



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA ELÉCTRICA - PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES

**DETECCIÓN DE LESIONES EN IMÁGENES DERMATOLÓGICAS
CON TÉCNICAS DE APRENDIZAJE PROFUNDO**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
JOSÉ CARLOS MORENO TAGLE

TUTOR
DR. BORIS ESCALANTE RAMÍREZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, 2019

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Arámbula Cosío Fernando
Secretario: Dr. Fuentes Pineda Gibran
1er. Vocal: Dr. Escalante Ramírez Boris
2do. Vocal: Dra. Olveres Montiel Jimena
3er. Vocal: Dr. Padilla Castañeda Miguel Ángel

La tesis se realizó en el Laboratorio Avanzado de Procesamiento de Imágenes de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

TUTOR DE TESIS:

Dr. Boris Escalante Ramírez

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería por haberme dado la oportunidad de realizar un posgrado, por darme los conocimientos y herramientas capaces de transformar positivamente mi entorno y acercarme aún más, a la materialización de tantas metas. Espero en el futuro poder regresarle a la Universidad algo de lo mucho que generosamente me ha dado a lo largo de todos estos años.

Al Dr. Boris Escalante Ramírez y a la Dra. Jimena Olveres Montiel por la oportunidad de colaborar como su tesista y darme un lugar dentro de su grupo de investigación. Por compartir su conocimiento en las sesiones del grupo y darme plena libertad para explorar aquellos temas de mi interés. Gracias por toda la amabilidad, paciencia y apoyo que han mostrado a lo largo de esta etapa, por empujarme a enfrentar y superar algunos de mis temores académicos.

A los brillantes profesores del Posgrado en Ingeniería y del IIMAS con quienes tuve la fortuna y el reto de tomar clase: Abel Pacheco, Berenice y Ricardo Montalvo, Boris Escalante, Gibrán Fuentes, Jesús Savage, Jimena Olveres, Larry Escobar, Miguel Motezuma y Pablo Pérez. Por compartir generosamente sus conocimientos, experiencias, y mostrar día a día esa dedicación a su quehacer.

A mi compañero y amigo Edgar Silva Guzmán con quien aprendí, trabajé y reí durante nuestros días en este posgrado. Por todo el tiempo, las charlas y el apoyo que siempre me brindaste, gracias :).

A mis compañeros de generación con quienes compartí este viaje quienes siempre estuvieron dispuestos a ayudar y a hacer más ameno el posgrado: Edgar, Jesús, Laura, Luis y Michel.

A los compañeros y amigos del L α PI que me tocó conocer: Alan, Erik, Erika, Fabián, Germán, Leonardo, Oscar, Rafael, Rodrigo, Steve y Vivian :). Gracias por hacerme sentir cómodo en mi tiempo como miembro del laboratorio, por ese compañerismo y amabilidad que siempre mostraron para conmigo.

A la diseñadora Marina López Hernández por su generosa, desinteresada y muy oportuna ayuda en la creación de las figuras que acompañan este trabajo. Sin tu ayuda en los gráficos este trabajo no hubiese estado listo a tiempo.

Al Dr. Jesús Hernández Calderón por compartir su experiencia en dermatología y su disposición a seguir colaborando en este proyecto.

Y por supuesto, al M.I. Emilio Jiménez Madrigal por haberme introducido al apasionante campo del Procesamiento de Señales.

Finalmente, agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico que me brindó (CVU: 857565) a lo largo de mis estudios de posgrado, apoyo que me permitió dedicarme de tiempo completo a mis estudios e investigación. Se agradece también el apoyo de los programas UNAM-PAPIIT IA103119 e IN11691.

“Esta gran ciudad de Tentixtitan está fundada en esta laguna salada, y desde la tierra firme hasta el cuerpo de la dicha ciudad, por cualquiera parte que quisieren entrar a ella, hay dos leguas. Tiene cuatro entradas, todas de calzada hecha a mano, tan ancha como dos lanzas jinetas. Es tan grande la ciudad como Sevilla y Córdoba. Son las calles de ella, digo las principales, muy anchas y muy derechas, y algunas de éstas y todas las demás son la mitad de tierra y por la otra mitad es agua, por la cual andan en sus canoas, y todas las calles de trecho a trecho están abiertas por do atraviesa el agua de las unas a las otras, y en todas estas aberturas, que algunas son muy anchas, hay sus puentes de muy anchas y muy grandes vigas, juntas y recias y bien labradas, y tales, que por muchas de ellas pueden pasar diez de a caballo juntos a la par”

– Hernán Cortés (1520), Segunda carta de relación al emperador Carlos V

“y cuando llegamos a la gran plaza, que se dice el Tatelulco, como no habíamos visto tal cosa, quedamos admirados de la multitud de gente y mercaderías que en ella había y del gran concierto y regimiento que en todo tenían [...] Y había entre los nuestros, soldados que habían estado en diferentes lugares del mundo, en Constantinopla, en toda Italia y en Roma, y dijeron que jamás habían visto un mercado tan ordenado y bien organizado, tan grande, tan lleno de gente.”

– Bernal Díaz del Castillo (1568), Historia verdadera de la conquista de la Nueva España

Esta tesis también está dedicada a la Ciudad de México, a lo que representa, a quienes habitan, trabajan, comen y duermen en ella, a quienes la llenan de alegría y vida. Tan bella y difícil a la vez. Su belleza nace a raíz de su complejidad. Lugar donde he vivido más de un cuarto de mi vida y que sin importar a qué lugares me lleve la vida, o cuan lejos me encuentre de ella, siempre estará dentro de mí, de lo que soy, porque siempre seré mexicano.

Índice general

Índice de figuras	ix
1. Introducción	1
1.1. Antecedentes	2
1.1.1. La Epidermis: Tipos de células y neoplasias malignas	2
1.1.2. Inspección Visual de Lesiones en Piel	4
1.1.3. El Archivo de Imágenes de la ISIC	4
1.2. Motivación	5
1.3. Objetivos de la tesis	6
1.3.1. Objetivos Específicos	6
1.4. Planteamiento del problema	6
1.5. Metodología	7
1.6. Estado del Arte	9
1.7. Contribución	13
1.8. Organización del Trabajo	13
2. Fundamentos de Aprendizaje Profundo	15
2.1. Inteligencia Artificial y Aprendizaje de Máquina	15
2.2. Introducción a las Redes Neuronales	16
2.3. Redes Neuronales Profundas	24
2.3.1. Redes Neuronales Convolucionales	26
2.3.1.1. Preprocesamiento de datos	33
2.3.1.2. Entrenamiento de una red neuronal profunda	36
2.3.1.3. <i>Overfitting</i> y <i>underfitting</i>	37
2.3.1.4. Ajustes de parámetros	37
2.3.1.5. Métricas para evaluación.	41

3. Aprendizaje Profundo para Visión y Técnicas de Procesamiento de Imágenes	43
3.1. Redes Neuronales Profundas para Detección	43
3.2. Segmentación: ¿Qué es segmentación?	45
3.2.1. Segmentación basada en Grabcut en el espacio de color HSV	46
3.2.1.1. Modelo de color RGB	46
3.2.1.2. Modelo de color HSV	47
3.2.1.3. Clusterización por <i>k-means</i>	47
3.2.1.4. Ecuación Adaptable del Histograma	49
3.2.1.5. Método de Grabcut	50
3.2.1.6. Método de Grabcut en el espacio de color HSV	50
3.2.2. Segmentación basada en detección de bordes	52
4. Experimentos y Resultados	57
4.1. Base de Datos	57
4.2. Requerimientos de la arquitectura	58
4.3. Experimento 1	58
4.4. Experimento 2	60
4.5. Experimento 3	63
4.6. Experimento 4	65
5. Conclusiones	71
A. Apéndice	73
A.1. Desempeño en el conjunto de validación para el experimento 1	73
A.2. Desempeño en el conjunto de validación para el experimento 2	74
A.3. Desempeño en el conjunto de validación para el experimento 3	75
A.4. Desempeño en el conjunto de validación para el experimento 4	76
Bibliografía	79