterización de la estabilidad de su herencia genética por métodos que permitan determinar la composición exacta del inserto, en términos de secuencias que lo componen, o la presencia eventual de secuencias no esperadas, tales como el esqueleto del vector, entre otras.
 - b) Caracterizar los RNA mensajeros expresados a partir de los genes insertados.
 - c) Determinar los niveles de expresión de las proteínas provenientes de los transgenes en distintos tejidos de las plantas.
 - d) La proteína DREB2A CA es un factor de transcripción activado constitutivamente (Sakuma *et al.*, 2006), por lo que su expresión, en este caso regulada por un promotor inducible por estrés, debe modular la expresión de otros genes y por lo tanto los niveles de múltiples proteínas efectoras. Esto hace que el análisis de los posibles riesgos sea más complejo que en el caso de proteínas que no tienen una función de regular a otros genes. Por este motivo es recomendable que, en miras de una liberación a mayor escala y de la eventual utilización comercial de estas líneas, se analizara si la modificación del patrón de proteínas expresadas, derivado de la expresión del factor transcripcional DREB2A CA de arabisopsis en trigo, pudiera tener efectos colaterales (pleiotrópicos) inesperados al medio ambiente (por ejemplo nuevas características morfológicas o fisiológicas, inducibles o no, que modificasen la capacidad competitiva del organismo receptor, y/o su relación con otros organismos interactores), o en la composición nutricional del grano (por ejemplo en cuanto a los niveles de expresión de proteínas con potencial alergénico) (Schnell *et al.*, 2009).



DIRECCIÓN TÉCNICA DE ANÁLISIS Y PRIORIDADES
COORDINACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO Y BIOSEGURIDAD

e) Elaborar y presentar un protocolo de detección específico para el evento *Lip9:DREB2ACA* que supla al protocolo de detección por PCR del constructo que contiene la secuencia DREB2A CA.

Adicionalmente comentamos que, dado que la secuencia del gen introducido *DREB2A CA* ha sido generada por la delección de un fragmento del gen *DREB2A* original de *Arabidopsis*, en opinión de esta Comisión, el promovente no puede afirmar que "*el gen DREB2A CA existe de manera natural en muchas especies vegetales*", dado que esta delección de la secuencia génica modifica los mecanismos naturales de activación de la proteína, en el sentido de mantenerla activada sin necesidad de regulación postraduccional, y por lo tanto su función original cambia.

3. Análisis de aspectos biológicos

Triticum aestivum L. es originario del sureste de Asia, específicamente de áreas que comprenden a los países de Turquía, Israel, Siria, Irak y el sur de las montañas del Cáucaso en donde se encuentran las especies silvestres que dieron origen a los trigos cultivados. Las especies del género *Triticum* L. solo se encuentran en forma cultivada en nuestro país.

En México se cultivan dos especies de trigo principalmente: el trigo blando (*T. aestivum* L.) que se utiliza por si solo o en combinación con variedades de grano más duro para la producción de harina para pan, galletas, pasteles y tortillas y el trigo duro (*T. durum* Desf. = *T. turgidum* subsp. *durum* (Desf.) Husn.) que es utilizado primordialmente para la obtención de sémola para la producción de pastas alimenticias. *T. aestivum* L. se cultiva en casi todos los estados de la República Mexicana, siendo Sonora, Guanajuato y Baja California los estados de mayor producción (SIAP, 2012).

El trigo es una especie preponderantemente autógama, sin embargo existe un bajo porcentaje de fertilización cruzada natural (2%) propiciado principalmente por el viento (OCDE, 1999, OGTR, 2008).

El promovente señala que esta liberación se pretende efectuar a partir del final de 2012 e inicio del 2013 (siembra en otoño-invierno 2012-2013 y su cosecha durante la temporada primavera-verano 2013. Los periodos propuestos de siembra y cosecha difieren de la temporada de producción de grano de trigo en el estado de Morelos que es durante la temporada primavera-verano, iniciándose las siembras en los meses de mayo y junio mientras que la cosecha ocurre en septiembre-octubre. Tomando en cuenta estos datos, existiría un aislamiento temporal entre ambos cultivares.

Diversos estudios han generado información sobre las distancias de dispersión de polen entre cultivos GM y no GM, que han ayudado a establecer distancias de aislamiento entre el cultivo. Waines & Hegde, (2003) en un análisis sobre los diferentes estudios de flujo de genes realizados hasta entonces señalan y concluyen que bajo condiciones de humedad y temperatura favorables el polen viaja hasta 1000 m desde la fuente, sin



DIRECCIÓN TÉCNICA DE ANÁLISIS Y PRIORIDADES
COORDINACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO Y BIOSEGURIDAD

embargo, la fecundación cruzada entre trigos no se ha observado más allá de los 30 metros con porcentajes muy bajos de cruzamiento entre 0.004 y 0.09%. Recientemente Loureiro *et al.*, 2012 ha señalado, para ambientes de zonas semidesérticas, la presencia de polinización cruzada hasta 100 m desde la fuente de polen, sin embargo, con tasas de entrecruzamiento menores a 0.1 %.

Por otro lado, las distancias de aislamiento que ha seguido el USDA son los siguientes: 198 m para semillas de fundación y 99 m para semillas certificadas, aunque recientemente se ha propuesto bajar estas distancias a 15 y 9 metros respectivamente, por otra parte, el CFIA actualmente sugiere una distancia mínima de 30 metros entre semillas con pedigree.

Tomando en cuenta lo anterior, el flujo de genes entre trigos GM y no GM podría ocurrir cuando coincidan las temporadas de floración entre ellos y espacialmente se encuentren próximos, de tal forma que el riesgo de flujo génico que se prevé con los cultivares de trigo no GM es bajo, aunque en caso de presentarse estos cultivares en las inmediaciones del sitio de liberación del OGM (dentro de la Estación Experimental Tlaltizapan), deberá establecerse una distancia mínima de aislamiento de 100 m tal como lo propone el promovente.

Existen sin embargo otros estudios que sugieren que se requiere más conocimiento que el que hasta ahora tenemos. Riebens *et al.* (2011) encontró que el porcentaje de entrecruzamiento de algunas de las líneas de trigos GM en su análisis era seis veces mayor, presentando así un porcentaje de fertilización cruzada más alto al ya conocido. Estos resultados, aunque no directamente relacionados al evento de transformación aquí analizado, son reveladores respecto a que existe la posibilidad en eventos de transformación GM de aparición de cambios fenotípicos no esperados que pudieran llegar a incidir en aspectos ligados a la bioseguridad. No es recomendable entonces asumir que los datos exclusivamente derivados de la característica introducida son suficientes para el establecimiento de las medidas de bioseguridad adecuadas a cada caso. Por lo tanto, es conveniente identificar aquellos rasgos novedosos que pudieran incidir en las variables consideradas en el análisis de riesgo y no asumir de entrada que estas se ven afectadas exclusivamente por la característica insertada en cuestión.

Por otra parte, la CONABIO tiene conocimiento de la presencia en México de una especie emparentada con *T. aestivum* L. que es *Aegilops cylindrica* Host, del cual tenemos registros históricos en nuestra base de datos exclusivamente para el estado de Chihuahua, sin embargo desconocemos cual es su estatus en nuestro país.

A. cylindrica Host puede formar híbridos de manera natural con *T. aestivum* L., la progenie resultante presenta generalmente individuos estériles, sin embargo, algunos individuos generan semilla y retrocruzan con *A. cylindrica* Host (Guadagnuolo *et al.* 2001). Existen varios estudios en Europa y uno en Estados Unidos que señalan que la generación de progenie viable es variable en los híbridos entre *A. cylindrica* x *T. aestivum* y que va de 0.2 a 6% de los híbridos resultantes. La fertilidad de esta progenie viable también es variable ya que va de un rango de 6 a 48% (Zaharieva & Monneveux, 2006).



DIRECCIÓN TÉCNICA DE ANÁLISIS Y PRIORIDADES
COORDINACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO Y BIOSEGURIDAD

Este último trabajo concluye que es necesario analizar caso por caso cuando estén presentes poblaciones silvestres del género *Aegilops* ya que por lo regular estas especies presentan un potencial invasivo o de maleza y la consecuencia de añadir una característica adaptativa (resistencia a enfermedades, pestes, frío o sequía) pueda generar en estas especies una mayor adecuación.

Con lo anterior, el **riesgo de flujo génico** y formación de híbridos viables entre el OGM y *A. cylindrica* es bajo, sin embargo, si el promovente en futuras solicitudes desea escalar este OGM a una fase diferente a la experimental deberá corroborar los registros de *A. cylindrica* para el estado de Chihuahua y algunos estados contiguos, con la finalidad conocer el estatus de esta especie en territorio mexicano.

4. Análisis de aspectos geográficos

La liberación experimental se pretende llevar a cabo dentro de la **Estación Experimental de Tlaltizapán del CIMMYT**, en el municipio de Tlaltizapán en el estado de Morelos la cual está delimitada por los siguientes vértices: -99.12611111, 18.68555556; -99.12527778, 18.68555556; -99.12555556, 18.68472222 y -99.12611111, 18.68472222.

En el sitio de liberación solicitado en la Estación Experimental de Tlaltizapán del CIMMYT, en el municipio de Tlaltizapán en el estado de Morelos, no existiría posibilidad de **hibridación con parientes silvestres de *Triticum aestivum* L.**, ya que el México solo se encuentra *Triticum aestivum* L. en forma cultivada.

No observamos posibles consecuencias de flujo génico con el organismo receptor cultivado debido a que en el período del 2003 al 2010 no se reportó la **siembra de trigo en el municipio de Tlaltizapán**, sino en los municipios de Tlalnepantla y Totolapan en el estado de Morelos.

El Área Natural Protegida más cercana al sitio de liberación solicitado es la Reserva de la Biosfera "Sierra de Huautla" a 16.60 km al sur del sitio de liberación.

La región hidrológica prioritaria que se encuentra dentro de este sitio es: "Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala".

El sitio solicitado se encuentra dentro de la ecorregión nivel 4 (INEGI, CONABIO e INE, 2008): "Depresión del Balsas con selva baja caducifolia y matorral xerófilo".

5. Análisis de aspectos fenotípicos

El riesgo de que las características fenotípicas del OGM aumente el potencial de maleza en el organismo receptor y/o parientes silvestres tal que represente un problema para la diversidad en el sitio solicitado y con la información disponible hasta el momento indicaría un riesgo bajo principalmente porque la especie receptora



DIRECCIÓN TÉCNICA DE ANÁLISIS Y PRIORIDADES
COORDINACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO Y BIOSEGURIDAD

Triticum aestivum L. se considera una planta que a través de su proceso de domesticación ha eliminado la posibilidad de sobrevivir sin la intervención del hombre y carece de un potencial invasivo (OECD, 1999). Sin embargo los rasgos que confieren tolerancia a factores bióticos y abióticos podrían incrementar la supervivencia, biomasa o fecundidad de las plantas voluntarias GM ó plantas híbridas (Warwick *et al.*, 2009).

Específicamente la característica de resistencia a la sequía es un rasgo que podría incrementar la habilidad de expansión hacia otros hábitats, facilitando la probabilidad de hibridación con especies compatibles. Aunque en este caso no se observa riesgo de que la modificación genética sea transferida hacia otros trigos convencionales ni hacia *Aegilops cylindrica* Host (pariente cercano con el que puede hibridar, y el cual es considerado una maleza agresiva, aunque la mayoría de su descendencia es estéril.), ya que estos no se encuentran cercanos al lugar de liberación (ver formulario biológico y geográfico).

Riebens *et al.* (2011) encontró que el porcentaje de entrecruzamiento de algunas de las líneas de trigos GM en su análisis era seis veces mayor, presentando así un porcentaje de fertilización cruzada más alto al ya conocido. Estos resultados, aunque no directamente relacionados al evento de transformación aquí analizado, son reveladores respecto a que existe la posibilidad en eventos de transformación GM de aparición de cambios fenotípicos no esperados que pudieran llegar a incidir en aspectos ligados a la bioseguridad. No es recomendable entonces asumir que los datos exclusivamente derivados de la característica introducida son suficientes para el establecimiento de las medidas de bioseguridad adecuadas a cada caso. Por lo tanto, es conveniente identificar aquellos rasgos novedosos que pudieran incidir en las variables consideradas en el análisis de riesgo y no asumir de entrada que estas se ven afectadas exclusivamente por la característica insertada en cuestión.

A la fecha se cuenta con poca información para evaluar el potencial de maleza e invasividad en cultivos con este tipo de rasgos. Se ha observado que rasgos que podrían parecer "ventajosos" se comportan de distinta forma en habitas naturales que en agrícolas. Un estudio en *Helianthus annuus* sugiere que genes asociados a estreses bióticos y abióticos en poblaciones silvestres, adaptados a ambientes naturales se expresan, sin embargo en *H. annuus* adaptada a condiciones agrícolas los genes asociados a estreses son "deprimidos" por lo que se tiene la hipótesis que existe un costo energético asociado a características de tolerancia a estreses (Lai *et al.*, 2008). Además la construcción genética conlleva el gen bar que le confiere resistencia a glufosinato de amonio, proporcionando una ventaja en presencia del herbicida. Por lo anterior, es necesario que el promovente empiece a generar información que determine si este OGM puede tener una mayor adecuación y en qué circunstancias.

Finalmente, el solicitante debe estar atento a cualquier identificación de cualquier característica nueva relacionada con el OGM que pudiera tener efectos adversos sobre la diversidad biológica y en el medio receptor del OGM conforme lo señala el artículo 47 "El titular del permiso estará obligado a informar inmediatamente a la Secretaría correspondiente, cualquier situación que en la realización de la liberación permitida



DIRECCIÓN TÉCNICA DE ANÁLISIS Y PRIORIDADES
COORDINACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO Y BIOSEGURIDAD

podiera incrementar o disminuir los posibles riesgos para el medio ambiente, la diversidad biológica y/o la salud humana".

6. En relación a los objetivos propuestos y los protocolos

El promovente indica como objetivo la caracterización fisiológica completa y la evaluación de la tolerancia a sequía en diferentes etapas de desarrollo de líneas transgénicas así como la capacidad de las plantas para obtener agua en los perfiles profundos del suelo. En el ensayo experimental se propone incluir eventos transformados con diferentes combinaciones de genes y promotores (que son motivo de otras solicitudes) para determinar la combinación más exitosa en la respuesta al estrés hídrico. Se evaluarán características como: cobertura, temperatura de dosel, porometría, acumulación de carbohidratos en tallos, contenido de clorofila, ceras, pubescencia, enrollamiento de hojas, extracción de agua en diferentes perfiles del suelo, fenología, biomasa, rendimiento (espiguillas por espiga, granos por espiga, peso del grano y densidad de espigas).

7. Las medidas y procedimientos de monitoreo de la actividad y de bioseguridad

El promovente señala un plan general y detallado de medidas de bioseguridad, entre las cuales destaca:

- Empaque e identificación del material OGM por medio de etiquetas, inventario de semillas control de llegada y de salida desde el lugar de salida hasta su destino final (Estación Experimental de Tlaltizapán). La semilla que no se siembre se volverá a empacar y se regresará al laboratorio de bioseguridad del CIMMYT.
- En caso de accidente durante el transporte se procederá a la recolección manual del material o quema del mismo en el lugar del accidente si no fuera posible su total recolección. Inmediato al accidente se informará a las autoridades de Bioseguridad de CIMMYT y de los organismos de control fitosanitario. La zona del accidente será identificada y monitoreada por la presencia de trigos transgénicos.
- Para el aislamiento del ensayo se considera la implementación de bordos consistiendo de una barrera de trigo duro convencional, una barrera de maíz convencional y una zona de suelo sin sembrar de 10 metros alrededor del ensayo. Además se mantendrá un área de aislamiento de 100 m libre de especies sexualmente compatibles con trigo. Como se indica anteriormente, la CONABIO considera que, **de presentarse cultivares no GM de trigo en los predios vecinos (fuera de la Estación Experimental Tlaltizapan) y de solaparse las temporadas de floración entre ambos tipos de cultivares (GM y no GM), deberá establecerse una distancia mínima de aislamiento de 200 m a partir del sitio de liberación.**

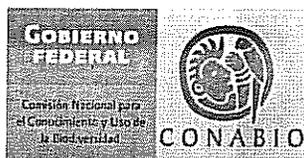


DIRECCIÓN TÉCNICA DE ANÁLISIS Y PRIORIDADES
COORDINACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO Y BIOSEGURIDAD

- Control de todas las actividades realizadas en campo mediante una descripción detallada en una bitácora, recolección y destrucción de toda planta de trigo o especie relacionada en la zona de liberación antes, durante y finalizado el ciclo de cultivo.
- Un funcionario de bioseguridad del CIMMYT y autoridades de los organismos de control fitosanitario estarán presentes durante la cosecha con el fin de asegurarse de que toda la semilla o espigas se prepare en la forma descrita para el traslado, que contempla el correcto etiquetado, empaque, inventario y control de salida y llegada del material. Estas semillas o espigas se enviarán al Laboratorio de Bioseguridad en la sede del CIMMYT, El Batán, Texcoco, Estado de México.
- Concluido la siembra el promovente se compromete a realizar un monitoreo durante dos ciclos agrícolas posteriores.
- El promovente cuenta con un funcionario de Bioseguridad del CIMMYT que estará atento a todas las actividades relacionadas con el proceso de liberación, también se indica que se cuenta con seguridad las 24 horas del día.

Se han reportado dos casos de resistencia al herbicida glufosinato de amonio en el 2010: para la especie *Lolium multiflorum* en Oregon (USA), y *Eleusine indica* en Malasia (2009), esta última se reporta como establecida en México y se distribuye en todo el país, habita terrenos inundables, orillas y terrenos de cultivo (ver en <http://www.conabio.gob.mx/invasoras/index.php/Portada>). Adicionalmente, Villaseñor y Espinosa (1998) reportan la presencia de *Eleusine indica*, en cultivos de trigo, y en el estado de Morelos. Esto deberá tomarse en cuenta en caso del que el promovente pretenda utilizar un herbicida a base de glufosinato de amonio para el control de maleza, debido a que estas plantas transformadas incluyen el gen *bar* que otorga resistencia a este herbicida.

De acuerdo a la clasificación de OGM propuesto por la CONABIO en el documento intitulado "Elementos para la determinación de centros de origen y centros de diversidad genética para el caso de maíces de México a partir de los resultados del proyecto "Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces nativos y sus parientes silvestres en México" (2006-2011)" (ver en http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Elementos_recursosGeneticos_maices.pdf), podemos clasificar al OGM que se pretende liberar como en nivel II dado que aunque el trigo no es originario de México, sí alberga diversidad genética relevante en sus variantes cultivadas y por estar emparentada con *Aegilops cylindrica* Host. Por tanto, al OGM en cuestión le aplican las medidas específicas identificadas en los niveles I y II que son:



DIRECCIÓN TÉCNICA DE ANÁLISIS Y PRIORIDADES
COORDINACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO Y BIOSEGURIDAD

Nivel I.

- 1) un monitoreo adecuado respecto a los efectos al ambiente que pudiera ocasionar el OGM, así como
- 2) tomar las medidas de bioseguridad adecuadas a la característica insertada, es decir, mayor tolerancia a sequía y resistencia a los herbicidas compuestos por glufosinato de amonio y,

Nivel II.

- 1) la existencia de un sistema de información de los recursos genéticos actualizado sobre la especie en cuestión. Aunque para el caso del trigo este punto está parcialmente cubierto debido a las colecciones y sistemas de información tanto del CIMMYT como del INIFAP, no tenemos conocimiento de la existencia de un sistema conjunto de datos de trigo que esté disponible, del tal forma que sería ideal contar con un sistema que agrupe ambas colecciones y que sea de acceso público;
- 2) capacidad instalada de detección de las construcciones genéticas insertadas en el OGM particular incluyendo la información necesaria para llevarla a cabo de manera específica y las herramientas necesarias (secuencias, controles positivos y negativos, sugerencias de técnicas específicas, metodologías, etc.). En este caso es necesario generar métodos de detección evento-específico, y
- 3) monitorear de manera sistemática tanto a los recursos genéticos así como la eventual presencia y/o introgresión de construcciones genéticas insertadas en estos. Estas últimas medidas deberían empezar a contemplarse sobre todo si en futuras solicitudes el promovente desea escalar este OGM a una fase diferente a la experimental y en otros sitios de liberación.

8. Los antecedentes de liberación en otros países

El promovente señala que en lo referente a los incisos a), b), c) y e) esto no le aplica y esto es debido a que este trigo GM no se ha sido liberado en otros países. En relación al inciso d), el promovente desarrolla brevemente sobre el problema que la sequía representa para la producción agrícola mundial y sobre la estrategia seguida en el CIMMYT para la generación y evaluación de la tolerancia a sequía en campo de distintas líneas de trigos genéticamente modificados. También indica brevemente que los primeros ensayos en campo en la estación Experimental de Tlaltizapán han impulsado un ensayo de seguimiento más amplio.

9. Los riesgos de alternativas tecnológicas para contener con el problema para el que se construyó el evento

El promovente indica que no aplica. En este punto en particular es insostenible que el promovente (CIMMYT) indique que no le aplica cuando cuenta con años de trabajo dirigido a programas de mejoramiento genético clásico en trigo, dirigido entre muchas características, a la resistencia a estreses bióticos y abióticos, en donde se han obtenido resultados para contener con el problema para el que se construyó el



DIRECCIÓN TÉCNICA DE ANÁLISIS Y PRIORIDADES
COORDINACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO Y BIOSEGURIDAD

evento solicitado (ver por ejemplo Mujeeb-Kazi y Hettel, 1995; Rajaram *et al.*, 1996; Reynolds *et al.*, 2009).

Es importante que el promovente discuta este punto en futuras solicitudes de eventos dirigidos a ser resistentes a sequía.

CONCLUSION

El promovente solicita liberar en etapa experimental *Triticum aestivum* L., 1753 genéticamente modificado GM durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2012-2013 para liberar dentro de las instalaciones de la Estación Experimental de Tlaltizapán, en municipio de Tlaltizapán en el estado de Morelos.

El análisis realizado a partir de la información presentada en la solicitud, la vertida en el SIOVM y el SNIB arroja las siguientes conclusiones:

- ***T. aestivum* es una especie eminentemente autógama, por lo que el riesgo de flujo génico que se prevé con los cultivares de trigo no GM es bajo, aunque en caso de presentarse estos cultivares en las inmediaciones del sitio de liberación del OGM, deberá establecerse una distancia mínima de aislamiento de 200 m.**
- ***A. cylindrica*, puede formar híbridos con *T. aestivum*, pero la mayoría de ellos son estériles, y éste pariente cercano se distribuye en el estado de Chihuahua.**
- ***T. aestivum* se considera una planta que a través de su proceso de domesticación ha eliminado la posibilidad de sobrevivir sin la intervención del hombre y carece de un potencial invasivo (OECD, 1999). Sin embargo a la fecha se cuenta con poca información para evaluar el potencial de maleza e invasividad en cultivos con características de resistencia a sequía, por lo que consideramos que es necesario que el promovente empiece a generar información que determine si este OGM puede tener una mayor adecuación y en qué circunstancias.**
- **Este evento se encuentra en una etapa muy temprana de desarrollo, por lo que la información molecular proporcionada en este momento aún es parcial y aún no se puede concluir con respecto a los riesgos asociados a los aspectos moleculares y es necesario que el promovente aclare para futuras solicitudes lo expresado en las condicionantes y sugerencias vertidas en la opinión técnica.**

Por estas razones, a pesar de las carencias de información molecular, dado el **contexto particular que delimita a esta solicitud**, es decir, dados la etapa de desarrollo del producto, el organismo receptor, el objetivo y el sitio de la liberación, **se considera viable la liberación en etapa experimental al ambiente de *Triticum aestivum* L., genéticamente modificado *Lip9-DREB2A CA* correspondiente a la solicitud 027/2012 en el ciclo agrícola otoño-invierno 2012-2013 en la Estación Experimental Tlaltizapán, en el Estado de Morelos.**



DIRECCIÓN TÉCNICA DE ANÁLISIS Y PRIORIDADES
COORDINACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO Y BIOSEGURIDAD

Resumen caso por caso respecto a la solicitud 027/2012 para liberar *Triticum aestivum* L., 1753 genéticamente modificado *Lip9-DREB2A CA*, presentada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

Observaciones de la liberación	
RECOMENDACIÓN FINAL	Se considera viable la liberación en la Estación Experimental Tlaltizapán, en el Estado de Morelos.

INFORMACIÓN RELEVANTE USADA

El análisis de los aspectos geográfico y biológico se basó en la información relativa a la biodiversidad con la que cuenta CONABIO, y que se detalla a continuación (Adicionalmente ver los formularios geográfico y biológico anexos).

1. De acuerdo a la información recabada en el SIOVM, incluyendo información bibliográfica, de herbario y la contenida en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB-CONABIO) y de la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB), en México crecen 2 especies cultivadas de trigo, *Triticum aestivum* L. y *T. turgidum* L., se tiene registros de la primera en los estados de Aguascalientes, Baja California, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Distrito federal, Durango, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz Yucatán y zacatecas, mientras que la segunda solo en el estado de Oaxaca.
2. Se encuentra registrada para el estado de Chihuahua la especie *Aegilops cylindrica* Host, considerada maleza, la cual puede entrecruzarse y tener descendencia fértil con trigo ya que de manera natural estas especies forman híbridos y aunque la mayoría de ellos son estériles, existen algunos que generan semilla y retrocruzan con *Aegilops cylindrica* (Guadagnuolo *et al.* 2001).
3. *Triticum aestivum* L. tiene flores hermafroditas (Lestern 1987; OGTR, 2008) y generalmente se autopoliniza, aunque existe un bajo porcentaje de polinización cruzada natural que no sobrepasa el 2% y que es llevado a cabo principalmente por el viento y esta fecundación cruzada dependerá de factores físicos como la



**DIRECCIÓN TÉCNICA DE ANÁLISIS Y PRIORIDADES
COORDINACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO Y BIOSEGURIDAD.**

humedad y la temperatura (OCDE, 1999, OGTR, 2008). Recientemente se ha encontrado que el porcentaje de entrecruzamiento es mayor en algunos trigos modificados genéticamente, presentando así un porcentaje mayor de fertilización cruzada en relación con los trigos no GM (Riebens *et al.*, 2011).

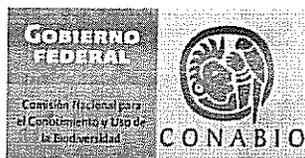
4. De acuerdo a la información recabada en el Anuario Estadístico de la Producción Agrícola del Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), ni en el municipio de Tlaltizapán y municipios circunvecinos se ha sembrado trigo en los últimos años (2003-2010).

Tabla 1. Sitios de cultivo de trigo en México de riego y temporal. Información consultada en el SIAP (SIAP, 2012).

Cultivo	Años	Estado	Sup. Sembrada (Ha.) (Riego + Temporal)
Trigo	2010	Sonora	297604
		Baja California	101161
		Guanajuato	58120
		Chihuahua	53491
		Tlaxcala	41490
		Nuevo León	27306
		Jalisco	22111
		Michoacán	20617
		Oaxaca	16491
		Durango	15170
		México	10155
		Zacatecas	9564
		Sinaloa	8723
		Coahuila	6678
		Baja California Sur	3311
		Puebla	3149
		Hidalgo	2649
		Veracruz	954
		San Luis Potosí	835
		Morelos	382
Querétaro	368		
Chiapas	134		
Tamaulipas	118		

Tabla 2. Sitios de cultivo de trigo en Morelos de riego y temporal. Información consultada en el SIAP (SIAP, 2012).

Cultivo	Años	Municipios	Sup. Sembrada (Ha.) (Riego + Temporal)
Trigo	2003	Tlalnepantla y Totolapan	715
	2004	Ocuituco, Tlalnepantla y Totolapan	559
	2005	Tlalnepantla y Totolapan	516



**DIRECCIÓN TÉCNICA DE ANÁLISIS Y PRIORIDADES
COORDINACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO Y BIOSEGURIDAD**

Cultivo	Años	Municipios	Sup. Sembrada (Ha.) (Riego + Temporal)
	2006	Tlalnepantla y Totolapan	661
	2007	Tlalnepantla y Totolapan	637
	2008	Tlalnepantla y Totolapan	453
	2009	Tlalnepantla y Totolapan	383
	2010	Tlalnepantla y Totolapan	382

5. El Área Natural Protegida más cercana al sitio de liberación solicitado es la Reserva de la Biosfera "Sierra de Huautla" a 16.60 km al sur del sitio de liberación.
6. La región hidrológica prioritaria que se encuentra dentro de este sitio es: "Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala".
7. El sitio solicitado se encuentra dentro de la ecorregión nivel 4 (INEGI, CONABIO e INE, 2008): "Depresión del Balsas con selva baja caducifolia y matorral xerófilo".

Este análisis de riesgo se apega completamente al principio precautorio del protocolo de bioseguridad.

Referencias bibliográficas.

Anderson, R.L, Soper, G. (2003). Review of volunteer wheat (*Triticum aestivum*) seedling emergence and seed longevity in soil. *Weed Technology* 17: 620-626.

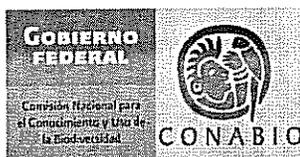
Arriaga, L., Espinoza, J., Aguilar, C., Martínez, E., Gómez, L. y Loa, E. (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Arriaga, L., Aguilar, V. y J. Alcocer. 2002. Aguas continentales y diversidad biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Arriaga, L., Vázquez, E., González, J., Jiménez, R., Muñoz, E. y Aguilar, V. (coordinadores). 1998. Regiones Marinas Prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

CIMMYT, 2012. Solicitud de Permiso para la liberación en ambiente en Programa Experimental del Organismo Genéticamente Modificado Trigo *Lip9-DREB2A CA* en el Estado de Morelos, Otoño-Invierno 2012-2013.

CONABIO. 2011. Elementos para la determinación de centros de origen y centros de diversidad genética para el caso de los maíces de México a partir de los resultados del proyecto "Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces nativos y sus parientes silvestres en México" (2006-2011).



DIRECCIÓN TÉCNICA DE ANÁLISIS Y PRIORIDADES
COORDINACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO Y BIOSEGURIDAD

Disponible en
http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Elementos_recursosGeneticos_maices.pdf

CONANP. [En línea] Áreas naturales protegidas federales de México
http://www.conanp.gob.mx/sig/?id=tw_redireccion Consultado: 2012.

Decretos de Áreas Naturales Protegidas Federales de México
<http://www.conanp.gob.mx/sig/decretos.html>

DOF. 2005. Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados
http://www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio/doc/Ley_BOGM.doc

DOF. 2008. Reglamento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LBOGM.pdf

GCW.[En línea] Global Compendium of Weeds. <http://www.hear.org/gcw/> Consultado: 2012.

GISD [En línea] Global Invasive Species Databases.
<http://www.issq.org/database/welcome/>

Gooding, M.J. & W.P. Davies. 1997. Wheat production and utilization systems, quality and the environment. CAB International. Wallingford. UK.

Glover, J. 2002. Gene flow study: Implications for the release of genetically modified crops in Australia. Bureau of Rural Sciences, Australian Government Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Canberra.

Guadagnuolo, R., D. Savova-Bianchi & F. Felber. 2001. Gene flow from wheat (*Triticum aestivum* L.) to jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica* Host.), as revealed by RAPD and microsatellite markers. *Theor Appl Genet* 103:1-8

Index to Plant Chromosome Numbers (IPCN).
<http://mobot.mobot.org/W3T/Search/ipcn.html>

INEGI, CONABIO e INE. 2008. Ecorregiones terrestres de México. Escala 1:1000000. México. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/ecort08gw.xml?httpcache=yes&xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc.html.xsl&indent=no>

IPNI. <http://www.ipni.org/index.html>

Kimber, G.K. & E.R. Sears. 1987. Evolution of the genus *Triticum* and origin of cultivated wheat. Chapter 5A. In: EG Heyne, ed. *Wheat and wheat improvement*, Edition second. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA.



DIRECCIÓN TÉCNICA DE ANÁLISIS Y PRIORIDADES
COORDINACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO Y BIOSEGURIDAD

Lai, Z., Kane, N.C., Zou, Y., y L.H. Rieseberg .2008. Natural variation in gene expression between wild and weedy populations of *Helianthus annuus*. *Genetics*, 179, 1881-1890.

Lersten, N.R. 1987. Morphology and anatomy of the wheat plant. Chapter 2 In: EG Heyne, ed. *Wheat and wheat improvement*, Edition second. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Loureiro, I., M.C. Escorial, A. González & M.C. Chueca. 2012. Pollen-mediated gene flow in wheat (*Triticum aestivum* L.) in a semiarid field environment in Spain. *Transgenic Res.* DOI: 10.1007/s11248-012-9619-x

Mujee-Kazi A, Gettel G.P. eds. 1995. Utilizing Wild Grass Biodiversity in Wheat Improvement: 15 years of wide cross research at CIMMYT. CIMMYT Research Report No. 2. México, D.F. CIMMYT.

NAPPO. 2003. *Aegilops cylindrica* Host. Pest Fact Sheet. <http://www.nappo.org/PRA-sheets/Aegilopscylindrica.pdf>

OECD 1999. Consensus Document on the Biology of *Triticum aestivum* (Bread Wheat). Report No. ENV/JM/MONO(99)8, Environment Directorate, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France.

OGTR. 2008. The Biology of *Triticum aestivum* L. em Theil. (Bread Wheat), version 2. Office of the Gene Technology Regulator, OGTR, [http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/wheat-3/\\$FILE/biologywheat08.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/wheat-3/$FILE/biologywheat08.pdf)

Procedimiento para Análisis de riesgo a la Biodiversidad por la liberación de Organismos Vimos Modificados. Versión 2.1 <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/doctos/procedimiento.pdf>

Protocolo de Cartagena. <http://www.biodiv.org/biosafety/protocol.asp>

Rajaram S, Braun HJ, Ginkel M. 1996. CIMMYT's approach to breed for drought tolerance. *Euphytica*, 92: 147-153.

Regiones Prioritarias de México. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/regionalizacion.html>

REMIB. [En línea] Red Mundial de Información sobre Biodiversidad http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.html Consultado: 2012



DIRECCIÓN TÉCNICA DE ANÁLISIS Y PRIORIDADES
COORDINACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO Y BIOSEGURIDAD

Rieben S, Kalinina O, Schmid B, Zeller SL. 2011. Gene Flow in Genetically Modified Wheat. PLoS ONE 6(12): e29730. doi:10.1371/journal.pone.0029730

Sakuma Y, Maruyama K, Quin F, Osakabe Y, Shinozaki K, Yamaguchi-Shinozaki K. 2006. Dual function of an Arabidopsis transcription factor DREB2A in water-stress-responsive and heat-stress-responsive gene expression. Proc. Natl Acad Sci USA, 103:18822-18827.

Sakuma Y, Maruyama K, Quin F, Osakabe Y, Qin F, Seki M, Shinozaki K, Yamaguchi-Shinozaki K. 2006. Functional analysis of an Arabidopsis transcription factor DREB2A, involved in Drought-Responsive Gene Expression. Plant Cell, 18: 1292-1309.

Schnell J, Macdonald P, Miki B. 2009 Global profiling technologies assess unintended effects in transgenic plants. ISB News report, October 2009: 7-10.

SIAP. [En línea] Anuario estadístico de la producción agrícola. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera <http://www.siap.gob.mx> Consultado: 2012

SIOVM. Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados SIOVM [En línea] Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/doctos/consulta_SIOVM.html Consultado: 2012

SNIB-CONABIO. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. CONABIO. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/snib/doctos/acerca.html>

Stockwell, D.R.B. & I.R. Noble. 1992. Induction of sets of rules from animal distribution data: A robust and informative method of data analysis. Math. Comput. Simul. 33:385-390.

Stockwell, D.R.B. & D. Peters. 1999. The GARP modeling systems: problems and solutions to automated spatial prediction. International Journal Geog. Inf. Sci. 13:143-158.

Vibrans, H. [En línea] Malezas de México. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm> Consultado: 2012

Villaseñor R., J.L. & F.J. Espinosa G. 1998. Catálogo de malezas de México. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica, México, D. F. 449 pp.

Villaseñor, J.L. y Espinosa Francisco, G. 2004. The alien flowering plants of México. Diversity and Distributions. pp 113-123.

W³Tropicos [En línea] Missouri Botanical Garden's VAST <http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html> Consultado: 2012



DIRECCIÓN TÉCNICA DE ANÁLISIS Y PRIORIDADES
COORDINACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO Y BIOSEGURIDAD

Waines, J.G. & S.G. Hegde. 2003. Intraspecific gene flow in bread wheat as affected by reproductive biology and pollination ecology of wheat flowers. *Crop. Sci.* 43:451-463

Warwick, S.I., Beckie, H.J., y L.M. Hall. 2009. Gene Flow, Invasiveness and Ecological Impact of Genetically Modified Crops. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1168-72.

Weed Science [En Línea] Internacional Survey of Herbicide Resistant Weeds
<http://www.weedscience.org/in.asp> Consultado: 2012

Zaharieva M and P. Monneveux. 2006. Spontaneous hybridization between bread wheat (*Triticum aestivum* L.) and its wild relatives in Europe. *Crop Science* 46:512-527

Zemtra, R.S., C.A. Mallory-Smith, J. Hansen, Z. Wang, J. Snyder, A. Hang, L. Kroiss, O. Riera-Lizarazu & I. Vales. 2002. The Evolution of a Biological Risk Program: Gene flow between Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Jointed Goatgrass (*Aegilops cylindrica* Host). Gene Flow Workshop, The Ohio State University, March 5 and 6.

