

**Convenio de Ejecución** para llevar a cabo el proyecto denominado **"Impacto de los Hongos Micorrízicos Arbusculares Nativos en el Rendimiento de Maíz"**, que celebran por una parte **Nacional Financiera, S.N.C.** en su carácter de **Fiduciaria del Fideicomiso "Fondo para la Biodiversidad"**, en lo sucesivo **"EL FONDO"**, representada por su Secretaria Técnica, la Mtra. Ana Luisa Guzmán y López Figueroa, con la intervención de la **Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad**, en lo sucesivo **"LA CONABIO"**, representada por su Coordinador Nacional, el Dr. José Aristeo Sarukhán Kermez, y por la otra parte el **Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN**, a quien en lo sucesivo se le denominará **"EL CINVESTAV"** representado por su Director de la Unidad de Genómica Avanzada, Dr. Luis Rafael Herrera Estrella, en conjunto **"LAS PARTES"**; mismo que se suscribe de conformidad con las declaraciones y cláusulas siguientes:

### DECLARACIONES

I. Declara **"LA CONABIO"**, por conducto de su representante que:

- I.1 Por Acuerdo Presidencial de fecha 13 de marzo de 1992, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 16 del mismo mes y año, modificado mediante Acuerdo publicado el 11 de noviembre de 1994, se creó **"LA CONABIO"** con el objeto de coordinar las acciones y estudios relacionados con el conocimiento y la preservación de las especies biológicas, así como promover y fomentar actividades de investigación científica para la exploración, estudio, protección y utilización de los recursos biológicos tendientes a conservar los ecosistemas del país y a generar criterios para su manejo sustentable.
- I.2 El Dr. José Aristeo Sarukhán Kermez cuenta con la capacidad legal para suscribir el presente instrumento, según lo establecido en el artículo séptimo, fracciones XII y XIV del Reglamento Interno de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, en relación con los artículos sexto y octavo del Acuerdo de creación de dicha Comisión.
- I.3 Ha solicitado a **"EL FONDO"** apoyo para la realización de las actividades objeto del presente instrumento.
- I.4 Para los efectos legales de este instrumento, señala como su domicilio el ubicado en Liga Periférico-Insurgentes Sur número 4903, Colonia Parques del Pedregal, Delegación Tlalpan, Código Postal 14010, Ciudad de México.

I. Declara **"EL FONDO"**, por conducto de su representante que:

- II.1 Por Contrato de fecha 18 de mayo de 1993, modificado en fechas posteriores como se indica en el Convenio Modificatorio del 26 de febrero de 2010, se constituyó el Fideicomiso Fondo para la Biodiversidad en Nacional Financiera, S.N.C., en su carácter de Institución Fiduciaria, el cual está inscrito bajo el número 1077-1, cuenta con Registro Federal de Contribuyentes número NFF-930518-F76, y tiene como objeto integrar un fondo con recursos en numerario y en especie para promover, financiar y apoyar las actividades de **"LA CONABIO"**, en materia de fomento, desarrollo y administración de proyectos para la exploración, estudio, protección, utilización y difusión de los recursos biológicos tendientes a conservar los ecosistemas del país y a generar criterios para su manejo sustentable.
- II.2 La Mtra. Ana Luisa Guzmán y López Figueroa está facultada para celebrar el presente instrumento, conforme a la Escritura Pública número 144312, de fecha 11

de junio de 2010, otorgada ante la fe del Notario Público Número 151 del Distrito Federal, Lic. Cecilio González Márquez, la cual no le ha sido revocada a la fecha.

- II.3 El Comité Técnico del Fideicomiso Fondo para la Biodiversidad, en su sesión de fecha 28 de octubre de 2014, con cargo a Contribución de la biodiversidad a la adaptación de cambio climático, autorizó los recursos necesarios para llevar a cabo las actividades inherentes al objeto del presente instrumento en apoyo de "LA CONABIO".
- II.4 Para los efectos legales de este instrumento, señala como su domicilio el ubicado en Liga Periférico-Insurgentes Sur número 4903, Colonia Parques del Pedregal, Delegación Tlalpan, Código Postal 14010, Ciudad de México.
- III. Declara "EL CINVESTAV", por conducto de su representante que:
- III.1. Es un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio creado por el Decreto Presidencial de fecha 17 de abril de 1961, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 de Mayo del mismo año y regido por el Decreto Presidencial que mantiene su carácter de organismo público descentralizado, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de septiembre de 1982.
- III.2. Tiene por objeto, "formar investigadores especialistas a nivel posgrado y expertos en diversas disciplinas científicas y tecnológicas, así como la realización de investigación básica y aplicada de carácter científico y tecnológico".
- III.3. Tiene entre sus funciones "prestar servicios de asesoría de control de calidad, de enseñanza, de investigación y de elaboración y ejecución de proyectos científicos y tecnológicos a los organismos y empresas que lo soliciten".
- III.4. El Dr. Luis Rafael Herrera Estrella acredita su personalidad con el testimonio de la Escritura Pública No. 160,141 de fecha 11 de Agosto del 2015, pasada ante la fe del Lic. Salvador Godínez Viera, Notario Público No. 42, de México, D.F. y se encuentra facultado para contratar y obligar a su representado.
- III.5. Para los efectos legales de este instrumento, señala como su domicilio el ubicado en el Km 9.6 Libramiento Norte Carretera Irapuato-León, C.P. 36821 Irapuato, Guanajuato, México.
- III.6. Tiene la Cédula de Registro Federal de Contribuyentes (R.F.C) CIE6010281U2.

IV. Declaran "LAS PARTES" que:

- IV.1 Se reconocen la personalidad con la que se ostentan y están de acuerdo en la suscripción del presente instrumento en la forma y términos que se establecen en las siguientes:

CLÁUSULAS

Primera.- Objeto y Alcance.

"EL CINVESTAV" a través de la Unidad de Genómica Avanzada se obliga con "EL FONDO" para llevar a cabo el proyecto denominado "Impacto de los Hongos Micorrízicos Arbusculares Nativos en el Rendimiento de Maíz", para lo cual desarrollará las actividades y entregará los productos establecidos en el Anexo del presente instrumento, el

cual una vez rubricado y firmado por "EL CINVESTAV" y por los Responsables de Seguimiento que se señalan en la cláusula Tercera, formará parte integrante del presente instrumento.

#### **Segunda.- Pagos.**

"EL FONDO" se obliga a pagar a "EL CINVESTAV" por la prestación del servicio en los términos y condiciones estipulados en este Convenio y en su **Anexo**, la cantidad de **\$936,600.00 (Novecientos treinta y seis mil seiscientos pesos 00/100 M.N.)** que cubre cualquier gasto relacionado con los servicios objeto de este Convenio. Dicha cantidad será cubierta de la siguiente forma:

1. Un anticipo de \$468,300.00 (Cuatrocientos sesenta y ocho mil trescientos pesos 00/100 M.N.) dentro de los cinco (05) días hábiles siguientes a la firma del presente instrumento; y
2. Un pago de \$468,300.00 (Cuatrocientos sesenta y ocho mil trescientos pesos 00/100 M.N.), dentro de los cinco (05) días hábiles siguientes a la fecha de entrega a satisfacción de "LA CONABIO", del informe parcial establecido en el **Anexo** del presente instrumento.

Los pagos antes mencionados se efectuarán en el domicilio de "EL FONDO" o vía depósito a la cuenta que indique "EL CINVESTAV", previa entrega del comprobante fiscal que reúna todos los requisitos fiscales.

Cualquier cantidad que no se gaste de acuerdo con el presupuesto aprobado en el Anexo deberá devolverse a "EL FONDO".

#### **Tercera.- Supervisión y Cumplimiento.**

"EL FONDO" faculta a "LA CONABIO" para que supervise las actividades encomendadas a "EL CINVESTAV", a fin de que verifique el cumplimiento de las obligaciones conforme a este instrumento y su **Anexo**.

"LAS PARTES" designan como responsables de seguimiento de los compromisos del presente Convenio, por parte de "LA CONABIO" y "EL FONDO" se designa a la Dra. Patricia Koleff Osorio, Directora General de Análisis y Prioridades; y por parte de "EL CINVESTAV" se designa a la C.P. Ma. Patricia López Martínez, como Responsable Administrativo y al Dr. Ruairidh James Hay Sawers como Responsable Técnico, quien se encargará de coordinar la realización de las actividades objeto del presente Convenio, y de atender las instrucciones que emita "LA CONABIO", a través de su Responsable de Seguimiento.

#### **Cuarta.- Propiedad de los Trabajos y Derechos de Autor.**

"LAS PARTES" convienen que los productos que resulten como parte del cumplimiento del objeto del presente instrumento corresponderán tanto a "LA CONABIO" como a "EL CINVESTAV", quienes contarán con plena independencia sin exclusividad, para usar o difundir de la manera que mejor les convenga dichos resultados.

"LAS PARTES" acuerdan que respecto de las obras protegidas por la Ley Federal del Derecho de Autor que se generen como parte del presente instrumento, los derechos de autor en su aspecto moral corresponderán a los autores de las mismas, en tanto que los derechos de autor en su aspecto patrimonial o conexo corresponderán tanto a "LA CONABIO" como a "EL CINVESTAV", quienes contarán con plena independencia sin exclusividad, para usar o difundir de la manera que mejor les convenga dichos resultados. Lo

anterior podrá tener excepciones o limitaciones que quedarán establecidas en los términos de referencia del **Anexo** del presente instrumento.

**Quinta.- Confidencialidad.**

"EL CINVESTAV" se compromete a guardar estricta confidencialidad sobre los documentos, información, procedimientos y sistemas a que tenga acceso durante la prestación del servicio y con posterioridad al término del mismo, en el entendido de que el incumplimiento a lo dispuesto por esta cláusula obligará a "EL CINVESTAV" al pago de los daños y perjuicios ocasionados, independientemente de otras acciones civiles y/o penales a que se haga acreedora.

**Sexta.- Cesión de Derechos y Obligaciones.**

"EL CINVESTAV" no podrá ceder parcial o totalmente a terceros sus derechos u obligaciones adquiridas al amparo del presente instrumento.

**Séptima.- Relación Laboral.**

"LAS PARTES" declaran expresamente que en ningún momento se considerará a "EL FONDO" y "LA CONABIO" como intermediarias de "EL CINVESTAV", respecto del personal que ocupe este último para la prestación de los servicios objeto del presente Convenio. En consecuencia serán por cuenta exclusiva de "EL CINVESTAV", el pago de salarios, indemnizaciones, riesgos profesionales o cualquier otra obligación o prestación derivada de la Ley Federal del Trabajo o de la Ley del Seguro Social, y en general de las leyes fiscales, respecto de los trabajadores, colaboradores o empleados del mismo, sin que puedan considerarse a "EL FONDO" y "LA CONABIO" por concepto alguno, como patrones directos, indirectos o sustitutos ni por el régimen de subcontratación. Así mismo, "LAS PARTES" convienen en que el presente Convenio no podrá interpretarse de manera alguna como constitutivo de cualquier tipo de asociación o de vínculo de carácter laboral ni intermediario laboral entre "EL CINVESTAV", "EL FONDO" y "LA CONABIO".

**Octava.- Integridad y Divisibilidad.**

"LAS PARTES" reconocen que el presente Convenio y su **Anexo** contienen la totalidad del acuerdo entre las partes, y supera, cancela y sustituye cualquier acuerdo, promesa, transacción, comunicación o entendimiento previo, de cualquier naturaleza, prevaleciendo lo estipulado en el presente Convenio. Así mismo, acuerdan que en caso de que alguna de sus cláusulas resulte ser ilegal, nula o no ejecutable de conformidad con cualquier ley presente o futura, las cláusulas restantes estarán vigentes y no se verán afectadas.

**Novena.- Vigencia.**

El presente instrumento es obligatorio para "LAS PARTES", entrará en vigor el día de su firma y estará vigente hasta la entrega del último producto establecido en el **Anexo** del presente instrumento a satisfacción de "LA CONABIO".

**Décima.- Modificaciones.**

"LAS PARTES", acuerdan que el presente instrumento podrá ser modificado, mediante la suscripción de común acuerdo por "LAS PARTES" de un Convenio modificadorio.

**Décima Primera.- Terminación Anticipada.**

"EL FONDO", mediante notificación por escrito a "EL CINVESTAV", emitida por lo menos con 15 (Quince) días naturales de anticipación, podrá dar por terminado de manera anticipada el presente Convenio por causas que así lo justifiquen. En tales casos, se pagarán los servicios realizados hasta la fecha de la terminación.

**Décima Segunda.- Rescisión.**

“LAS PARTES” convienen en que este instrumento podrá ser rescindido de pleno derecho y sin necesidad de declaración judicial, en caso de que “EL CINVESTAV” no cumpla con cualquiera de las obligaciones de las que sea sujeto en virtud de este Convenio; o no las cumpla de la manera convenida; o por infringir las disposiciones jurídicas que rigen este documento. Así mismo, será causa de rescisión del presente Convenio la transmisión total o parcial, por cualquier título, de los derechos derivados de este Convenio sin la aprobación expresa y por escrito de “EL FONDO”.

En caso de presentarse alguno de los supuestos anteriores, “EL FONDO” lo notificará a “EL CINVESTAV”, quien contará con un plazo de 10 (diez) días hábiles contados a partir de dicha notificación para manifestar lo que a su derecho convenga, así como para aportar las pruebas que estime pertinentes. Transcurrido el término señalado, “EL FONDO”, tomando en cuenta los argumentos y pruebas ofrecidas por “EL CINVESTAV” determinará de manera fundada y motivada si resulta procedente o no rescindir el presente Convenio, lo cual se notificará por escrito a “EL CINVESTAV”. En caso de resultar procedente la rescisión, en la misma notificación se establecerá los términos en que ésta operará.

Si “EL CINVESTAV” no manifiesta argumento alguno dentro del término antes señalado se entenderá que ha reconocido su incumplimiento, y se procederá a notificarle la rescisión del presente instrumento y los términos en que ésta operará.

“EL FONDO” se reserva el derecho a ejercer en contra de “EL CINVESTAV” mediante la vía judicial, las acciones legales que considere necesarias para exigir la reparación de los daños y perjuicios ocasionados por el incumplimiento de los compromisos pactados en el presente Convenio con motivo de su rescisión.

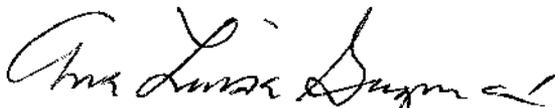
“LAS PARTES” manifiestan su conformidad para que en caso de rescisión del presente Convenio, corresponderá a “LA CONABIO” y “EL FONDO”, la propiedad de los trabajos entregados durante la vigencia del mismo y hasta la fecha de su rescisión, así como la titularidad de los derechos de autor en su aspecto patrimonial.

**Décima Tercera.- Interpretación y Controversias.**

Este Convenio es producto de la buena fe, por lo que todo conflicto que resulte de su ejecución, interpretación, cumplimiento y todo aquello que no esté expresamente establecido en el mismo, se resolverá de mutuo acuerdo, y en el caso de no lograrse un acuerdo entre “LAS PARTES”, éstas se someterán a la jurisdicción de los tribunales federales competentes en la Ciudad de México, renunciando desde este momento al fuero que les pudiera corresponder en razón de sus respectivos domicilios presentes o futuros.

Leído que fue el presente instrumento y enteradas “LAS PARTES” de sus términos y alcances legales, lo firman por duplicado en la Ciudad de México, a los 12 días del mes de septiembre de 2016.

“EL FONDO”



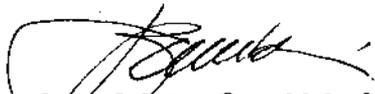
Mtra. Ana Luisa Guzmán y López Figueroa  
Secretaria Técnica del Fideicomiso Fondo  
para la Biodiversidad

“EL CINVESTAV”



Dr. Luis Rafael Herrera Estrella  
Director de la Unidad de Genómica  
Avanzada del CINVESTAV IPN

**"LA CONABIO"**

  
**Dr. José Aristeo Sarukhán Kermez**  
Coordinador Nacional

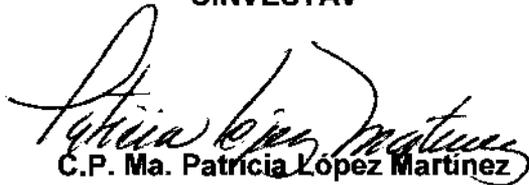
**Responsable Técnico de "EL  
CINVESTAV"**

  
**Dr. Ruairidh James Hay Sawers**

**Responsable de Seguimiento de "LA  
CONABIO" y de "EL FONDO"**

  
**Dra. Patricia Koleff Osorio**  
Directora General de Análisis y  
Prioridades

**Responsable Administrativo de "EL  
CINVESTAV"**

  
**C.P. Ma. Patricia López Martínez**

La presente hoja de firmas corresponde al **Convenio de Ejecución** para llevar a cabo el proyecto denominado **"Impacto de los Hongos Micorrízicos Arbusculares Nativos en el Rendimiento de Maíz"**, que celebran por una parte **Nacional Financiera, S.N.C.** en su carácter de **Fiduciaria del Fideicomiso Fondo para la Biodiversidad**, con la intervención de la **Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad**, y por otra parte el **Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional**, a los 12 días del mes de septiembre de 2016.

**Anexo del Convenio de Ejecución** que celebran por una parte **Nacional Financiera S.N.C.** en su carácter de **Fiduciaria del Fideicomiso Fondo para la Biodiversidad**, con la intervención de la **Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad** y por otra parte el **Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional**, de fecha 12 de septiembre de 2016.

**Generalidades.**

**IMPACTO DE LOS HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NATIVOS EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ.**

**Institución u organización:** Centro de Investigación y de Estudios Avanzadas (CINVESTAV).

**Dependencia:** Laboratorio Nacional de Genómica para la biodiversidad (LANGEBIO), Unidad de Genómica Avanzada.

**Laboratorio:** Genética y Genómica de maíz.

**Domicilio:** Irapuato C.P. 36821, Guanajuato México 462 1663000

**Teléfono:** 4621663002.

**Responsable técnico del proyecto:** Dr. Ruairidh J.H. Sawers

**Teléfono:** 46216633012

**Correo electrónico:**

rusawers@cinvestav.mx,

**Dato personal**

**Grupos taxonómicos:** *Zea mays ssp. Mays*, *Glomus constrictum*, *G. geosporum*, *G. tortuosum*, *Acaulospora scrobiculata*, *Gigaspora margarita*.

**Región geográfica:** México.

**Monto total solicitado:** \$ 936,600.00 (Novecientos treinta y seis mil seiscientos pesos 00/100 M.N.)

**Duración del proyecto:** 24 meses.

**Resumen.**

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) proporcionan a su planta hospedera un mayor acceso al agua y nutrientes del suelo, al mismo tiempo que mejoran la tolerancia al estrés biótico y abiótico. Es importante entender el papel de los HMA nativos en sistemas agrícolas modernos y tradicionales como medida para mitigar los efectos perjudiciales al medio ambiente. La evaluación del impacto de las comunidades de micorrizas en sistemas de cultivo se complica debido a una serie de factores: la variación en la adaptación de las plantas se confunde con la respuesta a la dependencia; la dificultad en la erradicación de HMA nativos impide la estimación del rendimiento de referencia; por último la complejidad taxonómica de la comunidad de HMA hace problemática su descripción comparativa. Se propone evaluar la comunidad de HMA y su impacto en maíz cultivado. Para la resolución a los aspectos previamente señalados, se hará lo siguiente: 1) Evaluar múltiples familias hermanas en un rango de adaptación de las plantas, 2) Usar poblaciones de maíz susceptibles/resistentes a HMA que proveen un rendimiento de referencia, 3) Emplear

secuenciación de nueva generación para caracterizar la comunidad de la rizósfera. Este proyecto proporcionará una primera estimación directa de los efectos de HMA en maíz cultivado en campo, además de proporcionar recursos y metodologías para extender dicha caracterización a diferentes sitios y condiciones.

### **Palabras clave.**

Maíz, micorriza, rizósfera, mapeo de QTL.

### **Introducción.**

El entendimiento de la importancia funcional de los HMA en el cultivo de maíz, ya sea en sistemas de manejo agrícola tradicional o moderno, exige una estimación válida y en medida de lo posible, la generalización de la respuesta de las Micorrizas Arbusculares MA. Es este trabajo se generará material vegetal y un marco analítico para resolver una serie de dificultades asociadas con la evaluación del impacto de los HMA en campo. A pesar de que este estudio está restringido a un solo sitio de campo y dos condiciones de manejo agrícola, el material generado en este trabajo va a ser fácilmente incrementado y se podrá usar en futuras aplicaciones con la misma metodología en diferentes condiciones ambientales y manejo agrícola.

### **Antecedentes.**

Ante el inminente incremento del uso y costos de los insumos agrícolas y una mayor conciencia de los daños al medio ambiente, existe un mayor interés en las interacciones microbianas benéficas y su uso potencial [14]. Las relaciones mutualistas juegan un papel fundamental en ecología y en biología evolutiva, se hipotétiza que participan en la adaptación de los cultivos de variedades criollas en los sistemas agrícolas tradicionales. De las interacciones mutualistas entre plantas, la que más prevalece es la asociación entre hongos pertenecientes al filo Glomeromycota que resulta en la formación de Micorrizas Arbusculares (MA) [9]. Más del 80% de las plantas terrestres establecen MA y esta capacidad se conserva en los principales cultivares a pesar de los procesos de domesticación y mejoramiento [5], [7]. Además, estos cultivares mantienen conservada la maquinaria molecular requerida para establecer la simbiosis y por consiguiente que se de el intercambio de nutrientes [10], [4].

Los HMA proveen a la planta hospedera un mayor acceso a los nutrientes del suelo y agua, a través de la red de micelio del hongo que se extiende más allá de los límites de absorción de la raíz de la planta [2]. Adicionalmente, las simbiosis con MA se relaciona con la tolerancia a estrés abiótico y biótico [13]. Tales beneficios no se proveen sin costo alguno, la planta hospedera debe proporcionar carbohidratos al hongo, que representan una desviación del carbono fijado fotosintéticamente que no afectan la productividad primaria ni el rendimiento. Ciertos cultivares responden de diferente manera a los HMA, el beneficio que las plantas pueden obtener de la simbiosis depende del ambiente y las necesidades de la planta bajo una serie de condiciones [6]. En la agricultura intensiva, el beneficio de la simbiosis puede ser disminuida y la colonización por HMA puede resultar en depresión de crecimiento con relación a las plantas no colonizadas [3]. Los sistemas tradicionales ya establecidos co evolucionan y mantienen con precisión el balance costos-beneficios. En cualquier entorno agrícola el resultado debe evaluarse en términos agro-económicos (rendimiento total) en lugar de adecuación de las plantas por sí solas.

Evaluar el impacto de la simbiosis con MA en sistemas de cultivo es complicado por diversos factores. Primero, es difícil erradicar la comunidad de HMA nativos con el fin de establecer

un nivel de referencia de la productividad de la planta. Segundo, la variación en la respuesta se confunde con la adaptación de las plantas *per se* en ciertas condiciones agrícolas [6], [12]. En consecuencia, se generaliza la importancia de los HMA en base a la evaluación en una diversidad reducida de plantas. Tercero, si bien los HMA no presentan especificidad al momento de establecer la simbiosis, se reportó que existe una especificidad en cuanto a la funcionalidad del mutualismo [8]. Por lo tanto, no sólo es importante evaluar abundancia de HMA, sino también estimar la diversidad y la composición de la comunidad de HMA, lo cual implica un obstáculo adicional debido a la complejidad taxonómica del filo Glomeromycota.

En este estudio, haremos uso de una línea resistente a HMA recientemente identificada [11] para evaluar el impacto de los HMA en la rizósfera y el rendimiento de maíz en campo. Previamente se demostró que plantas de maíz que contienen una inserción del elemento transponible *Mutator* en el gen *Hunahpu* (*HUN*; el gen parálogo del gen *CASTOR* descrito en *Lotus japonicus* y *Oryza sativa*) son completamente resistentes a la colonización por HMA: en estas líneas se observaron que cuando la hifa del hongo tiene contacto con la planta, los apresorios están mal formados y los intentos de penetrar en la raíz son abortivos. Compararemos familias segregantes susceptibles y resistentes a HMA derivadas de una cruce, lo que permite la evaluación de la respuesta de MA a través de una gama de dependencia [6], mientras se proporciona la oportunidad de realizar un mapeo de ligamiento genético a la variación de la respuesta. También usaremos métodos basados en la secuenciación de nueva generación para caracterizar las comunidades de la rizósfera que permitan la comparación entre diferentes manejos agrícolas, además de caracterizar el impacto en la diversidad de la rizósfera ante la presencia de la línea resistente a HMA.

### **Objetivo general.**

Evaluar el beneficio de asociaciones con hongos micorrízicos nativos en maíz mexicano cultivado.

### **Objetivos particulares.**

- a. Contrastar características de desarrollo, fisiológicas y agronómicas de maíz con y sin la formación de MA.
- b. Caracterizar la comunidad microbiana de la rizósfera con o sin la presencia de HMA.
- c. Evaluar el beneficio de la inoculación de HMA en maíz cultivado en campo.
- d. Determinar la arquitectura genética de la variación en la capacidad de formar la simbiosis con MA.

### **Métodos.**

Evaluación del efecto de la micorriza en campo.

**Generación de las poblaciones susceptibles/resistentes a HMA:** Para evaluar el efecto de las MA en maíz cultivado en campo, se generarán 2 poblaciones, una con la mutación en *HUN*, es decir resistente a la colonización y la otra silvestre en *HUN*. Posteriormente se estimará el efecto de los HMA bajo ciertas condiciones ambientales y de manejo agrícola, comparando las poblaciones susceptibles contra las resistentes. Se propagarán 500 semillas de la F2 a partir de la cruce entre W22 que contiene la mutación homocigota en *HUN* (*hun1/hun1*) y CML312, línea del CIMMYT adaptada a las condiciones subtropicales del bajo para así generar las familias de la F2:3. Se genotificarán los padres de la F2 y se seleccionarán 100 familias derivadas de los padres que contengan la mutación *hun1/hun1* que denominará población resistente a HMA. Además otras 100 familias derivadas de un padre silvestre será la población susceptible a la colonización por HMA. Aunque las dos

poblaciones sean diferentes en HUN, las dos poblaciones comparten la misma segregación W22/CML312, lo que nos brinda una variedad de plantas con diferentes adaptaciones y rendimiento bajo cualquier condición en el campo. Lo anterior permite evaluar la respuesta de la MA en un rango de dependencia para generalizar las estimaciones, lo cual no sería posible con un pequeño número de genotipos. Se tomará ventaja de la variación ente W22 y CML312 para realizar la caracterización genética de la respuesta de maíz a las MA mediante un mapeo de un loci de caracteres cuantitativos (QTL, por sus siglas en inglés). De las 200 familias previamente seleccionadas, se repetirá la genotipificación para la detección de polimorfismos de nucleótido único (SNP, por sus siglas en inglés) usando el paquete de Illumina Maize SNP50 BeadChip, lo que permitirá contestar preguntas respecto a los efectos de la interacción del QTL y los HMA.

**Evaluación agronómica:** La evaluación de las poblaciones susceptibles/resistentes a HMA se llevará a cabo en el verano del 2016 en el parque Agro-tecnológico "Xonotli" ubicado en Salamanca, Guanajuato. Se evaluarán las 2 poblaciones de las familias de la F2:3 (1 x15 plantas por familia) en duplicado, bajo dos condiciones diferentes de manejo agrícola, para un total de 800 surcos. En la primera condición, consistirá de un manejo agrícola tradicional. La segunda condición de manejo agrícola incluirá la inoculación de un consorcio de HMA, el cual incluye: *Glomus constrictum*, *Glomus geosporum*, *Glomus tortuosum*, *Acaulospora scrobiculata*, *Gigaspora margarita* y *Glomus sp.* Para determinar la colonización de los HMA en la raíz se tomarán 50 plantas completamente al azar por población de cada condición de manejo agrícola. Se tomarán muestras de raíz y se usarán protocolos establecidos para la cuantificación de la colonización.

**Caracterización molecular de las comunidades de HMA y bacterias:** Adicional a la cuantificación de la colonización, se determinará la composición y diversidad de las comunidades de HMA (colaboración con la Dra. Adriana Pacheco y Dra. Carolina Anes, Tecnológico de Monterrey). Se desarrollará una estrategia de bajo costo basada en el monitoreo del ADN con el uso de la plataforma Illumina MiSeq. En la primera fase, se diseñarán oligonucleótidos que amplificarán un fragmento del gen que codifica para un ARN ribosomal. Se realizará un análisis filogenético a través de un algoritmo evolutivo usando el programa de libre uso RAXML. En la segunda fase, se usará el paquete de Illumina MiSeq Reagent v3 para secuenciar las muestras y hacer las anotaciones de las especies de HMA. Adicionalmente, se caracterizará la comunidad bacteriana mediante la secuenciación de la variación en la región V3 y V4 del 16S ribosomal. El análisis se llevará a cabo mediante una combinación de la base de datos MiSeq BaseSpace y el programa de libre uso Quantitative Insights Into Microbial Ecology (QIIME).

**Análisis Ionómicos:** Se determinará la concentración de 20 elementos en granos, usando un sistema de Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS; [1]; con la colaboración del Dr. Rubén Rellán Álvarez del LANGE BIO y el Dr. Ivan Baxter del Donald Danforth Plant Science Center). El perfil de elementos minerales (ionoma) del tejido vegetal representa la suma de los procesos ambientales y desarrollo, incluyendo la naturaleza del suelo, además del consumo y movilización de los nutrientes dentro de la planta. Se tomarán 10 granos, colectados de cada 3 mazorcas por surco y se analizarán usando un espectrómetro de masas Elan 600 DRC-e (Pekin-Elmer SCIEX) [1]. Análisis computacionales se llevarán a cabo usando algoritmos personalizados desarrollados por el Donald Danforth Plant Science Center ([www.ionomicshub.com](http://www.ionomicshub.com)).

**Evaluación de la respuesta a MA y análisis de QTL:** Datos crudos serán analizados usando diversos modelos que incorporan réplicas, localización y otros parámetros de diseño. Se analizarán los datos de los tratamientos con HMA para determinar la interacción del genotipo con el ambiente, así también como el efecto del ambiente en el fenotipo. Cada

tratamiento se analizará por separado para obtener la media de los mínimos cuadrados que se utilizarán como datos fenotípicos en el análisis de QTL. El análisis de QTL se llevará a cabo usando el programa R/qtl con un diseño específico para la F2:3. Se realizarán varias iteraciones del análisis de QTL: rasgos individuales, rasgos individuales ajustados por co variables tales como tiempo de floración y múltiples rasgos de forma simultánea. Datos del estudio iónico también serán utilizados para el análisis de QTL. Serán usados 3 tipos de fenotipos: concentraciones individuales de los elementos/metabolitos, relaciones entre elementos/metabolitos y vectores ortogonales derivados de un análisis de componentes principales de todos los elementos.

**Productos.**

**Datos primarios.**

- a. Análisis estadísticos y su discusión para evaluar la importancia de los HMA en el crecimiento y rendimiento de maíz cultivado en campo, considerando el impacto de una inoculación con respecto a la comunidad nativa, en la caracterización molecular de la comunidad de HMA en términos de respuesta de la planta;
- b. Listado y análisis comparativo de los HMA encontrados en las muestras de rizósfera;
- c. Descripción de metodologías y modelo para la evaluación del impacto de los HMA en el cultivo de maíz;
- d. Las metodologías empleadas para la generación de datos moleculares y su análisis de manera detallada;
- e. El tipo de datos moleculares usados;
- f. Los datos moleculares y fenotípicos generados; y
- g. El análisis a partir de los datos generados en el proyecto como se especifica en el mismo.

**Resultados.**

**Recursos genéticos.**

- 1. Semilla de Poblaciones susceptibles/resistentes a HMA, cada una con 100 familias de la F2:3., dichas semillas se podrán usar en diversas condiciones y diferentes tipos de manejo agrícola. El proyecto será pionero en el uso de las técnicas de secuenciación de nueva generación con la tecnología de Illumina para la caracterización de la comunidad de HMA. Una vez establecidas las técnicas, se ofrecerá una resolución sin precedentes para la caracterización de la diversidad de MA.

**Calendario de actividades.**

Actividad	Año 1			Año 2		
	1-4	5-8	9-12	1-4	5-8	9-12
Generación de la F2:3	X					
Informe parcial	X	X	X	X	X	
Genotipificación de hun	X					



R.S

Genotipificación de SNP		X	X	X	
Evaluación en campo	X	X	X		
Diversidad molecular			X	X	X
Iónomica				X	X
Análisis de QTL				X	X
Entrega de informe final y productos					X

### Indicadores de éxito.

- Generación de los materiales de la F2 de la cruce de W22 x CML312.
- Generación de 250-300 familias de *hun1* de la F2:3.
- Identificación de cada una de 50-100 familias homocigotas silvestres y mutantes.
- Evaluación en campo de cada una de las 50-100 familias homocigotas silvestres y mutantes.
- Análisis molecular de la diversidad de HMA de las 50 muestras tomadas de la rizósfera del campo.
- Análisis molecular de la diversidad bacteriana de las 50 muestras tomadas de la rizósfera del campo.
- Análisis iónomico de una muestra de 800 granos.
- Evaluación de la respuesta de MA para rasgos agronómicos, de desarrollo y metabólicos.
- Genotipificación y selección de 100-200 parentales de la F2 con el uso de un chip SNP.
- Mapeo del QTL de la variación de la respuesta de MA.

### Presupuesto.

Rubro	Fondo	Artículo	Unidad	Total
1. Salario	Técnico	\$14,166.66/mes	12 meses tiempo completo	170,000.00
2. Viáticos	Alojamiento	Trabajo de campo	2 semanas	28,000.00

<b>3. Equipo</b>	Campo	Nayarit	500 individuos <i>hun</i> de la F2:3	17,000.00
			Preparación de ADN	500 individuos <i>hun</i> de la F2:3 2x500
				34,000.00
	Genómica		Genotipificación por PCR	500 individuos <i>hun</i> de la F2:3
				17,000.00
			Chip Illumina SNP	500 individuos <i>hun</i> de la F2:3
				340,000.00
	Rizósfera			
		Comunidad de HMA	96 muestras	175,000.00
		Comunidad bacteriana	96 muestras	125,000.00
	Ionómica	Ionoma del grano	800 muestras <i>hun</i> de la F2:3	30,600.00

**Justificación del presupuesto.**

**Salario (\$170,000 (Ciento setenta mil pesos 00/100 M.N.)).**

Se solicitan fondos para la contratación de un técnico durante 1 año y a tiempo completo, la tarifa será similar al salario percibido por un trabajador con grado de maestría. El técnico será el principal responsable del trabajo de campo y se encargará de la preparación de muestras para diversas evaluaciones tal y como se describe en el protocolo del proyecto.

**Viáticos (\$28,000 (Veintiocho mil pesos 00/100 M.N.)).**

Se solicitan fondos para cubrir los gastos asociados con el trabajo de campo para la generación y propagación de los materiales de maíz.

**Equipo:**

**Costos del campo (\$17,000 (Diecisiete mil pesos 00/100 M.N.)).**

Se llevará a cabo una siembra en invierno del 2015/2016 en Valle de Banderas, Nayarit, para generar 500 familias *hun1* de la F2: 3.

**Servicios genómicos (\$391,000 (Trescientos noventa y un mil pesos 00/100 M.N.)).**

Se requieren fondos para las extracciones de ADN y la genotipificación con PCR de 500

individuos de la familia segregante *hun* de la F. Seguido del análisis de la 2 sección de 200 individuos homocigotos silvestres (*HUN/HUN*) y mutantes (*hun/hun*) con el uso del de Illumina SNP chip.

**Caracterización molecular de la diversidad de la rizósfera (\$300,000 (Trescientos mil pesos 00/100 M.N.)).**

Se solicitan fondos para la caracterización molecular de la comunidad de HMA y bacteriana. Se analizarán 96 muestras para ambos.

**Ionómica (\$30,600 (Treinta mil seiscientos pesos 00/100 M.N.)).**

Los fondos solicitados serán para la corrida de 800 muestras de granos cosechados del campo que se harán con el análisis de ICP-MS. Los costos incluyen materiales y gastos de las corridas en las instalaciones del Donald Danforth Plant Science Center.

**Lista de participantes.**

**Dr. Ruairidh Sawers:** Profesor-Investigador del laboratorio Genética y Genómica de Maíz en LANGEBIO; Cinvestav 3B; SIN I. El Dr. Sawers tiene 20 años de experiencia trabajando en el área de la genética y la genómica de maíz. Él es beneficiario de una beca de CONACYT *Joven Investigador* y financiamientos internacionales adicionales, incluyendo CONACYT-TAMU y UC-MEXUS. El Dr. Sawers enseña cursos sobre Genética y Genómica en el programa de posgrado de Biotecnología de Plantas en Cinvestav-Irapuato. En la actualidad ocupa el cargo de Coordinador Académico.

**Dr. Víctor Olalde Portugal:** Profesor-Investigador del laboratorio Bioquímica Ecológica en CINVESTAV; CINVESTAV 3D; SNI III. El Dr. Olalde tiene experiencia en el ámbito de las asociaciones con micorrizas incluyendo el aspecto: ecología, biodiversidad, efectos agronómicos, efectos en la fisiología, protección contra patógenos y tolerancia a estrés biótico y abiótico. Además Actualmente imparte cursos de microbiología en la Universidad de Guanajuato.

**Dr. Rubén Rellán Álvarez:** Profesor-Investigador del laboratorio Nutrición Mineral de la Planta ([www.rrlab.org](http://www.rrlab.org)) en LANGEBIO; CINVESTAV 2C; SNI I. El Dr. Rellán recientemente se integró al grupo de investigadores del LANGEBIO. Se encuentra desarrollando un método de cromatografía en fase líquida acoplado a un espectrómetro de masas (LC-MS) para analizar perfiles lipídicos en plantas como parte de los fondos de CONACYT *Joven Investigador*. Él tiene amplia experiencia desarrollando LC-MS para el análisis de metabolitos involucrados en la respuesta de las plantas al estrés abiótico. El Dr. Rellán recibió el premio Marschner Young Scientist.

**Dr. Andrés Moreno:** Encargado de los servicios genómicos del LANGEBIO; SNI [www.langebioncinvestav.mx/?pag=794](http://www.langebioncinvestav.mx/?pag=794)

**Dr. Ivan Baxter:** Investigador del Danforth Plant Science Center, St Louis, Missouri, USA ([www.danforthcenter.org](http://www.danforthcenter.org)). El Dr. Baxter es pionero en el uso de Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS) para la caracterización inóica en granos de maíz. Es un investigador líder es este ámbito.

**Dra. Adriana Pacheco:** Profesora asociada en el laboratorio Ecogenómica en el Tecnológico de Monterrey; SNI I. La Dra. Pacheco estudia las comunidades microbianas de relevancia ambiental en la mitigación del CO<sub>2</sub>, específicamente a las microalgas, además del uso de los residuos para la generación de biogás. Mediante el uso de técnicas moleculares que caracteriza y dinámica de la población estudios para identificar microorganismos importantes para el desarrollo y optimización de procesos.

**Dra. Carolina Senes:** Posdoctoral en el laboratorio de Ecogenómica del Tecnológico de Monterrey. La Dra. Senes trabaja con métodos moleculares par la caracterización de comunidades microbianas, específicamente desarrollando estrategias para la caracterización de especies de hongos micorrízicos arbusculares usando secuenciación de nueva

generación. Actualmente se encuentra analizando transcriptomas de microalgas, por lo cual recibió un premio por CONACYT.

**María del Rosario Ramírez Flores:** Estudiante de doctorado en el programa de Biotecnología de Plantas del CINVESTAV en el laboratorio de Bioquímica Ecológica. Como parte de su proyecto de maestría se realizó la caracterización de una mutante de maíz resistente a la colonización por HMA. Rosario hizo una estancia académica en el Donald Danforth Plant Science Center donde ella aprendió sobre el sistema de transposones en maíz para inducir mutagénesis. Además realizó una estancia donde participó en un experimento en campo para evaluar la respuesta de maíz en estrés hídrico.

### Referencias.

[1] Ivan R Baxter, Gregory Ziegler, Brett Lahner, Michael V Mickelbart, Rachel Foley, John Danku, Paul Armstrong, David E Salt, and Owen A Hoekenga. Single- kernel ionic profiles are highly heritable indicators of genetic and environmental influences on elemental accumulation in maize grain (*Zea mays*). *PLoS one*, 9(1):e87628, January 2014.

[2] M Bucher. Functional biology of plant phosphate uptake at root and mycorrhiza interfaces. *New Phytol*, 173(1):11–26, 2007.

[3] EJ Grace, OCotsaftis, MTester, FASmith, and SESmith. Arbuscular mycorrhizal inhibition of growth in barley cannot be attributed to extent of colonization, fungal phosphorus uptake or effects on expression of plant phosphate transporter genes. *New Phytol*, 181(4):938–949, 2009.

[4] Caroline Gutjahr, Mari Banba, Vincent Croset, Kyungsook An, Akio Miyao, Gynheung An, Hirohiko Hirochika, Haruko Imaizumi-Anraku, and Uta Paszkowski. Arbuscular mycorrhiza-specific signaling in rice transcends the common symbiosis signaling pathway. *Plant Cell*, 20(11):2989–3005, November 2008.

[5] B A D Hetrick, G W T Wilson, and T S Cox. Mycorrhizal dependence of modern wheat varieties, landraces, and ancestors. *Can J. Botany*, 70:2032–2040, 1992.

[6] D P Janos. Plant responsiveness to mycorrhizas differs from dependence upon mycorrhizas. *Mycorrhiza*, 17(2):75–91, 2007.

[7] Shawn M Kaeppler, Jennifer L Parke, Suzanne M Mueller, Lynn Senior, Charles Stuber, William F Tracy, *Agronomy Abstracts* Asa, Shawn M Kaeppler, Jennifer L Parke, Suzanne M Mueller, Lynn Senior, Charles Stuber, and William F Tracy. Variation among maize inbred lines and detection of quantitative trait loci for growth at low phosphorous and responsiveness to arbuscular mycorrhizal fungi. *Crop Science*, 40(April):358–364, 2000.

[8] Y Liu, G Shi, L Mao, G Cheng, S Jiang, X Ma, L An, G Du, N Collins Johnson, and H Feng. Direct and indirect influences of 8 yr of nitrogen and phosphorus fertilization on Glomeromycota in an alpine meadow ecosystem. *New Phytol*, 194(2):523–535, 2012.

[9] M Parniske. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. *Nat Rev Microbiol*, 6(10):763–775, 2008.

[10] U Paszkowski and T Boller. The growth defect of *lrt1*, a maize mutant lacking lateral roots, can be complemented by symbiotic fungi or high phosphate nutrition. *Planta*, 214(4):584–590, 2002.

[11] Maria del Rosario Ramirez-Flores. Genetic characterization of the mutants hun and ixb,

maize orthologs of the potassium channels CASTOR and POLLUX. PhD thesis, CINVESTAV IRAPUATO, 2015.

[12] Ruairidh J H Sawers, Mesfin N Gebreselassie, David P Janos, and Uta Paszkowski. Characterizing variation in mycorrhiza effect among diverse plant varieties. Theor Appl Genet, 120(5):1029–1039, March 2010.

[13] S E Smith and D J Read. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London, 3rd edition, 2008.

[14] Carroll P Vance. Update on the State of Nitrogen and Phosphorus Nutrition Symbiotic Nitrogen Fixation and Phosphorus Acquisition . Plant Nutrition in a World of Declining Renewable Resources. 2014.

## TÉRMINOS DE REFERENCIA

1. El desarrollo del proyecto deberá cumplir con lo señalado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en la Ley General de Vida Silvestre, en la Norma Oficial Mexicana NOM-126-SEMARNAT-2000 para la realización de actividades de colecta y demás disposiciones legales aplicables.
2. El responsable de un proyecto que recibe apoyo de “**LA CONABIO**” asume, como parte de los compromisos que adquiere, la responsabilidad de tramitar y conseguir los permisos de las autoridades correspondientes, que por ley o reglamentos vigentes se requieran para recolectas, capturas o manipulaciones de organismos o para trabajo de campo en áreas protegidas. En su caso, deberá constatar que los permisos no son necesarios en el desarrollo de su proyecto.

**a) Tipo de proyecto:** Microbiomas.

**b) Productos que se espera genere el proyecto:**

1. Análisis estadísticos y su discusión para evaluar la importancia de los HMA en el crecimiento y rendimiento de maíz cultivado en campo, considerando el impacto de una inoculación con respecto a la comunidad nativa, en la caracterización molecular de la comunidad de HMA en términos de respuesta de la planta;
2. Listado y análisis comparativo de los HMA encontrados en las muestras de rizósfera;
3. Descripción de metodologías y modelo para la evaluación del impacto de los HMA en el cultivo de maíz;
4. Las metodologías empleadas para la generación de datos moleculares y su análisis de manera detallada;
5. El tipo de datos moleculares usados;
6. Los datos moleculares y fenotípicos generados; y
7. El análisis a partir de los datos generados en el proyecto como se especifica en el mismo.

**Resultados que se espere genere el proyecto.**

1. Semilla de Poblaciones susceptibles/resistentes a HMA, cada una con 100 familias de la F2:3., dichas semillas se podrán usar en diversas condiciones y diferentes tipos de manejo agrícola. El proyecto será pionero en el uso de las técnicas de secuenciación de nueva generación con la tecnología de Illumina para la caracterización de la comunidad de HMA. Una vez establecidas las técnicas, se ofrecerá una resolución sin precedentes para la caracterización de la diversidad de MA.

**c) Información adicional:**

1. "EL CINVESTAV" y el responsable del proyecto se comprometen a entregar el primer informe parcial y el informe final, así como los resultados y productos del proyecto, en los meses indicados en el calendario de actividades establecido en este Anexo.

2. El primer informe parcial y el informe final deben incluir una breve introducción del proyecto, los objetivos a lograr, una descripción detallada de los métodos utilizados y del sitio de estudio y los resultados obtenidos (incluyendo los avances en la base de datos), destacando los avances correspondientes a las entregas de los informes. Conforme el proyecto vaya avanzando, en informes posteriores, se deberán incluir otras secciones como resultados, discusión y conclusiones. Además se deben entregar los productos de acuerdo con los instructivos que para cada caso tiene establecidos "LA CONABIO" (donde aplique o exista) y los avances conforme a los indicadores de avance o éxito.

3. Después del primer informe de avance del proyecto "EL CINVESTAV" a través de la Unidad de Genómica Avanzada deberá enviar respuesta por escrito a las acciones solicitadas por la CONABIO en la revisión anterior.

4. El responsable del proyecto de "EL CINVESTAV" a través de la Unidad de Genómica Avanzada se compromete a entregar a "LA CONABIO" el informe final en un archivo digital, como un documento completo que incluya un resumen, una breve introducción y antecedentes del proyecto, sus objetivos, los métodos usados, descripción del área de estudio y un análisis detallado de los datos y resultados obtenidos, así como una discusión, conclusiones del trabajo y referencias bibliográficas, así como la recomendación de trabajos futuros en el tema en cuestión.

5. El responsable del proyecto de "EL CINVESTAV" a través de la Unidad de Genómica Avanzada se compromete a entregar junto con el informe final la información que se genere en el proyecto sobre:

- las metodologías empleadas para la generación de datos moleculares y su análisis de manera detallada,
- el tipo de datos moleculares usados,
- los datos moleculares y fenotípicos generados,
- el análisis a partir de los datos generados en el proyecto como se especifica en el mismo.

Dicha información deberá entregarse en un formato electrónico y que, en dado caso, permita replicar los análisis realizados en el futuro, o bien, deberá ser depositada en repositorios de datos especializados (ver punto 11).

6. El responsable del proyecto y "EL CINVESTAV" a través de la Unidad de Genómica Avanzada, aceptan otorgar a "LA CONABIO" una Licencia de uso no exclusiva de las fotografías resultado del proyecto. En caso de que el material gráfico no sea de la autoría del responsable, éste se compromete a conseguir con el autor de las fotografías la Licencia de uso no exclusiva para "LA CONABIO". En ambos casos, la Licencia deberá entregarse junto con el informe final de acuerdo con el "**Formato de Licencia de uso no exclusiva de fotografías e ilustraciones digitales**" (uno por cada autor), que se ubica en el sitio web de "LA CONABIO": [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx).

7. Toda la información resultado del proyecto se incorporará al Sistema Nacional de

Información sobre Biodiversidad (SNIB), y los datos estarán disponibles para consulta pública no restringida, con excepción de aquellos datos originales no publicados, que al momento de entregarse estén marcados **individualmente** como restringidos, justificando la duración y el motivo de dicha restricción.

8. Cuando la restricción se derive de que el investigador está trabajando sobre los datos para publicar un análisis, esa restricción durará hasta **un año** contado a partir de la fecha de entrega del informe final. Si antes de dicho plazo el autor publica acerca de los datos, deberá comunicarlo de inmediato a **"LA CONABIO"** y ésta podrá poner a disposición del público en general la información.

9. En el **informe final** deberá especificarse claramente la forma en que se deben dar los créditos correspondientes por el uso de información resultado del proyecto, tomando en cuenta y respetando la propiedad intelectual de cada parte de la misma. Cualquier omisión o violación de derechos al respecto será atribuible al responsable del proyecto.

10. Los informes de avance cuatrimestrales así como el informe final deberá estar firmado por el responsable del proyecto y el informe final por los corresponsables.

11. Una vez publicados los resultados del proyecto en revistas científicas, los datos genéticos (correspondientes a los hongos micorrízicos arbusculares encontrados en la rizósfera), serán depositados en repositorios de datos curados (por ejemplo, TSA, GEO, SRA o DataDryad) de acceso libre. El repositorio seguirá las recomendaciones de manejo y publicación de datos de White, E. P. *et al.* Nine simple ways to make it easier to (re)use your data. Ideas Eco Evo 6, (2013), de <http://datadryad.org/pages/faq> u otras que en su momento especifique **"LA CONABIO"**. Se entregará un paquete organizado de archivos de datos y/o rutas a donde se depositen los datos, así como los análisis realizados por el proyecto y los metadatos de los archivos y variables asociados. Se incluirá un archivo **"LEEME"** donde se describirá cada archivo (o conjunto de archivos).

12. El responsable del proyecto de **"EL CINVESTAV"** a través de la Unidad de Genómica Avanzada se compromete a compartir la información generada por su investigación derivada del desarrollo del Proyecto denominado **"Impacto de los hongos Micorrizicos Arbusculares Nativos en el Rendimiento de Maíz"** en los casos que así lo requiera **"LA CONABIO"**.

13. El responsable de proyecto de **"EL CINVESTAV"** a través de la Unidad de Genómica Avanzada y **"EL CINVESTAV"** se compromete a no publicar la información que le sea compartida por **"LA CONABIO"**, salvo autorización expresa de dicha institución.

14. El proyecto se llevará a cabo de acuerdo con el presupuesto especificado en el presente Anexo; no se podrá hacer ningún cambio ni en el presupuesto ni en el programa de trabajo planteados en el proyecto aprobado, sin previa autorización por escrito de **"LA CONABIO"** y con su debida justificación por parte de **"EL CINVESTAV"** a través de la Unidad de Genómica Avanzada.

15. Cualquier cambio en las actividades programadas, presupuesto aprobado, responsables y participantes, y calendario de actividades, así como en los productos establecidos en el Anexo del presente instrumento, que se requiriera durante la realización del proyecto, necesita ser autorizado por escrito previamente por **"LA CONABIO"**. Cualquier cantidad que no se gaste de acuerdo con el presupuesto aprobado deberá devolverse a **"EL FONDO"**.

16. **“LA CONABIO”** podrá solicitar a **“EL CINVESTAV”** a través de la Unidad de Genómica Avanzada, una relación explícita de los gastos realizados así como copia de los comprobantes de dichos gastos, en cualquier momento durante el desarrollo del proyecto y hasta un año después de aceptado el informe final global del mismo.

17. La **CONABIO** podrá usar la información resultado del proyecto, para fines científicos, académicos, de divulgación y de promoción de actividades en pro de la biodiversidad, siempre y cuando otorgue los créditos correspondientes al responsable del proyecto y sus colaboradores, para lo cual el responsable del proyecto cuenta con la autorización de los propietarios intelectuales de cada parte de la obra. Así mismo, la información pertinente contenida en la obra se incorporará al Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de **“LA CONABIO”**, y se usará para los propósitos de dicho sistema.

18. El responsable de **“EL CINVESTAV”** se compromete a dar el crédito correspondiente a **“LA CONABIO”** y a otras entidades que **“LA CONABIO”** así indique, en las publicaciones científicas derivadas directamente de este proyecto, y a entregar a **“LA CONABIO”** por lo menos una copia de dichas publicaciones para incorporarlas al Centro de Documentación donde estarán a disposición del público en general.