**Universidad Nacional de Misiones**

**Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales**

**“Tesis de Maestría en Tecnologías de la Información”**

**“Modelo de clasificación automática para el reconocimiento de imágenes digitales enfocado a la plaga sudamericana Schistocerca cancellata (Serville, 1938).”**

**Autor: Lic. Mauricio Martín Guerrero**

**Director: PhD. Hector Arturo Florez Fernandez**

**Co-Directores: PhD. Elio Rodrigo Daniel Castillo**

**PhD. Karina Alejandra Salvatierra**

**2023**

*Dedicatorias: aquí van las dedicatorias*

**Resumen**

Esto es el resumen….

**Palabras claves:** *estas son las palabras claves, otra palabra clave.*

**Abstract**

This is a summary

**Keywords:** *these are the key words, another key word.*

**Agradecimientos:** *estos son los agradecimientos*

**Índice**

Esto pertenece al índice

**Tabla de contenidos**

**Lista de tablas**

Esto pertenece a la lista de tablas

**Lista de figuras / gráficos**

Esto pertenece a la lista de figuras / gráficos

**Lista de abreviaciones**

Esto pertenece a la lista de abreviaciones

**Capítulo I**

*Introducción*

* 1. **Motivación /Estado del Arte**

En la actualidad, debido al desarrollo​ de nuevas tecnologías de información,​ se crean aplicaciones orientadas​ a las actividades de producción agrícola y ganadera.​ Estas herramientas, buscan incrementar el soporte​ tecnológico para la toma de decisiones dentro del sector agrícola-ganadero [1] [2] [3] [4] [5].​ Respecto a este tipo de estrategias, existen una gran variedad de categorías [6], de las cuales nos enfocaremos en aquellas de diagnóstico con potencial utilización en la definición de un criterio para el reconocimiento de un objeto, así como el planteamiento​ de estrategias del manejo integrado de plagas [7] [8].​

Considerando que en la República Argentina se encuentra declarada en un estado de emergencia fitosanitaria [9], ​ debido a la reaparición de la plaga de la langosta *Schistocerca*​ *cancellata* (Serville, 1838) [10] [11] [12], a lo largo del Territorio Nacional [13]​, motiva este proyecto de investigación el riesgo que implica las continuas explosiones demográficas o *outbreaks*​ de este insecto. Al mismo tiempo, como producto de este comportamiento biológico, el pasaje a su fase solitaria a su fase gregaria, proporciona el aumento tanto del consumo de plantas disponibles, así también como de reproducción. El resultado de las explosiones demográficas, son la formación de mangas con capacidad de desplazarse grandes distancias (SENASA, 2020) [14]. ​ En años recientes, dicho comportamiento afectó tanto en la región del Noreste (NEA), Noroeste (NOE) argentino como otras regiones aledañas.

Gracias a los avances de la Inteligencia Artificial (IA) y el aprendizaje automático [15], hay tareas intelectuales realizadas por los humanos que se pueden automatizar por medio de computadoras, inclusive teniendo la capacidad de aprender sin ser explícitamente programadas. La tarea del reconocimiento y clasificación automática de imágenes es un problema [16] que, hoy día, se puede resolver por medio de los aportes del área de visión por computador [17] y el aprendizaje profundo [15] [18].

En este contexto, para facilitar y garantizar el proceso de identificación y detección [12], se propone el desarrollo de un modelo para el reconocimiento automático [19] de imágenes digitales que implican la morfología externa de la langosta sudamericana S. cancellata.

Para poder realizar el reconocimiento de patrones [20] [21], además de la información taxonómica, se buscará generar información precisa acerca de las características morfológicas (fases de su ciclo biológico, patrones de coloración del cuerpo, forma y estructura) del insecto ofreciendo detalles sobre su especie, necesarias para determinar los caracteres morfológicos externos de la especie y poder diseñar el modelo de clasificación [22] [23] [24] [25] [26] [27] [28].

La langosta sudamericana presenta dos modos de vida o fases dentro de su ciclo biológico: en la primera, denominada “fase solitaria”, el insecto se presenta aislado, mientras que, en la segunda fase, denominada “gregaria”, lo hace como un conglomerado de insectos que marchan o que forman las famosas mangas [11]. Este último comportamiento se encuentra relacionado con la densidad poblacional y factores ambientales (e.g. temperatura, humedad, alimento), siendo este modo de vida, el responsable de los mayores daños en los cultivos y pasturas, tornando difícil su control. Al mismo tiempo, existe una diferencia tanto morfológica (tamaño), así como en los patrones de coloración de los individuos, directamente relacionada con la fase del ciclo que transitan. Dichas características, pueden dificultar su reconocimiento, siendo esta tarea primordial para preveer o plantear la detección temprana de focos y ejercer tareas de control en estadíos tempranos (ninfales/juveniles) del insecto, en plazos cortos de tiempo. De este modo, resulta primordial proporcionar (o crear, diseñar) este tipo de herramientas (o hacer uso de las herramientas informáticas para ayudar a resolver problemas biológicos) que contribuyan a la recolección de información en un corto período de tiempo, principalmente para implementar en formas más eficientes, las estrategias de control.

* 1. **Objetivos**
     1. **Objetivo General de la investigación** 
        1. Implementar un modelo de clasificación automática basada en algoritmos para la identificación de imágenes digitales, basadas en las características morfológicas externas, de la plaga sudamericana Schistocerca cancellata.
     2. **Objetivos Específicos de la investigación** 
        1. Investigar y documentar información sobre las características morfológicas externas de la plaga sudamericana Schistocerca cancellata, que ofrezcan detalles sobre la especie.
        2. Conocer y examinar técnicas y herramientas dentro del campo de la informática para la clasificación automática de características para el reconocimiento de patrones en una imagen.
        3. Desarrollar estrategias para el procesamiento, muestreo y clasificación de imágenes de la langosta sudamericana.
        4. Diseñar un método de clasificación automática de características para el reconocimiento de la morfología externa de la langosta sudamericana en imágenes digitales.
        5. Evaluar el desempeño del método implementado para la clasificación automática de imágenes de la langosta sudamericana, utilizando diferentes métricas.
        6. Dar a conocer esta investigación a la comunidad científica.
  2. **Desarrollo /Trabajo experimental a realizar**

El producto final del Trabajo Final de Maestría consiste en un método que permita el reconocimiento de la morfología externa de la langosta sudamericana S. cancellata de forma automática, por medio de una imagen digital asistida por computadora.

Desarrollo experimental propuesto:

Revisiones sistemáticas de la literatura [29].

Se utilizarán las bases de datos disponibles en internet para obtener imágenes de los diferentes estadíos del ciclo de vida de la langosta: estadíos ninfales en fase solitaria y en fase gregaria, adultos machos y hembras. Al mismo tiempo, se utilizará la base de datos *Orthoptera*​ *species files* [19], la cual cuenta con información de caracteres morfológicos. Cabe destacar que a través del Codirector propuesto (Dr. Castillo), contamos con el apoyo de investigadores que se encuentran estudiando a este modelo biológico, desde perspectivas biológicas diferentes. De este modo, tendremos acceso a información adicional (nuevas fotografías de ninfas con las diferentes coloraciones, etc.).

Creación de una base de conocimiento [30] [31] sobre las características morfológicas externas de la langosta sudamericana (S. cancellata), ofreciendo detalles morfo-anatómicos sobre su especie.

Desarrollo del prototipo para la generación de pruebas y posterior análisis de desempeño respecto al porcentaje de efectividad de reconocimiento de la langosta sudamericana (S. cancellata).

El desarrollo metodológico de este proyecto será siguiendo la metodología Scrum [32].

**Capítulo II**

*Estado del Arte*

*Revisión de la Literatura*

* 1. **Introducción a la Revisión de la Literatura**

En este capítulo…​

* Antecedentes teóricos de la langosta sudamericana
  + Definición
  + Anatomía / Características morfológicas
  + Ciclo de Vida
* Técnicas de procesamiento de imágenes digitales
  + Procesamiento de imágenes digitales
  + Redes neuronales profundas
  + Sistema de visión computacional

**Capítulo III**

*Antecedentes*

**Capítulo IV**

*Modelo propuesto*

**Capítulo V**

*Pruebas y evaluación del Modelo*

**Capítulo VI**

*Conclusiones y futuras líneas de investigación*

**Apéndices / Anexos**

**Bibliografía**

**Referencias (formato IEEE)**

(Citar la bibliografía relacionada más significativa, en esta etapa una selección de textos/artículos/sitios WEB de referencia en el tema vinculado con el TFM).

[1] M. Bragachini, "Rol de las TICs y de la agricultura y ganadería de precisión en el desarrollo del sector agroalimentario y agroindustrial de Argentina", *Inta.gob.ar*, 2014. [Online]. Available: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_a1-_rol_de_las_tics_y_de_la_agricultura_y_ganade.pdf>. [Accessed: 10- Sep- 2020]

[2] F. Scaramuzza, J. Vélez and D. Villarroel, "Adopción de la agricultura de precisión en Argentina. Evolución en los principales segmentos", *Inta.gob.ar*, 2016. [Online]. Available: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-2-adopcion_de_la_agricultura_de_precision_en_argentina_-_scaramuzza_f.pdf>. [Accessed: 10- Sep- 2020]

[3] M. Rubio, "Innovación y desarrollo sostenible: el papel de las TIC en la agricultura del medio rural remoto.", *Eumed.net*, 2019. [Online]. Available: <https://www.eumed.net/rev/delos/35/medio-rural-remoto.pdf>. [Accessed: 10- Sep- 2020]

[4] M. Landa, "Favorecimiento del proceso de toma de decisiones del sector ganadero mediante el uso de tecnologías", *Hdl.handle.net*, 2016. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10908/11883>. [Accessed: 10- Sep- 2020]

[5] I. Ramírez Morales, B. Ruilova Reyes and J. Garzón Montealegre, "Innovación tecnológica en el sector agropecuario", *Repositorio.utmachala.edu.ec*, 2015. [Online]. Available: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/6848/1/84%20INNOVACION%20TECNOLOGICA%20EN%20EL%20SECTOR%20AGROPECUARIO.pdf>. [Accessed: 10- Sep- 2020]

[6] I. Albornoz, "Software para el sector agropecuario", *Inta.gob.ar*, 2006. [Online]. Available: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-software_sector_agropecuario_albornoz.pdf>. [Accessed: 10- Sep- 2020]

[7] S. Swartz, "Prevención de plagas. Los fundamentos del Manejo Integrado de Plagas", *ECHOcommunity*, 2019. [Online]. Available: <https://www.echocommunity.org/es/resources/53f72b33-0e2c-4b4d-9de4-9ec31cbaf2e6>. [Accessed: 10- Sep- 2020]

[8] F. Romero R, "Manejo integrado de plagas: las bases, los conceptos. Su mercantilización", *Agro.unc.edu.ar*, 2004. [Online]. Available: <http://agro.unc.edu.ar/~biblio/Manejo%20de%20Plagas.pdf>. [Accessed: 10- Sep- 2020]

[9] "Resolución-1033-2019-SENASA - Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria", *SENASA*, 2019. [Online]. Available: <http://www.senasa.gob.ar/normativas/resolucion-1033-2019-senasa-servicio-nacional-de-sanidad-y-calidad-agroalimentaria>. [Accessed: 10- Sep- 2020]

[10] H. Chambilla, "La langosta voladora (Schistocerca cancellata, S.) una plaga milenaria en Bolivia", *200.87.123.100*, 2019. [Online]. Available: <http://200.87.123.100/ojs/index.php/RIAFB/article/view/124>. [Accessed: 10- Sep- 2020]

[11] D. Vitti Scarel, D. Szwarc, M. Parodi, F. Colombo, M. Leonhardt and A. Fernández, "Langostas, plagas de ayer y de hoy", *Inta.gob.ar*, 2017. [Online]. Available: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/vye38_7_langostas_plagas_de_ayer_y_de_hoy.pdf>. [Accessed: 10- Sep- 2020]

[12] SENASA, "Manual de procedimientos generales para el control de la plaga langosta sudamericana (Schistocerca Cancellata Serville)", *Argentina.gob.ar*, 2018. [Online]. Available: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_langosta1_0.pdf>. [Accessed: 10- Sep- 2020]

[13] “Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Resolución 438-E/2017”, *Argentina.gob.ar*, 2017. [Online]. Available: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-438-2017-277136/texto>. [Accessed: 10- Sep- 2020].

[14] "Langostas y Tucuras", *Argentina.gob.ar*, 2020. [Online]. Available: <https://www.argentina.gob.ar/frutales-producci%C3%B3n-primaria/lang%C3%B3stas-y-tucuras>. [Accessed: 10- Sep- 2020]

[15] J. Torres, *Python Deep Learning. Introducción práctica con Keras y TensorFlow 2*, 1st ed. Barcelona: Macombo, 2020.

[16] M. Sonka, V. Hlavac and R. Boyle, *Image processing, analysis, and machine vision*, 4th ed. Australia: Cengage Learning, 2015.

[17] J. Nolasco Valenzuela, *Python*. Madrid: RA-MA, 2018.

[18] J. Izetta Riera et al., "Técnicas de inteligencia artificial aplicadas a problemas de visión por computadora", *Sedici.unlp.edu.ar*, 2020. [Online]. Available: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/103379>. [Accessed: 10- Sep- 2020]

[19] M. Cigliano, H. Braun, D. Eades and D. Otte, "Homepage: Orthoptera Species File", *Orthoptera.speciesfile.org*, 2020. [Online]. Available: <http://orthoptera.speciesfile.org/>. [Accessed: 10- Sep- 2020]

[20] S. Raschka and V. Mirjalili, *Python Machine Learning. Aprendizaje automático y aprendizaje profundo con Python, scikit-learn y TensorFlow*, 2nd ed. Barcelona: Marcombo, 2019.

[21] F. Shih, *Image Processing and Pattern Recognition. Fundamentals and Techniques*. Hoboken, New Jersey: Wiley-IEEE Press, 2010.

[22] S. Dey, *Python Image Processing Cookbook: Over 60 recipes to help you perform complex image processing and computer vision tasks with ease*, 1st ed. Birmingham, UK:  Packt Publishing, 2020.

[23] E. Davies, *Computer Vision: Principles, Algorithms, Applications, Learning*, 5th ed. Academic Press, 2018.

[24] A. Dadhich, *Practical Computer Vision. Extract insightful information from images using TensorFlow, Keras, and OpenCV*. Birmingham, UK: Packt Publishing, 2018.

[25] A. Gad, *Practical Computer Vision Applications Using Deep Learning with CNNs. With Detailed Examples in Python Using TensorFlow and Kivy*. Menoufia, Egypt: Apress, 2018.

[26] R. Chityala and S. Pudipeddi, *Image Processing and Acquisition using Python*, 2nd ed. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC Press, 2020.

[27] U. Braga-Neto, *Fundamentals of Pattern Recognition and Machine Learning*, 1st ed. Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2020.

[28] M. Nixon and A. Aguado, *Feature Extraction and Image Processing for Computer Vision*, 4th ed. Academic Press, 2019.

[29] M. Benet Rodríguez, S. Zafra and S. Quintero Ortega, "La revisión sistemática de la literatura científica y la necesidad de visualizar los resultados de las investigaciones", *Redalyc.org*, 2015. [Online]. Available[: https://www.redalyc.org/pdf/5177/517751487013.pdf](file:///d:\Users\MAURICIO\Desktop\MTI\Septiembre%202020\:%20https:\www.redalyc.org\pdf\5177\517751487013.pdf). [Accessed: 10- Sep- 2020]

[30] Y. Nieves Lahaba and M. León Santos, "La gestión del conocimiento: una nueva perspectiva en la gerencia de las organizaciones", *Scielo.sld.cu*, 2001. [Online]. Available: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352001000200004>. [Accessed: 10- Sep- 2020]

[31] D. Rodríguez Gómez, "Modelos para la creación y gestión del conocimiento: una aproximación teórica", *148.202.167.116*, 2006. [Online]. Available: <http://148.202.167.116:8080/jspui/bitstream/123456789/2087/1/Modelos%20para%20la%20creaci%c3%b3n%20y%20gesti%c3%b3n%20del%20conocimiento%20una%20aproximaci%c3%b3n%20te%c3%b3rica.pdf>. [Accessed: 10- Sep- 2020]

[32] K. Schwaber and J. Sutherland, "La Guía de ScrumTM. La Guía Definitiva de Scrum: Las Reglas del Juego", *Scrumguides.org,* 2017. [Online]. Available: <https://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-Spanish-SouthAmerican.pdf>. [Accessed: 10- Sep- 2020]