



# CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



## DETECCIÓN DE ESPECIES DE CAPA EMERGENTE EN LA SELVA ATLÁNTICA POR PROCESAMIENTO HOMOMÓRFICO DE IMÁGENES AÉREAS

**Christian Bernhardt**

Dep. de Ing. Electrónica, Facultad de Ingeniería-FCEQyN  
UNaM, Argentina  
chrstn.bernhardt@gmail.com

**Sergio Moya**

Dep. de Ing. Electrónica, Facultad de Ingeniería  
UNaM Oberá, Argentina  
sergio.e.moya@gmail.com

**Javier Kolodziej**

Dep. de Ing. Electrónica, Facultad de Ingeniería  
UNaM Oberá, Argentina  
javierkolodziej@gmail.com

**Mario Rosenberger**

FCEQyN-UNaM e Instituto de Materiales de Misiones  
CONICET-UNaM. Argentina.  
javierkolodziej@gmail.com

**Resumen.** Este artículo presenta una metodología para la detección de ejemplares arbóreos de capa emergente en selvas por medio de procesamiento de imágenes satelitales, utilizando una forma innovativa de detección, basado en el modelo de Stockham, en el cual una imagen se obtiene por composición multiplicativa de la iluminación y de la reflexión. El trabajo se focaliza en dos especies emblemáticas de flora en peligro de extinción, el Palo Rosa (*Aspidosperma polyneuron*) y el Pino Paraná (*Araucaria angustifolia*), sobre ejemplares de gran tamaño. Partiendo de la imagen satelital se realiza una etapa de filtrado homomórfico para realzar sombras y, posteriormente, clasificar las sombras por un criterio de tamaño, descartando aquellas que, por ser muy pequeñas, no se consideran en el conteo de especímenes de *A. polyneuron* o *A. angustifolia*. Finalmente,

las sombras remanentes son contabilizadas obteniendo un número estimativo de ejemplares por área analizada. Se propusieron parámetros convenientes para el filtro y estrategias de conteo que brindan resultados aceptables en tiempos de procesamiento cortos, lo que hace de esta metodología una opción potente para el relevamientos de especies arbóreas en áreas selváticas.

**Palabras-clave:** Procesamiento de imágenes, filtrado homomórfico, sensado remoto.

### 1. INTRODUCCIÓN

Las imágenes aéreas, y particularmente las satelitales, ofrecen grandes ventajas a la hora de relevar información específica en áreas de grandes dimensiones, ya que hay mucha información contenida las mismas si



tienen la resolución suficiente. Además, cuando el acceso a tales áreas es complicado o incluso imposible el uso de imágenes es casi imprescindible para el análisis de dichas áreas. Éste es el caso del censo de flora en selvas tropicales como la selva atlántica, la segunda selva tropical más grande de América y una de las más amenazadas a nivel mundial [1]. Dicho ecosistema alberga especies arbóreas de crítica importancia medioambiental, como ser el Palo Rosa (*Aspidosperma polyneuron*) y el Pino Paraná (*Araucaria angustifolia*), ambas especies declaradas Monumento Natural Provincial en Misiones, Argentina [2] y en el caso de *A. polyneuron*, se encuentra en peligro de extinción [3] con últimos remanentes de la especie limitados al norte de la provincia de Misiones. La importancia en la conservación de dichas especies no solo radica en la preservación de las mismas, sino que al ser árboles de altura extraordinaria, son el único e irremplazable hábitat de diversas especies de animales como aves rapaces, monos, etc. En el caso de *A. polyneuron* y de *A. angustifolia*, sus copas se sitúan en lo que se denomina capa emergente de la selva, situada por encima de los 40 metros de altura. Justo debajo de ella se ubica el estrato denominado dosel, abarcando éste entre los 30 y los 40 metros de altura. En paralelo a *A. polyneuron* y *A. angustifolia*, en la provincia de Misiones existen otras especies emblemáticas y también en riesgo de desaparecer, por lo que la determinación y conteo de dichas especies sería de gran utilidad para su preservación y protección. Por ejemplo, en [4] se menciona que la creación del hoy en día Parque Provincial Puerto Península (Misiones, Argentina) fue fundamentada por la existencia de ambientes con *A. polyneuron* y Palmito (*Euterpe edulis*) que si bien no se conocen sus distribuciones exactas, las mismas fueron estimadas en torno a caminos internos de la selva y cuatro campañas de prospección.

Esto demuestra que en un terreno tan extenso y hostil como la selva Atlántica, la clasificación y registro de flora es una tarea compleja, que requiere conocimientos específicos en la materia y por sobre todo, presupuesto y tiempo. Sin embargo, en el caso de ejemplares longevos y que alcancen la capa emergente de la selva, dicho registro podría simplificarse. En el caso particular de *A. polyneuron* y *A. angustifolia* (entre otros), además de compartir importancia medioambiental, son especies que emergen de la selva, proyectando una marcada sombra sobre el dosel selvático. La detección de esta sombra mediante procesamiento de imágenes permitiría detectar ejemplares de estrato emergente sin la necesidad de introducirse en la selva. En los llamados bosques primarios la capa visible desde una fotografía aérea es el dosel (ver Fig. 1), de modo que las porciones de

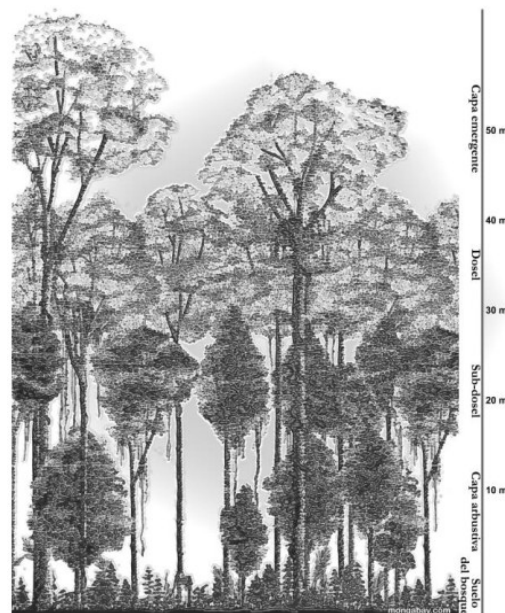


Fig. 1. Capas de vegetación en la selva

sombra de mayor intensidad suelen corresponder a especímenes que superan dicha capa y proyectan la sombra sobre ella.

Según el modelo Stockham [5] una imagen puede descomponerse en dos partes, una la



denominada iluminación y la otra componente es la reflexión. Llevadas al plano de frecuencias, se confirma el hecho de que la componente de iluminación tiene una variación más lenta, es decir, se corresponde con las frecuencias bajas. De modo similar, la componente de reflexión se corresponde con frecuencias altas [6]. Entendiendo esto, es factible implementar un filtrado en la imagen para realzar las sombras, separando la componente de iluminación de la de reflexión. Esta técnica fue utilizada en la remoción de sombras en imágenes de piezas de manufactura [7] y en la detección automática de sombras en objetos oscuros [8]. En el presente trabajo, la aplicación a la detección de especies arbóreas es novedosa.

## 2. PROCESAMIENTO HOMOMÓRFICO

Basándose en el modelo de la imagen como producto de dos componentes básicos, mediante el filtrado homomórfico es posible implementar mejoras en contraste y compresión de rango dinámico de manera simultánea.

La imagen se modela como el producto de una componente de iluminación y otra de reflexión, que depende de las características del objeto iluminado. La forma canónica del procesamiento homomórfico de imágenes se muestra en la fig. 2:

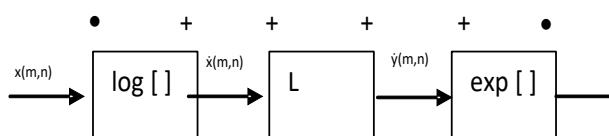


Fig. 2. Forma canónica del procesador homomórfico de imágenes

La ecuación que representa al filtro es

$$H(u, v) = 1 - [(\gamma_H - \gamma_L)] [1 - e^{-cD}]$$

$$\gamma_L < 1, \gamma_H > 1$$

donde  $D_0$  es la frecuencia de corte,  $c$  controla la forma y pendiente del filtro en la región de transición entre  $\gamma_L$  y  $\gamma_H$ .  $D(u, v)$  es la distancia al origen del plano de frecuencias.

## 3. METODOLOGÍA

Las imágenes a ser analizadas fueron obtenidas desde el sitio web Bing (poner en referencia de la dirección web del maps). Se seleccionaron imágenes de diferentes sitios de la Provincia de Misiones, correspondientes a selvas en parques y reservas, en los que se supone mayor presencia de especies de árboles de interés para el presente trabajo.

En un primer paso se realizó la conversión de la imagen de color rojo, verde y azul (RGB) a la representación matiz, saturación e intensidad (HSI), trabajando sobre la componente de intensidad. En un paso siguiente se aplicó el logaritmo a la componente de intensidad de la imagen y seguidamente se obtuvo la transformada de Fourier de la misma, para poder procesar con el filtro de sombras. Se multiplicó la matriz de la imagen por la matriz que representa al filtro y, luego, al resultado se aplicó la transformada inversa de Fourier, la función inversa de logaritmo y la remoción de fase, tomando el módulo del número complejo, todo en orden sucesivo. Posteriormente se binarizó la imagen filtrada mediante un criterio de umbral de 0,75 en una escala en la que el valor 1 es blanco y 0 es negro. La imagen de salida del filtro de sombras presenta a las sombras resaltadas con píxeles de intensidad blancos.

Luego se efectuó la selección de las sombras binarizadas, con lo que se descartaron las sombras que no revisten interés para el posterior conteo, estableciendo una ventana de enmascaramiento, que a los efectos prácticos es cuadrada y el criterio de



clasificación es de 45% de píxeles blancos. Una vez completas la binarización y la selección de sombras de interés, se realizó el conteo de las mismas. El diagrama de flujo de la fig. 3 describe las etapas del proceso completo. A los efectos de demostrar el grado de certeza del algoritmo, se comparó con la detección manual, variando el tamaño de la ventana de enmascaramiento. Se comprobó que eligiendo un tamaño de ventana de enmascaramiento igual a 20 por 20 píxeles se obtenía un acercamiento al criterio de selección manual.

En el proceso de binarización, se definió como umbral que correspondía a un valor de intensidad por encima del cual se trataba de sombras. En este caso el valor de intensidad fue de 0,75 en valores de intensidad de píxeles normalizados.

Para la selección de sombras binarizadas se recorrió la matriz de la imagen con una ventana de inspección que abarcaba 25 píxeles por lado, de modo que se evalúa un conjunto de 625 píxeles. Se estableció un umbral de 0,45 para clasificar las sombras, de modo que los recintos de píxeles blancos que superaban ese umbral eran catalogados como sombras de árboles grandes.

A los efectos de mostrar el funcionamiento del método de búsqueda y conteo de sombras, se exponen las fig. 4, 5 y 6 en las que se visualizan la imagen satelital en escala de grises de una porción de la reserva privada Sombra de Toro, ubicada en el norte de la provincia de Misiones, la imagen binarizada luego del filtrado homomórfico y las sombras seleccionadas, respectivamente.

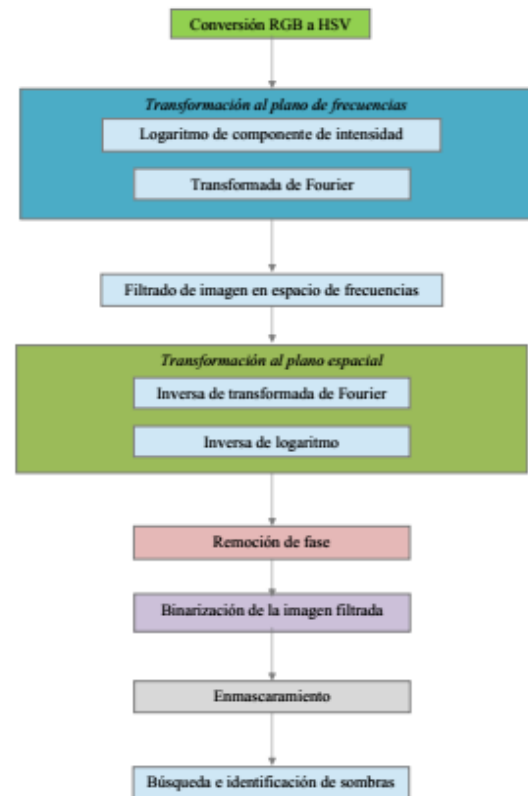


Fig. 3. Diagrama de flujo del proceso

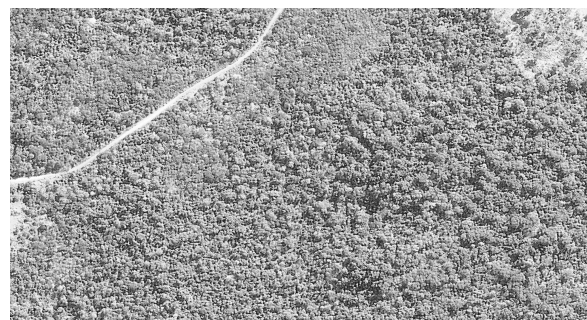


Fig. 4. Imagen satelital de un sector de la reserva privada Sombra de Toro

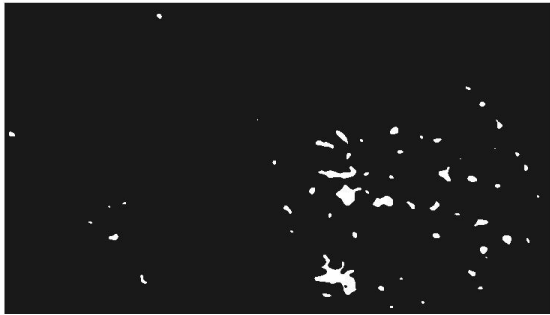


Fig. 5. Imagen binarizada



Fig. 6. Sombras detectadas



Fig. 8. Sombras detectadas



Fig. 9. Imagen de un sector del Parque Nacional Iguazú

Las Fig. 7, 8, 9 y 10 son otros ejemplos para demostrar el funcionamiento del sistema, en donde se obtuvo el conteo de sombras en distintas áreas del Parque Nacional Iguazú de la provincia de Misiones.



Fig. 7. Imagen de un sector del Parque Nacional Iguazú

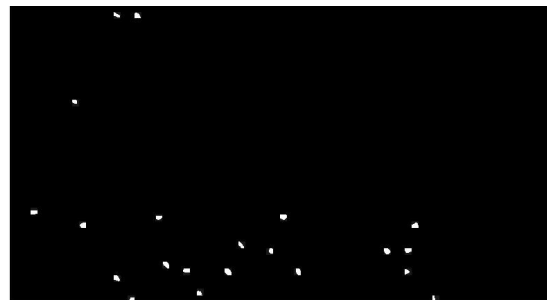


Fig. 10. Sombras detectadas

#### 4. RESULTADOS

Los resultados de las pruebas se exponen en la Tabla I. Allí se visualiza para distintas imágenes la cantidad de sombras detectadas, y se comparan los resultados de conteo automático con distintos tamaños de ventana, con el método de búsqueda de forma manual. Nótese el cambio de signo para el error medio entre los tamaños de ventana de 25 y de 20 píxeles, indicando que la selección de un tamaño de ventana menor resultará en una mayor cantidad de sombras detectadas que la que se obtiene por conteo manual. En cambio un tamaño de ventana



mayor podría obviar varias sombras que serían tenidas en cuenta para el conteo manual. De acuerdo con la resolución de las imágenes de prueba, el tamaño de ventana cuadrada de 20 píxeles por lado se correspondería con un área de 100 metros cuadrados.

TABLA I COMPARACIÓN DE CONTEOS MANUAL Y AUTOMÁTICO

	a	Tamaño de ventana				
		10	15	20	25	30
Par1d	5	7	4	1	0	0
Par2d	2	7	4	1	0	0
PNI1	14	84	49	31	16	10
PNI2	14	48	35	20	14	7
PNI3	32	110	73	48	29	9
PNI3d	22	56	42	21	7	0
PS1	6	35	16	4	1	1
YB1	10	10	5	3	1	1
YB2	9	14	8	4	0	0
ST1	18	40	25	16	7	6
ST2	9	42	30	18	9	7
$e_m$	-	28,36	-13,64	-2,36	5,18	9,09
$\sigma_e^2$	-	628,6	211,14	63,69	25,42	48,45
$\sigma_e$	-	25,07	14,53	7,98	5,04	6,96

a Conteo de forma manual

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados de las pruebas indican que para el conteo de sombras deben considerarse varios factores. En principio la baja calidad de las imágenes utilizadas para las pruebas era evidente, y necesariamente debería hacerse un preprocesamiento de las imágenes, como ser ajustes y ecualizaciones de las componentes de color, para mejorar el contraste. Otra limitación para el uso de ésta técnica para el conteo de ejemplares de *A. polyneuron* es que debe reforzarse la contundencia de la afirmación de que esas sombras seleccionadas son efectivamente de dicha especie. Al no disponer de los datos asociados a las imágenes como ser fecha y hora exacta de la captura, se hacía difícil discernir si las sombras correspondían a

árboles altos, o las sombras eran más intensas por el horario en el que fueron capturadas las imágenes (por ejemplo, en el crepúsculo) Hay que mencionar también las diferencias que hubo entre la detección de sombras por parte del algoritmo y la detección manual. Para el caso de la búsqueda automática con tamaño de ventana de 20 píxeles hubo casos de detección de falsos positivos, es decir, detectaba sombras donde el ojo humano no lo hacía, y también omitía seleccionar sombras que a simple vista serían consideradas como sombras de interés. Cabe añadir que la limitación de facto para el algoritmo es que realiza la selección de sombras con base en la observación de la componente intensidad del modelo HSI. Al ojo humano le resulta más fácil distinguir sombras en imágenes a color.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. B. Otegui, D. S. Ojeda, M. E. Totaro, B. I. Eibl, M. B. Valdes and G. Y. Mallozzi, "Comportamiento y longevidad de *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. frente al Ultrasecado," Revista de Ciencia y Tecnología, no. 25, junio 2016.
- [2] Cámara de diputados de la provincia de Misiones, Ley XVI N° 19, 2010, p. 1669.
- [3] IUCN Americas Regional Workshop, "Conservation & Sustainable Management of Trees," 2013.
- [4] F. Escobar, Zonificación Preliminar Parque Provincial Puerto Península, Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- [5] Stockham, Thomas G., Image Processing in the Context of a Visual Model, Proceedings of the IEEE, vol. 60, pp 828-842, 1972.
- [6] A. V. Oppenheim, R. W. Schaffer and T. G. Stockham, "Nonlinear filtering of multiplied and convolved signals, Proceedings of the, vol. 65, pp. 1264-1291, 1968.
- [7] W. D. Yang, W. Guo, K. Peng and L. B. Liu, "Research on Removing Shadow in Workpiece Image Based on Homomorphic Filtering," Procedia Engineering, vol. 29, pp. 2360-2364, 2012.
- [8] H. Etemadnia and M. R. Alsharif, "Automatic Image Shadow Identification using LPF in Homomorphic Processing System," Proc. VIIth Digital Image Computing: Techniques and Applications, 2003