



**Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires  
Facultad de Agronomía  
Maestría en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica  
Metodología de la Investigación**

**Área:** Teledetección – Botánica

**Tema:** Mapeo de arbustos mediante imágenes de alta resolución: el caso de *Baccharis tandilensis* en las Sierras de Azul

**Director:** Dr. Marcelo Luciano Gandini

**Maestranda:** Ing. Agr. Rosa Lourdes SCARAMUZZINO

**Prof. Titular Seminario:** Dra. Dora Luján Coria

**Año: 2010**

## **Tabla de Contenidos**

Resumen anticipado

Problema de investigación  
Formulaciones preliminares  
Estado de la cuestión  
Marco teórico

Ficha metodológica  
Índice tentativo de tesis  
Cronograma tentativo

Bibliografía

### **Anexos:**

- 1, Cuadro de coherencia interna
2. Estado de la cuestión
3. Mapas

## **Resumen Anticipado:**

Cuando los Organismos para la Conservación de la Naturaleza, elaboran las listas rojas, generalmente no cuentan con instrumentos objetivos, como el número de ejemplares y su distribución espacial, para definir las categorías de amenaza en especies vegetales. *Baccharis tandilensis* es un arbusto endémico del Sistema de Tandilia (Argentina) que integra tanto arbustales puros como mixtos e invade pajonales disturbados y banquinas. Aunque su estudio es de especial interés ya que ha sido clasificado como en peligro crítico de extinción, aún no ha sido ubicado espacialmente.

El objetivo de este trabajo es encontrar una metodología que permita mapear este arbusto a nivel individual o grupal, para lo cual habrá que diferenciarlo de otras especies leñosas presentes en la zona de estudio, por alguna característica factible de ser teledetectada directa o indirectamente.

Dado el tamaño de los individuos, se analizarán imágenes de alta resolución (2,7 m) CBERS 2B, e imágenes QUICKBIRD de resolución espacial 60 cm, en principio mediante clasificación orientada a objeto y basada en reglas (software ENVIZOOM). Se trabajará con una imagen de un área de las Sierras de Azul donde esté presente la especie y se utilizará otra imagen como validación, para asegurar que la metodología puede ser aplicada en otros sectores del Sistema de Tandilia.

El mapa logrado podrá ser utilizado en un futuro para determinar si se producen cambios en el área de distribución o el número de individuos adultos.

**Palabras Claves:** *Baccharis tandilensis* – arbusto – Sistema de Tandilia – clasificación basada en objetos – clasificación basada en reglas

## **1. Problema de Investigación**

*Baccharis tandilensis* Speg. (Asteraceae) es un arbusto endémico del Sistema de Tandilia (Provincia de Buenos Aires). Ha sido incluido en la Lista Roja de especies amenazadas de la Provincia de Buenos Aires donde se la ha clasificado como taxón en peligro crítico de extinción (Delucchi, 2006, Delucchi y Correa 1992). Sin embargo, aún no ha sido mapeado ni ha sido objeto de estudios detallados sobre su distribución espacial, número de ejemplares y área de ocupación.

Desde el punto de vista botánico ha sido estudiado desde 1901, cuando Carlos Spegazzini lo describió por primera vez. Posteriormente ha sido incluido en investigaciones taxonómicas (Cabrera 1941, 1963, Cabrera et al., 2000, Giuliano 2000, 2001, 2003) y químicas (Prado et al., 2003). En cuanto a su distribución, sólo se han publicado datos de ejemplares herborizados, de relevamientos florísticos y estudios ecológicos cuyo principal objetivo era describir las comunidades vegetales del Sistema de Tandilia, algunas de las cuales incluían a *Baccharis tandilensis* (Alonso et al. 2009, Frangi 1975, Herrera y Laterra 2007, Valicenti et al., 2005, 2009 ). Además estos estudios muestran resultados contradictorios. En la lista de especies amenazadas se considera que esta especie enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en el estado silvestre en el futuro inmediato, mientras que algunos estudios ecológicos la presentan como invasora de pajonales disturbados por el fuego y de banquinas.

Uno de los criterios para considerar una especie en extinción es la disminución del número de individuos adultos. Por lo tanto, cuantificar este arbusto en un área y tiempo determinados, permitirá evaluar objetivamente los cambios. En consecuencia se deberá mapearlo a nivel individual, o en su defecto, utilizar algún estimador de su biomasa aérea.

La teledetección brinda importantes herramientas para mapear la vegetación. Desde hace varias décadas se utilizan las imágenes satelitales con este fin, ya que presentan ventajas con respecto a los estudios terrestres, como por ejemplo, cubrir áreas más extensas, permitir un mejor discernimiento de los patrones espaciales, no estar sesgadas por la accesibilidad a los sitios de muestreo (cercanías de rutas, entradas permitidas a determinados establecimientos rurales, etc.).

El mapeo individual de los arbustos requerirá el uso de imágenes de alta resolución espacial. Se deberá encontrar una metodología que a partir del análisis de las mismas, identifique automáticamente la especie. La clasificación orientada a objetos mediante reglas sería adecuada, si se le dan los criterios correctos para identificarla y diferenciarla de otras especies

con similares características espectrales, espaciales y texturales, ya que *Baccharis tandilensis* integra tanto arbustales puros como mixtos con *Eupatorium buniifolium*. Además en las sierras del sistema se encuentran otras especies leñosas nativas como por ejemplo, *Baccharis tridentata*, *Discaria americana*, *Colletia spinosissima*. Desde hace más de 70 años ha sido invadido por especies leñosas exóticas como *Acacia melanoxylon*, *Spartium junceum*, *Gleditsia triacanthos*, entre otras, que ocupan diferentes ambientes, inclusive el arbustal.

Cuanto mayor sea la resolución espacial de las imágenes satelitales, se obtendrán resultados más precisos. Pero dado su alto costo, se analizará también si mediante imágenes de alta resolución de distribución gratuita es posible obtener resultados satisfactorios.

El mapa logrado podrá ser utilizado en un futuro para determinar si se producen cambios en el área de distribución o el número de individuos adultos y será un instrumento objetivo para que los organismos de Conservación de la Naturaleza definan la categoría de amenaza del *Baccharis tandilensis*.

## **2. Formulaciones Preliminares**

### **2.1. Interrogante directriz:**

¿Cuál es la metodología más adecuada para identificar *Baccharis tandilensis* mediante teledetección?

Cómo se distribuye el arbusto *Baccharis tandilensis* en las Sierras de Azul [período de estudio 2010]

### **2.2- Hipótesis:**

La clasificación basada en objetos mediante reglas es el método adecuado para mapear el arbusto *Baccharis tandilensis*

### **2.3. Objetivos Generales:**

- Seleccionar y probar una metodología que se estime adecuada para detectar una especie arbustiva en un sistema serrano mediante sensores remotos.
- Elaborar un mapa de distribución de *Baccharis tandilensis*

**2.4. Propósitos de Transferencia:** Brindar a los organismos para la Conservación de la Naturaleza un instrumento objetivo para determinar la distribución de la especie endémica *Baccharis tandilensis* en el Sistema de Tandilia

### **3. Estado de la cuestión**

*Baccharis tandilensis*, especie arbustiva endémica del Sistema de Tandilia, es considerada “en peligro crítico de extinción”(ver Anexo II Tabla I). No existen estudios cuantitativos que avalen esta clasificación.

La especie ha sido estudiada según los métodos clásicos de la Taxonomía vegetal (ver anexo Tabla I), como así también en parte, su distribución geográfica y características químicas (Tabla II)

En estudios ecológicos en sectores del Sistema de Tandilia se la ha hallado formando parte de arbustales puros y mixtos así como también individuos aislados (Tabla II) y se ha observado el efecto del fuego sobre su propagación (Tabla II).

La utilización de sensores remotos en el área de estudio se ha realizado a escala regional y en estudios de suelos en zonas próximas (Tabla IV) con imágenes de media y baja resolución espacial. En el otro sistema serrano bonaerense (Ventania), se ha cartografiado la vegetación mediante imágenes de media resolución y SIG, pero esta especie no se encuentra en ese sistema.

Una especie afín, *Baccharis dracunculifolia*, es invasora en el Parque Nacional El Palmar. Se ha analizado la heterogeneidad de la vegetación de esta región mediante imágenes Landsat (Tabla IV).

En otros países se ha estudiado la distribución de especies leñosas mediante imágenes satelitales de alta resolución y clasificación orientada a objetos. En algunos casos se completó el análisis temporal con fotos áreas (Tabla III).

### **4. Marco teórico**

Un objetivo importante para las Organizaciones de Conservación de la Naturaleza es documentar la cantidad y la distribución espacial de las especies en peligro de extinción, pero pocas especies son conocidas en detalle, casi no existe información sobre el número de individuos, poblaciones y localización de las mismas (Brummitt et al., 2008).

Un mapa temático muestra la distribución espacial de una característica identificable sobre la superficie terrestre, por ejemplo, en una descripción general, las categorías serán vegetación,

suelo, agua, etc. La clasificación de imágenes es el proceso mediante el cual se obtienen mapas temáticos a partir de imágenes satelitales. Implica que las categorías seleccionadas se puedan diferenciar en las mismas. Por ejemplo para distinguir objetos del tamaño de la copa de un arbusto se deberán analizar imágenes de alta resolución espacial.

Los métodos de clasificación tradicionales analizan la imagen pixel a pixel. Se basan en la información espectral de cada pixel para ser asignado en determinada clase temática. Los algoritmos de clasificación clásicos no hacen uso de conceptos espaciales (Arroyo et al. 2005).

En imágenes de alta resolución los pixeles son significativamente más pequeños que los objetos de interés, cada pixel no se refiere a un objeto completo sino a una porción. Además pueden aparecer zonas de sombras, alta texturización y contraste (Perea et al., 2009). Por lo tanto no es conveniente la clasificación de una imagen a partir de pixeles.

La clasificación orientada a objetos está basada en el contexto espacial, parte de áreas compuestas por pixeles contiguos de similares características denominados objetos. Es el procedimiento mediante el cual los objetos de las imágenes son asociados a sus correspondientes clases (Galera Madero et al., 2007). Tiene en cuenta las formas, las texturas y la información espectral presentes en los objetos significativos de la imagen y en sus relaciones mutuas (Arroyo et al., 2005).

En sus inicios fue denominada clasificación orientada a objetos, denominación que aún hoy muchos investigadores mantienen, por estar estrechamente relacionada con el paradigma de programación orientado a objeto (Blaschke, 2010). Posteriormente se la comenzó a denominar clasificación basada en objetos (object based image analysis o OBIA) por oposición a clasificación basada en pixeles.

Además de utilizarse para clasificar imágenes de alta resolución, ha sido aplicada en imágenes de media resolución (Galera Madero et al 2007, Dorren et al., 2003) y baja resolución (Gonzalez Mateos et al, 2009).

Previamente a la clasificación se deben encontrar los objetos. Qué es un objeto para la teledetección? Un objeto es un grupo de pixeles adyacentes con similares propiedades, una región de interés con determinadas características espaciales, espectrales (brillo y color) y texturales similares. Es homogéneo relativamente a su entorno con respecto a esas características, o sea que la varianza dentro del objeto es menor que la varianza entre objetos (Laliberte et al, 2004).

Para obtener esos objetos se aplicará a la imagen algún algoritmo de contexto espacial (Chuvieco 2002). En estos algoritmos el primer paso para encontrar los objetos es segmentar

la imagen o sea subdividirla en regiones separadas (Benz et al, 2004) o sea definir una región de píxeles conectados.

Otra forma de definir la segmentación de imágenes es que es una técnica de agrupación de píxeles, en la cual solamente regiones espacialmente adyacentes, y de características espectrales semejantes, pueden ser agrupadas (Umbarila et al., 2005).

Los píxeles se agrupan en una región de la imagen que se presume que representa una región física de propiedades similares sobre la Tierra (Schowengerdt, 1997). Se deberían corresponder idealmente a objetos del mundo real (ver Manual de Envi 4.5). Sin embargo, algunos autores (Benz et al., 2004) distinguen entre objetos primitivos y objetos de interés. Estos últimos son los que se corresponden con los objetos del mundo real, mientras que los primeros no se relacionan directamente con objetos del mundo real pero pueden ser asignados a clases y usados posteriormente en una segmentación basada en la clasificación. Esta segmentación avanzada crea objetos similares a los objetos de interés. En otras palabras, la segmentación puede ser completa o parcial. La completa produce segmentos que se corresponden con objetos del mundo real. En la parcial los segmentos no se corresponden directamente con objetos del mundo real, pero son más homogéneos con respecto a los valores de brillo, color, textura, y por esto es la más adecuada en teledetección. La imagen segmentada es frecuentemente usada como imagen inicial para posteriores análisis que incluyen la clasificación (Wang et al., 2010).

Otros autores distinguen “objetos candidatos” de objetos significativos. La segmentación divide a la imagen en objetos candidatos, y procesos posteriores los reconocerán y transformarán en objetos significativos (Blaschke, 2010).

La teledetección toma la técnica de segmentación de otras disciplinas. Ya en 2001 se habían desarrollado más de 1000 tipos diferentes de segmentaciones en análisis de imágenes no satelitales, aunque no todos pueden aplicarse en teledetección por sus características. Existen diferentes categorías de segmentación (Arroyo et al. 2005): basadas en puntos (umbrales de niveles de gris; “thresholding”), basadas en regiones (los píxeles se agrupan según un cierto criterio de homogeneidad o umbral de similitud) y basadas en bordes.

Existen diferentes softwares para crear y clasificar los objetos. Si bien el paso inicial en todos es la segmentación, las etapas posteriores pueden diferir.

El algoritmo de segmentación en el software eCognition (también llamado Definiens) agrupa los píxeles adyacentes mediante técnicas de regiones crecientes. Puede segmentar a varias escalas. Ha sido el más utilizado para clasificación de vegetación.



El módulo “extracción de características” de Envizoom (ENVI 4.5) segmenta usando técnicas de detección de bordes. Requiere un parámetro definido por el usuario denominado escala. Se debe elegir una escala que delinee los bordes de los objetos de interés tan bien como sea posible, que la imagen no resulte dividida en demasiados segmentos pequeños que no representan objetos del mundo real (sobresgmentación) ni que quede incluida en segmentos representados por otros objetos. La sobresgmentación puede ser corregida en un paso posterior denominado merging (fusión de segmentos). El último paso para encontrar un objeto es el cómputo de los atributos espaciales, espectrales y texturales. Estos atributos ayudarán a definir las clases en las clasificaciones supervisadas o basadas en reglas.

Una vez generados los objetos creados, estos se clasifican. Las técnicas de clasificación tanto supervisadas como no supervisadas difieren en los distintos softwares. Una de ellas es la *clasificación basada en reglas*.

La clasificación basada en reglas es un método avanzado que permite definir las características mediante la construcción de reglas basadas en los atributos de los objetos. Las reglas son muy intuitivas para los usuarios, están generalmente representadas por las relaciones “mayor que”, “menor que” o “entre” utilizando valores numéricos. Por ejemplo para definir un lago las normas podrían ser: objetos con un área mayor que 500 píxeles y con una elongación menor que 0,5 y NVDI menor que 0,3 (ver Manual ENVI 4.5).

Los métodos tradicionales están basados en reglas binarias. Los objetos pertenecen o no a una determinada clase (verdadero o falso). En cambio, la lógica difusa o borrosa (fuzzy) más que clasificar un objeto como completamente verdadero o falso, usa funciones de pertenencia para representar el grado en que un objeto pertenece a una clase. La lógica fuzzy es un sistema de conceptos, principios y métodos para tratar modos de razonamiento que son más aproximados que exactos. Está basada en la teoría de conjuntos difusos. Contrario al concepto clásico de conjunto, los límites de un conjunto difuso no son precisos. El cambio de la no pertenencia a la pertenencia puede ser gradual más que abrupta. Este cambio gradual está expresado por una función de pertenencia la cual caracteriza completamente y únicamente a un conjunto particular (Klir, 2004).

Jin y Paswaters (2007) presentaron un sistema de clasificación y extracción de características basado en reglas difusas, que es adoptado por ENVIZOOM. Se definen dos conjuntos de funciones de pertenencia: uno basado en funciones lineales y otro en funciones sigmoideas. Los autores proponen un nuevo concepto “tolerancia fuzzy” para controlar el grado de borrosidad de cada regla.

Los desafíos a los que deberá enfrentarse el investigador para obtener buenos resultados utilizando el método de clasificación basado en objetos mediante reglas son la elección de la escala adecuada de segmentación y la definición correcta de las reglas en la clasificación.

## **5, Ficha Metodológica**

### **Universo**

Sierras de Azul, Sistema de Tandilia, Provincia de Buenos Aires (anexo III fig. 1)

### **Muestra:**

Cerro San Pablo. Ubicación geográfica: 37°03' S 59° 40' O (anexo III fig. 2). La muestra es intencional

### **Variable central de análisis**

Distribución espacial de *Baccharis tandilensis*

### **Tipo de Investigación**

Exploratorio-descriptivo

### **Fuentes**

#### **▪ Fuentes primarias:**

Relevamiento de campo complementario al procesamiento de imágenes.

Procesamiento de imágenes ópticas

#### **▪ Fuentes secundarias:**

Imágenes de alta resolución Quickbird multispectral Resolución espacial 60 cm

Imágenes CBERS 2B alta resolución pancromática Resolución espacial 2,7 m

Imágenes CBERS 2B CCD resolución espacial 20 m

### **Instrumentos**

Sensores remotos, GPS, software ENVI (módulo Feature Extraction de ENVIZOOM), Computador personal y periféricos.

### **Plan de análisis**

Para este estudio se utilizarán imágenes satelitales de alta resolución espacial QUICKBIRD, resolución espacial 0.65m, multispectral (azul, rojo, verde e infrarrojo) e imágenes pancromáticas CBERS 2,7 m resolución espacial fusionada con imagen CBERS 2B CCD resolución espacial 20m.

De ser necesario, se realizarán correcciones radiométricas y geométricas (preprocesamiento de imágenes).

A campo se efectuarán observaciones y mediciones para ubicar la especie en el área muestral de estudio y elegir los atributos que van a permitir su correcta clasificación mediante reglas. También se observará la vegetación acompañante, principalmente otras leñosas para elegir los atributos que permitirán diferenciarlas.

Para clasificar las imágenes basándose en objetos, el primer paso es la segmentación. Se debe elegir una escala adecuada de modo que no resulte sobresegmentada ni subsegmentada. Previamente se probará mejorar la imagen mediante filtros. Algunos autores (Laliberte et al, 2004) para evitar la sobresegmentación utilizan un filtro pasabajos para lograr menor cantidad de áreas y más homogéneas, de este modo cada arbusto es representado por una menor cantidad de segmentos. Otros autores (Fernandes Silva et al., 2009) previamente a la segmentación aplican filtro para la detección de bordes y componentes principales. Estos ejemplos y otros se aplicarán a las imágenes para lograr una segmentación adecuada.

Las imágenes serán analizadas mediante el módulo Feature Extraction de Envizoom (ENVI 4.5). El usuario debe elegir la escala de segmentación y posteriormente la escala para la fusión (merging). Se deberán probar los valores más adecuados.

Para clasificar mediante reglas, se construirán las mismas, y se decidirá si serán binarias o borrosas y en tal caso el tipo de función de pertenencia (sigmoidea o lineal). Se elegirán los atributos y condiciones a computar en cada regla, por ejemplo NVDI, textura, forma de la copa, área de la copa, de modo que se vayan filtrando de la escena aquellas características que no son de interés y finalmente queden sólo los arbustos *Baccharis tandilensis*.

Cuando se esté satisfecho de los resultados alcanzados se exporta el archivo vectorial como archivo .shp, que puede ser visualizado en un SIG o superpuesto a otra imagen.

Con datos nuevos de campo se evaluará la exactitud del producto final (matriz de error).

Finalmente se validará el método en otro sector de las Sierras de Azul.

## **6. Índice tentativo de tesis**

Portada

Agradecimientos

Dedicatoria

Índices

Resumen

**Introducción**

a. Planteo del problema:

- b. Objetivos
- c. Hipótesis

### **Capítulo I:**

a. *Baccharis tandilensis*, especie amenazada de la Pcia Bs As:  
características morfológicas, taxonómicas y ecológicas

b. Área de estudio:

1. El Sistema de Tandilia: ubicación geográfica, características generales, vegetación. Especies leñosas presentes en el Sistema.
2. Sierras de Azul: segmento del Sistema de Tandilia. Características. Comunidades vegetales. Análisis mediante sensores remotos del área de estudio: antecedentes

### **Capítulo II: Fundamentos teóricos:**

a. Clasificación orientada a objetos:

1. generalidades
2. definición de objeto

b. Pasos para encontrar los objetos

1. Segmentación
2. etapas posteriores

c. Clasificación basada en reglas

1. Reglas binarias
2. Reglas difusas (Lógica fuzzy)

### **Capítulo III: Materiales y Métodos:**

a. Áreas muestrales de estudio

b. Análisis de imágenes satelitales: preprocesamiento, procesamiento, clasificación basada en objetos.

c. Mapeo

d. Verdad de campo

e. Validación

### **Capítulo IV: Mapa: presentación y análisis**

Discusión y conclusiones

Anexos

Bibliografía

## **7, Cronograma tentativo**

Actividades	Meses							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Actualización bibliográfica	*	*						
Monitoreo con Director	*							
Selección de las imágenes	*							
Monitoreo con Director	*							
Salida a campo		*						
Monitoreo con Director		*						
Procesamiento digital de las imágenes		*						
Clasificación: segmentación- construcción de reglas			*	*	*			
Monitoreo con Director					*	*		
Matriz de error						*		
Validación con otra imagen						*		
Salida a campo						*		
Monitoreo con Director						*	*	
Mapeo definitivo							*	
Redacción de tesis							*	*

### **Bibliografía**

Alonso, S. Nuciari, M., Guma, I y van Olphen, A. 2009. Flora de un área de la Sierra La Barrosa (Balcarce) y fenología de especies con potencial ornamental Rev. FCA UNCuyo. Tomo XLI. N° 2: 23-44.

Arroyo Méndez, L., D. Cocero Matesanz, J. A. Manzanera De La Vega, L. G. García Montero, C. Pascual Castaño. 2005. El empleo de clasificadores de contexto para la obtención de cartografía en la interfase urbano forestal. GeoFocus 5 : 115-128

Benz, U., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I, Heynen M. 2004 Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 58 : 239– 258

Blaschke, T. 2010. Object based image analysis for remote sensing. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 65 : 2-16

Brummitt N., Bachman S.P. and Moat J. 2008. As We See It: Applications of the IUCN Red List: towards a global barometer for plant diversity. Endanger Species Research 6: 127-135

- Cabrera, A. L. 1941. Compuestas bonaerenses. Revisión de las compuestas de la Provincia de Buenos Aires, la Capital Federal y la Isla Martín García. *Revista Mus. La Plata, Secc. Bot.* 4(16): 1- 450.
- Cabrera, A. L. 1963. Flora de la Provincia de Buenos Aires.. Colección Científica INTA 4(6a): 1- 443
- Cabrera, A. L., J. V. Crisci, G. Delucchi, S. E. Freire, D. A. Giuliano, L. Iharlegui, L. Katinas, A. A. Sáenz, G. Sancho & E. Urtubey. 2000. *Catálogo ilustrado de las Compuestas (= Asteraceae) de la Provincia de Buenos Aires, Argentina: Sistemática, Ecología y Usos* . COBIOBO (Comisión de Biodiversidad Bonaerense), N° 2, PROBIOTA (Programa para el Estudio y Uso Sustentable de la Biota Austral ) N° 1, Convenio Secretaría de Política Ambiental, U.N.L.P, Provincia de Buenos Aires.
- Chuvieco Salinero, E. 2002. Teledetección ambiental: la observación de la Tierra desde el espacio. Editorial Ariel, S.A. 592 pág.
- Delucchi, G y Correa, R. 1992. Las especies vegetales amenazadas de la Provincia de Buenos Aires. *Situación ambiental de la Provincia de Buenos Aires* 2 (14): 1 – 39.
- Delucchi, G. 2006. Las especies vegetales amenazadas de la Provincia de Buenos Aires: una actualización. *Boletín Científico Aprona* 39.: 19-31.
- Dorren, L, Maier, B., Seijmonsbergen A. 2003 Improved Landsat-based forest mapping in steep mountainous terrain using object-based classification. *Forest Ecology and Management* 183: 31–46
- Farina, E & R. Valicenti. 2005. La naturalización de especies leñosas en un flechillar de *Stipa caudata* Trin. en la Reserva Natural «Boca de las Sierra» (Partido de Azul, Provincia de Buenos Aires). III Congreso sobre manejo de pastizales naturales. 1: 42
- Frangi, J.L. 1975. Sinopsis de las comunidades vegetales y el medio de las sierras de Tandil (Provincia de Buenos Aires). *Boletín Sociedad Argentina de Botánica* 15(4): 293-319.
- Fernandes Silva F, E. Luiz Servello, L. Garcia Fonseca, J. dos Santos , T.Kuplich . 2009. Análise da distribuição de copas de Araucária (*Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktz.) a partir da fusão de imagens HRC-CCD/CBERS-2B. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 2217-2223.
- Galera Madero, J., Ramírez Cisneros J. y Fernández Manso, A. 2007. Cartografía de combustibles de alta resolución mediante integración de clasificación orientada a objetos y técnicas geoespaciales. *Wildfire 2007*. Sevilla. España
- Giuliano, D. A. 2000. Asteraceae. Astereae. Baccharinae. En: A.T. Hunziker. *Flora Fanerogámica Argentina* 66: 1 – 73
- Giuliano, D. A. 2001. Clasificación infragenérica de las especies argentinas de *Baccharis* (Asteraceae, Astereae). *Darwiniana* 39(1-2): 131-154

Giuliano, D. A.. 2003. *Revisión sistemática, clasificación infragenérica y análisis cladístico del género Baccharis L. [Asteraceae, Asterae, Baccharidinae]* Tesis doctoral. La Plata: Facultad de Ciencias Naturales y Museo

Gonzalez Mateos, D., Quintano Pastor y Y. E. Shimabukuro 2009 Análisis de imágenes basado en objetos aplicado a imágenes fracción derivadas del sensor MODIS para cartografiar áreas quemadas en la cuenca Mediterránea. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 2737-2743

Herrera, L. y P. Lathera. 2007. Relaciones entre la riqueza y la composición florística con el tamaño de fragmentos de pastizales en la Pampa Austral, Argentina. En: Mateucci, S. (ed.). Panorama de la Ecología de Paisajes en Argentina y Países Sudamericanos. Ediciones INTA 387-396

Jin, X., and S. Paswaters. 2007. A fuzzy rule base system for object-based feature extraction and classification. *Signal Processing, Sensor Fusion, and Target Recognition XVI* (I. Kadar, editor). Proceedings SPIE, Vol. 6567, pp. 65671H1 - 65671H12

Klir, G. 2004. Fuzzy Logic: A Specialized Tutorial. En: *Fuzzy Logic in Geology*. Robert V. Demicco and George J. Klir (Eds.). Elsevier Academic Press, 347p.

Laliberte, A. A., K. Havstad, J. Paris, R. Beck, R. McNeely and A. Gonzalez. 2004. Object-oriented image análisis for mapping shrub encroachment from 1937 to 2003 in southern New Mexico. *Remote Sensing of environment* 93: 198 - 210

Lanús, C. y Cabrera, A.L. 1940. Estudio fisiogeográfico del partido de Tandil. *Reseña General Histórica, Geográfica y Económica del Partido de Tandil (Provincia de Buenos Aires)*. *Reseñas del Instituto Agrario Argentino* 2 (8): 33 – 57

Lizzi , J, M. Garbulsky R. Golluscio & A. Deregibus . 2007. Mapeo indirecto de la vegetación de Sierra de la Ventana, provincia de Buenos Aires. *Ecología Austral* 17:217-230

Mc Glynn, I & Okin, G. 2006. Characterization of shrub distribution using spatial resolution remote sensing: Ecosystem implications for a former Chihuahuan Desert grassland. *Remote Sensing of environment* 101: 554 – 566

Perea, A, Meroño, J, And M. Aguilera. 2009. Algorithms Of Expert Classification Applied In Quickbird Satellite Images For Land Use Mapping. *Chilean Journal Of Agricultural Research* 69(3):400-405

Prado, H., van Baren1, C., Di Leo Lira, P., Bandoni A y E. Orfila. 2003. El aceite esencial de *Baccharis tandilensis* Speg. -Asteraceae- *Dominguezia* 19 (1): 20-24

Ruiz Selmo, F, P. Minotti, A. Scopel, M, Parimbelli. 2007. Análisis de la heterogeneidad fisonómico-funcional de la vegetación del Parque Nacional El Palmar y su relación con la invasión por leñosas exóticas. *Teledetección - Hacia un mejor entendimiento de la dinámica global y regional*. Ed. Martin, 257 – 264

Schowengerdt R. A. 1997. Remote Sensing. Models and Methods for Image Processing. Second Edition. Academic Press

Spegazzini, C. 1901. Contribución al estudio de la flora del Tandil. Sesé, Larrañaga y Renovales.60 pag.

Umbarila , E., Duarte; V. y Simi Júnior, R. 2005. Aplicación de la metodología de PRODES Digital y detalle de su leyenda en área de la frontera Leticia (Colombia) - Tabatinga (Brasil). Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 4269-4276

Valicenti, R. O; E. Farina ; C Dálfonso y R. Scaramuzzino.2005. Caracterización fitosociológica de un pajonal serrano de Paspalum quadrifarium Lam. en Azul (provincia de Buenos Aires) . Revista Científica Agropecuaria.. U.N.E.R. 9(2): 141-152

Valicenti, R.; Farina, E.; Scaramuzzino, R. y D´Alfonso, C. 2009. Ordenamiento ecológico-paisajístico de la vegetación en el paisaje Boca de la Sierra (Azul, Sistema de Tandilia). II Jornadas Argentinas de Ecología de Paisajes. Libro de Resúmenes pag.92. Trabajo completo en prensa.

Wang , Z, Jensen, J., Im, J. 2010. An automatic region-based image segmentation algorithm for remote sensing applications. Environmental Modelling & Software 25: 1149-1165

### Web bibliografía

ENVI Feature Extraction Module User's Guide.

[https://www.ittvis.com/portals/0/pdfs/envi/Feature\\_Extraction\\_Module.pdf](https://www.ittvis.com/portals/0/pdfs/envi/Feature_Extraction_Module.pdf)

Gandini, M. 2005. Zonas homogéneas de la Cuenca del Arroyo del Azul: algunos aspectos de su dinámica analizados usando sensores remotos y SIG. Tesis doctoral Disponible en <http://www.academica.faa.unicen.edu.ar/cisas/index.htm> Última fecha consulta 28-12-09

Instituto de Botanica Darwinion. Catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur. [www.darwin.edu.ar](http://www.darwin.edu.ar) (última fecha consulta 27-5-10)

Piscitelli, M.M. 2009. Aplicación de Teledetección cuantitativa en el análisis de factores condicionantes del proceso de erosión hídrica en el sur del Partido de Azul. Tesis Maestría Teledetección y SIG . UNCPBA. Resumen disponible en <http://www.maestriatdsig.com.ar/mae/docs/resumen-piscitelli.doc> Última fecha consulta 27-5-10

### ANEXO I : CUADRO DE COHERENCIA INTERNA.

Pregunta de investigación	Hipótesis	Objetivos generales	Mapa semántico	Campo observacional	Fuentes	Técnicas de investigación
Cual es la	La	Determinar	Palabras	Distribución	Primarias:	Análisis de



<p>metodología adecuada para identificar <i>Baccharis tandilensis</i> mediante teledetección?</p> <p>Cómo se distribuye el <i>Baccharis tandilensis</i> en las Sierras de Azul [período de estudio 2010]</p>	<p>clasificación basada en objetos mediante reglas adecuadas para mapear el arbusto <i>Baccharis tandilensis</i></p>	<p>la distribución de una especie endémica, <i>Baccharis tandilensis</i> en las Sierras de Azul</p> <p>2) analizar si la clasificación basada en objetos mediante reglas es adecuada para detectar e identificar arbustos individualmente</p>	<p>clave: Clasificación basada en objetos - segmentación - clasificación mediante reglas</p>	<p>de <i>Baccharis tandilensis</i></p>	<p>Mediciones de campo Secundarias: Imágenes de alta resolución</p>	<p>Imágenes satelitales mediante clasificación orientada a objetos</p>
--	--	---	--	--	---	--

## ANEXO II : ESTADO DE LA CUESTIÓN

### *Baccharis tandilensis* Speg.

Tabla I. Descripción botánica del *Baccharis tandilensis*, taxonomía y categoría de amenaza

Titulo	Autores	radicación	Fecha publicación	Marco teórico	metodología	Fuente	Objetivo
Baccharis tandilensis	Spegazzini, C.	Universidad La Plata	1901	Descripción de la especie por primera vez (Descripción original). Breve referencia a su ubicación en Tandil	Métodos clásicos de la taxonomía vegetal (herborización, determinación, descripción original)	Contribución al estudio de la flora del Tandil. Sesé, Larrañaga y Renovales.60 pag.	Describir una nueva especie para la ciencia.
Flora de la Provincia de Buenos Aires.	Cabrera, A. L.	Facultad Ciencias Naturales UNLP e INTA	1963	Descripción botánica de la especie. Endemismo. Diferencias con <i>B. dracunculifolia</i> DC	Métodos clásicos de la taxonomía vegetal (herborización, determinación, descripción)	Colección Científica INTA 4(6a): 122	Describir botánicamente las especies de la flora de la provincia de Buenos Aires
Subtribu Baccharinae: <i>Baccharis</i>	Giuliano, D. A.	UNLP	2000	Descripción botánica sinonimizandola con <i>B. dracunculifolia</i>	Métodos clásicos de la taxonomía vegetal (revisión de herbarios, determinación, comparación)	Flora Fanerogámica Argentina 66: 6-67.	Describir botánicamente las especies de la flora argentina

					con <i>B. dracunculifolia</i> , descripción)		
Catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur	Instituto de Botanica Darwinion	CONICET	2010	Nomenclatura actualizada de <i>Baccharis tandilensis</i> Speg	Revisión por experto	<a href="http://www.darwin.edu.ar">www.darwin.edu.ar</a> (última fecha consulta 27-5-10)	Actualizar nomenclatura
Las especies vegetales amenazadas de la Provincia de Buenos Aires.	Delucchi, G y Correa, R.	UNLP y CIC	1992	Categorización de la especie como rara. Ubicación geográfica.	Observación	Situación ambiental de la Provincia de Buenos Aires 2 (14): 1 – 39.	Categorizar las especies según su probable grado de extinción
Las especies vegetales amenazadas de la Provincia de Buenos Aires: una actualización.	Delucchi, G.	UNLP	2006	Clasificación de la especie "en peligro crítico" de extinción	Observación	Boletín Científico Aprona 39.: 19-31.	Actualizar el listado de especies en probable extinción
PlanEAR		Universidad Nacional del Sur y Botanic Garden Conservation International (BGCI)	2008	Categorización del <i>B. tandilensis</i> como especie de distribución restringida		<a href="http://lista-planear.org">http://lista-planear.org</a> (última fecha consulta 27-5-10)	Categorizar las especies según su área de distribución y conservación

Tabla II. Ecología y distribución geográfica de *Baccharis tandilensis*

Título	Autores	radicación	Fecha publicación	Marco teórico	metodología	fuentes	objetivo	Observaciones (Referencia al tema de tesis)
Estudio fisiogeográfico del partido de Tandil. Reseña General Histórica, Geográfica y Económica del Partido de Tandil (Provincia de Buenos Aires).	Lanús, C. y Cabrera, A.L.	Instituto Agrario Argentino Y UNLP	1940	Descripción del partido de Tandil	Observación	Reseñas del Instituto Agrario Argentino 2 (8): 33 – 57	Describir el Partido de Tandil	Ubicación del <i>Baccharis tandilensis</i> en los sectores serranos en las laderas rocosas como arbusto de escasa altura y en las cimas y peñascales
Síntesis de las comunidades vegetales y el medio de las sierras de Tandil (Provincia de Buenos Aires).	Frangi, J.L.	UNLP	1975	Descripción de las comunidades vegetales de c. Albién en Tandil.	Relevamiento de la vegetación.	Boletín Sociedad Argentina de Botánica 15(4): 293-319.	Analizar las comunidades vegetales de un sector de las sierras de Tandil	<i>Baccharis</i> en matorral puro y en arbustales mixtos con <i>Eupatorium buniifolium</i> y <i>Baccharis articulata</i> . Ejemplares aislados en el pajonal de <i>Paspalum quadrifarium</i>
Ordenamiento ecológico-paisajístico de la vegetación en el paisaje Boca de la Sierra (Azul, Sistema de Tandilia).	Valicenti, R.; Farina, E.; Scaramuzzino, R. Y D'Alfonso, C.	UNCPBA	2009	Ecología de paisaje (Boca de la Sierra)	Relevamiento de la vegetación	II Jornadas Argentinas de Ecología de Paisajes	Identificar unidades de paisaje Relacionar vegetación con ambiente	<i>Baccharis</i> en arbustales puros, arbustales mixtos, pajonales húmedos, banquinas
Caracterización fitosociológica de un pajonal serrano de <i>Paspalum</i>	Valicenti, R. O; E. Farina ; C D'Alfonso y R. Scaramuzzino.	UNCPBA	2005	Vegetación y ambiente de pajonal serrano	Relevamiento de la vegetación	Revista Científica Agropecuaria. U.N.E.R. 9(2)	Caracterizar fitosociológicamente pajonal serrano	Efecto positivo del fuego y la herbivoría sobre la arbustización de los pajonales con <i>Baccharis</i> .

quadrifarium Lam. en Azul (provincia de Buenos Aires)								<i>Baccharis</i> . Presencia de la especie en distintas zonas del pajonal, a diferente altura.
La naturalización de especies leñosas en un flechillar de <i>Stipa caudata</i> Trin. en la Reserva Natural «Boca de las Sierra» (Partido de Azul, Provincia de Buenos Aires).	Farina, E & R. Valicenti	UNCPBA	2005	Invasión de flechillar por especies leñosas nativas y exóticas	Relevamiento de la vegetación	III Congreso sobre manejo de pastizales naturales	Determinar especies leñosas invasoras de flechillar	<i>Baccharis</i> invade flechillar de <i>Stipa caudata</i>
El aceite esencial de <i>Baccharis tandilensis</i> Speg. - Asteraceae-	H. Prado, C. van Baren I, P. Di Leo Lira, A. Bandoni y E. Orfila	UBA-CONICET UNCPBA	2003	Identificación de compuestos de aceites esenciales de <i>Baccharis</i> , descripción morfológica de la especie y distribución geográfica	Descripción química y botánica	Dominguez 19 (1)	Identificar compuestos de aceites esenciales de <i>Baccharis</i>	<b>Ubicación del <i>Baccharis</i> en las sierras, caminos y rutas en Azul y en Mar del Plata</b>

## Teledetección

Tabla III. Identificación de especies leñosas con imágenes de alta resolución

Título	Autores	radicación	Fecha publicación	Marcos teórico	metodología	Fuente	Objetivo
Análise da distribuição de copas de Araucária ( <i>Araucaria angustifolia</i> Bert. O. Ktz.) a partir da fusão de imagens HRC-CCD/CBERS-2B	Fernandes Silva F, E. Luiz Servello, L. Garcia Fonseca, J. dos Santos, T. Kuplich	INPE	2009	Mapeo de especies leñosas Mediante imagen de alta resolución pancromática fusionada con multispectral	Procesamiento de imágenes: Fusión, Filtrado, componentes principales, Segmentación, Clasificación no supervisada	XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil	Mapear <i>Araucaria angustifolia</i> Evaluar el producto generado por la fusión de imágenes
Object-oriented image analysis for mapping shrub encroachment from 1937 to 2003 in southern New Mexico.	Laliberte, A. A., K. Havstad, J. Paris, R. Beck, R. McNeely and A. Gonzalez	USDA-ARS New Mexico State University	2004	Mapeo de la invasión de arbustos ( <i>Prosopis</i> ) desde 1937 a 2003	Clasificación orientado a objeto	Remote Sensing of environment 93: 198 - 210	Evaluar el avance de la invasión de <i>Prosopis</i> desde 1937 mediante fotos aéreas e imagen de alta resolución
Characterization of shrub distribution using spatial resolution remote sensing: Ecosystem implications for a former Chihuahuan Desert	Mc Glynn, I & Okin, G.	Universidad de Virginia (USA)	2006	Distribución especial de arbustos invasores en un pastizal.	Geoestadística. Clasificación orientada a objeto	Remote Sensing of environment 101: 554 - 566	Evaluar la arbustificación del pastizal usando imágenes de alta resolución

grassland								
-----------	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabla IV. Caracterización del área de estudio o de áreas con características similares mediante imágenes de resolución media y baja

Titulo	Autores	radicación	Fecha publicación	Marco teórico	metodología	Fuente	Objetivo	Observaciones (relaciones con tema tesis)
Análisis de la heterogeneidad fisonómico-funcional de la vegetación del Parque Nacional El Palmar y su relación con la invasión por leñosas exóticas	Ruiz selmo, F, P. Minotti, A. Scopel, M, Parimbelli	CONICET	2007	Análisis de la heterogeneidad de la vegetación del Parque Nacional El Palmar.	Clasificación no supervisada- Imágenes Landsat	TELEDETECCIÓN - Hacia un mejor entendimiento de la dinámica global y regional. Ed. Martin, 257 – 264	Analizar heterogeneidad de la vegetación por clasificación no supervisada de resolución media. Mapear comunidades	Una de las clases es un mosaico dominado por una especie de Baccharis afín al B. tandilensis y por Eupatorium, leñosas arbóreas y pastos.
Zonas homogéneas de la Cuenca del Arroyo del Azul: algunos aspectos de su dinámica analizados usando sensores remotos y SIG	Gandini, Marcelo	UBA - UNCPBA	2005	Regionalización de tipo paramétrica con base paisajística de la Cuenca del Arroyo del Azul	Imágenes de media y baja resolución – SIG Análisis multivariado	Tesis doctoral Disponible en <a href="http://www.academica.faa.unicen.edu.ar/ciencias/index.htm">http://www.academica.faa.unicen.edu.ar/ciencias/index.htm</a> Última fecha consulta 28-12-09	Zonificación Cuenca Arroyo del Azul	Análisis a nivel regional del área de estudio (Zona de la Cuenca: 5 Pablo Acosta) c
Mapeo indirecto de la vegetación de Sierra de la Ventana, provincia de Buenos Aires	Lizzi, J, M. Garbulsky R. Golluscio & A. Deregibus	Cátedra de Forrajicultura. Facultad de Agronomía. Univ. de Buenos Aires.	2007	Mapeo de vegetación potencial en Sierra de la Vegetación	Clasificación supervisada . Imagen Landsat (resolución espacial 30 m x 30 m) Modelo Digital de Elevaciones SRTM SIG	Ecología Austral 17:217-230	Cartografiar vegetación en Sierra de la Ventana	Mapeo de la vegetación en sistema serrano bonaerense
Aplicación de Teledetección cuantitativa en el análisis de factores condicionantes del proceso de erosión hídrica en el sur del Partido de Azul	Piscitelli, M.M.	UNCPBA	2009	Análisis espectral de suelos en relación a la erosión hídrica	Landsat TM y ASTER (región óptica)	Tesis Maestría Teledetección y SIG . UNCPBA Resumen disponible en <a href="http://www.mae.aestria-tdsig.com.ar/mae/docs/resumen-piscitelli.doc">http://www.mae.aestria-tdsig.com.ar/mae/docs/resumen-piscitelli.doc</a> Última fecha consulta 27-5-10	evaluar la respuesta espectral de factores condicionantes del proceso de erosión hídrica	Estudio de suelos y erosión hídrica en sitios próximos al área de estudio.

### ANEXO III: MAPAS

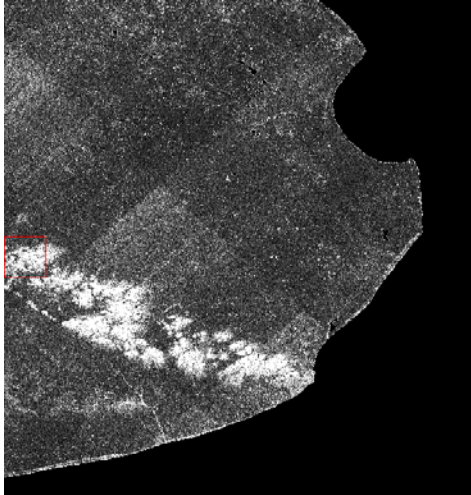


Fig. 1. Sistema de Tandilia (modelo digital de elevación)



Fig. 2. Cerro San Pablo (Google Earth)