

## CONVOCATORIA 2023 “GENERACIÓN Y APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS: PRIORIDADES PARA EL DESARROLLO DE TABASCO”

### FORMATO E1 – MODALIDAD B DOCUMENTO TÉCNICO EN EXTENSO

#### I Identificación y Datos Generales

Clave de solicitud:	PRODECTI-2023-01/124
Institución proponente:	<b>Tecnológico Nacional de México Campus de la Región Sierra</b>
Título de la propuesta: Aplicación móvil para selección de vainas de cacao, implementando inteligencia artificial.	
Modalidad de participación:	<b>MODALIDAD B. Inteligencia Artificial (IA).</b>

#### II Descripción general de la propuesta

Durante el proceso de corte de las vainas de cacao, las empresas que se dedican al procesamiento de cacao necesitan clasificar las distintas variedades de cacao existentes en un solo campo de cultivo, lo cual requiere cierto nivel de experiencia, además de que dicha clasificación es realizada directamente por el personal que tiene contacto directo con la planta, ello conlleva que en dicho proceso pueda haber errores.

La idea del proyecto es que a través de una aplicación móvil que haga uso de modelos de inteligencia artificial, se pueda optimizar la tarea de clasificación de las vainas, ayudando al personal encargado a realizar dicha tarea sin necesidad de que sea requerida cierto nivel de experiencia. Para su uso en campo, es necesario que la aplicación funcione sin conexión a internet debido a que en la mayoría de las zonas donde se realiza dicha actividad no cuentan con conexión a internet.

#### III Alineación con la Convocatoria

**Motivación de la propuesta** (explique las razones por las que considera que su propuesta tiene una relación directa con la modalidad de participación seleccionada)

Las técnicas de IA se caracterizan por su capacidad para optimizar procesos. Este proyecto busca mejorar la tarea de clasificación de las vainas de cacao durante el proceso de selección para su posterior procesamiento, que actualmente depende en gran medida de la experiencia del personal. Las técnicas de IA aplicadas en una app móvil permitirán que esta tarea se realice de manera más eficiente y precisa.

El proyecto tiene como propósito explorar la posibilidad de aplicar IA a procesos propios del sector agroindustrial del estado de Tabasco. Haciendo uso de tecnología móvil es posible reducir la experiencia necesaria en el personal para la clasificación de las vainas de cacao, lo cual mejorará la productividad y reducirá los posibles errores humanos que pudiese haber en el proceso.

La aplicación de modelos de IA en el sector agroindustrial representa un avance de vanguardia, que está transformando varios sectores del ecosistema en algunas regiones del mundo; su uso específico en el sector cacaotero, representa un avance que además de agregar valor agregado a la cadena de suministro, mejora las prácticas tradicionales.

**Originalidad y/o articulación** (argumente por qué su propuesta debe considerarse como parte de los esfuerzos del ecosistema científico, tecnológico y de innovación del Estado)

En el presente trabajo se puede resaltar el uso de tecnologías como son el desarrollo de aplicaciones móviles utilizando el framework de desarrollo Flutter que en conjunto con el lenguaje Dart, presentan una opción bastante robusta para la creación de aplicaciones con integración de IA; de igual manera se hace uso de técnicas de IA, específicamente de modelos de redes neuronales las cuales se desarrollarán haciendo uso del lenguaje Python con conjunto con la librería TensorFlow, tal es el caso de las redes neuronales convolucionales, las cuales dada su naturaleza, presentan una opción viable para el manejo de imágenes y procesamiento.

Explorando el uso de las tecnologías mencionadas anteriormente en el sector agroindustrial, se pretende ayudar al aumento a la productividad de los procesos relacionados con la cadena de valor del cacao.

**Método y enfoque de Inteligencia Artificial** (describir los detalles sobre las técnicas y algoritmos de IA que se utilizarán para abordar el problema)

Los modelos de redes neuronales convolucionales tienen un buen rendimiento al trabajar con imágenes, debido a esto, su uso es clave en la realización de un modelo que permita la clasificación de imágenes de vainas de cacao de variedades específicas.

Durante la realización del trabajo, se planea explorar la posibilidad de utilizar modelos preentrenados, así como la creación de arquitecturas de modelos desde cero, todo esto con

la finalidad de comprar resultados y así disponer de un abanico de posibilidades para seleccionar el modelo que más se ajuste a las necesidades de la aplicación.

Todo lo anterior se trabajará utilizando la herramienta Jupyter Notebooks de Python utilizando la librería de TensorFlow, con lo cual se facilita el trabajo de preprocesado, preparación de los datos y entrenamiento de los modelos, así como su exportación para la posterior integración en la aplicación móvil.

**Factibilidad de adopción** (describir las condiciones que permitirán que los resultados de su proyecto, una vez concluido, sean adoptados o implementados por usuarios potenciales)

- Realización de pruebas al prototipo de aplicación y validación de su funcionamiento en condiciones de campo reales.
- Presentación y difusión de los resultados ante personal colegiado y productores de cacao.
- Establecimiento colaboraciones y alianzas con empresas del sector agroindustrial dedicadas al procesamiento de cacao.
- Realización de talleres que permitan la concientización sobre el aumento de productividad del uso de la tecnología.

#### IV Fundamentación científico – técnica

##### Antecedentes de la propuesta:

En 2016 León et al menciona “El uso de información derivada del procesamiento digital de imágenes es una herramienta útil para la determinación del estado de maduración y la selección del cacao”, trabajo que aborda la posibilidad de utilizar técnicas de IA para su uso en el sector agroindustrial, con lo cual se abre la posibilidad para explorar la posibilidad de la utilización de este tipo de tecnología en otra parte de la cadena de valor del sector cacaotero.

##### Justificación:

Utilizar tecnología para optimizar procesos es algo que se ha demostrado en otros ámbitos industriales que conllevan una actividad económica. Por tanto, el uso de tecnologías como aplicaciones móviles y algoritmos de machine learning (redes neuronales), puede aportar valor a la cadena de procesamiento y comercialización del cacao, importante sector agroindustrial dentro del estado de Tabasco.

En Tabasco es sabido que los cultivos representativos son el cacao y el banano, en este ejercicio se considera como objeto de análisis y caracterización al cacao, esto derivado de los diversos estudios que dan como resultado una reciente variabilidad de la producción y esto se debe a las variedades, tipos y estado de los suelos, así como, los cultivos denominados hortalizas familiares donde por naturaleza se dan la cruce de variedades en el proceso de la polinización.

Por ello se considera que el desarrollar una herramienta que de forma práctica y sencilla mediante un Dispositivo móvil permita al productor identificar alguna de las características del fruto partiendo de integrar un Data Set con perfil orientado a las variedades demás características propias de los tipos de Cacao que se cultivan en el Estado y en segunda etapa contemplar a los estados de Veracruz y Chiapas en sus zonas de cultivo.

El uso de este tipo de tecnologías no sólo apunta a la optimización del proceso en sí, sino que también aporta al conocimiento en la investigación sobre las aplicaciones que pueden tener dichas tecnologías en este y otros sectores agroindustriales, esto debido pueden derivar futuras ideas de aplicación o casos de uso utilizando los conocimientos generados en el presente trabajo.

Es importante destacar que, el software a utilizar es de código abierto, cosa que implica que tanto el desarrollo de los modelos, así como el desarrollo del prototipo de aplicación móvil, no necesitará del uso de licencias. Con lo cual el conocimiento generado puede ser fácilmente replicado sin necesidad de algún costo extra.

#### **Estado del Arte:**

Los seres humanos percibimos las imágenes del mundo exterior a través del ojo, concretamente a través de la retina, que es por donde la luz es capaz de entrar para posteriormente, con esa luz, obtener la información del entorno, el procesamiento digital de imágenes no es algo nuevo, pero si la integración a distintas áreas de la industria, estas ha sido de forma muy diversa desde el reconocimiento de cuerpos opacos como el escaneado de textos, hasta la identificación de patrones en radiografías que diagnostican alguna enfermedad.

En la agricultura no tendrá más de 10 años que se han buscado maneras de implementar técnicas de visión artificial para el análisis de imágenes y que con base a datos estadísticos

de ciertos cultivos se pueden establecer algunas inferencias con respecto a enfermedades, plagas y monitoreo de plantas, frutos y calidad de la tierra.

Una de las instituciones que desarrollan investigación agrícola es el Colegio de Postgraduados de Tabasco y precisamente en 2018 se publicó “ VARIACIÓN MORFOLÓGICA DE FRUTOS Y SEMILLAS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) DE PLANTACIONES EN TABASCO, MÉXICO”, un trabajo que caracterizó a una variedad de cacao en distintas áreas de cultivo organizados por municipios, cuyo objetivo fue el de generar información para seleccionar algunos de los descriptores morfológicos del cacao.

En el ámbito internacional, en 2018 el Ing. Jhon Jairo Castro Maldonado de la Universidad de Pamplona en Colombia desarrolló un tesis cuyo fin es el de obtener sistemas de producción más competitivos y aumentar la eficiencia agronómica del sector productivo, se incorporaron nuevas técnicas para incrementar y/o mantener la productividad de los cultivos, buscando, al mismo tiempo, reducir los costos de producción. La investigación, se basa en las áreas de visión artificial y reconocimiento de patrones implementado en procesos de agricultura. Con el fin, de desarrollar metodologías, sistemas y/o prototipos que contribuyan a optimizar recursos (humanos, económicos y tecnológicos) en el sector agro y específicamente en las agroindustrias cultivadoras de lulo(naranjilla) en Antioquia.

Con respecto al procesamiento de imágenes en nuestro país en el Centro de Investigación y Computación del Instituto Politécnico Nacional, se han desarrollado múltiples proyectos basados en el procesamiento de imágenes en áreas de la salud, robótica de servicio y patrones en ciertos elementos de la vida, El Dr. Humberto Sossa Azuela es líder en este ámbito y ha dirigido algunos trabajos de investigación y dirigido tesis de Posgrado al respecto generando algoritmos y técnicas supervisadas de aprendizaje, en 2008 se dio como resultado a un proyecto de investigación un nuevo modelo de Redes neuronales, la Redes Neuronales Celulares, dentro del Laboratorio de Reconocimiento de Patrones, bajo la dirección del Dr. Marco Antonio Moreno Armendáriz.

El Dr. Luis Enrique Sucar Sucar del INAOE en Puebla, México, es precursor de la visión Artificial, desarrollando múltiples trabajos de investigación de aplicación, por último, mencionar que el artículo “

Prototipo de automatización del proceso de secado y selección del cacao a través del procesamiento digital de imágenes”, desarrollado por estudiantes de la Universidad de Villavicencio, Colombia dan muestra del uso del Lenguaje de programación Python, que en la actualidad ofrece mayor compatibilidad con múltiples librerías para el procesamiento de imágenes, redes neuronales, de gestión de archivos, así como, de cálculos matemáticos y de graficación.

**Nivel TRL al inicio del proyecto:**

Nivel 2, se ha formulado el concepto y/o aplicación de la tecnología

## V Objetivos

**Objetivo General:**

- Desarrollar una aplicación que utilice modelos de redes neuronales, para ayudar en el proceso de selección de vainas de cacao a productores del estado de Tabasco.

**Objetivos específicos:**

- Delimitación de las variedades más útiles para los productores de cacao, teniendo en cuenta que son las que más valor generan dentro de la cadena de suministro.
- Creación del dataset necesario para el entrenamiento del modelo a utilizarse, basado en las principales variedades de cacao para comercializar, tomando las fotos de las vainas necesarias.
- Desarrollo de la interfaz gráfica de la aplicación utilizando el framework Flutter para la creación de una aplicación para el sistema operativo Android.
- Preprocesado y etiquetado de las imágenes del dataset, utilizando las librerías TensorFlow, Jupyter Notebooks y OpenCV de Python.
- Pruebas y optimización de los modelos para la selección de aquel con mejor desempeño, a través de las herramientas propias de la librería TensorFlow.
- Integración del modelo seleccionado con la aplicación móvil.
- Probar la viabilidad del uso de la tecnología en condiciones de campo, realizando las pruebas necesarias con personal dedicado a la actividad específica.

## VI Metodología de ejecución

- Captura y etiquetado de las imágenes para creación del dataset, utilizando vainas de las principales variedades de cacao que se comercian con la industria del sector.
- Etiquetado de los datos, a través de software libre que permita la fácil y rápida realización de la tarea.
- Preprocesado de las imágenes para su posterior uso en el entrenamiento de los modelos a evaluar.
- Entrenamiento y prueba de modelos de redes neuronales, con herramientas de software abierto que permita mantener un costo bajo en el desarrollo del proyecto.
- Desarrollo de aplicación móvil integrando los modelos de redes neuronales usando la librería de desarrollo Flutter.
- Prueba y medición de los resultados de predicción de los modelos en condiciones de campo para comparación de los resultados esperados con los resultados obtenidos.
- Análisis de los resultados con personal colegiado y productores de cacao, para evaluar la viabilidad de uso la aplicación.

## VII En su caso, recopilación y preparación de datos

La creación del dataset consistirá, en visitar distintos productores de cacao, con la finalidad de realizar la captura de las imágenes necesarias de las principales variedades de cacao que se comercian. Una vez obtenidas dichas imágenes se integrarán en un equipo de cómputo, en el cual los archivos se clasificarán en distintas carpetas categorizadas por variedad, esto permitirá que el etiquetado de las imágenes se realice de manera más sencilla.

Con las imágenes recolectadas y haciendo uso de las librerías OpenCV y Jupyter Notebooks, se realizará el preprocesado de los archivos, con la finalidad de reducir las dimensiones en pixeles de las imágenes, lo cual permitirá que el poder de cómputo para el procesamiento de las imágenes, así como para el entrenamiento de los modelos sea menor.

Para esto se planea realizar todas las actividades antes mencionadas de manera local en equipos de cómputo destinados para dicho propósito, con la finalidad de poder hacer que tanto los modelos como la aplicación puedan ser utilizados sin la necesidad de una conexión a internet.



#### VIII Productos esperados

No.	Tipo	Descripción
1	Dataset de imágenes etiquetadas	El dataset contendrá las imágenes capturadas
2	Prototipo de aplicación móvil	La aplicación móvil que ejecutable sobre dispositivos Android
3	Modelo entrenado	El modelo en formato compatible con múltiples tipos de aplicación.
4	Documentación técnica	La documentación donde se detallará todo el proceso de desarrollo.

#### IX Metas/indicadores de resultados

Nombre del indicador o meta	Cantidad esperada
Porcentaje de predicciones realizadas sobre dataset de prueba.	Mayor al 90%
Porcentaje aciertos en predicciones realizadas en campo	Mayor al 80%

#### X Articulación interinstitucional (En caso de haber indicado en la pre-propuesta que se contemplaba algún tipo de articulación, favor de completar la sección siguiente; uno por cada instancia vinculada)

<b>Nombre de la instancia vinculada:</b>	
<b>Tipo de instancia*:</b>	<b>Alcance:</b>
	Local ( ) Nacional ( ) Internacional ( )
<b>Dirección web de la instancia vinculada (en su caso):</b>	
<b>Tipo de participación:</b>	Participante ( ) Beneficiario o usuario final ( )
<b>Descripción de la participación en el DESARROLLO del proyecto:</b>	
<b>Resultados o beneficios esperados de la articulación:</b>	
●	

\* Institución de Educación Media o Superior; Centro de Investigación; Empresa; Organización Gremial; ONG; Grupos o comunidades; Instancia gubernamental.

#### XI Beneficios e impactos esperados

<b>Impacto social o económico</b>
-----------------------------------



El impacto económico del proyecto está delimitado, por el aumento en productividad que generaría la puesta en marcha de la aplicación, es decir, para los productores de cacao, realizar la tarea de selección de vainas durante el proceso de corte apoyados en una herramienta tecnológica les permitiría reducir el que toma llevar a cabo la actividad.

#### Impacto científico-tecnológico

En el estado de Tabasco, el uso de tecnología en el sector agroindustrial aún no es tan generalizado, debido a esto, explorar las aplicaciones que la inteligencia artificial tiene en dicho sector permitiría el desarrollo de soluciones innovadoras y eficientes para los desafíos específicos que enfrentan los productores de cacao.

Al implementar una aplicación móvil basada en inteligencia artificial para la clasificación de vainas de cacao, se estaría allanando el camino para la adopción de tecnología avanzada en la agricultura local, lo que, a su vez, podría aumentar la productividad, mejorar la calidad del cacao y brindar oportunidades de crecimiento económico a la comunidad agrícola.

#### Impacto ambiental

La implementación de una aplicación móvil respaldada por algoritmos de inteligencia artificial para la clasificación de vainas de cacao podría ayudar a los agricultores a tomar decisiones más informadas. Al permitir una clasificación precisa de las variedades de cacao, se pueden optimizar los procesos de cultivo y cosecha, reduciendo el uso inadecuado de recursos naturales, como la tierra y el agua. Esto, a su vez, puede contribuir a la conservación de la biodiversidad y la reducción de la presión sobre los ecosistemas locales.

### XII Participación de estudiantes asociados (Detalle en formato anexo)

¿Se contempla la participación de estudiantes?	Si ( x )	No ( )
Cantidad de estudiantes contemplados:	6	
<b>Descripción general de su participación:</b>		
Ayuda en el trabajo de campo en la captura de las imágenes que se usarán para el dataset. Ayuda en el desarrollo de la aplicación móvil.		
<b>Principales beneficios esperados:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de los conocimientos adquiridos en su formación académica.</li> <li>• Integración en un proyecto de investigación que amplíe el horizonte de posibilidades en el campo laboral.</li> <li>• Aprendizaje de nuevas tecnologías y su aplicación en proyectos de investigación.</li> </ul>		



### XIII Sustentabilidad y compromiso ético

<b>Componente Ambiental</b>	
<i>¿Tiene este proyecto un impacto real o potencial -positivo o negativo- sobre el medio ambiente?</i>	<b>Si ( )</b> <b>No (x)</b>
<b>Explique su respuesta:</b>	
Si la respuesta a la pregunta anterior fue "Si", ¿ha previsto las medidas de protección y mitigación necesarias, así como la autorización correspondiente?	<b>Si ( )</b> <b>No ( )</b>
<b>Justifique su respuesta:</b>	

<b>Flora y Fauna</b>	
<i>¿Están o pueden estar involucradas especies de flora o fauna silvestres (en especial especies raras, amenazadas o en peligro de extinción)?</i>	<b>Si ( )</b> <b>No (x)</b>
<b>Explique su respuesta:</b>	
Si la respuesta a la pregunta anterior fue "Si", ¿ha previsto las medidas de protección y mitigación necesarias, así como la autorización correspondiente?	<b>Si ( )</b> <b>No ( )</b>
<b>Justifique su respuesta:</b>	

<b>Impactos sociales</b>	
<i>¿Conlleva este proyecto un impacto local o regional -positivo o negativo- sobre personas o comunidades humanas?</i>	<b>Si (x)</b> <b>No ( )</b>
<b>Explique su respuesta:</b>	
<p><b>El impacto social, está relacionado con el incremento de productividad en las actividades relacionadas con el sector cacaotero, lo cual implica un mejor desempeño de la actividad productiva en zonas dedicadas a esta práctica.</b></p>	
Si respondió afirmativamente a la pregunta anterior, ¿contempla su propuesta mecanismos de participación, consentimiento informado, mitigación, restauración, o algún otro relacionado?	<b>Si (x)</b> <b>No ( )</b>
<b>Justifique su respuesta:</b>	
<p><b>Debido al impacto positivo que se espera, se pretende realizar una campaña de concientización del uso de la tecnología en caso de obtener los resultados esperados con la realización de este proyecto.</b></p>	

<b>Áreas Naturales / Culturales</b>	
<i>¿Dentro del espacio de realización del proyecto se encuentran áreas naturales o culturales protegidas, o elegibles para ser designadas como tales?</i>	<b>Si ( )</b> <b>No (x)</b>

<b>Explique su respuesta:</b>	
Si la respuesta a la pregunta anterior fue "Sí", ¿ha previsto las medidas de protección y mitigación necesarias, así como la autorización correspondiente?	<b>Sí ( )</b> <b>No ( )</b>
<b>Justifique su respuesta:</b>	

#### XIV Alineación los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS)

¿Su propuesta tiene concordancia con alguno de los Objetivos de Desarrollo Sustentable?		<b>Sí (x )</b> <b>No ( )</b>
<b>Seleccione el (los) Objetivos que apliquen:</b>		<b>Número (s): 8, 9</b>
Objetivo 1: Fin de la Pobreza Objetivo 2: Hambre Cero Objetivo 3: Salud y Bienestar Objetivo 4: Educación de Calidad Objetivo 5: Igualdad de Género Objetivo 6: Agua Limpia y Saneamiento Objetivo 7: Energía Asequible y no Contaminante Objetivo 8: Trabajo Decente y Crecimiento Económico Objetivo 9: Industria, Innovación e Infraestructura	Objetivo 10: Reducción de las Desigualdades Objetivo 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles Objetivo 12: Producción y Consumo Responsables Objetivo 13: Acción por el Clima Objetivo 14: Vida submarina) y Objetivo 15: Vida de Ecosistemas Terrestres) Objetivo 16: Paz, Justicia e Instituciones Sólidas Objetivo 17: Alianzas para Lograr los Objetivos	
<b>Justifique su respuesta</b>		
<p>Al estar vinculado el sector agropecuario, el proyecto aportaría al eje rector de desarrollo económico, mediante el aumento de productividad producido por el posible uso de la tecnología en actividades primarias del sector cacaotero.</p> <p>La introducción del uso de tecnología en el sector agroindustrial comprende lo relacionado con el eje de desarrollo económico.</p> <p>Con lo anterior el proyecto, pretende atender a algunas de las necesidad especificadas en el PLED 2019-2024, contribuyendo así al desarrollo económico de la región que se dedica al cultivo de caco en el estado de Tabasco.</p>		

#### XV Riesgos Potenciales (Posibilidad de que se produzca un contratiempo o perjuicio en el desarrollo esperado del proyecto. Repetir tabla para cada riesgo identificado.)

Riesgo	Acciones de prevención y/o de mitigación