CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

REPORTE DE EVALUACIÓN DE INFORME TECNICO

Fondo:	I0002- Fondo Institucional
Solicitud:	000000000247278- Caracterización genómica y pro
Etapa:	001
Titulo:	Caracterización genómica y proteómica en la biosíntesis de hule en plantas de guayule (Parthenium argentatum Gray) endémicas de México para potencializar la producción de hule natural.
Usuario:	X_arodriguez96711
Nombre:	Ana Rodriguez Hernandez
formato:	INF_FINAL_PN- INFORME FINAL PROBLEMAS NACIONALES
Fecha:	15 de febrero de 2018
Estado del Documento:	Finalizado

Sección:	**IFINAL_PN**
Pregunta:	**Capture aquí el resumen de este informe**
Respuesta:	Al final del proyecto, se realizaron las colectas de material vegetal en los estados de San Luis Potosí y Durango tanto en época de invierno como de verano. En total se identificaron, 11 sitios de colecta para SLP y 12 para Durango. Resultado de las colectas se cuenta con el siguiente material vegetal: 1) Plantas de guayule ¿ex situ¿ sembradas en una parcela experimental en el rancho experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). 2) semillas colectadas de plantas silvestres en los diferentes sitios de colecta, estas semillas están contempladas para resguardo de germoplasma y sirvieron para el establecimiento de los cultivos ¿in vitro¿. También se cuenta con la base de datos de la biodiversidad de guayule y se generaron 2 bases de datos más: 1) la base de datos de todos los genes de guayule identificados y 2) la base de datos con todas las proteínas de guayule identificadas. Como se mencionó anteriormente, algunas de las semillas colectadas se usaron para el establecimiento de cultivos ¿in vitro¿ de guayule. Al final del proyecto se logró establecer un protocolo de propagación clonal ¿in vitro¿ de guayule, con el cual se obtienen un mayor número de brotes por explante incrementando así la biomasa. Con este protocolo se logró propagar material ¿in vitro¿ del sitio de colecta identificado con los mayores contenidos de hule de cada estado objeto de estudio. Por lo que respecta al establecimiento de los cultivos de tejidos de raíces y/o células en suspensión el mayor avance se tuvo en el cultivo de raíces adventicias pues se ha logrado tener cultivos hasta por 8 semanas. Para tener el cultivo de células en suspensión, el primer paso lo constituye el lograr la generación de callos, lo cual se consiguió al final del proyecto. Referente a la formación de recursos humanos, al final del proyecto del proyecto se tuvieron los siguientes logros: las Agrobiólogas Flor Cristina Pacheco Reyes y María Brenda Olivia Baylon Palomino concluyeron con sus tesis de maestría; de igual forma el C. Irving Josué Tovar Solís realizó sus prácticas profesionales y realizó su trabajo y escritura de tesis de licenciatura; la C. Alexandra Deyanira Martínez Ruíz y el C. Alfonso Alejandro Godínez Betancourt realizaron su estadía profesional y trabajo de tesina para obtener su grado de Técnico Superior Universitario; el C. Abraham Isabel Becerra Berlanga y el C. Fernando Guzmán González realizaron sus prácticas profesionales con temas relacionados a este proyecto. Adicionalmente mencionar que se participó en dos congresos con la divulgación de parte de los resultados de este proyecto: en el X Simposio Internacional sobre la flora Silvestre en Zonas Áridas, celebrado del 11 al 13 de octubre del 2016, en Hermosillo, Sonora, México. Con la presentación del trabajo en cartel titulado: ¿PROPAGACION CLONAL in vitro DE Parthenium argentatum¿ y en el V Congreso Internacional y XIX Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas, celebrado del 25 al 28 de abril de 2017 en Chapingo, Estado de México, México. Con la presentación oral del trabajo titulado: ¿IDENTIFICACIÓN DE POBLACIONES DE GUAYULE (Parthenium argentatum Gray) CON ALTO CONTENIDO DE HULE¿. Finalmente mencionar otro producto generado con este proyecto fue un artículo de divulgación con título: ¿Guayule: una alternativa prometedora para la producción de hule natural en México¿, en la revista Plastics Technology México, el cual fue publicado en la edición de enero/febrero de 2017.
observaciones:	
Pregunta:	**Cuantitativamente, señale cuáles fueron los productos generados (Libros, Capítulos de Libro, Artículos, Tesis, etc.).**
Respuesta:	a) La escritura de un estudio del estado del arte de guayule (Parthenium argentatum Gray) con especial énfasis en los tópicos desarrollados en el presente proyecto. En él se resume todo lo referente al guayule, incluye búsquedas principalmente en artículos científicos, patentes, libros, capítulos de libros, entre otros. Se tiene datos muy interesantes sobre las dinámicas de publicaciones a lo largo del tiempo en el tema, los investigadores e instituciones que más publican y los tópicos de mayor interés entre otras cosas. b) Una base de datos con información sobre la biodiversidad de guayule de las zonas objeto de estudio. c) Una extensa base de datos generada a partir del transcriptoma de guayule, que contiene más de 200 mil

	genes únicos identificados en guayule. d) Una base de datos con información sobre las proteínas identificadas y su expresión, en diferentes contrastes de plantas de guayule silvestres. Contiene un listado de 794 proteínas. e) La escritura de dos artículos de investigación que llevarán por título: Análisis transcriptómico de plantas silvestres de Guayule (Parthenium argentatum Gray) nativas de México y Caracterización proteómica de plantas de guayule (Parthenium argentatum) nativas de México, que están programados para publicarse en 2018. Mencionar que ya se cuenta con los borradores de los manuscritos listos para su posterior edición y traducción, al inglés. Basados en la información generada en el estudio del estado del arte, la revista que aparece como la principal en publicaciones de guayule con estos temas es la -Industrial Crops and Products-, por lo cuál es la primer candidata para el envío de los artículos. f) Dos protocolos relacionados con el establecimiento de cultivo de tejidos de guayule, uno de propagación clonal ¿in vitro¿ de guayule y otro de establecimiento del cultivo de raíces adventicias ¿in vitro¿ de guayule. g) Incorporación de Flor Cristina Pacheco Reyes al proyecto como estudiante de Maestría del programa de Maestría en Ciencias en Agroplasticultura perteneciente al PNPC del CONACYT a partir del 25 de enero del 2016. Al finalizar este proyecto, ha concluido su trabajo experimental, escrito su documento final de tesis y Presentado y aprobado su Seminario de Tesis el día 9 de noviembre de 2017, con el trabajo de tesis titulado ¿Caracterización proteómica de plantas de Guayule (Parthenium argentatum) nativas de México¿. h) Incorporación de María Brenda Olivia Baylon Palomino al proyecto como estudiante de Maestría del programa de Maestría en Ciencias en Agroplasticultura perteneciente al PNPC del CONACYT a partir del 25 de enero del 2016. Al finalizar este proyecto, ha concluido su trabajo experimental, escrito su documento final de tesis y Presentado y aprobado su Seminario de Tesis el día 8 de noviembre de 2017, con el trabajo de tesis titulado ¿Análisis transcriptómico de plantas silvestres de guayule (Parthenium argentatum) nativas de México¿. i) Incorporación de Irving Josué Tovar Solís al proyecto como estudiante de Licenciatura de la carrera de Químico Farmacobiólogo de la Facultad de Ciencias Químicas, de la Universidad Autónoma de Coahuila a partir de enero del 2017. Al finalizar este proyecto, ha realizado sus prácticas profesionales (enero a marzo) colaborando en el proyecto, ha concluido su trabajo experimental y escrito su documento final de tesis (abril a noviembre), con el trabajo de tesis titulado ¿Extracción y Caracterización del hule de plantas silvestres de guayule (Parthenium argentatum) nativas de los estados de San Luis Potosí y Durango en México¿. Mencionar que el trámite para la presentación de examen de grado se inició con el documento de tesis terminada y en estos momentos estamos la espera de la asignación de fecha por parte de la Universidad. j) Incorporación de Alfonso Alejandro Godínez Betancourt al proyecto como estudiante de la carrera de Técnico Superior Universitario en Química Área Biotecnología de la Universidad Tecnológica de Coahuila, para realizar su estadía empresarial a partir de mayo del 2017. Al finalizar este proyecto, ha realizado sus prácticas profesionales (mayo a agosto) colaborando en el proyecto, fruto de dicha estancia el estudiante realizó un trabajo de tesina el cual se requiere como requisito para obtener su título en la carrera de técnico superior universitario con el trabajo de tesis titulado "Inducción de brotes, raíces y callos en Guayule (Parthenium argentatum Gray) in vitro". k) Realización del proyecto tipo tesina ¿Cultivo in vitro de guayule (Parthenium argentatum Gray)¿, realizado por la estudiante Alexandra Deyanira Martínez Ruíz de la Universidad Tecnológica de Coahuila, durante el periodo de estadía empresarial en el Centro de Investigación en Química Aplicada, aceptado para obtener el Título de Técnico Superior Universitario en Química área en Biotecnología. l) Incorporación de Fernando Guzmán González al proyecto como estudiante de la carrera de Ingeniería Química del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, para realizar sus prácticas profesionales a partir de enero del 2017 colaborando en el proyecto, ¿Extracción y caracterización del hule de guayule empleando un solvente de origen natural¿. Mencionar que su estancia se termina el 20 de diciembre de este año. m) Incorporación de Abraham Isabel Becerra Berlanga al proyecto como estudiante de la carrera de Ingeniería Agrícola y Ambiental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, para realizar sus prácticas profesionales de junio a noviembre del 2017. n) Finalmente puntualizar que respecto formación de recursos humanos comprometidos los cuales fueron los siguientes: ¿Al menos un estudiante de licenciatura con tesis terminada, dos de maestría del programa de posgrado de nivel consolidado del CIQA con tesis terminada y la incorporación de al menos un estudiante de doctorado dentro del programa de posgrado de nivel internacional del CIQA, como se ha detallado arriba todos se han cubierto al 100% o más, a excepción de la incorporación de un estudiante de doctorado al proyecto. A este respecto, mencionar que a pesar de la promoción de trabajo de tesis de doctorado disponible, no se presentó ningún candidato interesado. Mencionar que esta propuesta surgió de la idea de que pese a ser un doctorado en Tecnología de Polímeros el que ofrece el CIQA, se creyó que para este proyecto al ser el hule natural un polímero, el apartado de caracterización del mismo podría ser de interés para los estudiantes y de esta manera poder incorporar alguno al proyecto, pero esto no fue posible, incluso se ampliaron las búsquedas de estudiantes a otras Instituciones principalmente las otras participantes (INECOL y UAAAN) pero tampoco hubo éxito. o) Participación en el X Simposio Internacional sobre la flora Silvestre en Zonas Áridas, celebrado del 11 al 13 de octubre del 2016, en Hermosillo, Sonora, México. Con la presentación del trabajo en cartel titulado: ¿PROPAGACION CLONAL in vitro DE Parthenium argentatum¿. p) participación en el V Congreso Internacional y XIX Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas, celebrado del 25 al 28 de abril de 2017 en Chapingo, Estado de México, México. Con la presentación oral del trabajo titulado: ¿IDENTIFICACIÓN DE POBLACIONES DE GUAYULE (Parthenium argentatum Gray) CON ALTO CONTENIDO DE HULE¿. q) Publicación del artículo de divulgación con título: ¿Guayule: una alternativa prometedora para la producción de hule natural en México¿, en la revista Plastics Technology México, el cual fue publicado en la edición de enero/febrero de 2017.
observaciones:	
Pregunta:	**Indique si se dio cumplimiento a los objetivos, metas y/o productos comprometidos (Fundamente/Justifique)**

Respuesta:	Para poder fundamentar y justificar el cumplimiento se describirá a detalle en relación con las metas a cumplir: a) Realización de colectas de material vegetal (planta y semilla) de plantas de guayule en los estados de Durango y San Luis Potosí A lo largo del proyecto se realizaron diferentes salidas de campo, primero de reconocimiento de los sitios de estudio y después de colectas de los diversos materiales vegetales necesarios para el cumplimiento de los objetivos, metas y entregables. Quedando, finalmente identificados un total de 11 puntos de colecta en la parte norte del estado de San Luis Potosí. Abarcando las siguientes comunidades: Benito Juárez, Las colonias, Ánimas, Salto de Huazo, Las boquillas, Huertecillas y San Tiburcio. Para el estado de Durango se identificaron 12 sitios de colecta en la parte noreste, abarcando las comunidades de Cuencame, Santa cruz de la cuchilla, Rancho Espíritu Santo, 5 de mayo, San Luis Cordero, Nazas, San Pedro del Gallo y Antón Martin y Gral. Simón Bolívar. Como resultado de estas colectas se tienen plantas de guayule representativas de los sitios de colecta establecidas en parcelas experimentales ¿ex situ¿ en el rancho experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada, ubicado en el kilómetro 33 carretera a Monclova, en el municipio las Encinas, Coahuila; con las coordenadas: 25°39'13.90" latitud Norte y 101° 6'45.38" longitud Oeste, a una altitud de 1193 msnm (ver fotografías en archivos adjuntos). También se colectaron semillas de guayule para fines de conservación de germoplasma y establecimiento de cultivos in vitro. Además, se realizaron colectas de tallos de 10 a 15 mm de diámetro, para los análisis de contenido de resina y hule, así como para los análisis proteomicos y transcriptomicos. De acuerdo a lo anterior, se puede concluir que el cumplimiento de esta meta se realizó satisfactoriamente (100%). b) Durante el primer año se obtendrá una relación de los contenidos de hule de las plantas de guayule objeto de estudio. Como ya se mencionó, con la colecta de tallos de plantas de guayule en campo, se realizó el proceso de extracción de resina y hule. Para dar cumplimiento a esta meta primero se trabajado en el establecimiento y estandarización del proceso de extracción, desde el tratamiento de la muestra previo a su procesamiento hasta el ajuste de las condiciones de extracción (temperatura, número de ciclos, presión, cantidad de muestra, tipo de filtros). La extracción se realizó en el equipo Speed Extractor E-916 (BÜCHI, Labortechnik AG, Suiza) y la concentración de las muestras con un equipo Multivapor¿ P-6 (BÜCHI, Labortechnik AG, Suiza), finalmente los porcentajes de resina y hule fueron calculados por diferencia de pesos. En total se procesaron 66 muestras de SLP y 72 muestras de Durango. Mencionar que estos datos de contenidos de resina y hule en porcentaje, también fueron adicionados a la base de datos de biodiversidad de guayule. . De acuerdo a lo anterior, se puede concluir que el cumplimiento de esta meta se realizó satisfactoriamente (100%). c) Generación de una base de datos de la biodiversidad del guayule de las zonas objeto de estudio Al final del proyecto se logró completar al 100% la base de datos de la biodiversidad del guayule de las zonas objeto de estudio. Esta base de datos contiene información de todos los sitios de colecta de los dos estados objeto de estudio: ubicación exacta (latitud, longitud), depósitos sedimentarios y tipo de roca, tipo y textura de suelo, clima, temperaturas máximas, mínimas y media anual, metros sobre el nivel del mar, pendiente, exposición, relación cobertura/suelo desnudo, cantidad de especies asociadas, porcentaje de especies asociadas, abundancia relativa del guayule, precipitación anual, porcentajes de hule y resina, Peso molecular del hule (por Cromatografía de permeación en Gel o GPC). Adicionalmente se logró generar un listado de 152 especies vegetales diferentes, asociadas a los diferentes sitios de colecta identificadas como especies vegetales asociativas al guayule. Esta base de datos está superada en expectativas ya que se logró adicionar además de los datos de localización (georreferenciación) del guayule una gran cantidad de información relacionada con las zonas objeto de estudio, por lo que se puede concluir que el cumplimiento de esta meta se realizó satisfactoriamente (100%). d) Establecimiento de cultivos de tejidos de plantas de guayule Para la obtención de hule natural por procesos sustentables, es necesario conocer los pasos limitantes y regulatorios en la biosíntesis de hule, por lo que se planteó el establecimiento de la producción ¿in vitro¿ del guayule como una herramienta biotecnológica. Específicamente en este proyecto se trabajó en establecer y mejorar el protocolo de propagación clonal ¿in vitro¿ de guayule en nuestro laboratorio y con las semillas de plantas de guayule colectadas en campo. En resumen la mejora consistió en que después de germinadas las semillas, los explantes sean transferidos a medio B5 o MS suplementado con 2% de sacarosa y reguladores de crecimiento (BAP 5 mg/L y IAA 5 mg/L) hasta observar la formación de gran cantidad de brotes, posteriormente transferir los brotes a medio B5 o MS suplementado con 3% de sacarosa y reguladores de crecimiento (BAP 0.5 mg/L). Adicionalmente, a partir de las plántulas micropropagadas se realizó el establecimiento del cultivo de raíces adventicias ¿in vitro¿, los cuales se establecieron en medio B5 suplementado con el 2% de sacarosa, sin reguladores de crecimiento. Los cultivos se mantuvieron a luz continua, temperatura de 25 ± 2 °C y 110 rpm de agitación orbital. Los subcultivos se realizaron al 2% de peso fresco (g p.f. /v) cada 20 días, en matraces de 250 mL con 100 mL de medio. Estos matraces se mantuvieron con tapones de papel aluminio. Las cinéticas de crecimiento de las raíces mostraron que estas crecen mejor en medio B5 que en MS, obteniéndose aproximadamente el doble de biomasa cuando las raíces crecieron en medio B5, las cinéticas se siguieron por 8 semanas. Es importante mencionar que el medio MS es comúnmente utilizado para propagación clonal del material vegetal, sin embargo las características de la raíces en este medio no propicio la obtención de los cultivos de raíces adventicias. Fundamentando lo anterior, en este trabajo, se realizó un análisis mediante microscopia electrónica de barrido (SEM), para observar las características morfológicas de las plántulas micropropagadas en medio MS y WPM. Las plántulas propagadas en medio WPM fueron las que presentaron las características morfológicas más similares a las plantas en condiciones silvestres y mostraron un mayor número de tricomas comparadas con las obtenidas en medio MS, lo que hace que las plántulas muestren morfologías diferentes dependiendo el medio en el que crecen, lamentablemente debido a un virus informático que infecto la computadora donde se almacenaron dichas imágenes, se perdieron estos datos y por lo tanto están pendiente su repetición y comprobación. Con los resultados obtenidos hasta este punto, la meta respecto al establecimiento de cultivos de tejidos de guayule ¿in vitro¿ está superada, por lo que se puede concluir que el cumplimiento de esta meta se realizó

	satisfactoriamente (100%). e) Generación de una base de datos de transcritos y proteínas asociados con la sobreproducción de hule bajo condiciones naturales. Al finalizar el proyecto, se logró generar dos bases de datos producto de los análisis del transcriptoma y proteoma de plantas silvestres de guayule. La base de datos generada a partir del transcriptoma de guayule, proviene en resumen de un total de 372,661,284 lecturas pareadas en bruto que se generaron, a las cuales posteriormente se les realizaron pasos de filtración de calidad para reducir el número de lecturas a 282,486,060. A estas lecturas se les realizo un ensamblado utilizando diferentes programas bioinformáticos para identificar un total de 564,256 contigs. Este número de contigs que corresponde con el número de transcritos únicos, supera altamente los datos generados en el primer y único transcriptoma de guayule realizado anteriormente y reportado por Ponciano et al., 2012, quienes generaron un total de 12,682 lecturas de las cuales consiguieron identificar 9,021 unigenes. En nuestro caso de los 564,256 contigs o unigenes obtenidos, se identificaron 301,427 secuencias codificantes (CDS) las cuales se compararon de manera individual con siete diferentes bases de datos (Uniprot, Arabidopsis thaliana, Helianthus annus, Hevea brasiliensis, Nicotiana tabacum, Sesamum indicum y Solanum Lycopersicum) para identificar proteínas homologas. Se identificaron aquellas secuencias que encontraron una homología mayor al 90% en al menos una secuencia de las 7 bases de datos comparadas. Al final se identificaron 241,176 unigenes de guayule que expresan proteínas homologas (lo que corresponde a más del 80% de los CDS generados). Un primer apartado donde se resumen las lecturas generadas y sus procesos de filtración y limpieza y un segundo aparto, con el listado de todos estos últimos 241,176 unigenes de guayule son los que contiene la base de datos generada en este punto. Por lo que respecta a la base de datos de proteínas de guayule tenemos que los espectros de secuenciación obtenidos fueron procesados y analizados con el programa de cómputo Proteome Discoverer 2.1.0.81 (Thermofisher Scientific Inc.) acoplado a los algoritmos de búsqueda de MASCOT (Matrix Science) y SEQUEST HT. La búsqueda se dirigió con las bases de datos: Viridae plantae de UniProt, TAIR (base de datos de A. Thaliana) y el transcriptoma de Parthenium argentatum (generado en este mismo trabajo). Finalmente, se generó un primer listado de 10,681 proteínas identificadas para los dos sitios (Durango y San Luis Potosí), a las cuales se les realizaron pasos de filtración de calidad para reducir el número de proteínas bien identificadas a 794. De estas proteínas las que mostraron un cambio significativo (P <0.05) en abundancia fueron 460, representando el 4.3% del total de las proteínas identificadas. Estas proteínas expresadas diferencialmente (PED) fueron elegidas por tener un índice de abundancia (invierno/verano) ¿ 1.50 o ¿ 0.67. El listados de las 794 proteínas totales identificadas así como el de las expresadas diferencialmente (marcadas en azul en el archivo adjunto), se muestran en la base de datos generada en este punto, incluyendo el número identificador del unigen de guayule al que corresponde, el de Uniprot y el de TAIR, una breve descripción de la función de esa proteína, su secuencia aminoacidica, peso molecular, punto isoeléctrico y abundancia relativa entre otros. Nuevamente, con los resultados obtenidos, la meta respecto a la generación de bases de datos de transcritos y proteínas está terminada, por lo que se puede concluir que el cumplimiento de esta meta se realizó satisfactoriamente (100%). f) Formación de recursos humanos Respecto a esta meta, ya se menciono a detalle en el apartado número dos donde se describen los productos generados del inciso g) al n) y en resumen referente a la formación de recursos humanos, al final del proyecto del proyecto se tuvieron los siguientes logros: las Agrobiólogas Flor Cristina Pacheco Reyes y María Brenda Olivia Baylon Palomino concluyeron con sus tesis de maestría; de igual forma el C. Irving Josué Tovar Solís realizó sus prácticas profesionales y realizó su trabajo y escritura de tesis de licenciatura; la C. Alexandra Deyanira Martínez Ruíz y el C. Alfonso Alejandro Godínez Betancourt realizaron su estadía profesional y trabajo de tesina para obtener su grado de Técnico Superior Universitario; el C. Abraham Isabel Becerra Berlanga y el C. Fernando Guzmán González realizaron sus prácticas profesionales con temas relacionados a este proyecto. Con lo anterior se puede concluir que esta meta se realizo satisfactoriamente (100%). g) Difusión de resultados De igual forma este punto ya se ha detallado anteriormente y resumiendo la divulgación de los resultados de este proyecto se realizó mediante: 1) la participación en un Simpónosio Internacional y un Congreso Internacional; 2) la Publicación del artículo de divulgación con título: ¿Guayule: una alternativa prometedora para la producción de hule natural en México¿, en la revista Plastics Technology México; 3) y finalmente mencionar que se cuenta ya con los borradores de los manuscritos listos para su posterior edición y traducción, al inglés y serán enviados a la revista -Industrial Crops and Products- la cual aparece como la principal en publicaciones de guayule. Adicionalmente, mencionar que a lo largo del proyecto se realizaron dos estancias de investigación del Dr. Cesar Petri Serrano, quién es investigador en la Universidad de Cartagena, España, y quien colaboro activamente en el establecimiento de los cultivos ¿in vitro¿ de guayule.
observaciones:	
Pregunta:	**Con base en los productos generados, señale los alcances en: a) Generación del conocimiento, b) Formación de recursos humanos especializados y c) Creación y/o fortalecimiento de grupos de investigación**
Respuesta:	a) Generación del conocimiento: Para responder esta pregunta es necesario remontarnos al origen del Centro de Investigación en Química Aplicada y este precisamente se inicia con el estudio de las plantas del desierto en particular el de la planta guayule. Aunque en aquel entonces se hicieron avances muy importantes en el conocimiento de la síntesis del hule producido en forma natural por esta planta y otros muchos estudios sobre la geo-distribución, la fisiología, métodos extracción, purificación y procesado del hule a escala piloto, desafortunadamente estos estudios se interrumpieron por varias causas que en este momento no viene al caso enumerarlas. En forma análoga la importancia de la investigación de la planta de guayule y la producción de hule quedo relegada a espacios secundarios en otros países a escala mundial. A finales de los años 90¿s esta situación tomo un giro repentino con el problema de las alergias que generaban los productos fabricados con el hule natural proveniente del árbol de Hevea. Alergias atribuidas a la presencia de las proteínas que

recubren el latex de este hule natural. Pero investigaciones realizadas por algunos grupos de investigación, principalmente USDA de los Estados Unidos de Norteamérica demostraron la ausencia de alergias en el hule natural del guayule. Este hecho detono el resurgimiento de la investigación en la planta del guayule con varios propósitos, el primero económico por la producción de hule, pero también el académico por las limitaciones en cuanto el conocimiento de la fisiología, bioquímica y sobre todo el aspecto de la genética y más concretamente de la genética molecular. Conocimientos que son indispensables en la domesticación para el cultivo del guayule para que sea económicamente rentable a escala industrial. Otro aspecto importante a mencionar, motor de la relevancia que nuevamente ha adquirido el conocimiento científico de la planta de guayule, es el aumento de la demanda del hule natural, no sustituible por hule sintético y que más del 99% proviene de la explotación de las plantaciones asiáticas del Hevea. Pero que sin embargo los problemas asociados con la sustitución de estas plantaciones por otras especies de cultivos más rentables y la amenaza del ataque por plagas a estos cultivos han hecho que varios países hayan implementado programas de investigación para el cultivo y explotación de la planta de guayule como fuente alternativa de hule natural. Al igual que hace más de 30 años, consideramos que nuevamente el CIQA a través de este proyecto financiado en la convocatoria de Solución de Problemas Nacionales financiado por el CONACYT nos permitirá con los resultados logrados en este proyecto ser jugadores importantes en el estudio e investigación de la planta del guayule. Ahora mismo contamos con: ¿ Generación de una base de datos de la biodiversidad del guayule de las zonas objeto de estudio. Esta base de datos contiene información de todos los sitios de colecta de los dos estados objeto de estudio: ubicación exacta (latitud, longitud), depósitos sedimentarios y tipo de roca, tipo y textura de suelo, clima, temperaturas máximas, mínimas y media anual, metros sobre el nivel del mar, pendiente, exposición, relación cobertura/suelo desnudo, cantidad de especies asociadas, porcentaje de especies asociadas, abundancia relativa del guayule, precipitación anual, porcentajes de hule y resina, peso molecular del hule. Adicionalmente se logró generar un listado de 152 especies vegetales diferentes, asociadas a los diferentes sitios de colecta identificadas como especies vegetales asociativas al guayule. ¿ Establecimiento de cultivos de tejidos de plantas de guayule. se planteó el establecimiento de la producción ¿in vitro¿ del guayule como una herramienta biotecnológica. Para este proyecto en específico, la idea es mantener el germoplasma de los sitios identificados con el mayor porcentaje de hule. En un futuro, este germoplasma servirá para plantearse estrategias de mejora genética e incluso valiéndose de la información generada con el proteoma y transcriptoma, plantearse estrategias de ingeniería genética que aceleren el proceso de selección de plantas con las mejores cualidades con miras a una explotación comercial del cultivo de guayule. ¿ Generación de una base de datos de transcritos y proteínas asociados con la sobreproducción de hule bajo condiciones naturales. Con este proyecto se logró generar dos bases de datos producto de los análisis del transcriptoma y proteoma de plantas silvestres de guayule. La base de datos generada a partir del transcriptoma de guayule, logro identificar un total de 564,256 contigs. Este número de contigs que corresponde con el número de transcritos únicos, supera altamente los datos generados en el primer y único transcriptoma de guayule realizado anteriormente y reportado por Ponciano et al., 2012. Es importante resaltar que de estos 564,256 contigs se identificaron 301,427 secuencias codificantes (CDS) lo que corresponde tan solo a un 53%, adicionalmente de estos CDS identificados solo 241,176 unigenes de guayule encontraron homología con alguna proteína (lo que corresponde a poco más del 80% de los CDS generados), estos resultados demuestran que tenemos gran cantidad de datos tanto de proteínas como de transcritos que aun no encuentran homología con secuencias o proteínas con las cuales se compararon y que corresponden a los genomas mejor anotados hasta el momento. Esto en otras palabras quiere decir, que se cuentan con información muy valiosa y que muy probablemente cuando se libere el genoma del guayule, servirá para dilucidar y entender mejor la ruta de biosíntesis y los procesos de regulación del hule de guayule. La generación de conocimiento quedará patente de forma explícita con los publicaciones que serán sometidas a revisión y eventualmente publicados en revistas indexadas en el área de competencia. b) Formación de recursos humanos especializados Como se ha venido mencionando a lo largo del reporte, gracias a este proyecto se logro formar a 2 estudiantes de maestría, uno de licenciatura, 2 técnicos superiores universitarios, 2 estudiantes para realizar sus prácticas profesionales y una estancia de un Doctor Investigador de la Universidad de Cartagena, España. Es de resaltar que dada la naturaleza de este proyecto, estos estudiantes son los primeros en México que han estudiado a nivel transcriptomico y proteómico la planta del guayule en condiciones silvestres. Adicionalmente, las estudiantes de maestría, dadas las herramientas y habilidades que lograron desarrollar durante su investigación, están actualmente buscando la posibilidad de continuar con sus estudios de doctorado en las mismas áreas del conocimiento. Fruto de su estancia en CIQA y colaboración en este proyecto, los 2 estudiantes que realizaron sus prácticas profesionales, continuaron realizando su trabajo de tesis de licenciatura, misma que deberán concluir en el año 2018. Finalmente, gracias a la participación del Dr. Petri Serrano de la Universidad de Cartagena en el proyecto, actualmente se está buscando la manera de participar en conjunto en alguna convocatoria bien sea de España o México, a fin de seguir con el desarrollo del cultivo de guayule y su adaptación a la zona del mediterráneo. c) Creación y/o fortalecimiento de grupos de investigación Con este proyecto se logró aglutinar y cohesionar un grupo de investigación multidisciplinario con carácter intra- e inter-institucional. En este grupo participan varios departamentos de la misma Institución (CIQA) entre los que están, Agroplasticultura, Materiales avanzados, Transformación de plásticos y síntesis de polímeros. Todos estos departamentos en conjunto han ayudado por lo pronto para la correcta realización de este proyecto y adicionalmente se han llegado a formar nuevas propuestas de proyecto que han sido y están siendo sometidos a diferentes convocatorias todos ellos relacionados con el Guayule. Adicionalmente, se han hecho relaciones muy estrechas de trabajo con diferentes investigadores de la Universidad Agraria Autónoma Antonio Narro, la Universidad Autónoma de Coahuila y el Instituto de Ecología (INECOL), red de estudios moleculares avanzados. Con estas Instituciones se han realizado diferentes trabajos en común, que van desde estancias de investigadores y

	estudiantes para trabajar con todo lo relacionado al desarrollo de este proyecto y de ahí se han solicitado nuevos y diferentes apoyos, hasta intercambio de estudiantes de licenciatura para realización de sus trabajos de investigación y/o prácticas profesionales, contribuyendo a la formación de recursos humanos de grado y posgrado con un alto nivel de entrenamiento y experiencia en las diferentes disciplinas objeto de estudio.
observaciones:	
Pregunta:	**En términos de impacto, destaque las principales contribuciones de su investigación**
Respuesta:	¿ Una vez que los resultados sean publicados, el CIQA recobrará nuevamente el papel preponderante que en el pasado tuvo en la investigación de la planta guayule para la producción de hule natural, no solo a escala nacional, sino también internacional. ¿ La formación de un grupo inter- y multidisciplinario de naturaleza intra- e interinstitucional con la participación de investigadores especialistas, en áreas del conocimiento de los polímeros, agronomía, genética molecular, bioinformatica, síntesis química, etc. enfocados alrededor de la solución de un problema nacional, donde México se puede competir y convertirse en un líder internacional que no solo recibirá el reconocimiento, pero también abre el potencial para que con los conocimientos científicos básicos sean el motor que repercutan a nivel económico con la creación de empresas y fuentes empleos y quizás también el papel pueda extenderse al espacio geoestratégico, dado que el hule natural es un recurso indispensable para varias industrias. ¿ El tercer aspecto, aunque no el menos importante es la formación de recursos humanos de posgrado altamente especializados y entrenados para continuar sus estudios en niveles superiores o para incorporarse al sector productivo.
observaciones:	
Pregunta:	**Cuáles argumentos plantearía como sustantivos para integrar su investigación dentro de los CASOS DE ÉXITO.**
Respuesta:	Este proyecto puede considerarse como un caso de éxito al que aludiendo a una serie de argumentos que se enmarcan en distintas vertientes y que se resumen a continuación: ¿ Desde el punto de vista académico se han logrado resultados inéditos en cuanto al avance del conocimiento de la biodiversidad de la planta del guayule. En este mismo sentido se ha conseguido aumentar la eficiencia y rendimientos en los procesos de extracción y purificación del hule natural a escala laboratorio, consiguiendo obtener el poli(cis-1,4-isopreno) con alta pureza y prácticamente libre de resina y otros contaminantes como lo demuestran los análisis realizados por técnicas espectrométricas de FT-IR y RMN; así como la caracterización por cromatografía de permeación en gel y análisis térmicos. Pero sin lugar a dudas el aspecto más impactante en este proyecto en cuanto a la generación de conocimiento en el sentido del avance espectacular de los resultados obtenidos de los análisis en el área de la Proteómica y Transcriptomica, hasta la fecha abordados de forma tangencial y limitada. ¿ La posibilidad potencial de recobrar un liderazgo a nivel mundial, sostenido durante los inicios y fundación del Centro de Investigación en Química Aplicada. De ocurrir esto es de esperarse que tengas repercusiones en diferentes ámbitos; desde el económico, social e incluso geopolítico. Esto debido a que el hule natural del guayule en un futuro a mediano plazo se puede convertir en un recurso natural muy demandado principalmente en la industria de los neumáticos, aunque también en áreas de la industria, incluyendo la biomedicina. ¿ Este proyecto de alguna forma ha sentado las bases para lograr, por supuesto con las estrategias, planeación y apoyos necesarios, conseguir la domesticación de la planta de guayule con niveles de producción de hule natural y sus subproductos para establecer un cultivo económicamente rentable. Esto significaría el establecimiento de industrias competitivas que redundaría en la generación de empleos y bienestar social para las zonas donde se llegasen a establecer plantíos de guayule. ¿ Los conocimientos y experiencia acumulada en este proyecto servirán de motor para la extrapolación con otros cultivos de las zonas áridas, en donde el conocimiento científico es aún más raquítico. No obstante la importancia que muchas plantas del desierto han contribuido al sustento económico de familias con bajos ingresos y en ocasiones en situación de pobreza y aislamiento. Como ejemplo basta con citar la planta de la candelilla, de donde se extrae la cera del mismo nombre y cuyas propiedades y características son inimitables por otras fuentes naturales o artificiales. ¿ Con este proyecto se logró aglutinar y cohesionar un grupo de investigación multidisciplinario con carácter intra- e inter-institucional. Que por lo pronto a contribuido a la formación de recursos humanos de posgrado con un alto grado de entrenamiento y experiencia en las diferentes disciplinas objeto de estudio. A pesar de ser un proyecto de un plazo corto (duración total 2 años) será posible con los resultados obtenidos publicar dos artículos científicos indexados en JCR.
observaciones:	
Observaciones:	

Documentos Anexos

Tipo de Archivo	Informe Técnico
Descripción	informe técnico final
Consecutivo	1
Archivos Anexos	I0002_000000000247278_001__12_15_2018reporte_final_.pdf