

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ**



**CARRERA DE COMPUTACIÓN**

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

**MECANISMO: SISTEMATIZACIÓN DE EXPERIENCIAS PRÁCTICAS DE INVESTIGACIÓN Y/O INTERVENCIÓN**

**TEMA:**

**APLICACIÓN MÓVIL PARA LA PREDICCIÓN DE LA ROYA EN CAFÉ ROBUSTA CON INTEGRACIÓN DE MODELOS DE INTELIGENCIA COMPUTACIONAL**

**AUTORES:**

**JEFFERSON ERICK CEPEDA GALARZA**

**JORGE ANTONIO MURILLO PÁRRAGA**

**TUTOR:**

**MTR. LUIS CRISTOBAL CEDEÑO VALAREZO**

**CALCETA, NOVIEMBRE DE 2022**

**DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Nosotros Jefferson Erick Cepeda Galarza, con cédula de ciudadanía 1207311851 y Jorge Antonio Murillo Párraga, con cédula de ciudadanía 1314062785, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: APLICACIÓN MÓVIL PARA LA PREDICCIÓN DE LA ROYA EN CAFÉ ROBUSTA CON INTEGRACIÓN DE MODELOS DE INTELIGENCIA COMPUTACIONAL es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**JEFFERSON ERICK CEPEDA JORGE ANTONIO MURILLO**

**GALARZA PÁRRAGA**

**CC: 1207311851 CC: 1314062785**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Jefferson Erick Cepeda Galarza, con cédula de ciudadanía 1207311851 y Jorge Antonio Murillo Párraga, con cédula de ciudadanía 1314062785, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **APLICACIÓN MÓVIL PARA LA PREDICCIÓN DE LA ROYA EN CAFÉ ROBUSTA CON INTEGRACIÓN DE MODELOS DE INTELIGENCIA COMPUTACIONAL**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**JEFFERSON ERICK CEPEDA JORGE ANTONIO MURILLO**

**GALARZA PÁRRAGA**

**CC: 1207311851 CC: 1314062785**

**CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

Luis Cristóbal Cedeño Valarezo**,** certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **APLICACIÓN MÓVIL PARA LA PREDICCIÓN DE LA ROYA EN CAFÉ ROBUSTA CON INTEGRACIÓN DE MODELOS DE INTELIGENCIA COMPUTACIONAL**, que ha sido desarrollado por Jefferson Erick Cepeda Galarza y Jorge Antonio Murillo Párraga, previo a la obtención del título de Ingeniero en Ciencias de la Computación, de acuerdo al REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADOde la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López**.**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**MTR. LUIS CRISTOBAL CEDEÑO VALAREZO**

**CC: 1306246651**

**TUTOR**

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **APLICACIÓN MÓVIL PARA LA PREDICCIÓN DE LA ROYA EN CAFÉ ROBUSTA CON INTEGRACIÓN DE MODELOS DE INTELIGENCIA COMPUTACIONAL**, que ha sido desarrollado por Jefferson Erick Cepeda Galarza y Jorge Antonio Murillo Párraga, previo a la obtención del título de Ingeniero en Ciencias de la Computación, de acuerdo al REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADOde la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

|  | **DANIEL AGUSTIN MERA MARTINEZ**  **CC: 1301932156** |  |
| --- | --- | --- |
|  | **PRESIDENTE DEL TRIBUNAL** |  |

| **FERNANDO RODRIGO MOREIRA MOREIRA**  **CC: 1311726689** |  | **RICARDO ANTONIO VELEZ VALAREZO**  **CC: 1306391614** |
| --- | --- | --- |
| **MIEMBRO DEL TRIBUNAL** |  | **MIEMBRO DEL TRIBUNAL** |

**AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A nuestro tutor por todo el apoyo, seguimiento y dedicación que nos ha dado durante todo este proceso de realización de tesis,

A los profesores que con su ayuda, guía y orientación permitieron que logremos cada uno de nuestros objetivos propuestos, y

A los compañeros y amigos que han brindado su apoyo en este largo proceso.

**LOS AUTORES**

**DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí́ y convertirme en lo que soy.

A mis hermanas (os) por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

**JEFFERSON ERICK CEPEDA GALARZA**

**DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico a Dios quien con su Bendición hace posible que pueda lograr cada una de mis metas propuesta.

A mis padres, en especial a mi madre que siempre ha estado ahí hasta el los peores momentos, brindándome todo su apoyo y cariño.

A mis hermanos que con su guía e inspiración son parte primordial de mi vida.

A las demás personas que de alguna forma han sido también un pilar fundamental de mi proceso académico.

**JORGE ANTONIO MURILLO PÁRRAGA**

**CONTENIDO GENERAL**

[DECLARACIÓN DE AUTORÍA 2](#_heading=h.49x2ik5)

[AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN 3](#_heading=h.2p2csry)

[CERTIFICACIÓN DEL TUTOR 4](#_heading=h.147n2zr)

[APROBACIÓN DEL TRIBUNAL 5](#_heading=h.3o7alnk)

[AGRADECIMIENTO 6](#_heading=h.23ckvvd)

[DEDICATORIA 7](#_heading=h.ihv636)

[DEDICATORIA 8](#_heading=h.32hioqz)

[CONTENIDO GENERAL 9](#_heading=h.1hmsyys)

[RESUMEN 9](#_heading=h.41mghml)

[PALABRAS CLAVE 9](#_heading=h.1ksv4uv)

[ABSTRACT 10](#_heading=h.2grqrue)

[KEYWORDS 10](#_heading=h.2jxsxqh)

**RESUMEN**

El propósito de este trabajo de titulación consistió en implementar una aplicación móvil con integración de modelos de inteligencia computacional para la predicción de la roya en café robusta. Para el desarrollo de la aplicación se utilizó la metodología XP, iniciando con una revisión de los modelos a implementar en el desarrollo, luego se realizó un diseño que se adaptara a los requerimientos solicitados por el cliente y para continuar con el desarrollo de cada uno de los módulos, para finalizar con el proceso se efectuó un testeo de todas las funcionalidades de la aplicación. Con mayor énfasis, se analizó el procedimiento de detección de la roya con resultados que arrojaron un 85% de casos identificados, siendo el grado de afectación NIVEL 5 con el 43% la mayor presencia entre todos los casos infectados.

**PALABRAS CLAVE**

Predicción de roya, inteligencia computacional, café robusta.

**ABSTRACT**

The purpose of this degree work was to implement a mobile application with the integration of computational intelligence models for the prediction of rust in robusta coffee. For the development of the application, the XP methodology was used, starting with a review of the models to be implemented in the development, then a design was made that was adapted to the requirements requested by the client and to continue with the development of each one of them. the modules, to finish the process, a test of all the functionalities of the application was carried out. With greater emphasis, the rust detection procedure was analyzed with results that showed 85% of identified cases, being the degree of affectation LEVEL 5 with 43% the highest presence among all infected cases.

**KEYWORDS**

Rust prediction, computational intelligence, robusta coffee.

1. **ANTECEDENTES**
   1. **DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN**

La ESPAM MFL es una institución la cual aporta a través de sus proyectos de investigación al desarrollo tecnológico de la comunidad. Como menciona Cusme y Loor (2019) la planificación estratégica de la ESPAM MFL 2017-2021 plantea en el subsistema de investigación como objetivo estratégico “fortalecer el sistema de gestión de la investigación para que se contribuya al desarrollo de la zona 4 y el país”, y como objetivo específico establece “ejecutar investigaciones que contribuyan al desarrollo de la zona 4 y del país”.

Gracias a las gestiones realizadas por parte de los directivos universitarios se ha logrado mejorar el ambiente académico a través de propuestas que buscan engrandecer y fortalecer la investigación. Como señala INCAP (2021) “el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, firmaron un convenio de cooperación técnica con el fin de realizar actividades conjuntas de investigación científica, desarrollo y transferencia de tecnología”.

Al ser Manabí una provincia con gran desarrollo agropecuario, la ESPAM se ha preocupado porque sus estudiantes de las diversas áreas tanto de agricultura como de tecnología se preocupen por realizar un aporte tecnológico para el desarrollo de estas producciones. Existen además otras instituciones las cuales también han tomado la iniciativa de aportar a través de las grandes tecnologías al desarrollo agropecuario de las tierras manabitas. Como se puede apreciar la Escuela de Administración, Finanzas e Instituto Tecnológico (EAFIT) también participa en investigaciones similares por lo que recalcan que “la investigación aplicada al desarrollo rural, que apuesta por la transformación del agro, resaltan los investigadores del proyecto, es un antecedente de avances científicos que involucran disciplinas como la biología, la agronomía y la ingeniería, líneas investigativas que serán exploradas” Posada (2019).

La Coordinación General de investigación, se encuentra realizando trabajos para el aporte de la universidad a la ciencia, contando con diversos grupos de investigación, como Sistemas Computacionales (SISCOM), con una visión que manifiesta un enfoque en investigación y desarrollo relacionados a sistemas y tecnologías computacionales que ayuden al progreso agro-productivo a nivel local o nacional ESPAM MFL (2020).

* 1. **DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN**

Los grandes avances en la tecnología y el creciente aporte del aprendizaje automático han permitido la aplicación de la inteligencia artificial en un sinnúmero de áreas del conocimiento, produciendo una automatización de procesos que por lo general se hacen de manera manual. En la agricultura se han generado y mejorado técnicas mediante la automatización, según Ponte et al. (2021)“estos avances han creado un nuevo concepto llamado agricultura inteligente” (p.5).

Como explica *Lagos Ortiz Katty*, (2020.) “El manejo de las tecnologías de la información juega un papel importante en cualquier ámbito, ya que permite obtener ventajas competitivas sobre la mayoría de las industrias. La agricultura desde siempre ha sido considerada una fuente inagotable de riqueza económica y alimentaria, por esta razón los cultivos necesitan de cuidados y controles que eviten el desarrollo y la infesta de plagas en ellos, ya que éstas pueden afectar a plantaciones enteras y ocasionar serias pérdidas de productos y cultivos” (p.11). Como se aprecia la tecnología es una de las mayores ventajas y facilidades que se puede aplicar en la agricultura para realizar un trabajo preciso y rápido en la detección de plagas.

Además, para la detección de enfermedades en los cultivos se suelen utilizar técnicas tradicionales, como llevar muestras a un laboratorio con el objetivo de analizarlas y determinar las enfermedades que estén afectando al cultivo. No obstante, este proceso requiere tiempo y dinero para poder realizarse. Por ello, Garcia Nachtigall et al. (2017) indica que se debe “implementar nuevas técnicas que mejoren y agilicen este proceso es fundamental y de gran ayuda al sector agrícola” (p.6). Es importante reconocer que como señala *Avelino et al.* (2019.) “La roya del café está presente en casi todos los países productores de café; sólo Hawái y Australia presumiblemente están libres de la enfermedad y presenta un poder destructivo muy elevado”(p.3).

Según Quijije (2021) “Ecuador posee una gran capacidad como productor de café, convirtiéndose en uno de los pocos países en el mundo que exporta todos los tipos de café: arábigo lavado, arábigo natural y robusto”. Según Zúniga & Andrés (2019) “Una de las enfermedades con la que se enfrenta este cultivo es la roya, ocasionada primordialmente a las hojas de las plantas, desarrollándose cuando existe un adecuado ambiente de humedad y temperatura” (p.2).

Es interesante mencionar que la presencia de Roya en el Café robusta suele presentar una alta incidencia y se puede considerar a esta plaga como una de las más maliciosas en la agricultura de este tipo de plantaciones. Como indica *Cedicafe* (2022) “El promedio nacional de incidencia en marzo de 2022 fue de 13.14%. Esta incidencia es 1.47% más alta que la registrada en el mismo mes de 2021; 7.21% menor a la registrada en marzo 2019 (20.35%) y 1.61% más baja que la de febrero de 2020 (14.75%). Con respecto al mes de febrero (13.12%) se tuvo un incremento de incidencia del 0.02%” (p.1).

Según Bustamante Ochoa & Garcia Peña (2021) “Los procesos de la inteligencia artificial que se han aplicado en diferentes ámbitos dentro del campo de la agricultura producen éxitos en diversos aspectos, en lo que se detectan un sinnúmero de enfermedades de las plantas en el sector agrícola, para lograr cumplir con los objetivos se requieren métodos rápidos, precisos y al alcance de todos los agricultores” (p.10). Como se aprecia es de alta importancia para los agricultores el desarrollo de herramientas que les permitan monitorear sus cultivos, ya que como señala Ospina (2018) “No hay un patrón que pueda indicarnos, años tras año, dónde o qué tanto impactará la roya. Por esta razón, los productores necesitan un sistema de alerta temprana, una forma de saber anticipadamente si la roya tiene posibilidades de aparecer, y, de esta manera, tomar medidas para combatirla”.

En base a lo antes mencionado, los autores plantean el desarrollo de una “aplicación móvil para la predicción de la roya en café robusta con integración de modelos de inteligencia computacional”. Los modelos que se integrarán a la aplicación han sido desarrollados mediante otros trabajos de titulación, uno basado en procesamiento de imágenes y otro en análisis de características fenotípicas, cabe señalar que tanto el proyecto que se plantea como los dos antes mencionados aportan al proyecto institucional “Caracterización de la roya en cultivos de café robusta mediante técnicas avanzadas de inteligencia computacional” del grupo de investigación SISCOM.

Las aplicaciones móviles se diseñan con el fin de lograr una detección rápida y precisa de la Roya de Café Robusta y como aclara el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2019) la aplicación móvil “permitirá a los productores conocer los rangos de afectación en cafetal, principalmente de la roya, y con ese dato tomar una mejor decisión sobre el manejo que realizará para reducir los daños ocasionados y las pérdidas económicas”.

Si no se realiza una valoración anticipada de la detección de la plaga es probable que gran parte del cultivo se eche a perder. Mendoza & Casanoves (2020) Indica que “esta enfermedad es de principal importancia en el cultivo del café dado que puede provocar pérdidas de entre un 20 y un 80 % de la producción”(p.2). Para realizar estas valoraciones se debe considerar el desarrollo y uso de las aplicaciones móviles ya que como recalca Calvo-Valverde (2020) “en este sentido, una aplicación concreta de la tecnología en el campo agrícola es la llamada agromática, la cual según Granan se refiere a la aplicación de los principios y técnicas de la informática y la computación a las teorías y leyes del funcionamiento y manejo de los sistemas agropecuarios”(p.9).

Como menciona Román (2016) “esta herramienta es necesaria para que los productores de café puedan interactuar, colectar datos y recibir una respuesta inmediatamente, ya que el clima no respeta fronteras y tener datos de los países vecinos con respecto a una plaga beneficia a todos los países”. Sin embargo, para un correcto desarrollo de la aplicación móvil es necesario considerar algunas condiciones como las mencionadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2015) “clima local en las plantaciones, densidad y composición del sombrío, patrones de lluvia y rocío, y el papel de otros microorganismos como agentes de control biológico y otras funciones del microbioma” (p.14).

**1.3. OBJETIVOS**

**1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Implementar una aplicación móvil con integración de modelos de inteligencia computacional para la predicción de la roya en café robusta.

**1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

* Analizar los modelos de inteligencia computacional que pueden ser aplicados para optimizar el proceso de la predicción de la roya en café robusta.
* Recopilar información sobre el diseño del modelado de la aplicación móvil.
* Desarrollar la aplicación móvil implementando modelos computacionales empleando la metodología ágil.
* Evaluar el desempeño de la aplicación móvil desarrollada.

**BIBLIOTECA**

1. *Avelino, J., Treminio, E., Casanoves, F., Vílchez, S., Cárdenas, J., & Lizardo, C. (2019). Guía para la vigilancia de la roya del café (Hemileia vastatrix).* Recuperado 23 de mayo de 2022, de https://agritrop.cirad.fr/595182/1/Gu%C3%ADa%20vigilancia%20-%20VF.pdf
2. Bustamante Ochoa, M. J., & García Peña, M. J. (2021). *«Implementación de Modelos Machine Learning aplicados al Estudio de Enfermedades del Theobroma cacao para huertas agroecológicas del Cantón la Maná, Provincia de Cotopaxi».* http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7289
3. Calvo-Valverde, L.-A. (2020). *Estrategia de predicción en procesos biológicos del campo agrícola con datos limitados: Casos de aplicación en café y banano.* 140.
4. *Cedicafe*. (2022). Recuperado 23 de mayo de 2022, de https://www.anacafe.org/uploads/file/0ffb0d38c9a04a4d99eb7c03a4f2bb47/Boletin-Roya-Marzo-2022-Cedicafe.pdf
5. Cusme, K., & Loor, A. (2019). Recuperado el 2021, de Aplicación móvil de detección y clasificación de "La Roya" en las hojas de café robusta mediante aprendizaje automático: http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1104
6. ESPAM MFL. (2020). *Coordinación General De Investigación*. Obtenido de http://www.espam.edu.ec/web/unidades/investigacion.aspx
7. García Nachtigall, L., Matsumura Araujo, R., & Ribeiro Nachtigal, G. (2017). Use of Images of Leaves and Fruits of Apple Trees for Automatic Identification of Symptoms of Diseases and Nutritional Disorders. *International Journal of Monitoring and Surveillance Technologies Research*, *5*.
8. INCAP, - ESPAM. (2021). *INIAP y ESPAM – MFL firman convenio de cooperación – Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*. https://www.iniap.gob.ec/iniap-y-espam-mfl-firman-convenio-de-cooperacion/
9. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2019). *IICA promueve el uso de aplicación móvil en beneficio de la caficultura nicaragüense*. IICA.INT. https://iica.int/es/prensa/noticias/iica-promueve-el-uso-de-aplicacion-movil-en-beneficio-de-la-caficultura
10. *Lagos Ortiz Katty*. (2020). Recuperado 23 de mayo de 2022, de https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/94672/1/TesisKattyLagosOrtiz.pdf
11. Mendoza, S. V., & Casanovas, F. (2020). *Mapeo de la incidencia de la roya del café basado en las condiciones climáticas: Efectos del cambio climático en la incidencia máxima de la roya del café en Centroamérica y República Dominicana*. 26.
12. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2015). *Manejo agroecológico de la roya del café*. 96.
13. Ospina, A. K. M. (2018, septiembre 20). Combatiendo La Roya Con Aplicaciones Para Móviles En Guatemala. *Perfect Daily Grind español*. https://perfectdailygrind.com/es/2018/09/21/combatiendo-la-roya-con-aplicaciones-para-moviles-en-guatemala/
14. Pardo, J., & Saavedra, D. (2020). *Aplicación de las técnicas de aprendizaje automático para la detección temprana de antracnosis en hojas de guanábana.* Recuperado el 25 de 10 de 2021, de https://repositorio.uniandes.edu.co/flexpaper/handle/1992/51486/23088.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=1
15. Ponte, D., Espinosa, A., González, S. G. de, & González, C. (2021). Estado actual del aprendizaje automatizado aplicado al internet de las cosas para automatizar procesos agrícolas. *Revista Plus Economía*, *9*(2), 4-11.
16. Posada, M. (2019). *Eafitenses aprovechan la inteligencia artificial para diagnosticar la roya del cafeto*. https://www.eafit.edu.co/noticias/agenciadenoticias/2019/eafitenses-aprovechan-inteligencia-artificial-para-diagnosticar-roya-café
17. Quijije, J. (2021). Evaluación agronómica de 7 genotipos de café arábiga (Coffea arabica). *Trabajo De Titulación Previa La Obtención Del Título De Ingeniero Agropecuario.* Universidad Estatal Del Sur De Manabí, Jipijapa, EC.
18. Román, J. (2016). *Con 4 apps, los productores agrícolas podrán «defenderse» del cambio climático*. Ojo al Clima. https://ojoalclima.com/con-4-apps-los-productores-agricolas-podran-defenderse-del-cambio-climatico/
19. Troncoso Pantoja, C., & Amaya Placencia, A. (2021). *Entrevista: Guía práctica para la recolección de datos cualitativos en investigación de salud | Revista de la Facultad de Medicina*. https://revistas.unal.edu.co/index.php/revfacmed/article/view/60235
20. Zúniga, V., & Andrés, C. (2019). *Impacto de la roya del café (Hemileia Vastatrix) en las exportaciones de café de El Salvador*. 27.