



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN  
FACULTAD POLITÉCNICA

*INGENIERÍA EN INFORMÁTICA*

---

**Metodología automática para estimar  
pérdida de carbono a través de  
procesamiento de imágenes satelitales.  
Caso de uso Chaco Paraguay**

---

*PROYECTO FINAL DE GRADO*

*Autor:*

Santiago Smael Vera Aquino

*Tutor:*

Dr. Horacio Legal Ayala

SAN LORENZO - PARAGUAY

OCTUBRE - 2015

## *Dedicatoria*

*A mis familiares, profesores, compañeros y amigos por su apoyo,  
aliento y comprensión incondicional.*

# *Agradecimiento*

xxx

## *Resumen*

XXXX

# *Abstract*

XXXXXX

# Índice general

Agradecimiento	II
Resumen	III
Índice de figuras	VI
Índice de tablas	VII
Abreviaciones	VIII
<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
1.1. Justificación y Motivación . . . . .	3
1.2. Antecedentes . . . . .	3
1.3. Planteamiento del problema . . . . .	4
1.4. Objetivos . . . . .	5
1.4.1. Objetivos Generales . . . . .	5
1.4.2. Objetivos Específicos . . . . .	5
1.5. Organización de la Tesis . . . . .	5

# Índice de figuras

# Índice de tablas



# Abreviaciones



# Capítulo 1

## Introducción

De entre los servicios ambientales que proporcionan los bosques, la captura de carbono será determinante para disminuir el calentamiento global y estabilizar el cambio climático producidos por el incremento en la atmósfera de los llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI). El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) es el gas mas abundante, contribuyendo con un 76 % al GEI [[ÁJB<sup>+</sup>01](#)] debido principalmente al cambio de paisajes de bosques tropicales maduros a paisajes agrícolas.

Los bosques tropicales en condiciones naturales contienen más carbono aéreo por unidad de superficie que cualquier otro tipo de cobertura terrestre. Por esto, cuando los bosques se convierten a otros usos del suelo, ocurre una gran liberación neta de carbono a la atmósfera. El cambio en el uso del suelo y la silvicultura son responsables del 15-20 % de las emisiones totales de gases de efecto invernadero[[Oje](#)].

El **ciclo de carbono** son las transformaciones químicas de compuestos que contienen carbono en los intercambios entre biosfera, atmósfera, hidrosfera y litosfera. La fotosíntesis de las plantas constituye un proceso fundamental en el ciclo ya que permite separar el  $\text{CO}_2$  en oxígeno que consumimos y carbono en materia orgánica, actuando en forma de almacenes de C, por periodos prolongados, como biomasa en función a la composición florística, la edad y la densidad de cada estrato por comunidad vegetal[[AMVMEB<sup>+</sup>03](#)].

De manera general el término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía. En

nuestro caso utilizaremos la definición de biomasa forestal como la cantidad total de materia orgánica aérea presente en los árboles incluyendo hojas, ramas, tronco principal y corteza[GS03].

## 1.1. Justificación y Motivación

Los aspectos principales que motivan esta área de investigación y por ende a este trabajo final de grado son los siguientes:

- Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) un gran número de personas con diabetes sufren algún tipo de deterioro o pérdida de la visión [oms].
- La Asociación Americana de la Diabetes (American Diabetes Association) recomienda la exploración del fondo de ojo en los pacientes con diabetes una vez al año y cada 4 meses en caso de que presente Retinopatía Diabética [cig14].
- La retinopatía diabética es considerada como la principal causa de ceguera en la población económicamente activa, ya que afecta a personas entre los 20 y 74 años de edad [FAG<sup>+</sup>04, Bro10].
- La diabetes no tiene cura [KBKM99, Kle06].

## 1.2. Antecedentes

A partir de la conferencia *Screening for Diabetic Retinopathy in Europe* celebrada en Liverpool, Reino Unido en el año 2005, el uso de técnicas de procesamiento digital de imágenes para *screening* de retinopatía diabética ha ido en aumento [IAGK06].

Jagadish Nayak et al. [NBA<sup>+</sup>08] proponen un método de detección de retinopatía diabética basada en técnicas de pre-procesamiento digital, técnicas morfológicas de procesamiento y métodos de análisis de textura. Como clasificador utilizaron redes neuronales artificiales. Las pruebas fueron realizadas a partir de una base de imágenes propia, obteniendo un 90 % de sensibilidad, 100 % de especificidad y 93 % de exactitud.

Gardner et al. [GKWE96] proponen técnicas de mejoras de contraste y suavizado en la detección de retinopatía. Como clasificador utilizaron redes neuronales artificiales. Las

pruebas fueron realizadas a partir de una base de imágenes propia de 179 imágenes, de las cuales 32 eran normales y 147 con retinopatía diabética, obteniendo 83,5 % de especificidad, 88,4 % de sensibilidad y 87 % de exactitud.

Sinthanayothin et al. [SKPS03] proponen un sistema de *screening* que tiene como base de pre-procesamiento la ecualización del histograma y técnicas de mejora de contraste, además se emplea la detección de bordes y segmentación por crecimiento de regiones. Como clasificador utilizaron redes neuronales artificiales. Las pruebas fueron realizadas a partir de una base de imágenes propia de 484 imágenes. El sistema realizó la clasificación redes neuronales artificiales obteniendo 80,21 % de sensibilidad y 70,66 % de especificidad.

Mi Iqbal et al. [IAGK06] utilizaron estimación basada en formas y técnicas de procesamiento morfológicas para la detección y segmentación. Utilizaron un clasificador basado en la teoría bayesiana. Emplearon una base de imágenes propia, en sus resultados obtuvieron 98 % de sensibilidad y 61 % de especificidad.

### 1.3. Planteamiento del problema

La mayoría de los pacientes diagnosticados con diabetes en algún momento de su vida desarrollarán retinopatía diabética, por lo que la exploración del fondo de ojo y el examen visual juegan un papel determinante en la detección oportuna de la enfermedad.

La exploración de fondo de ojo con la cámara digital realizada a los pacientes proporciona un gran número de imágenes, las mismas deben ser revisadas por los profesionales de la salud visual, empleando una gran cantidad de tiempo por paciente, limitando así el número de consultas por día [SPB12].

Según la guía de diabetes de Reino Unido [Kui05] un método de *screening* debe cumplir con al menos 80 % de sensibilidad, es decir la probabilidad que se clasifique correctamente a un individuo enfermo y 95 % de especificidad, esto es que se diagnostique correctamente a un individuo sano.

## 1.4. Objetivos

Atendiendo la naturaleza sensible de esta investigación en el campo de la medicina, los objetivos delineados son los siguientes.

### 1.4.1. Objetivos Generales

- Construir una herramienta válida de asistencia al profesional de salud en el diagnóstico de la enfermedad basada en técnicas de visión por computadora que alcance al menos 80 % de sensibilidad y 95 % de especificidad en la detección de la retinopatía diabética.

### 1.4.2. Objetivos Específicos

Para el logro de los objetivos generales los siguientes objetivos específicos son propuestos:

- Diseño de un esquema para la detección y segmentación automática de características de imágenes de retina.
- Aplicación de la técnicas de extracción de características de estructuras y patologías del ojo a partir de las imágenes segmentadas.
- Entrenamiento de un clasificador binario competitivo para diferenciar imágenes de retina con o sin retinopatía diabética.

## 1.5. Organización de la Tesis

La distribución de capítulos del presente trabajo final de grado se encuentra organizado en 6 capítulos.

- En el capítulo 2 se realiza una breve introducción sobre la diabetes y los tipos existentes.
- En el capítulo 3 se presenta el marco teórico de las técnicas de visión por computadora.

- En el capítulo 4 se detallan los algoritmos de detección y segmentación utilizados en el sistema de diagnóstico, además se menciona las sub-segmentaciones utilizadas en estos procesos.
- En el capítulo 5 se presentan las métricas utilizadas para medir el desempeño, luego se evalúa los resultados obtenidos y se realiza la comparación con respecto al estado del arte.
- En el capítulo 6 se presentan las conclusiones finales tras los experimentos y análisis de resultados del proyecto, por último los trabajos futuros que podrían dar continuidad al trabajo final de grado.





# Bibliografía

- [ÁJB<sup>+</sup>01] G Ávila, F Jiménez, J Beer, M Gómez, and M Ibrahim. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en costa rica. carbon storage and fixation, and evaluation of environmental services in agroforestry systems in costa rica. *Agroforestería en las Américas (CATIE)*, 8(30):32–35, 2001.
- [AMVMEB<sup>+</sup>03] Miguel Acosta Mireles, Alejandro Velázquez Martínez, Jorge D Etchevers Barra, J Jesús Vargas Hernández, Hugo Ramírez Maldonado, Fabián Islas Gutiérrez, and ; Instituto de Recursos Naturales Programa Forestal. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. *Diseño y aplicación de un método para medir los almacenes de carbono en sistemas con vegetación forestal y agrícolas de ladera en México*. PhD thesis, Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México, 2003.
- [Bro10] David J Browning. *Diabetic Retinopathy: Evidence-Based Management*. Springer, 2010.
- [cig14] CIGNA MEDICAL COVERAGE POLICY. [http://old.cigna.com/customer\\_care/healthcare\\_professional/coverage\\_positions/medical/mm\\_0080\\_coveragepositioncriteria\\_imaging\\_systems\\_optical.pdf](http://old.cigna.com/customer_care/healthcare_professional/coverage_positions/medical/mm_0080_coveragepositioncriteria_imaging_systems_optical.pdf), June 2014.
- [FAG<sup>+</sup>04] Donald S Fong, Lloyd Aiello, Thomas W Gardner, George L King, George Blankenship, Jerry D Cavallerano, Fredrick L Ferris, and Ronald Klein. Retinopathy in diabetes. *Diabetes care*, 27(suppl 1):s84–s87, 2004.

- [GKWE96] GG Gardner, D Keating, TH Williamson, and AT Elliott. Automatic detection of diabetic retinopathy using an artificial neural network: a screening tool. *British journal of Ophthalmology*, 80(11):940–944, 1996.
- [GS03] M Garzuglia and M Saket. Wood volume and woody biomass. *Food and Agricultural Organization of the United Nations. Roma*, page 30, 2003.
- [IAGK06] MI Iqbal, AM Aibinu, NS Gubbal, and A Khan. Automatic diagnosis of diabetic retinopathy using fundus images. *Blekinge Institute of Technology*, 2006.
- [KBKM99] Tim Kindberg, Nick Bryan-Kinns, and Ranjit Makwana. Supporting the shared care of diabetic patients. In *Proceedings of the international ACM SIGGROUP conference on Supporting group work*, pages 91–100. ACM, 1999.
- [Kle06] NR Kleinfeld. Diabetes and its awful toll quietly emerge as a crisis. *New York Times*, 9, 2006.
- [Kui05] Kuivalainen, M. Retinal image analyzing machine vision. Master’s thesis, 2005.
- [NBA<sup>+</sup>08] Jagadish Nayak, P Subbanna Bhat, Rajendra Acharya, CM Lim, and Manjunath Kagathi. Automated identification of diabetic retinopathy stages using digital fundus images. *Journal of medical systems*, 32(2):107–115, 2008.
- [Oje] Fabian Miguel Peralta Ojeda. Analisis del cambio de cobertura de la tierra y estimacion de carbono en el area para parque nacional san rafael, año 2008/2013.
- [oms] Organización Mundial de la Salud, month = jun, year = 2014, howpublished = "<http://www.who.int/es/>".
- [SKPS03] Chanjira Sinthanayothin, Viravud Kongbunkiat, Suthee Phoojaruenchanachai, and Apichart Singalavanija. Automated screening system for diabetic retinopathy. In *Image and Signal Processing and Analysis*,

---

2003. *ISPA 2003. Proceedings of the 3rd International Symposium on*, volume 2, pages 915–920. IEEE, 2003.

- [SPB12] D Selvathi, NB Prakash, and Neethi Balagopal. Automated detection of diabetic retinopathy for early diagnosis using feature extraction and support vector machine. 2012.