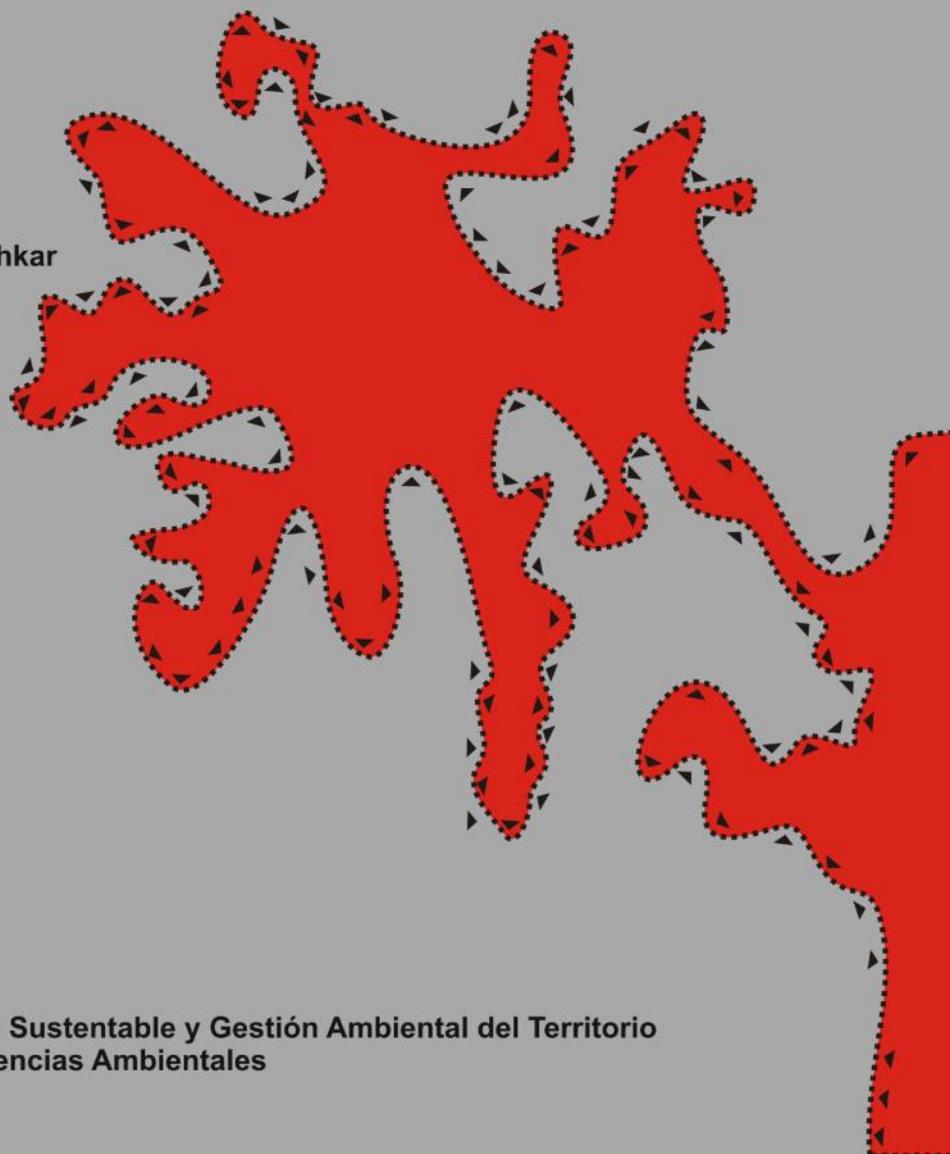


UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
LICENCIATURA EN RECURSOS NATURALES

# Análisis de las invasiones de especies leñosas exóticas en las Quebradas del Norte de Uruguay

Natalia Caballero  
Orientador: Dr. Marcel Achkar

Informe de Tesis



Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del Territorio  
Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales

## **Agradecimientos**

Esta tesis se logró gracias al apoyo de:

Marcel Achkar por su tutoría de tesis.

CSIC Proyecto de iniciación a la investigación.

Centro Universitario de Rivera.

Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del Territorio.

Geografía-Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales.

A los pobladores de las Quebradas por su aporte de información.

A mis hijos: Antú y Paula a quienes dedico este trabajo.

## Índice

	Pág.
Resumen	6
1. Introducción	7
2. Área de estudio	17
3. Metodología	18
4. Resultados obtenidos	19
4.1. Delimitación de las cuencas correspondientes a los arroyos Lunarejo, Laureles y Las Cañas	19
4.2 Organización de un Sistema de Información Geográfica (SIG)	20
4.3 Clasificación de la vegetación y de los usos del suelo	21
4.3.1. Clasificación de la vegetación	21
4.3.2. Clasificación del uso del suelo	22
4.4. Zonificación	23
4.4.1. Unidades geomorfológicas	23
4.4.1.1. Definición de las unidades geomorfológicas	23
4.4.1.2. Caracterización de las unidades geomorfológicas	23
4.4.2. Delimitación y caracterización de las diferentes unidades ambientales	26
4.4.2.1. Definición de las unidades ambientales	26
4.4.2.2. Caracterización de las unidades ambientales	27
4.5. Identificación y descripción de las especies de árboles y arbustos exóticos que están comportándose como invasoras	32
4.5.1. Descripción de las especies exóticas invasoras	32
4.5.2. Observaciones	40
4.6 Recorridos realizados y sitios muestreados	40
4.7. Caracterización de los sitios de muestreo	41
4.7.1. Valor de importancia, frecuencia, densidad y dominancia relativa de las especies en los sitios invadidos	46
4.8. Distribución de las invasiones en las cuencas	51
4.9. Patrones espaciales de expansión de las invasiones	51

<b>4.10. Análisis de la relación entre los sitios invadidos y la cercanía a las casas</b>	<b>55</b>
<b>5. Discusión de los resultados</b>	<b>55</b>
<b>5.1. Pertinencia de la metodología empleada</b>	<b>55</b>
<b>5.2. Especies exóticas invasoras (EEI) encontradas e invasividad.</b>	<b>56</b>
<b>5.3. Patrones de las invasiones y grado de invasividad</b>	<b>58</b>
<b>5.4. Características de invasibilidad de los ambientes.</b>	<b>58</b>
<b>5.5. Factores que facilitan el ingreso y proliferación de especies invasoras</b>	<b>59</b>
<b>5.6. Impactos de las invasoras en los ecosistemas.</b>	<b>60</b>
<b>5.7. Amenazas futuras</b>	<b>61</b>
<b>6. Conclusiones</b>	<b>62</b>
<b>7. Recomendaciones</b>	<b>63</b>
<b>8. Bibliografía</b>	<b>64</b>

#### Índice de tablas

<b>Tabla 1. Área en hectáreas de cada cuenca.</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 2. Características de las coberturas que integran el Sistema de Información Geográfica (SIG).</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 3. Superficie ocupada por las principales asociaciones vegetales y uso de suelo en el área de estudio, y porcentaje de cobertura de cada una de ellas.</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 4. Superficie que abarcan las diferentes Unidades Geomorfológicas en el área de estudio.</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 5. Superficie de las Unidades ambientales.</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 6. Principales características de las Unidades Ambientales.</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 7. Importancia relativa de cada especie para el Sitio 3.</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 8. Importancia relativa de cada especie para el Sitio 4.</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 9. Importancia relativa de cada especie para el Sitio 5.</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 10. Importancia relativa de cada especie para el Sitio 6.</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 11. Importancia relativa de cada especie para el Sitio 8a.</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 12. Importancia relativa de cada especie para el Sitio 8b.</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 13. Importancia relativa de cada especie para el Sitio 9a.</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 14. Importancia relativa de cada especie para el Sitio 9b.</b>	<b>50</b>

Tabla 15. Síntesis de la densidad, riqueza y valor de importancia para cada sitio y de las invasoras en cada sitio.	50
Tabla 16. Factores biofísicos a los que se encuentran asociadas las especies exóticas invasoras en el área de estudio.	52
Tabla 17. Superficie de cada unidad ambiental afectada por las especies invasoras.	52
Tabla 18. Áreas invadidas por las cuatro especies invasoras más relevantes.	52
Tabla 19. Área invadida por las cuatro especies más relevantes en cada ambiente.	52
Tabla 20. Grado de invasividad: relación área total del ambiente invadido/área invadida.	52

## Índice de figuras

Figura 1. Secuencia naturalización-invasión, conceptualiza las barreras que una planta supera para convertirse en exótica, casual, naturalizada o invasora en un nuevo ambiente. El esquema además provee un marco para las definiciones objetivas de las categorías de plantas exóticas. Modificado de Richardson <i>et al.</i> , 2000.	11
Figura 2. Límite de las cuencas y red hídrica. Fuente: elaboración propia.	19
Figura 3. Principales formaciones vegetales. Fuente: elaboración propia.	21
Figura 4. Principales usos del suelo. Fuente: elaboración propia.	22
Figura 5. Unidades geomorfológicas. Fuente: elaboración propia.	25
Figura 6. Mapa con la distribución de las Unidades Ambientales. Fuente: elaboración propia.	30
Figura 7. Imágenes de <i>Gleditsia triacanthos</i>	32
Figura 8. Imágenes de <i>Ligustrum lucidum</i>	33
Figura 9. Imágenes de <i>Ligustrum sinense</i>	34
Figura 10. Imágenes de <i>Morus alba</i>	35
Figura 11. Imágenes de <i>Melia azedarach</i>	36
Figura 12. Imágenes de <i>Platanus acerifolia</i>	37
Figura 13. Imágenes de <i>Salix alba</i>	38
Figura 14. Imágenes de <i>Lonicera japonica</i>	39
Figura 15. Recorridos realizados en el área de estudio. Fuente: elaboración propia.	40
Figura 16. Sitios donde se realizaron los muestreos por puntos. Fuente: elaboración propia.	41
Figura 17. Sitio 1. Imagen satelital CEBERS 2009.	42
Figura 18. Sitio 2. Imagen satelital CEBERS 2009.	42
Figura 19. Sitio 3. Imagen satelital CEBERS 2009.	43

<b>Figura 20. Sitio 4. Imagen satelital CEBERS 2009.</b>	<b>43</b>
<b>Figura 21. Sitio 5. Imagen satelital CEBERS 2009.</b>	<b>44</b>
<b>Figura 22. Sitio 6. Imagen satelital CEBERS 2009.</b>	<b>44</b>
<b>Figura 23. Sitio 7. Imagen satelital CEBERS 2009.</b>	<b>45</b>
<b>Figura 24. Sitio 8. Fuente: Imagen satelital CEBERS 2009.</b>	<b>45</b>
<b>Figura 25. Sitio 9. Imagen satelital CEBERS 2009.</b>	<b>46</b>
<b>Figura 26. Mapa de las áreas invadas por las especies exóticas que fueron relevadas en este estudio.</b>	<b>51</b>
<b>Figura 27. Porcentaje del área total del Monte ribereño y del Monte de quebrada invadidos por las cuatro principales especies presentes en la zona.</b>	<b>54</b>
<b>Figura 28. Superficie (ha) invadida en las Unidades Ambientales Monte ribereño y Monte de quebrada.</b>	<b>54</b>
<b>Figura 29. Distancia en metros desde las casas al sitio invadido más cercano.</b>	<b>55</b>

## Resumen

La región “Quebradas del Norte”, presenta una singular asociación de ambientes, Praderas sobre Basalto, Valles, Cerros, Montes ribereños, Quebradas y Serranías. La biodiversidad de esta región y los montes nativos se ven amenazados ante la presencia de especies de plantas leñosas exóticas que se están comportando como invasoras. El principal objetivo del trabajo es evaluar la magnitud de las invasiones de especies arbóreas exóticas presentes en las asociaciones ecosistémicas de las Quebradas del Norte, e identificar las tendencias del proceso, mediante la localización de los sitios invadidos y el mapeo de la distribución de las especies invasoras, a los efectos de determinar los patrones y grado de invasividad (densidad); la identificación de los posibles factores causantes de perturbaciones, aquellos derivados del uso y manejo del suelo, que facilitan el ingreso y proliferación de especies invasoras; la identificación de las invasiones que se comportan como fuentes de propágulos, y los vectores físicos y/o biológicos que favorecen su dispersión.

Las especies exóticas que se comportan como invasoras en la zona son: *Gleditsia triacanthos*, *Ligustrum sinense*, *Ligustrum lucidum*, *Lonicera japonica*, *Salix alba*, *Platanus acerifolia*, *Melia azedarach*, *Morus alba*. Se clasificaron 9 Unidades Ambientales, de las cuales están siendo invadidas el Monte de Quebrada y el Monte Riebereño. Como patrones de distribución se identificaron la cercanía a los cursos de agua, y a las concentraciones de casas.

## 1. Introducción

Las especies exóticas invasoras son un creciente problema global, tanto ecológicamente como económicamente. Los impactos de las especies invasoras en los ecosistemas nativos son consideradas un importante operador del cambio global. La biota de la tierra viene siendo homogeneizada rápidamente a medida que las actividades humanas aumentan las introducciones de especies fuera de su rango natural. El comercio internacional ha permitido que las sociedades modernas se beneficien del movimiento y establecimiento sin precedentes de especies por todo el mundo. Hoy día, la agricultura, la silvicultura, la pesca, el comercio de animales de compañía, la horticultura y muchos consumidores industriales de materias primas dependen de especies que son nativas de lugares muy lejanos (McNeely, 2001)

Para la mayoría de los países el número de introducciones documentadas se sitúa entre 100 y 10.000 especies, sin contar las introducciones indetectadas (Lodge, 1993). Las primeras traslocaciones de especies de una región para otra del planeta fueron intencionales y buscaban, básicamente suplir necesidades agrícolas forestales y otras de uso directo (Binggeli, 2000). En épocas más recientes, el propósito de las introducciones de especies se orientó hacia fines ornamentales (Binggeli, 2000). Las bioinvasiones han incrementado su frecuencia y pueden tener consecuencias perjudiciales, incluyendo la erosión de la biodiversidad y la interrupción de funciones de los ecosistemas invadidos (Facon *et al.*, 2006). Actualmente, a nivel mundial, se destinan presupuestos millonarios para contrarrestar los efectos que la introducción de especies y las invasiones biológicas producen sobre la salud humana, los ecosistemas, los sistemas productivos y la infraestructura de empresas públicas y privadas.

La invasión de ecosistemas por especies exóticas, se identifica como la segunda causa de pérdida de biodiversidad en el mundo, esta situación genera problemas económicos, sociales y ambientales graves (Smith, et al 1999). Al contrario de muchos problemas ambientales que se minimizan con el tiempo, como por ejemplo la polución química, las invasiones biológicas se multiplican, se extienden y causan problemas a largo plazo que se agravan con el pasar del tiempo y no permiten que los ecosistemas afectados se recuperen naturalmente (Westbrooks, 1998)

En Uruguay esta realidad es poco conocida, en particular en la zona noreste es necesario profundizar más qué especies se están comportando como invasoras, donde están localizadas las invasiones y qué ecosistemas están siendo afectados. El problema de las especies exóticas invasoras está íntimamente relacionado al conocimiento sobre los ecosistemas naturales y sobre las especies exóticas que a ellos llegan, así como sobre los propios procesos invasivos y sus efectos ecosistémicos y ambientales (Martino, 2006). Uruguay a su vez ha ratificado el Convenio sobre la diversidad Biológica (1992), en cuyo artículo 8 se establece que: "impedirá que se introduzcan, controlará o erradicará las especies exóticas que amenacen ecosistemas, hábitats o especies".

En el noreste del país en la región denominada como "Quebradas del Norte", se encuentra una singular asociación de ambientes: Praderas sobre Basalto, Valles, Cerros, Montes ribereños, Quebradas y serranías, que están siendo invadidos por especies de plantas leñosas exóticas (Caballero, 2006). La biodiversidad de la región y los montes nativos se ven amenazados ante la presencia de especies arbóreas exóticas que se están comportando como invasoras en la zona. Establecer el grado de afectación de los ecosistemas por especies de árboles exóticos invasores en la región de las Quebradas del Norte es importante para su conservación.

La visualización de la dinámica de las invasiones de plantas requiere conocimientos sobre los rasgos de las plantas (elementos de la invasividad de la especie) y rasgos del ambiente (componentes de la invasibilidad de la comunidad), pero ningún aspecto puede ser completamente evaluado sin referencia del otro. Las invasiones son específicas del contexto, y la invasividad solo se materializa cuando ciertos requerimientos ambientales se cumplen (Richardson *et al.*, 2006).

Para avanzar en la comprensión de las invasiones en el área de estudio se considera necesario definir varios conceptos que permitan a su vez consolidar un marco teórico actualizado acerca de la problemática de las EEI, y profundizar en la comprensión de los procesos invasivos. Para este análisis se sigue una lógica que vincula las diferentes características del fenómeno de las invasiones con los procesos, como muestra el siguiente esquema:

- Introducción de especies, formas y finalidades.
- Definición de especie exótica Invasora.
- Proceso de invasión.
- Impactos de las especies invasoras en los ecosistemas.

### **Introducción de especies, formas y finalidades**

El movimiento y la introducción de especies exóticas leñosas se han realizado con varios propósitos y dentro de varias actividades como ser:

- **Agricultura**, especialmente durante la época de la conquista, árboles frutales fueron extensamente distribuidos por el mundo. Muchas fueron introducidas como forraje para ganado (Binggeli, 2000).
- **Forestación**, a lo largo del siglo XX la gran escala de plantaciones de árboles para la producción de madera, paso a ser una razón más para la introducción de un gran número de especies, especialmente coníferas (ej: especies de *Pinus* y *Picea*), y *Eucaliptus* en las regiones templadas y tropicales (Binggeli, 2000).
- **Ambientales**, el control de la erosión ha sido una razón para la introducción de muchas especies en todo el mundo, y muchas de ellas se han convertido en invasoras (Binggeli, 2000).
- **Ornamentales y jardines botánicos**. Plantas ornamentales se han introducido ampliamente en todas partes del mundo. Los jardines botánicos han sido responsables por la introducción de un gran número de especies y en cada caso las especies han comenzado a extenderse en la vegetación circundante. Los administradores de estos jardines botánicos eran generalmente coleccionistas entusiastas de plantas ornamentales exóticas (Binggeli, 2000).
- **Científicas**. Los mismos científicos a veces pueden ser responsable de las invasiones de especies (Binggeli, 2000).

### **Definición de especie exótica Invasora**

Una comunidad que evoluciona en condiciones naturales está conformada por especies que han coexistido durante un período ecológico y evolutivo relevante; estas especies se denominan **especies nativas**. No obstante, también es posible observar la presencia de otras especies, originarias de comunidades diferentes. Estas especies, por diversos medios de dispersión, arribaron y lograron establecerse en una comunidad lejana a su área de distribución y se denominan **especies exóticas** (EE).

Su arribo a nuevos ecosistemas asociado a factores humanos se denomina introducción, pudiendo ser intencional o accidental. Las especies introducidas, mayoritariamente no consiguen sobrevivir en áreas silvestres distintas a las propias y más aún sin asistencia artificial, por lo que desaparecen con el tiempo (Martino, 2006), por lo que no todas las especies exóticas son invasoras.

### **Características de especies invasoras**

En la literatura se destacan una serie de atributos biológicos que confieren capacidad invasiva a las especies leñosas:

- **Capacidad homeostática**, que refiere a la capacidad de un individuo o población de mantener su condición física en un rango de variación ecológica (Sharma, 2005).
- **Dispersión por animales**, muchos vertebrados que dispersan semillas son responsables por el éxito en la dispersión de muchas plantas leñosas (Rejmánek & Richardson, 1996; Sharma, 2005).
- **Amplitud del rango geográfico**, refiere al área de distribución geográfica de una especie nativa, si este es amplio estaría indicando que la especie está adaptada a condiciones ecológicas y climas variados (Sharma, 2005). Se atribuye que hay una relación positiva entre el tamaño del rango geográfico de una especie y su capacidad invasiva (Forcella & Wood, 1984)
- **Número, tamaño y peso de las semillas**, la presencia de semillas pequeñas (menores a 50 mg), corto período juvenil (menor a 10 años) y corto intervalo entre la producción de semillas (de 1 a 4 años) están asociados a la invasividad de plantas leñosas en ambientes perturbados (Rejmánek & Richardson, 1996; Sharma, 2005). Las semillas pequeñas están asociadas con una gran producción. La eficiencia en la distribución de las semillas a largas distancias (mayores a 1 Km) también contribuye en la capacidad invasiva de una leñosa (Sharma, 2005).
- **Modos de reproducción alternativa**, la reproducción vegetativa es responsable de incrementar la compatibilidad de hábitats, por lo tanto confiere aptitudes para la invasión (Sharma, 2005).
- **Habilidad competitiva**, las especies exóticas invasoras que pertenecen a géneros exóticos (y por tanto poseen diferentes rasgos que las especies residentes) son generalmente más invasivas que las especies exóticas con congéneres nativos. Algunas barreras bióticas y abióticas en el nuevo ambiente pueden ser superadas por medio de mutualismos no específicos (simbiontes de raíces, polinizadores, y dispersadores de semillas), y también con superioridad competitiva debido a la tolerancia a niveles bajos de recursos (Sharma, 2005).
- **Alelopatía**, algunas plantas producen toxinas que inhiben el crecimiento de otras especies (Ziller, 2005), la alelopatía es uno de varios atributos que le permiten a la planta invadir y establecerse en un nuevo ecosistema (Sharma, 2005).
- **Plasticidad fenotípica**, es la habilidad de un genotipo de modificar su crecimiento y desarrollo en respuesta a cambios del ambiente (Sharma, 2005).

## **Características de los ambientes propensos a ser invadidos**

Algunos factores pueden influir para que los ecosistemas sean más propensos a las invasiones, como ser:

- El grado de similitud entre los hábitats de la región que recibe la especie y los originales.
- El grado de “invasiones amigas” que ya existen en el ecosistema donde ocurre la invasión. Por ejemplo:
- El número de invasiones ya establecidas
- El porcentaje de modificaciones y disturbios en el ecosistema.
- Decrecimiento de la biodiversidad nativa.
- La existencia en la zona de vías de dispersión o de eventuales vectores.
- La presencia de comunidades biogeográficamente aisladas, que contienen un alto número de especies endémicas o que ofrecen naturalmente “nichos vacantes” con biodiversidad relativamente baja (Wittenberg & Cock, 2001).

Muy a menudo todo esto es insuficiente para cuantificar y predecir adecuadamente un proceso invasivo. Hay también mecanismos que influyen en cada caso particular. Por ejemplo la existencia de patógenos, parásitos o predadores que controlen las poblaciones en sus hábitats originales. La presencia o ausencia de éstos en el nuevo hábitat puede hacer la gran diferencia para que una especie exótica se transforme en invasora o no (Wittenberg & Cock, 2001).

### **Dispersión**

**Puntos de origen**, las especies que pueden convertirse en invasoras no suelen ser un problema en sus ecosistemas nativos, en los que interactúan con especies competidoras (McNeely, 2001).

**Vías de entrada y vectores**, entre la vía de entrada y el vector que transporta al invasor existen vínculos importantes. Si se puede interceptar al vector se puede evitar la invasión (McNeely, 2001). Las vías de entrada están definidas como el medio, propósito o actividad por la cual las especies exóticas puedan ser transportadas a una nueva localización, ya sea intencionalmente o no. Difieren del término vector; que es el agente físico o mecanismo que facilita el transporte de organismos, propágulos o semillas desde un lugar a otro (Wittenberg & Cock, 2001). La mayoría de los vectores consisten en mecanismos de transporte facilitados por los seres humanos que permiten que los organismos crucen sus barreras naturales (McNeely, 2001). Cabe notar que las especies pueden expandir su rango de aparición a través de medios naturales. Por ejemplo las aves los pueden transportar o ser arrastrados por tormentas hacia nuevos lugares. Algunas especies o sus propágulos pueden ser llevados por el viento, las corrientes de agua o en el pelaje de algún animal a nuevos sitios. Esto forma parte de la dispersión natural de las especies y no son considerados introducciones. Sin embargo los mecanismos de dispersión natural de las especies pueden jugar un rol importante en su dispersión luego de ser introducidas en una nueva región ayudándolas a convertirse en invasoras (Wittenberg & Cock, 2001).

**Destinos**, el que una especie exótica se transforme en invasora en su destino depende del papel que pueda jugar desde un punto de vista ecológico, así como del momento de llegada, su dirección y velocidad de propagación, la dinámica de sus poblaciones, sus interacciones con los organismos nativos del nuevo hábitat, el tipo de ecosistema al que llega, de la competencia existente, y del grado de perturbación del ecosistema (McNeely, 2001). Las alteraciones o disturbios en los ecosistemas pueden generar condiciones temporales favorables para especies de plantas invasoras. Los disturbios pueden también reducir la herbivoría, o crear microclimas críticos que faciliten su establecimiento. Por lo tanto, la creciente alteración de hábitats de todo el

mundo por parte del ser humano aumenta la probabilidad de que éstos sean invadidos (McNeely, 2001).

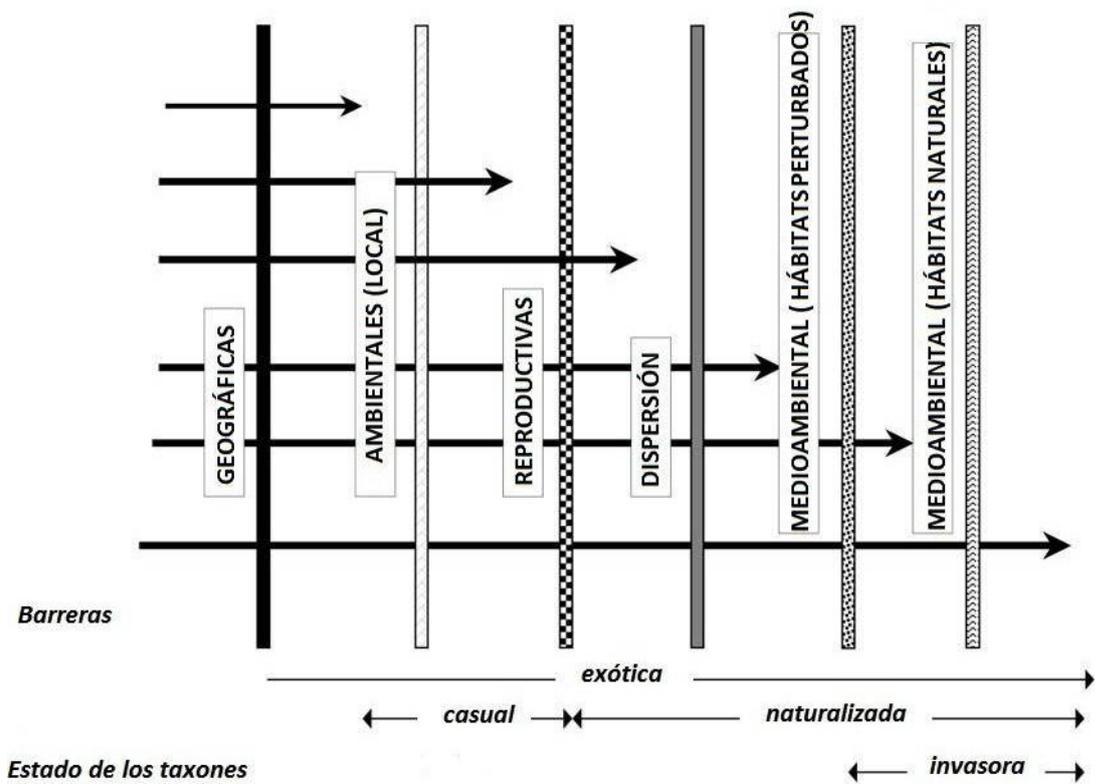
### Proceso de invasión

Richardson *et al.*, (2000) desarrollaron una conceptualización sencilla del proceso de invasión (Figura 1), según el cual la invasión es un proceso que requiere que un taxón supere varias barreras, tanto abióticas como bióticas. Las fases del proceso de invasión se pueden definir teniendo en cuenta que barreras han sido superadas o no.

**La introducción**, es cuando la especie o su propágulo con la ayuda del hombre han superado una gran barrera geográfica (océanos, cadenas montañosas, etc.). Muchos taxones introducidos sobreviven como exóticas casuales, también como huérfanos que persisten después de un cultivo. Estos taxa pueden reproducirse sexualmente o vegetativamente, pero fallan en mantener sus poblaciones por largos períodos. Por lo que las exóticas casuales dependen de repetidas introducciones para su persistencia.

**La naturalización**, comienza cuando las condiciones ambientales no les impiden a los individuos su sobrevivencia y cuando superan varias barreras para poder reproducirse regularmente. En esta etapa las poblaciones son lo suficientemente grandes y la probabilidad de extinción por sucesos estocásticos del ambiente es baja (Mack, 2000).

**Invasión**, se da cuando la especie se dispersa a áreas distantes al lugar donde fue introducida, requiere que las plantas introducidas también superen barreras para dispersarse dentro de la nueva región y pueden enfrentarse al ambiente abiótico y a la biota del área (Richardson *et al.*, 2000)



**Figura 1.** Secuencia naturalización-invasión, conceptualiza las barreras que una planta supera para convertirse en exótica, casual, naturalizada o invasora en un nuevo ambiente. El esquema además provee un marco para las definiciones objetivas de las categorías de plantas exóticas. Modificado de Richardson *et al.*, 2000.

**Planta exótica**, es aquella cuya presencia en el área es el resultado del transporte mediado por los humanos (Richardson et al., 2000).

**Planta exótica casual**, son las plantas exóticas que pueden florecer e incluso reproducirse ocasionalmente fuera de cultivo pero que eventualmente mueren porque no forman poblaciones de autosustitución, necesitan ser introducidas repetidas veces para su persistencia (Richardson et al., 2000).

**Plantas naturalizadas**, son aquellas exóticas que forman poblaciones de autoreemplazo por lo menos durante 10 años sin intervención humana directa (o a pesar de la intervención humana) por el reclutamiento de semillas o brotes vegetativos capaces de crecer independientemente (Richardson et al., 2000).

**Plantas invasoras** son un subconjunto de las plantas naturalizadas que producen descendencia reproductiva, con frecuencia en gran número, a considerable distancia de las plantas madres y así tienen el potencial de dispersarse en un área grande (Richardson et al., 2000).

### **Invasividad e invasibilidad**

La invasividad refiere a las capacidades intrínsecas de una especie que le confieren un potencial como invasora; ya la invasibilidad es el grado de susceptibilidad que tienen los ambientes a ser invadidos por especies exóticas (Lonsdale, 1999)

Richardson & Pysec (2006) realizaron una amplia revisión teniendo en cuenta publicaciones claves en ecología de plantas invasoras desde 1990 que de forma significativa ha hecho progresar el entendimiento de varios aspectos acerca de las invasiones. La revisión está enfocada en plantas vasculares que invaden ecosistemas naturales y seminaturales. Esta revisión fue organizada con énfasis en los aspectos generales y fundamentales, y las consideraciones se mueven desde el enfoque en los organismos a los ecosistemas. A continuación se presentan algunos elementos destacadas de esta revisión.

**La regla de decenas**, fue propuesta por Williamson y Brown (1986), como una estimación cuantitativa de la proporción de especies introducidas que se convierten en plagas. Es una evaluación probabilística de la proporción de especies que llegan a determinadas etapas en el proceso de invasión. Predice que el 10% de las especies importadas escapan y se transforman en casuales, el 10% de las especies casuales se naturalizan, y el 10% de las especies naturalizadas se convierten en plagas. La regla predice que las plagas exóticas comprenden aproximadamente sólo el 1% de las especies introducidas que se encuentran como casuales. Se ha validado para Europa y otras regiones a través de muchos taxones de plantas y animales. A pesar de los amplios límites y las numerosas excepciones, la regla de decenas es una útil generalización que puede ser utilizada como un punto de referencia al que se pueden relacionar los datos reales. Las desviaciones indican los taxones con mayor o menor invasividad y las regiones / hábitats con menor o superior invasibilidad (Richardson & Pysek, 2006).

**El papel del tiempo de residencia**, factores estocásticos, como el tamaño del inóculo inicial, el tiempo de residencia, la presión de propágulos y casualidades, son cruciales para la determinación de si (o cuando) una especie invadirá. Una de las más robustas generalizaciones emergentes en la invasión biología es que la probabilidad de invasión aumenta con el tiempo desde la introducción (Tiempo de Residencia). Como no se conoce sobre todo exactamente cuando un taxón fue introducido, Rejmánek, (2000)

propuso el término 'Tiempo Mínimo de Residencia' (TMR). Un resultado positivo de la relación entre MRT y la distribución actual de las especies exóticas es evidente para varias floras regionales, y para especies individuales a diferentes escalas. TMR no explica sólo el rango y la frecuencia de las distribuciones actuales, sino también el estado de invasión de una especie. El tiempo de residencia integra aspectos de la presión de propágulos ya que cuanto más tiempo las especies están presentes en la región, mayor es el tamaño del banco de propágulos y mayor es la probabilidad de dispersión, de establecimiento de nuevas poblaciones. TMR es una consideración crucial en los estudios de los factores determinantes de la capacidad invasora. El TMR también debe ser considerado cuando se etiquetan especies como invasoras o no invasoras en diferentes partes del mundo (Richardson & Pysek, 2006).

TMR está estrechamente asociado con el "período de latencia" que a menudo precede a la invasión de especies exóticas (el retraso entre el inicio de la invasión y la fase de crecimiento exponencial). El fenómeno de las fases de latencia tiene implicaciones importantes para la regla de decenas, porque los considerables retrasos que preceden a las invasiones significan que los patrones que observamos hoy son en gran parte el resultado neto de las introducciones, y prevalecen condiciones y procesos de más de un siglo. Una implicación práctica de esto es que, debido a la fase de latencia, las invasiones biológicas tienen una inercia interna (el número de especies naturalizadas e invasoras aumentará en el futuro, incluso si no hay más introducciones). Las medidas preventivas deben abordar no sólo el control de nuevas introducciones de especies de alto riesgo, sino también la detección y el seguimiento de las especies ya introducidas, algunas de las cuales pueden ser invasoras que están en la fase de latencia (Richardson & Pysek, 2006).

### **Patrones taxonómicos en las invasiones de plantas exóticas**

No todas las especies han sido distribuidas alrededor de la misma extensión, por lo que las oportunidades de naturalizarse y transformarse en invasoras no son iguales entre los taxones. Las plantas exóticas invasoras no están distribuidas al azar dentro de los grupos taxonómicos superiores, considerándolas globalmente, continentalmente o regionalmente (Richardson & Pysek, 2006).

Este patrón tiene un trasfondo filogenético. En un análisis a nivel global Rejmánek y Richardson (2011) encontraron que siete ordenes (Pinales, Fabales, Rosales, Myrtales, Malpighiales, Sapindales, Lamiales) concentran el 73% de los arbustos y árboles invasores. La familia *Fabaceae* es altamente exitosa como invasora de áreas naturales, y *Myrtaceae*, *Rosaceae*, *Salicaceae*, y *Tamaricaceae* figuran entre invasores de alto impacto (Richardson & Pysek, 2006).

La evidencia de invasión está filogenéticamente relacionada también a niveles taxonómicos menores según un estudio que abarcó las gimnospermas. Veintiocho de las 36 gimnospermas conocidas por ser invasoras en todo el mundo (78%) pertenecen a una familia (*Pinaceae*) y 21 de ellos pertenecen al género *Pinus* (Richardson & Pysek, 2006).

### **Plasticidad fenotípica y / o rápida evolución**

Para que las especies de plantas introducidas invadan una nueva región hay dos opciones básicas: las plantas deben poseer niveles suficientemente altos de tolerancia fisiológica y plasticidad, o deben experimentar diferenciación genética para lograr los niveles necesarios de fitness. Estas opciones no son mutuamente excluyentes. La plasticidad fenotípica es sin duda importante para muchos grupos taxonómicos de especies invasoras y en diversos hábitats. Daehler (2003) analizó los estudios de caso disponibles y mostró que las especies invasoras tienen mayor plasticidad fenotípica que las especies nativas co-ocurrentes (Richardson & Pysek, 2006).

La evolución puede servir como potencial explicación para el éxito de la invasión. Las plantas invasoras pueden evolucionar por deriva genética, por hibridación intra e interespecíficas en el intervalo de tiempo en el que son introducidas creando nuevos

genotipos, así como por los cambios drásticos en regímenes de selección impuestos por los nuevos ambientes que pueden causar adaptación. La hibridación puede conducir a la evolución adaptativa incluyendo heterocigosidad fija a través de poliploidía. Los poliploides tienen muchas características que les permiten mantener niveles más altos de diversidad genética, en comparación con los diploides, y por lo tanto hacer frente a los problemas de una pequeña población fundadora. La hibridación ha sido mostrada como un mecanismo importante en la evolución de especies invasoras (Richardson & Pysek, 2006).

Muchos estudios han encontrado al menos parcial apoyo a la «evolución del aumento de la capacidad competitiva» hipótesis que predice que los plantines introducidos en un ambiente que carece de sus herbívoros habituales asignaran menos energía a la defensa y más para el crecimiento y la reproducción. En general, no hay evidencia razonable y empírica de que la diferenciación genética mediante el cambio evolutivo rápido juega un papel importante en la invasión de plantas. Sin embargo, las pruebas disponibles sugieren que algunos invasores no tienen limitaciones de aptitud física y algunos evolucionan a invasores después de la colonización. La importancia relativa de los aspectos ecológicos y evolutivos parece ser única para cada episodio de invasión de plantas (Richardson & Pysek, 2006).

### **Dispersión a larga distancia**

Las tasas observadas de propagación varían mucho entre plantas invasoras en diferentes hábitats y regiones y muchas invasiones muestran tasas de dispersión extremadamente rápidas. El análisis comparativo de la dinámica espacio-temporal de más de 100 taxones en estudios realizados en todo el mundo, indica que las tasas medias de propagación de distribución local de una especie invasora son de 2 m/año a 370 m/año, pero las tasas medias de dispersión de larga distancia son al menos dos órdenes de magnitud mayor que las estimaciones de dispersión de las comunidades locales, con el valor más alto de 167 km/año. Eventos de larga distancia de dispersión (dispersión más allá de la revisión local o grupo de congéneres) pueden ocurrir durante los períodos de aumento insignificantes de la población y tener poca relación con el tamaño de la población. Las especies invasoras no se mueven a través del paisaje como un frente continuo y tanto dispersiones a nivel local como de larga distancia determinan los patrones espaciales (Richardson & Pysek, 2006).

El reconocimiento de la importante función de la dispersión de larga distancia ha cambiado la forma de ver la dinámica de las especies. Rasgos típicamente asociados a la capacidad "normal" de dispersión (por ejemplo, la masa y morfología de las semillas) son insuficientes por sí solos para la predicción de la dinámica de propagación potencial de una especie. Eventos poco frecuentes de dispersión a larga distancia a menudo a través de medios no estándares son los que controlan la velocidad de propagación en la mayoría de los casos. Cada vez más, la dispersión post-introducción por acción del hombre (intencional o accidentalmente) es probablemente el motor más importante de muchas de las invasiones. Las plantas invasoras a menudo producen más propágulos en las regiones donde son introducidas que en sus regiones de origen, explicando su comportamiento invasivo. Esto tiene profundas implicaciones en la aptitud de las especies exóticas de extenderse por paisajes fragmentados y en su capacidad de responder a condiciones ambientales cambiantes (Richardson & Pysek, 2006).

### **Teoría de la invasividad de las semillas**

La "teoría de las semillas de plantas invasoras" propuesta por Rejmánek (1996) es el intento más ambicioso hasta la fecha para sintetizar el conocimiento disponible en un esquema unificado (Richardson & Pysek, 2006).

Una distribución geográfica amplia es a menudo uno de los mejores predictores de éxito en la invasión. Las especies generalistas tienen mayor probabilidad de dispersarse porque ocurren en más sitios lo que aumenta las posibilidades de ser

dispersadas, y más probabilidades de adaptarse a una gama más amplia de condiciones. Aunque hay excepciones a esta norma, los rasgos que permiten a una especie ser generalista en el área de distribución natural son también favorables para una invasión exitosa. En comparación con las plantas nativas, las exóticas presentan características más extremas (ser o muy pequeñas o muy grandes, floración temprana o tardía, no latentes o con la latencia larga). Esto indica que pueden ocupar nichos vacantes en ambos extremos del espectro (Richardson & Pysek, 2006).

### **Nivel de invasión, invasión y presión de propágulos**

Las variaciones en el nivel y grado de invasión entre las comunidades receptoras podría deberse simplemente a diferencias en el número de exóticas que lleguen a la comunidad inicialmente. Para saber si una región, comunidad o hábitat es más invadible no es suficiente con saber si tiene más especies exóticas, es necesario saber si es intrínsecamente más susceptible a las invasiones. La mayoría de las especies invasoras no se establecen, por lo que el número de especies exóticas en una región es el producto del número de especies exóticas introducido  $S$  y su tasa de supervivencia en el nuevo entorno. Es evidente que más invadido "no significa necesariamente" más invadibilidad. La presión de propágulos, tanto en el espacio y / o tiempo ha demostrado de forma convincente que puede influir en la probabilidad de invasiones de especies exóticas. Los modelos que incorporan la presión de propágulos han demostrado ser notablemente superiores a los que involucran sólo parámetros ambientales para explicar los patrones de distribución y abundancia de los invasores a una escala regional. Los intentos de modelar y predecir el curso de futuras invasiones, deben incorporar la presión de propágulos. Mientras que la adición de más propágulos a sitios aumenta el éxito del establecimiento, la relativa importancia de la presión de propágulos en comparación con la de otros factores tales como la perturbación y el suministro de recursos no está bien definida (Richardson & Pysek, 2006).

### **Diversidad e invasión**

La hipótesis de resistencia biótica (también llamada "hipótesis de la riqueza de especies") fue planteada por Elton (1958) sugiere una relación negativa entre la diversidad de especies nativas y la invasión de una comunidad. Comunidades ricas en especies tienden a ser menos invadibles, pero también se reportan que áreas con una alta diversidad de especies albergan más especies exóticas. Las pruebas empíricas sobre los efectos de la riqueza de especies en la invasión han producido resultados ambiguos (Richardson & Pysek, 2006).

La hipótesis de Elton se apoya en la idea de que, en las comunidades menos diversas, las interacciones intraespecíficas son más débiles porque más nichos vacíos están disponibles. La reducción de captación de recursos en las comunidades pobres en especies da lugar a más recursos libres, haciendo a estas comunidades más invadibles que las comunidades ricas en especies. Sin embargo comunidades ricas en especies ocurren en hábitats con altos niveles de heterogeneidad en términos de clima, suelo y topografía. Las especies exóticas tienen más probabilidades de encontrar un hábitat adecuado para invadir en los ambientes más heterogéneos que en hábitats menos heterogéneos. La mayoría de los estudios que exploran los efectos de la diversidad de especies en la invasión se centraron simplemente sobre el número de especies, pero la composición de la comunidad y la identidad de las especies han demostrado ser importantes para la interpretación de los efectos observados. En comunidades con mayor número de especies es más probable que existan algunos miembros capaces de frustrar a las especies invasoras (Richardson & Pysek, 2006).

La riqueza de especies puede ser simplemente un factor demasiado amplio para explicar las diferencias en invasión observadas en la comunidad. Otros factores como la perturbación, disponibilidad de nutrientes, el clima y la presión de propágulos

pueden covariar con la riqueza de especies, por ejercer diferentes efectos sobre las especies invasoras y nativas, pudiendo afectar la relación entre la riqueza de especies y la invasibilidad de muchas maneras. En general, en ambientes perturbados, los factores abióticos parecen ser más determinantes en la invasibilidad que los factores bióticos (Richardson & Pysek, 2006).

### **Recursos fluctuantes, invasibilidad fluctuante**

La exploración de los determinantes de la invasibilidad (la capacidad o susceptibilidad de una comunidad a aceptar nuevos miembros) se ha realizado desde una perspectiva más mecanicista. La mayoría de los resultados son contexto-específicos con pocas posibilidades de generalización. Entre los diversos intentos de unificación de los factores que pueden influir en la invasibilidad. El más ampliamente aceptado ha sido la "teoría de los recursos fluctuantes", que postula que en la invasión las especies deben tener acceso a los recursos, por ejemplo, luz, nutrientes y agua, y una especie invasora tendrá más éxito en invadir una comunidad si no encuentra una intensa competencia por estos recursos provenientes de las especies residentes. La teoría identifica la fluctuación en la disponibilidad de recursos como el factor clave que controla la invasibilidad. Hay evidencia de que recursos intermitentes de enriquecimiento o de liberación (a menudo debido a perturbación) aumentan la susceptibilidad a las invasiones de comunidades, y que si esto coincide con la disponibilidad y la llegada de propágulos adecuados se producen las invasiones. La evidencia experimental ha confirmado que cuanto mayor sea la diferencia entre suministro de recurso bruto y la absorción de los recursos, las comunidades son más susceptibles a la invasión, y que una fluctuación a corto plazo en la disponibilidad de recursos puede tener un impacto a largo plazo sobre el resultado de una invasión (Richardson & Pysek, 2006).

### **Sinergismos, mutualismos, ingenieros ecosistémicos y la crisis invasional**

La investigación sobre las interacciones entre las especies invasoras y especies residentes en un sitio invadido refería principalmente a los efectos nocivos de los invasores. En muchos casos, el éxito de una especie exótica depende de la presencia de otras especies (nativas o exóticas) ya residentes en el área. Estas interacciones pueden contrarrestar y potencialmente anular, cualquier resistencia biótica. La presencia de especies exóticas hace que algunas áreas sean más susceptibles a las invasiones de otras especies exóticas. En algún momento de este proceso se pueden producir ecosistemas totalmente nuevos; dominados por un conjunto de especies distintas de las nativas del sitio. Simberloff y Von Holle (1999) introdujo el término "crisis invasional" para describir estas interacciones sinérgicas entre los invasores que aceleran las invasiones y amplifican sus efectos sobre las comunidades nativas (Richardson & Pysek, 2006). Recientemente se han aportado evidencias de los efectos potenciales de facilitación de la biota del suelo a la invasión de plantas. Las interacciones positivas con la biota del suelo se ha demostrado que facilitan las invasiones a algunas especies de plantas. Algunos estudios han identificado interruptores negativos de retroalimentación planta-suelo de la comunidad en áreas de distribución natural y retroalimentación positiva planta-suelo en las áreas de la comunidad adventicia. El concepto de crisis invasional está también estrechamente ligado al de los "ingenieros del ecosistema", organismos que afectan la disponibilidad de recursos, directa o indirectamente, mediante la alteración de elementos abióticos o bióticos de un ecosistema. Muchas de las especies de plantas invasoras califican como ingenieros del ecosistema, aunque no todos los invasores alteran los hábitats de tal forma que faciliten nuevas invasiones. Donde las plantas exóticas ingenieras de ecosistemas conducen con mayor claridad la crisis invasional es donde la invasión inicial altera el total de los procesos de los ecosistemas, como por ejemplo: el régimen de incendios (Richardson & Pysek, 2006).

## **Impactos de las especies exóticas invasoras (EEI) en los ecosistemas**

El impacto de las especies invasoras puede ser importante. El número de especies extintas por causa de EEI es alto, y todos los Taxones han sido afectados. El daño ecológico ocurre cuando la biodiversidad nativa del área y/o los procesos ecológicos son alterados por la EEI.

La especie invasora afecta los ecosistemas a través de:

- Depredación.
- Competición por recursos.
- Alteración del hábitat.
- Dispersando patógenos o parásitos.
- Trastornando balances e interacciones ecológicas.
- Sinergias con otras especies invasoras.

Los impactos en los ecosistemas pueden ser:

- Desplazamiento de especies nativas.
- Extinción de especies nativas.
- Degradación de los servicios ecosistémicos.
- Alteración de las condiciones ambientales.
- Alteración de cadenas alimenticias y ciclos de nutrientes.

(Wittenberg & Cock, 2001).

Si bien el impacto inicial puede ser menor, como las poblaciones de EEI crecen, los impactos pueden crecer en severidad también. Evaluar los impactos de las especies invasoras sobre la biodiversidad y los ecosistemas no es tan inmediato como considerar sus impactos económicos. El costo de la prevención, control y medidas de mitigación puede ser calculado, mientras que el valor de una especie o del cambio de un ecosistema es mucho más difícil de cuantificar y a veces es imposible (Wittenberg & Cock, 2001).

Como prioridad para el avance en las investigaciones en el tema son necesarios más estudios y evaluaciones sobre el status de las plantas leñosas invasoras en diferentes regiones. Así como mapeos de las extensiones de las invasiones como análisis de situación y como herramienta para el monitoreo de los cambios y la definición de prioridades y métodos de manejo (Rejmánek, 2011).

Tradicionalmente, la investigación de las invasiones de plantas se ha centrado principalmente en evaluar las características de la especie invasora. No obstante, evaluar la magnitud espacial de la dispersión de la población invasora y las tendencias del proceso resulta muy importante previo al diseño de sistemas de control (Hobbs & Humphries 1995). En este trabajo se pretende avanzar en esta línea de investigación. El objetivo general es evaluar la magnitud de las invasiones de especies de plantas leñosas exóticas presentes en las asociaciones ecosistémicas de las Quebradas del Norte, e identificar las tendencias del proceso. Los objetivos específicos son:

1. Identificar y delimitar los sitios invadidos, así como la georreferenciación y mapeo de la distribución de las especies invasoras, a los efectos de determinar los patrones y grado de invasividad (densidad).
2. Determinar los posibles factores causantes de perturbaciones, como aquellos derivados del uso y manejo del suelo, y que han facilitado o facilitan el ingreso y la proliferación de especies invasoras.
3. Identificar cuáles de las invasiones se comportan como fuentes de propágulos.
4. Describir los vectores físicos y/o biológicos de dispersión de los propágulos.

## **2. Área de estudio**

Las Quebradas del Norte o de la Cuesta Basáltica representan una región, que se distingue por ser un paisaje único en el país, de gran belleza escénica, caracterizado por la presencia de valles escarpados, y de laderas con pendientes muy fuertes. Las

Quebradas son profundas incisiones entalladas en la roca basáltica, de fuertes pendientes y relieve enérgico. Se caracterizan por la presencia de cuevas o grutas, paredones verticales (localmente llamados "peraus") y saltos de agua o cascadas. En su interior se desarrolla una exuberante vegetación subtropical (García *et al.*, 2004). Los cursos de agua en la región, corren con un rumbo general Noroeste-Sureste, siendo tributarios del Río Tacuarembó. Entre los cursos de agua permanentes se destacan, de Norte a Sur, los arroyos Lunarejo, Laureles, de las Cañas, Tres Cruces y el Tacuarembó Chico (MVOTMA/CID, 2000). El proyecto se plantea cubrir el área ocupada por las cuencas de los Arroyos: Lunarejo, Laureles y De las Cañas.

### 3. Metodología

Para este trabajo se utilizará el criterio de cuenca hidrográfica como unidad sistémica. Las cuencas son unidades apropiadas para el diseño y ejecución de proyectos de conservación de áreas naturales y la gestión del territorio por ser sistemas naturales. Sus límites precisos, definidos por la divisoria de aguas, con la delimitación no arbitraria del sistema aseguran su continuidad en el tiempo, ya que su existencia no dependerá de la subjetividad del observador, fundamental para el desarrollo de políticas a largo plazo en donde pueden sucederse diferentes observadores (Facultad de Ciencias, DINAMA 2002). Una cuenca hidrográfica se define como el territorio que ocupa el río principal y sus afluentes, cuyos límites son definidos por la topografía del terreno a partir de las divisorias de aguas (Achkar *et al.*, 2004).

Para evaluar la magnitud de las invasiones en el área de estudio previamente se organizó un SIG (Sistema de Información Geográfica). Se utilizó el sistema de coordenadas local, que constituye la base de referencia de la cartografía desarrollada por el Servicio Geográfico Militar, el elipsoide asociado es Hayford 1909 (internacional 1924). La proyección es Gauss con distancia en metros, meridiano de contacto 62°, el origen de la cuadrícula es:  $X_0 = 500$  km. al oeste del meridiano 62°;  $Y_0 =$  Polo Sur, el Datum horizontal es el punto Yacaré. Este sistema es empleado en toda la cartografía terrestre nacional. El programa utilizado fue ArcView SIG versión 3.3 y extensiones (desarrollado por la compañía ESRI Inc. USA). El mismo permitió el intercambio de información de diversas fuentes, ya que su uso se encuentra "estandarizado" en nuestro país.

Al SIG se ingresaron coberturas de cartografía básica provenientes del MTOP (red de drenajes, caminería, curvas de nivel, localidades), y un modelo digital de terreno (MDT) de 90 m de resolución (NASA, 2000) disponible en el Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del Territorio (LDSGAT). Dicha base fue utilizada a lo largo de todo el trabajo para la generación y análisis de los resultados.

Una vez lista la cartografía básica, se comenzó a trabajar en la generación de la cartografía temática, el primer paso fue la delimitación del área de estudio (microcuencas de Las Cañas, Laureles y Lunarejo. Una vez delimitadas, se realizó la clasificación de la vegetación en base al análisis de una Imagen satelital Landsat 5TM 2010, de 30 metros de resolución espacial, disponible en el LDSGAT y combinando las bandas 3, 4 y 5 correspondientes al rojo, infrarrojo cercano e infrarrojo medio.

Seguidamente se delimitaron las unidades geomorfológicas cruzando la información de relieve y suelos de las unidades CONEAT, con las pendientes calculadas a partir de las curvas de nivel.

Los diferentes ambientes y bosques se clasificaron combinando las coberturas de vegetación y unidades geomorfológicas.

Para identificar las especies exóticas invasoras y localizar las invasiones se diseñó el muestreo en dos etapas. Primero se organizaron recorridas en vehículo por la caminería existente. Luego de las recorridas ya se tenía la lista de EEI presentes y se identificaron los bosques como los ambientes preferenciales de las invasoras. Con

base en esta información se realizó un diseño de muestreo de puntos al azar para las áreas de bosques. Los puntos se generaron valiéndose de herramientas del SIG. Previamente se recortaron las áreas de bosques con un buffer de 500 m a cada lado de los caminos para no superponer esfuerzos de muestreo. Se muestrearon un total de 72 puntos agrupados en 9 sitios. Cada punto se muestreo siguiendo la metodología de los puntos cuadrantes (Mitchell, 2007). Los datos obtenidos fueron utilizados para calcular densidad relativa, cobertura relativa, frecuencia relativa, riqueza y valor de importancia de las EEI en los sitios invadidos, según Mitchell (2007).

Se analizaron las causas de la introducción y el mecanismo de dispersión de cada especie. Ante la constatación de que todas han sido introducidas con fines ornamentales se calcularon las distancias de las casas a los sitios invadidos más cercanos. La cobertura de puntos con las casas georeferenciadas se realizó identificándolas visualmente en una imagen monocromática de resolución media. Con la cobertura de puntos que ubicaba cada casa y la cobertura de vegetación con los parches que se encuentran invadidos identificados se obtuvieron las distancias usando la funcionalidad del SIG.

#### 4. Resultados obtenidos

##### 4.1. Delimitación de las cuencas correspondientes a los arroyos Lunarejo, Laureles y Las Cañas

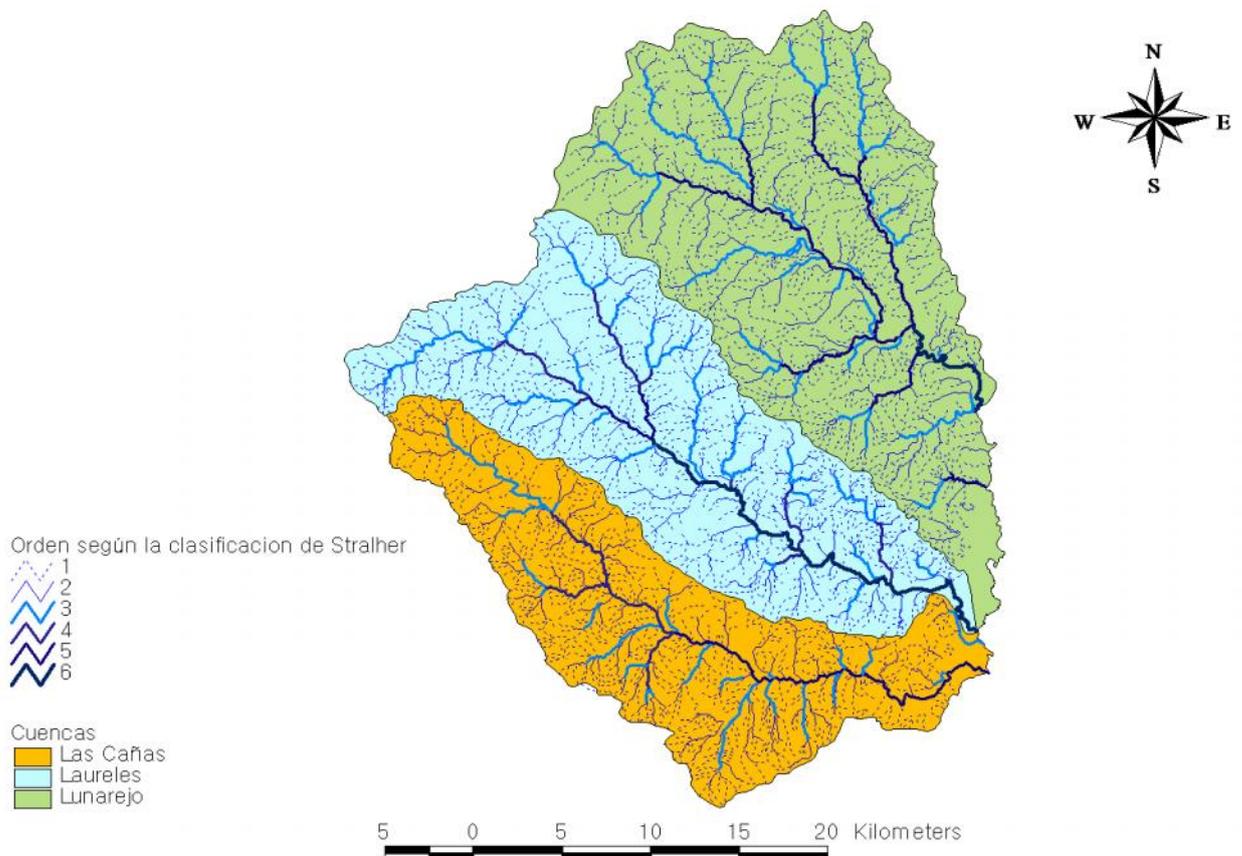


Figura 2. Límite de las cuencas y red hídrica. Fuente: elaboración propia.

**Tabla 1. Área en hectáreas de cada cuenca.**

<b>Cuenca</b>	<b>Área</b>
Las Cañas	27.506
Lunarejo	42.564
Laureles	34.036

**4.2 Organización de un Sistema de Información Geográfica (SIG) para el área correspondiente a las cuencas de los arroyos: Lunarejo, Laureles, y Las Cañas.**  
Las coberturas generadas para este trabajo se describen en la tabla 2.

**Tabla 2. Características de las coberturas que integran el Sistema de Información Geográfica (SIG).**

<b>Cobertura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Información</b>	<b>Tipo</b>	<b>Fuente</b>	<b>Generación</b>
<b>Red hídrica</b>	Cursos de agua que recorren la cuenca	Orden según la clasificación de Stralher, nombre según las cartas del SGM, longitud de cada tramo, si es temporario o permanente	Lineal	Cartas SGM	Mediante digitalización de los cursos de agua
<b>Cuenca</b>	Límites y área de las cuencas de los Arroyos Laureles, Cañas, y Lunarejo	Área y perímetro de la cuenca	Poligonal	Cartas SGM	Delimitando las divisorias de agua
<b>Vegetación y Usos del Suelo</b>	Clasificación de la vegetación y de los usos del suelo	Tipo de vegetación y área que ocupa en la cuenca. Uso de suelo y área que ocupa en la cuenca	Poligonal	Imagen satelital	Clasificando la imagen satelital
<b>Unidades Geomorfológicas y Unidades Ambientales</b>	Zonificación de la cuenca en unidades según sus características geomorfológicas y ambientales	Área y límite de cada una de las unidades	Poligonal	Mapa de pendientes, curvas de nivel, clasificación de la vegetación	Cruzando información de pendientes, altitud y vegetación
<b>CONEAT Anexo 1 (Mapa 9)</b>	Unidades de suelo CONEAT	Área y límite de cada uno de las unidades de suelo	Poligonal	Carta CONEAT 1:20000	Digitalizando la carta de suelos CONEAT
<b>CASAS</b>	Cobertura de puntos con las casas existentes en el área de estudio	Número y ubicación de las casas	Puntos	Google Earth	Marcando las casas identificadas en la imagen

### 4.3 Clasificación de la vegetación y de los usos del suelo

#### 4.3.1. Clasificación de la vegetación

Se identificaron las siguientes formaciones vegetales:

**Bosques nativos:** formaciones vegetales en donde se destaca el componente arbóreo.

**Praderas naturales:** formaciones vegetales donde predominan las hierbas, principalmente gramíneas, asociadas a subarbustos y arbustos.

**Matorrales:** formaciones vegetales compuestas de arbustos y subarbustos, que forman asociaciones densas, muchas veces con la clara predominancia de alguna especie en particular lo cual dota al matorral de una relativa homogeneidad.

**Forestación:** monocultivos forestales de *Pinus* y *Eucaliptus*. Se encuentran sustituyendo los ambientes de praderas naturales. Se diferencian como una unidad más de vegetación dadas las dimensiones que alcanzan en la zona.

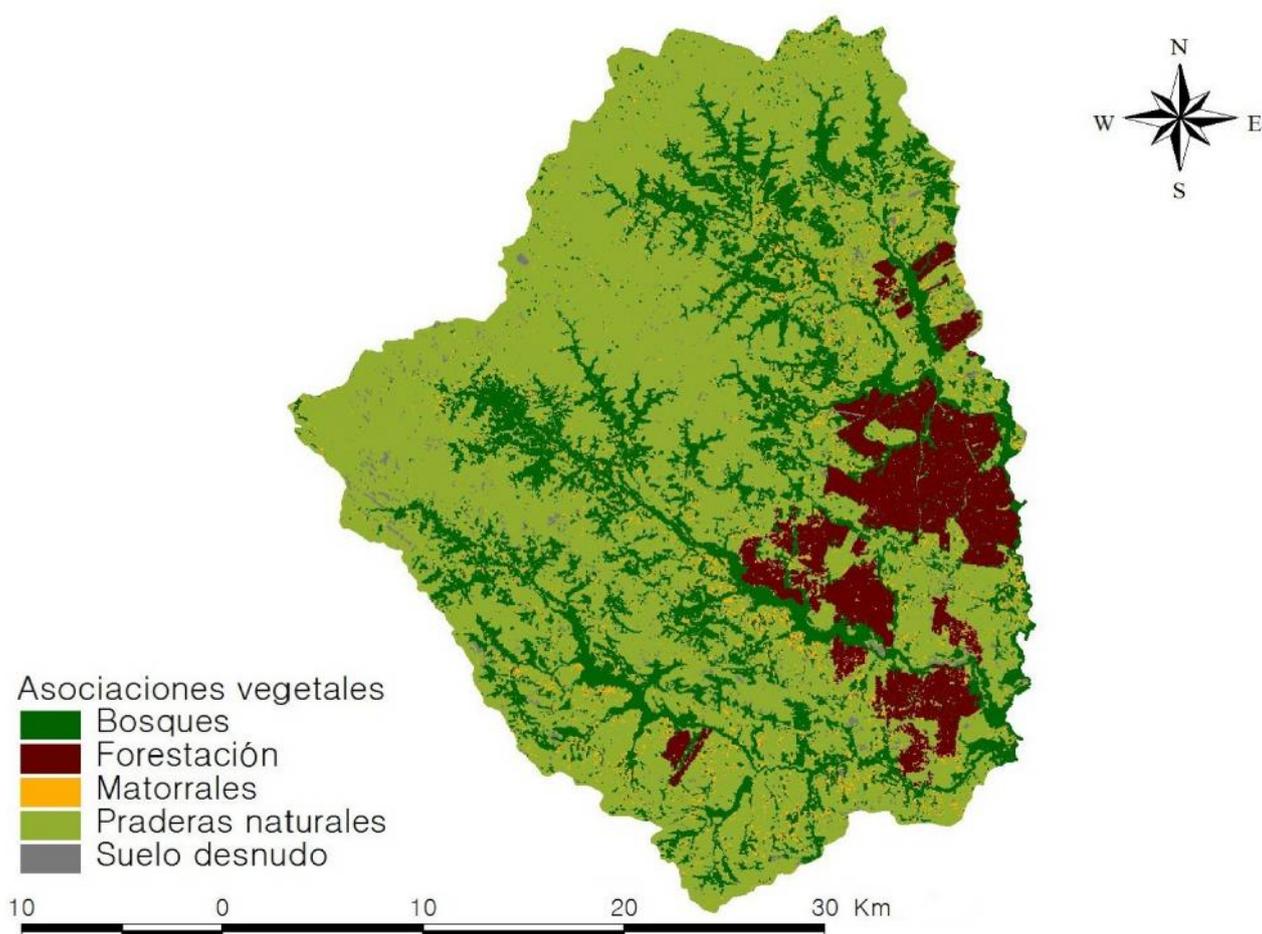


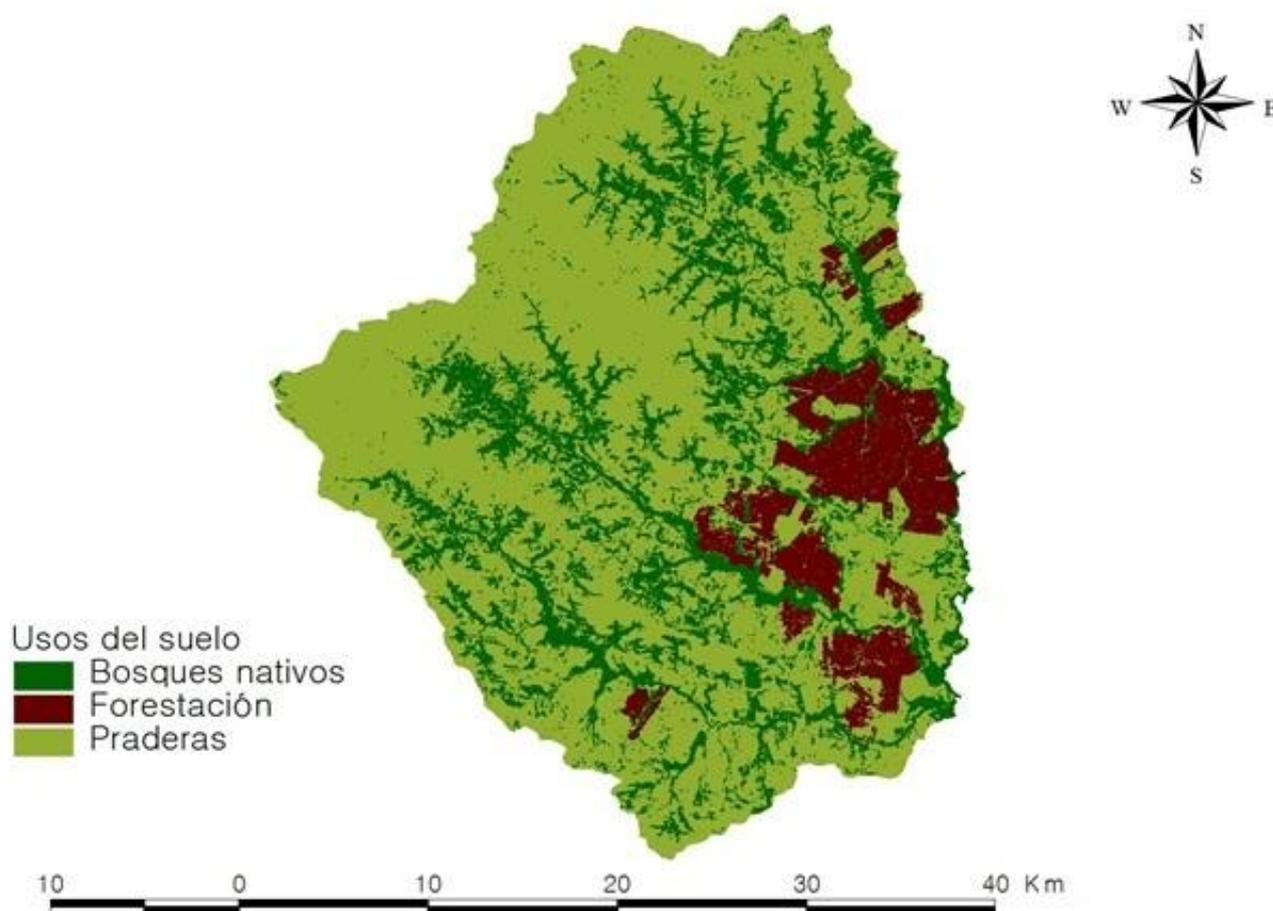
Figura 3. Principales formaciones vegetales. Fuente: elaboración propia.

### 4.3.2. Clasificación del uso del suelo

La clasificación de los usos del suelo está estrechamente ligada a la de la vegetación. Para la misma se agrupó básicamente la vegetación arbórea como Bosques nativos y la no arbórea como Campos naturales. A su vez se separó de éstas, el área ocupada por las plantaciones forestales, la que se denominó como Forestación (ver Figura 4).

**Tabla 3. Superficie ocupada por las principales asociaciones vegetales y uso de suelo en el área de estudio, y porcentaje de cobertura de cada una de ellas.**

Vegetación	Uso del suelo	Superficie (ha)	%
Bosques	Bosques nativos	24.977	24
Forestación	Forestación	9.605	9
Praderas	Praderas	64.052	61
Matorrales	Praderas	4.764	5
Suelo semidesnudo y/o roquedales.	Praderas	1.275	1



**Figura 4. Principales usos del suelo. Fuente: elaboración propia.**

#### 4.4. Zonificación

La zonificación se realizó identificando en el área de estudio diferentes unidades geomorfológicas y ambientales que la integran, que se definen y se caracterizan a continuación.

##### 4.4.1. Unidades geomorfológicas

###### 4.4.1.1. Definición de las unidades geomorfológicas

La cuenca a un nivel macro, presenta una zonificación de su paisaje bien marcada que es resultado de la evolución del sustrato geológico que la compone.

El terreno está constituido por una superficie elevada de relieve plano y sustrato rocoso de naturaleza ígnea en la cual han sido excavados valles encajonados que se profundizan y ensanchan desde las nacientes - en el borde de aquella superficie - aguas abajo hasta alcanzar una superficie de menor altitud constituida por colinas sedimentarias en la que los valles aluviales que discurren a través de ella presentan un grado de disección mucho menor pero un ancho considerablemente mayor que en su tramo superior entallado en las rocas ígneas (MVOTMA/CID, 2000).

###### 4.4.1.2. Caracterización de las unidades geomorfológicas

Las diferentes unidades geomorfológicas (Figura 5) identificadas en la zona de trabajo son las siguientes:

**Altiplanicies** - Comprenden dos zonas: Al Norte, la altiplanicie de Masoller que es la más importante, dentro del territorio nacional. Al Oeste se encuentra la Cuchilla de Haedo, que se constituye en una divisoria de agua con relieve de gran asimetría, determinando una pendiente general y suave hacia el Oeste y un frente abrupto con pendiente muy marcada hacia el Este, borde que se define como Cuesta basáltica (García, 2002).

Su relieve es casi plano, con muy escaso desnivel hacia el Sur y hacia el Este y su sustrato está constituido por basaltos de la formación Arapey, de la cual se puede observar más de una colada: seguramente dos, una en la altiplanicie propiamente dicha y otra inferior a ambas en parte de los valles de disección que recortan su borde. Este borde, con orientación hacia el Este y el Sur tiene forma de escarpa abrupta y empinada, con un fuerte desnivel hacia superficies inferiores y está muy recortado por entalles excavados por los cursos de agua que se profundizan rápidamente, aguas debajo de sus nacientes (MVOTMA/CID, 2000).

**Cuesta basáltica** - Esta unidad comprende el tramo superior de los valles excavados por los principales cursos de agua de la zona, donde estos han disectado energicamente la altiplanicie basáltica dando lugar a las "quebradas" como se conocen estos valles en el lenguaje popular. Se trata de profundas incisiones entalladas en la roca basáltica y también en la arenisca que ocurre por debajo del basalto, salvo en las propias nacientes de los arroyos, donde la profundidad del entalle no alcanza la profundidad suficiente como para llegar hasta la arenisca. Forma una escarpa abrupta, con terrenos de disección asociados y colinas de relieve fuerte, donde predominan pendientes muy acentuadas, con sustrato de areniscas triásicas, a menudo removilizadas y mezcladas con materiales basálticos provenientes de las zonas más altas.

El fondo es muy estrecho como para poder ser separado como unidad independiente a la escala de trabajo. Su perfil tiene por lo tanto una forma característica en “V” y en ellos predomina netamente el fenómeno de erosión sobre el de sedimentación y el de edafogénesis. La secuencia de valles escarpados, de los cuales los considerados en este estudio son solamente una parte, le otorga al borde de la altiplanicie basáltica en la que se originan una forma muy recortada e irregular, fácilmente visible en fotografías aéreas e imágenes satelitales. Son esas irregularidades en el borde de la escarpa las que dan el nombre de quebradas a estos valles.

Los valles escarpados presentan laderas a menudo con declive mayor al 10 %, las que están recubiertas de manera discontinua por materiales coluviales de poca potencia y de granulometría muy variable pero normalmente con abundancia de fragmentos gruesos (piedras, guijarros, cascajos) de hasta varias decenas de centímetros de diámetro y de formas angulosas o subangulosas, indicativas de transporte a poca distancia de la fuente.

En las laderas de los valles se observa normalmente una o más escarpas formadas por afloramientos rocosos de basalto o de arenisca silicificada o vitrificada por el contacto con las lavas básicas con las que están en contacto. En las proximidades de sus nacientes estos valles son de fondo muy estrecho y pendiente fuerte e irregular, con frecuentes desniveles abruptos aunque de escasa altura (resaltos). En ellos el agua fluye directamente sobre la roca o sobre delgados depósitos aluviales de tipo torrencial con dominancia absoluta de material detrítico grueso, casi sin partículas finas, debido a la fuerte capacidad de transporte de la corriente. Aguas abajo la pendiente del cauce se hace menor, el fondo del valle se ensancha y la sedimentación incluye materiales de granulometría más variada, observándose a menudo que los depósitos gruesos (cantos más o menos rodados) están recubiertos por aluviones de texturas areno arcillosas que llegan a conformar pequeñas terrazas de poca altura; el fondo del lecho, sin embargo está normalmente tapizado de depósitos muy groseros. Las laderas de los valles escarpados están en gran parte recubiertas por un estrato arbóreo denso y continuo de monte indígena que constituye un rasgo muy característico de estas quebradas. No obstante, buena parte de las laderas están cubiertas por un tapiz herbáceo de porte bajo que incluye localmente hierbas de porte alto. En las laderas de mayor pendiente y tapiz herbáceo se observan con frecuencia evidencias de movimientos en masa del suelo, una forma de erosión poco común en el país, ya que su desarrollo requiere la existencia de suelos poco profundos y declives muy acentuados. Tales condiciones no ocurren en el país sino en topositos bastante localizados, uno de los cuales es justamente el que ocurre en las laderas de los valles escarpados de la zona. Los valles escarpados constituyen una superficie inestable, con fuerte potencial morfogenético debido a las laderas muy empinadas que los constituyen; la erodabilidad del suelo puede incrementarse muy fuertemente ante cualquier deterioro de la cobertura vegetal que lo protege (MVOTMA/CID, 2000).

**Planicies** - Este tipo de terreno ocurre en el fondo de los valles escarpados cuando estos tienen un ancho suficientemente importante y una escasa pendiente como para permitir el predominio de los fenómenos de sedimentación de materiales finos o relativamente finos sobre los de erosión o acumulación de detritos muy groseros. En tales condiciones se produce el relleno aluvial de los valles; en estos casos el fondo es plano y da lugar al desarrollo de formas constructivas (terrazas bajas) en vez de erosivas y se posibilita la formación de suelos de características muy variables a cortas distancias en función de la variabilidad de la sedimentación. Parte de estos valles aluviales posee una cobertura boscosa (monte galería) mientras que en otras partes se observa un tapiz herbáceo y de pajonales. Los valles aluviales constituyen formas constructivas en las que se han acumulado sedimentos de granulometría muy variable en el espacio y en el tiempo, pero en la actualidad pueden considerarse como terrenos predominantemente estables, salvo por entalles o depósitos locales provocados por los cursos de agua (MVOTMA/CID, 2000).

**Colinas sedimentarias** - Esta unidad corresponde a terrenos situados ya fuera de la zona de valles escarpados (quebradas). Su relieve es de colinas bajas, de laderas cortas a medias y pendientes de 5 a 12 % de declive en la gran mayoría de los casos; no existen prácticamente afloramientos rocosos y el sustrato está formado por areniscas triásicas de la formación Rivera. Estos terrenos poseen una cobertura herbácea de porte alto, constituida por pasturas estivales de calidad regular y fuerte estacionalidad en su producción forrajera. Las colinas arenosas constituyen terrenos de erosión y acumulación, y son estables en su condición natural bajo tapiz herbáceo, pero poseen un potencial erosivo importante cuando el suelo queda descubierto y expuesto al impacto de las gotas de lluvia y al escurrimiento superficial (MVOTMA/CID, 2000).

**Cerros** - Corresponde a colinas aisladas cuyo origen se debe muy probablemente a la erosión geológica de los bordes de la altiplanicie basáltica que dio lugar a cerros separados de ella por gargantas a veces estrechas pero en ocasiones más amplias. En el primer caso los cerros se vinculan claramente a la altiplanicie, en tanto que en el segundo se destacan como componentes prominentes del paisaje al estar más separados de la altiplanicie y de las laderas de los valles escarpados. El terreno consiste de cerros de forma cónica, a veces casi perfecta y otras más irregular, con una cumbre muy estrecha de forma plana y laderas de declive muy fuerte, con pendientes comparables a las de los valles escarpados. El sustrato geológico es similar al de dichas laderas (MVOTMA/CID, 2000).

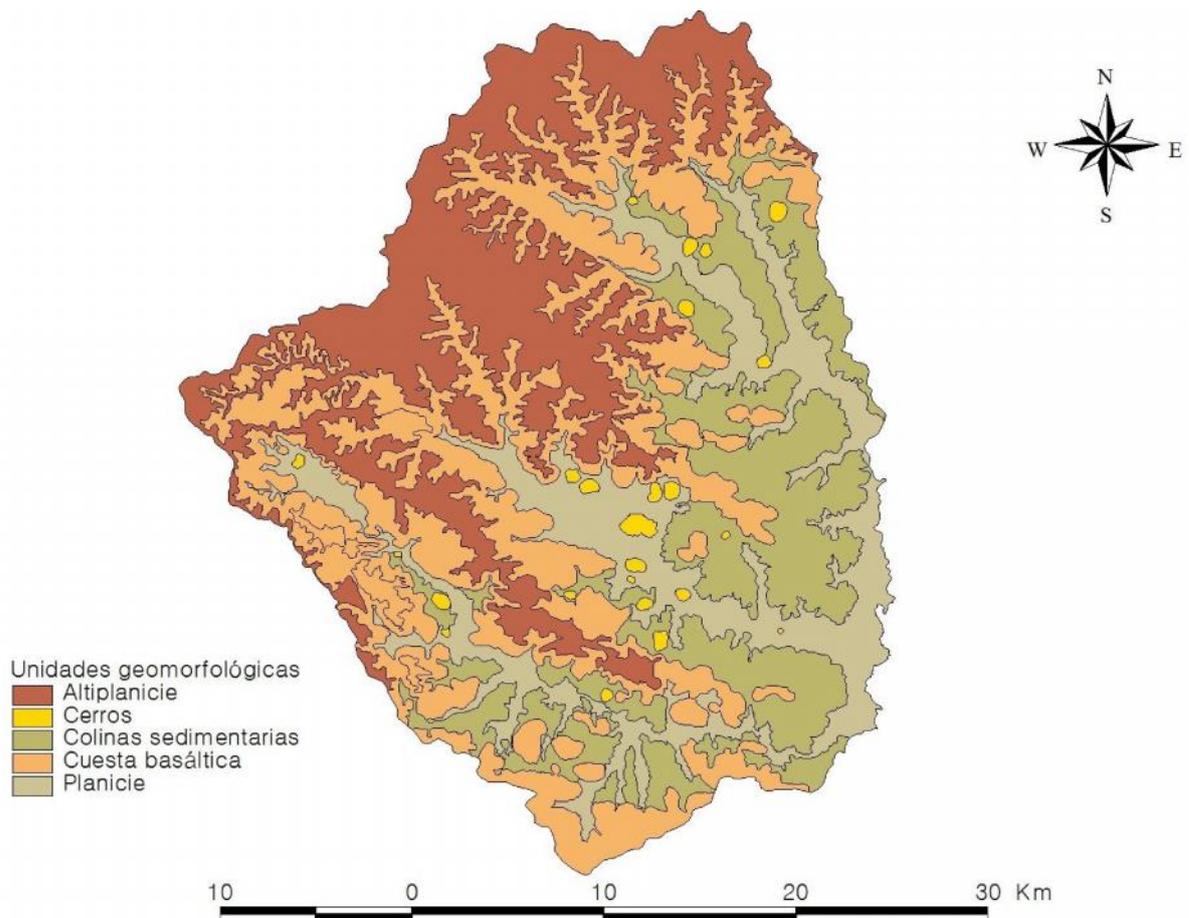


Figura 5. Unidades geomorfológicas. Fuente: elaboración propia.

**Tabla 4. Superficie que abarcan las diferentes Unidades Geomorfológicas en el área de estudio.**

<b>Unidades geomorfológicas</b>	<b>Área en hectáreas</b>	<b>%</b>
<b>Altiplanicies</b>	27.059	26
<b>Cerros</b>	1.124	1
<b>Colinas sedimentarias</b>	22.401	22
<b>Cuesta basáltica</b>	34.720	33
<b>Planicie</b>	18.801	18

#### **4.4.2. Delimitación y caracterización de las diferentes unidades ambientales**

##### **4.4.2.1. Definición de las unidades ambientales**

Se entiende por unidad ambiental (UA) al resultado de la interacción del geosistema y los usos que de él se han hecho. Para definir y delimitar las mismas se tiene en cuenta el suelo, el relieve y la vegetación, que a una escala macro conforman el paisaje (Caballero, 2006).

Especialmente la vegetación en sus diversas formas (agrícola, forestal, natural) es un elemento caracterizador fundamental de las unidades básicas de definición del entorno natural, y es por ello una variable clave en todo inventario.

La vegetación puede ser considerada como uno de los indicadores más importantes de las condiciones ambientales del territorio, ya que es el resultado de la interacción de los demás componentes del medio; es el producto primario del que dependen directa o indirectamente todos los demás organismos y contiene, por ello, una amplia información sobre el conjunto.

Su estabilidad en el espacio permite identificar unidades cuya fisonomía y composición florística se corresponden con condiciones ecológicas relativamente homogéneas. Puede preverse su evolución natural en el tiempo y sirven, por tanto, de testimonio de influencias artificiales de épocas anteriores o para la predicción de situaciones futuras bajo actuaciones antrópicas (Apuntes del curso "Evaluación de Recursos Naturales", Tecnicatura en Gestión de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. 2003).

Dada la escala del trabajo y la resolución de la imagen satelital empleada, en la que cada píxel de información representa 900 m<sup>2</sup>, las diferentes UAs se definieron a nivel de paisaje. Cada una de las UAs es un continuo con la siguiente por lo que en ciertos casos es difícil establecer límites precisos entre una y otra. Por lo que se definieron unidades macro de paisaje sabiendo que dentro de ellas si se estudian más detalladamente se encontrarán variaciones y excepciones.

Para su delimitación, se utilizó el SIG interrelacionando la información de suelos, pendientes, altimetría y vegetación, ésta última según la clasificación a partir de la imagen satelital (ver figura 6).

#### 4.4.2.2. Caracterización de las unidades ambientales

##### Praderas sobre basalto

La pradera fue definida por Sganga (1976), como una comunidad de hierbas de bajo porte con predominio de gramíneas. En las Serranías de la Cuesta Basáltica los suelos son superficiales con presencia de pedregosidad y afloramientos rocosos de origen basáltico. Esto hace que sea una de las zonas del país más expuestas a las sequías, por lo tanto la productividad de las praderas naturales, *que constituyen la matriz en esta región*, presenta una estacionalidad invernal, con deficiencias muy marcadas, especialmente en verano. La vegetación es tanto más rala cuanto más superficiales son los suelos. La pradera se constituye en la matriz que se intercala entre las manchas de bosque, pedregales, y los corredores de monte a orillas de las vías de drenaje. Además es característico de esta región la presencia de comunidades litófilas siendo los bosques serranos más escasos (Evia & Gudynas., 2000).

Según Millot *et al.* (1987) (citado en Evia & Gudynas., 2000), en los suelos superficiales existe una pradera natural predominantemente invernal, formando un tapiz abierto de gramíneas perennes y anuales. En las laderas se ubican las principales especies invernales perennes y en los bajos las estivales perennes.

Las praderas constituyen la formación vegetal más importante en términos de superficie en la cuchilla de Laureles y se caracterizan por el predominio de especies herbáceas de diversas familias, acompañadas por subarbustos dispuestos en forma más o menos laxa. Se trata de la formación vegetal más diversa en términos de número de especies presentes. La composición y el aspecto de las praderas están fuertemente influenciadas por el manejo de los campos en que se encuentran (Bonifacino *et al.*, 2004).

##### Praderas sobre colinas arenosas

Esta región de praderas con cerros se caracteriza por la asociación de praderas con cerros mesetiformes intercalados. Separando aquí la caracterización de estas praderas de la de los cerros. La geología está representada por la formación Arapey, propia de los afloramientos basálticos de las cimas y laderas de los cerros mesetiformes, y la formación Tacuarembó, más antigua, de areniscas. Los suelos dominantes son muy profundos, arenosos y de baja fertilidad natural. Su limitante productiva principal proviene de la extrema acidez. El paisaje es de colinas y lomadas con cerros chatos, con afloramientos rocosos asociados, entre los cuales se desarrolla una vegetación de monte serrano. Desde un punto de vista geomorfológico los paisajes con cerros chatos son remanentes de la serranías de la cuesta basáltica y de las quebradas. La acción erosiva sobre esta cuesta va profundizando las quebradas, haciendo que los valles angostos se transformen en valles amplios, y de esta manera quedan fragmentos basálticos aislados unos de otros. En términos generales la vegetación es de **pradera predominantemente estival**, con presencia de pajonales, con algunas zonas de monte de parque y bosques ribereños contra los arroyos. En los suelos de areniscas se observa un tapiz muy denso integrado fundamentalmente por estoloníferas estivales. La producción de forraje de las praderas es muy desigual a través del año, ofreciendo alta producción desde fines de primavera hasta comienzos de otoño y agudos déficit a partir de las primeras heladas en invierno, lo que conduce a períodos recurrentes de sobrepastoreo. El bajo número de gramíneas anuales es indicador de la escasa degradación de estas pasturas, situación similar a la que ocurre en las praderas del Noroeste. Sin embargo al ocurrir subpastoreo del forraje primaveral-estival, estos campos suelen endurecerse (tornándose más abundantes las especies más duras). Paralelamente la parte baja del tapiz no deja normalmente de ser pastoreada conduciendo al sobrepastoreo en invierno y a la predominancia de especies como *P. notatum*, *Axonopus*, *P. nicorae* (Evia & Gudynas., 2000).

### **Praderas sobre planicies**

Estas praderas crecen en las planicies de inundación y terrazas bajas que acompañan los cursos de agua medio y/o inferior de la cuenca. Los suelos más frecuentes son Gleysols de texturas variables, aunque generalmente finas, muy profundos; Fluvisols con texturas variables muy profundos, Planosols de textura generalmente franco a franco arenosa, profundos y de drenaje imperfecto (MGAP, 1979).

Se ubican en las planicies húmedas, por lo que presentan predominancia de especies hidrófilas. Fisionómicamente presentan un solo estrato herbáceo de entre 5 y 10 cm de altura, y en ocasiones presentan un segundo estrato con cobertura aproximada del 25 %, con pajonales, cardos y cardillas (MVOTMA, 2009)

### **Montes ribereños**

Sobre los cursos de agua se observan los llamados bosques ribereños. Dependiendo de la jerarquía del curso en cuestión se advierte un gradiente que va, en el caso de pequeñas cañadas, de matorrales, similares al bosque serrano, a bosques de mayor envergadura en las márgenes de arroyos, conformando los llamados bosques en galería para cursos mayores, donde la altura alcanza hasta los 6 m. En estos casos se observa un ordenamiento del bosque, desde especies hidrófilas sobre el curso de agua, incluyendo a los Sarandíes, Sauce criollo, Arrayán, etc.; especies intermedias como el Blanquillo, Chal-chal, y especies más xerófilas, en la periferia, como el Espinillo, Coronillas, Tala y Molle. En diversos sitios se observan ejemplares aislados de palmeras Pindó (Evia & Gudynas., 2000). El bosque ribereño presente a orillas del Arroyo Laureles comparte la mayoría de las especies presentes en la quebrada con la adición de algunas otras como *Pouteria salicifolia* y *Salix Humboldtiana*. Asociados a esta unidad, se destacan en zonas muy húmedas importantes sarandizales compuestos mayoritariamente por *Cephalantus glabratus* y *Phyllanthus sellowianus* (Bonifacino *et al.*, 2004).

### **Monte de quebrada**

Este paisaje se caracteriza por su relieve energético y engloba a la sucesión de cerros con cimas aplanadas que delimitan estrechos valles por donde discurren cursos de agua, la Cuesta Basáltica. Son sierras rocosas con escarpas y colinas también algo rocosas, donde aparecen interfluvios tabulares. El frente rocoso, elevado, es cortado por la erosión sostenida de la cabecera de varias cañadas y arroyos. La región es cabecera Oeste de parte de la cuenca del Río Negro; sus aportes son hacia la región de Colinas y Lomadas con Cerros Chato. Los bosques siguen los cursos de agua y por lo general son corredores estrechos. *Las quebradas* son valles estrechos encajonados entre altos murallones de basalto y que presentan una rica vegetación arbórea en las laderas y en el fondo de las mismas. Estas quebradas están separadas entre sí por elevaciones mesetiformes con matorrales en los bordes, seguidos por una matriz de pradera (Evia & Gudynas., 2000). Las laderas de los valles escarpados poseen un sustrato rocoso de basalto en la parte superior, y de arenisca en la parte inferior, salvo hacia las nacientes de los valles en la proximidad de la altiplanicie donde el entalle no ha sido de profundidad suficiente como para alcanzar a la arenisca subyacente (MVOTMA/CID, 2000). Quebradas como la de Laureles ilustran la disposición heterogénea del paisaje, con rodales y corredores de bosque serrano en las partes elevadas de las cimas mesetiformes, junto a árboles y arbustos que se encuentran en escalones rocosos. En el fondo de la quebrada aparece una vegetación más densa. Al curso de agua principal se le suman los tributarios más pequeños registrándose nodos por la confluencia de matorrales y bosques. La flora adquiere aquí una expresión particular en el llamado bosque de quebrada, caracterizado por especies arbóreas de mayor altura y diámetros considerables, cuyas copas tienden a lograr una cobertura total, en donde el suelo usualmente se encuentra a la sombra. Además hay un sotobosque, con especies más pequeñas, arbustivas, y alta frecuencia de helechos. Se destaca la presencia de varias especies de origen subtropical. Se observa que en

la ladera de la quebrada el bosque es achaparrado, con mayor grado de alteración por el ser humano cuyas especies predominantes son *Lithraea molleoides*, y *Blepharocalyx tweediei*. Sobre el cauce del arroyo aparecen árboles de tronco más rectos y cilíndricos, de considerable altura, estando caracterizada la composición botánica de este estrato por la presencia de *Nectandra megapotámica*, *Cupania vernalis*, y *Cinnamomum spp.* En el relevamiento realizado en el Arroyo Laureles para la comunidad del monte de quebrada se destaca la presencia de portentosos ejemplares de Guaviyú (*Myrcianthes pungens*) que alcanzan en ocasiones diámetros próximos a los 50 centímetros, así como también los Francisco Álvarez (*Luahea divaricata*) de dimensiones aún mayores; muy frecuentes son también los Laureles (*Ocotea spp.* y *Nectandra sp.*). En el sotobosque se destaca la presencia de una gran cantidad de pteridófitas (helechos) citándose como muy frecuentes *Campyloneurum sp.*, *Asplenium sp.*, *Adiantum sp.*, y *Thelypteris sp.* entre otras. Se destaca por la belleza de sus flores la ocurrencia sobre troncos de *Billbergia nutans* (Evia & Gudynas., 2000). El bosque de quebrada y el serrano poseen muchas especies de vegetación en común, particularmente el estrato cumbre de las quebradas presenta las mismas especies que el bosque serrano por lo que éste se vuelve un continuo con el otro en la parte alta de las cuchillas. Esto hace difícil establecer un límite claro entre uno y otro a la hora de definir las diferentes unidades ambientales. Razón por la cual en el SIG se consideraron como una sola unidad ambiental.

### **Monte serrano**

La matriz está dominada por praderas, en la ladera de las cuchillas y cerros, se observan manchas de bosque serrano, y éstas a su vez se vinculan con corredores de bosques de quebrada y ribereños que siguen los cursos de agua. La baja capacidad de almacenaje de agua hace que esta región sea extremadamente susceptible a las sequías. Los paisajes serranos poseen comunidades vegetales que se ordenan en forma característica. Las manchas de matorral serrano son más escasas que en otras serranías. El bosque serrano sustenta especies más achaparradas, espinosas, con mayor frecuencia de arbustos, y que soportan condiciones de suelos superficiales, menor disponibilidad de agua e insolación mayor. La altura promedio es del orden de los 3 m. En algunos sitios, los árboles se distribuyen en forma aislada en la pradera, constituyendo un parque. En estos paisajes, el bosque tiende a conformar manchas de variada extensión; algunas de ellas superan la escala de observador de campo, pero a nivel cartográfico es observable que se alinean en la ladera de las serranías, sea como una serie de manchas, o como franjas irregulares asociadas a laderas y cimas de cerros (Evia & Gudynas., 2000). Desde el punto de vista fisonómico se parece a la zona cumbre del bosque de quebrada (Bonifacino *et al.*, 2004).

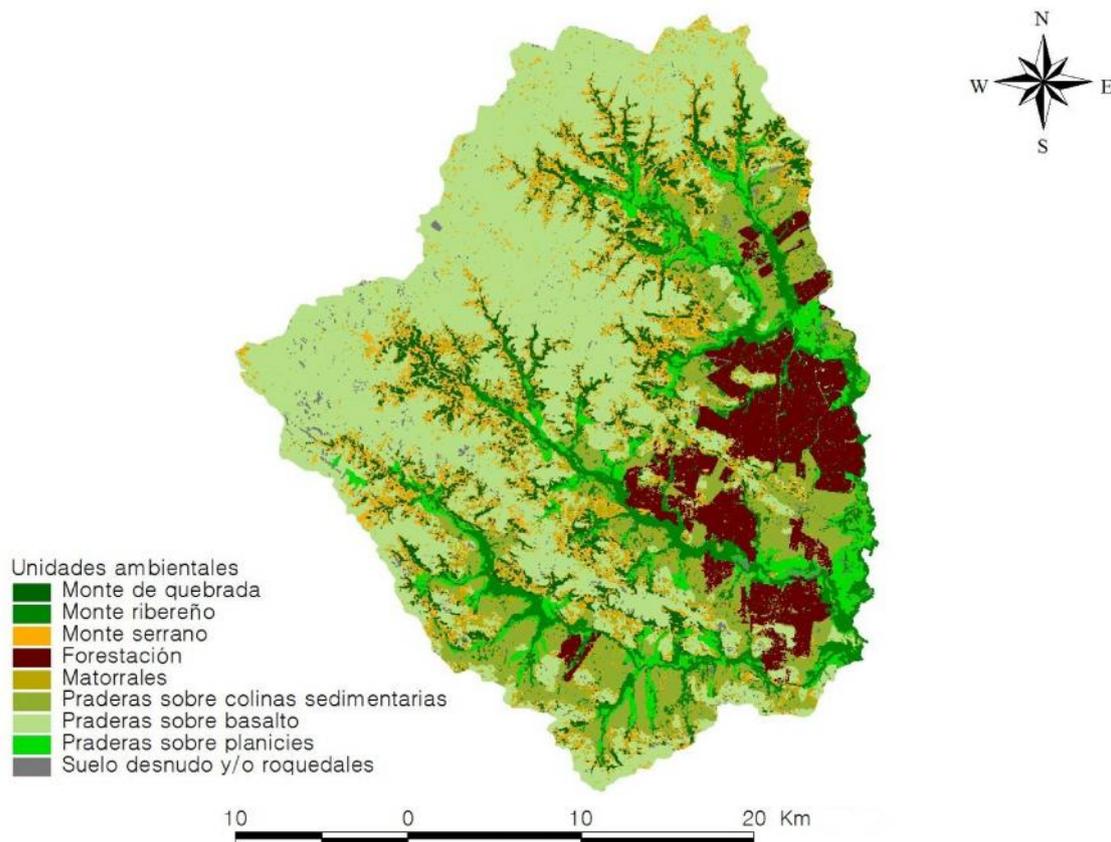
### **Los matorrales**

Esta formación vegetal, está compuesta de arbustos y subarbustos, los cuales forman asociaciones vegetales densas, muchas veces con la clara predominancia de alguna especie en particular lo cual dota al matorral de una relativa homogeneidad; y se ubican en laderas y cimas de cerros, generalmente asociados al bosque de quebrada y al bosque serrano.

### **Forestación con exóticas**

Dadas las dimensiones alcanzadas por las plantaciones forestales, éstas fueron separadas como una formación vegetal más. Claramente se trata de un monocultivo de árboles donde antes existía un ecosistema de pradera. Y, por tanto, podría considerársela como una formación artificial.

La tabla 6 resume las características principales de las unidades ambientales, mientras que en la tabla 7 se expone la superficie absoluta y relativa de la cuenca, que abarca cada una de las unidades ambientales.



**Figura 6. Mapa con la distribución de las Unidades Ambientales. Fuente: elaboración propia.**

**Tabla 5. Superficie de las Unidades ambientales.**

Ambientes	Área en hectáreas	%
Monte de quebrada	7.103	7
Monte ribereño	9.933	9
Monte serrano	7.948	8
Forestación	9.599	9
Matorrales	9.594	9
Praderas sobre colinas arenosas	10.985	10
Praderas sobre basalto	42.616	41
Praderas sobre planicies	5.621	5
Suelo semidesnudo y/o roquedales	1.276	1
Total	104.675	100

**Tabla 6. Principales características de las Unidades Ambientales.**

<b>Unidades ambientales</b>	<b>Formaciones vegetales predominantes</b>	<b>Suelos predominantes</b>	<b>Geomorfología</b>
<b>Praderas sobre basalto</b>	Praderas	Superficiales, fértiles, de textura pesada, alto contenido de materia orgánica, baja acidez y con rocosidad. Dominan los Litosoles, encontrándose también Vertisoles	Altiplanicie
<b>Pradera sobre colinas sedimentarias</b>	Praderas	Colinas sedimentarias arenosas, textura franco arenosa, fertilidad media y bien drenados	Colinas sedimentarias
<b>Praderas sobre planicies</b>	Praderas	Planicies de inundación y terrazas bajas que acompañan los cursos de agua medio y/o inferior de la cuenca. Dominan los Fluvisoles, siendo también frecuentes los Brunosoles e Inceptisoles	Planicie
<b>Monte ribereño</b>	Bosques	Planicies de inundación y terrazas bajas que acompañan los cursos de agua medio y/o inferior de la cuenca. Dominan los Fluvisoles, siendo también frecuentes los Brunosoles e Inceptisoles	Planicie
<b>Monte de quebrada</b>	Bosques	Suelos superficiales de basalto y/o arenisca muy consolidada y profundos de origen coluvial de texturas pesadas (origen basáltico) a arenosas (formación Tacuarembó), Litosoles, Vertisoles, Luvisoles, Acrisoles.	Cuesta basáltica
<b>Monte serrano</b>	Bosques	Suelos superficiales de basalto y/o arenisca muy consolidada y profundos de origen coluvial de texturas pesadas (origen basáltico) a arenosas (formación Tacuarembó) Litosoles, Vertisoles, Luvisoles, Acrisoles	Cuesta basáltica Cerros Colinas sedimentarias
<b>Matorrales</b>	Matorrales	Suelos superficiales de basalto y/o arenisca muy consolidada y profundos de origen coluvial de texturas pesadas (origen basáltico) a arenosas (formación Tacuarembó), Litosoles, Vertisoles, Luvisoles, Acrisoles	Principalmente Cuesta basáltica, Cerros, y Colinas sedimentarias

#### 4.5. Identificación y descripción de las especies de árboles y arbustos exóticos que están comportándose como invasoras.

En el área de estudio se registraron 8 especies leñosas que se están comportando como invasoras con mayor o menor grado de dispersión.

##### 4.5.1. Descripción de las especies exóticas invasoras

###### ESPINA DE CRISTO (*Gleditsia triacanthos*)

FAMILIA: Fabaceae

NOMBRES COMUNES: Espina de Cristo, Acacia tres espinas, Acacia negra



Figura 7. Imágenes de *Gleditsia triacanthos*

**DESCRIPCION:** Árbol de gran desarrollo, caduco, espinas hasta de 8 cm de longitud, simples o con 1-2 ramificaciones, a veces más, hojas pinadas y bipinadas, en el primer caso con 7-19 pares de folíolos, en el segundo con 4-9 pares de pinas, folíolos elípticos, denticulados o crenados, de 1-3 cm de longitud; flores en racimos axilares espiciformes de 4-12 cm, polígono-dioicas, actinomorfas, pequeñas, estigma peltado, verdosas; fruto vaina, indehiscentes, péndulas, verdosas, casi negras a la madurez, lineal, muy plana, estipitada, de 30-40 cm de longitud, y 2,5 cm de ancho, multiseeminada, con escasa pulpa dulce.

**AMBIENTES PREFERENCIALES DE LA INVASIÓN:** Bosques ribereños.

**DISPERSION:** Se multiplican por semillas. Las semillas son transportadas por el agua, o por el ganado.

**INTRODUCCION:** Fue introducida con fines ornamentales, no se tiene registro de cuándo.

**IMPACTOS ECOLOGICOS:** Desplaza a especies de árboles nativos amenazando su permanencia en los bosques.

**CONTROL:** Mecánico, mediante remoción de los ejemplares.

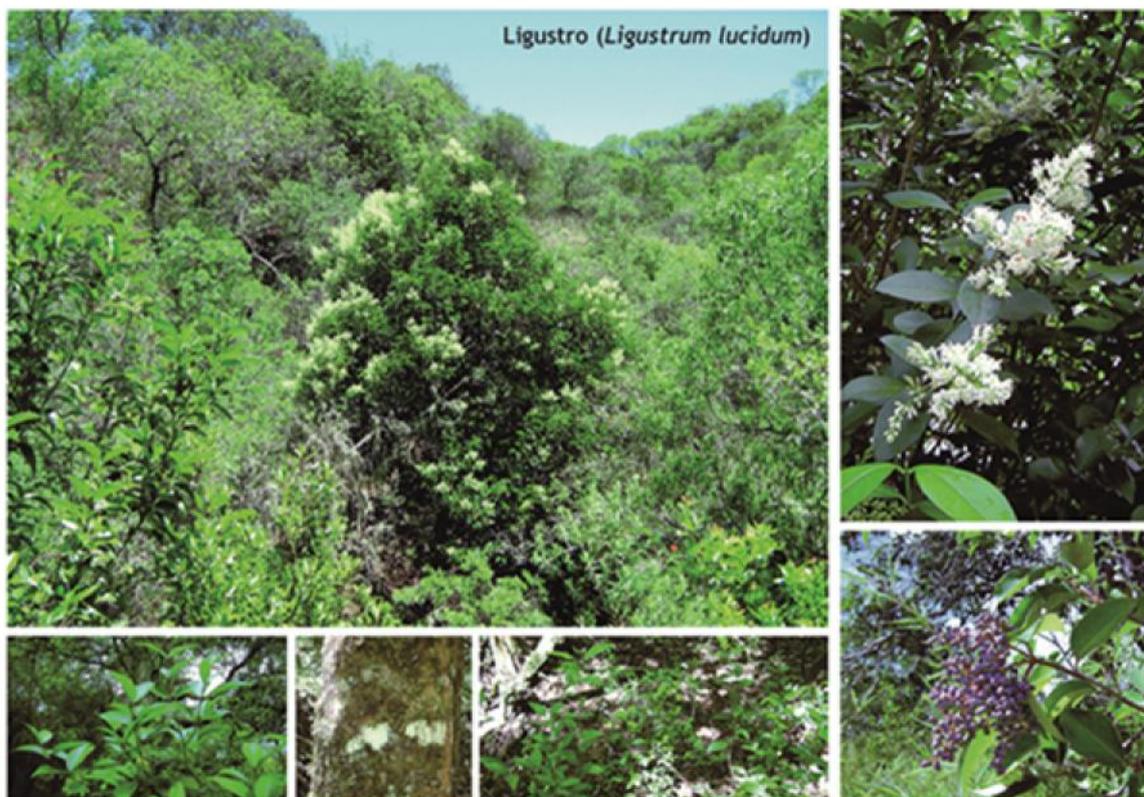
**PREVENCION:** No reproducir ni plantar ejemplares de esta especie.

**ORIGEN:** Norteamérica.

**LIGUSTRO (*Ligustrum lucidum*)**

**FAMILIA:** Olaceae

**NOMBRES COMUNES:** Ligustro



**Figura 8. Imágenes de *Ligustrum lucidum***

**DESCRIPCION:** árbol de hojas persistentes, aovado-acuminadas, glabras, brillantes, de 5-15 cm de largo. Flores, actinomorfas, hermafroditas, cáliz persistente, 4-5 dentado, corola con el tubo cilíndrico, más largo, igual o más corto que los cuatro lóbulos, estambres 2 insertos sobre el tubo corolino, ovario bilocular con los lóculos biovulados. Flores dispuestas en amplias panojas piramidales Fruto baya subglobosa, más o menos de 8 mm de diámetro, negro azulados.

**AMBIENTES PREFERENCIALES DE LA INVASION:** bosques ribereños y de quebrada.

**DISPERSION:** Se multiplican por semillas las semillas son dispersadas por las aves.

**INTRODUCCION:** fue introducida con fines ornamentales, no se tienen registros de cuándo.

**IMPACTOS ECOLOGICOS:** desplaza a especies de árboles y arbustos nativos amenazando su permanencia en los bosques.

**CONTROL:** mecánico o químico.

**PREVENCION:** no reproducir ni plantar ejemplares de esta especie.

**ORIGEN:** China.

**LIGUSTRINA (*Ligustrum sinense*)**

**FAMILIA:** Olaceae

**NOMBRES COMUNES:** Ligustrina



**Figura 9.** Imágenes de *Ligustrum sinense*

**DESCRIPCION:** Arbusto caducifolio o semicaducifolio, erecto, de 2-3 m de altura. Ramillas pubescentes y redondeadas, de color amarillento. Hojas de 2-7 cm de largo y 1- 3 cm de ancho, enteras, elípticas-ovadas, ápice agudo o acuminado hasta obtuso, haz de color verde oscuro, glabro o con pelos en el nervio central, envés de color verde claro, glabro hasta pubescente en el nervio medio. Inflorescencias en panículas piramidales terminales o axilares, de 4-8 cm de largo y 3-4 cm de ancho. Raquis amarillo-pubescente, hasta subglabro. Flores pediceladas, pubescentes. Cáliz glabro hasta pubescente, de 1-1,5 mm de largo, truncado o con 4 dientes sinuosos. Corola blanca, de 2mm de largo tubular, limbo de 4 lóbulos. Fruto subgloboso, de 5-8 x 4-7 mm, de color negro azulado.

**AMBIENTES PREFERENCIALES DE LA INVASIÓN:** bosques ribereños.

**DISPERSION:** se multiplican por semillas. Las semillas son dispersadas por las aves.

**INTRODUCCION:** fue introducida con fines ornamentales, no se tienen registros de cuándo.

**IMPACTOS ECOLOGICOS:** desplaza a especies de árboles y arbustos nativos amenazando su permanencia en los bosques.

**CONTROL:** mecánico o químico.

**PREVENCION:** no reproducir ni plantar ejemplares de esta especie.

**ORIGEN:** China.

**MORERA (*Morus alba*)**

**FAMILIA:** Moraceae

**NOMBRES COMUNES:** Morera, Mora Blanca



**Figura 10.** Imágenes de *Morus alba*

**DESCRIPCION:** Árbol caducifolio de hasta 20 m de altura, corteza grisácea, copa redondeada y abiertamente ramificada. Hojas anchas, ovadas a orbiculares, con ápice agudo hasta acuminado, de borde dentado o irregularmente lobulado, haz verde y envés algo tomentoso en las axilas de los nervios principales. Flores en amentos de color crema o verdosos. Flores masculinas y femeninas en el mismo pie o en pies separados. Fruto de color rosado o rojo oscuro.

**AMBIENTES PREFERENCIALES DE LA INVASIÓN:** Bosques ribereños

**DISPERSION:** Se multiplica por semillas. Las semillas son consumidas y transportadas por algunas aves y otros animales.

**INTRODUCCION:** Fue introducida con fines ornamentales, no se tienen registros de cuándo.

**IMPACTOS ECOLOGICOS:** Desplaza a especies de árboles y arbustos nativos amenazando su permanencia en los bosques.

**CONTROL:** Remoción mecánica de los ejemplares.

**PREVENCION:** no reproducir ni plantar ejemplares de esta especie.

**ORIGEN:** Asia.

**PARAISO (*Melia azedarach*)**  
**FAMILIA:** Meliaceae  
**NOMBRES COMUNES:** Paraíso



**Figura 11. Imágenes de *Melia azedarach***

**DESCRIPCION:** Árbol de gran porte, tronco rugoso asurcado, copa globosa. Hojas alternas 2-3 imparipinadas, compuestas de numerosos foliolos aovados, agudos, aserrados, de 2-5 cm de largo, glabros. Flores violáceas, perfumadas, de 1,5-2 cm de diámetro, actinomorfas, hermafroditas. Cáliz imbricado, compuesto de 5-6 sépalos unidos, pétalos 5-6 libres, imbricados. Estambres 10-12, filamentos fusionados, tubo estaminal 10-12 lobulado. Flores dispuestas en panojas. Fruto drupa elipsoidal, amarilla u ocrácea, de 1,5-2,5 cm de largo, glabros.

**AMBIENTES PREFERENCIALES DE LA INVASIÓN:** Bosques de quebradas

**DISPERSION:** Se multiplican por semillas. Los frutos son tóxicos para el hombre y algunos animales, sin embargo son consumidos y transportados por algunas aves.

**INTRODUCCION:** Fue introducida con fines ornamentales, no se tienen registros de la fecha exacta.

**IMPACTOS ECOLOGICOS:** Afecta la diversidad de especies nativas en los bosques.

**CONTROL:** Mecánico, mediante la remoción de los ejemplares.

**PREVENCION:** No reproducir ni plantar esta especie.

**ORIGEN:** Asia.

**PLATANO (*Platanus x acerifolia*)**

**FAMILIA:** Platanaceae

**NOMBRES COMUNES:** Plátano



**Figura 12. Imágenes de *Platanus acerifolia***

**DESCRIPCIÓN:** Árbol de copa globosa, ramitas cilíndricas, castañas, lenticeladas, troco claro, desprendiéndose la corteza en placas cada dos años. Yemas de invierno grandes, rojas, lisas, cubiertas totalmente por el pecíolo. Hojas simples, alternas, caedizas, tan anchas o más anchas que largas, de 10 -25 cm, con el limbo 3-5 lobulado, llegando los senos centrales hasta la mitad del limbo. Lóbulo central más profundo, con los bordes inferiores paralelos y el ápice triangular, acuminado, borde groseramente dentado; base de la hoja truncada o anchamente cordada. Hipófilo densamente pubescente al principio, glabro cuando adulto. Flores en inflorescencias capituliformes globosas; sépalos 3-8, pequeños, triangulares; pétalos 3-8 espatulados. Capítulos masculinos más o menos de 1 cm de diámetro, lisos, con numerosas flores apretadas entre sí, estambres 3-8, anteras con dehiscencia longitudinal. Capítulos femeninos de 1,5 cm de diámetro aproximadamente, erizados. Ovario 3-8 carpelar. Infrutescencias conteniendo numerosos aquenios provistos de papus piloso; generalmente de a 2, de 3,5 cm de diámetro. Híbrido entre *Platanus orientalis* y *Platanus occidentalis*, siendo posible observar las características de ambos antecesores, con un predominio.

**AMBIENTES PREFERENCIALES DE LA INVASIÓN:** Bosques ribereños

**DISPERSION:** Se multiplican por semillas. Los frutos son dehiscentes y las semillas poseen pelos. Son transportadas por el viento y el agua.

**INTRODUCCION:** Fue introducida con fines ornamentales, no se tienen registros de la fecha.

**IMPACTOS ECOLOGICOS:** Competencia con especies nativas.

**CONTROL:** Mecánico, mediante la remoción de los ejemplares.

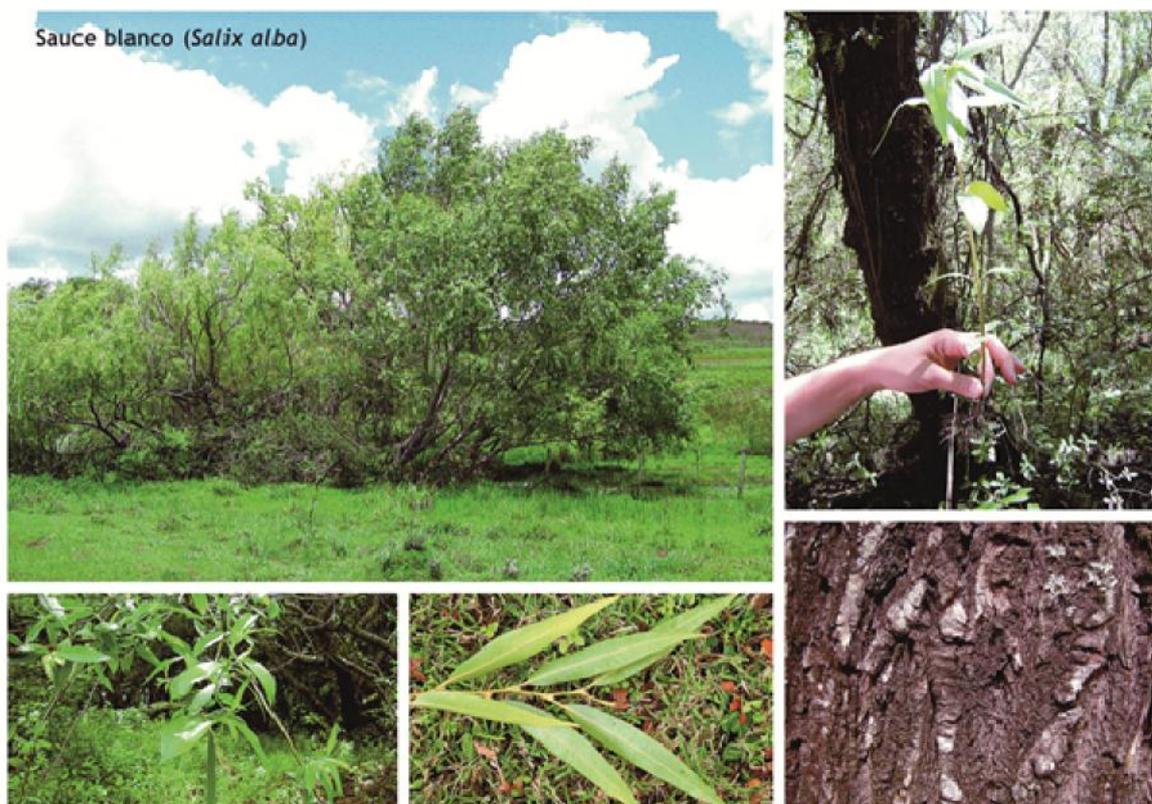
**PREVENCION:** No reproducir ni plantar ejemplares de esta especie.

**ORIGEN :**Asia.

**SAUCE BLANCO** (*Salix alba*)

**FAMILIA:** Salicaceae

**NOMBRES COMUNES:** Sauce blanco, Sauce mimbre



**Figura 13. Imágenes de *Salix alba***

**DESCRIPCION:** Planta voluble de follaje persistente, glabra o pubescente. Hojas aovadas u oblongas, cortamente pecioladas, enteras o lobuladas, de 3-8 cm de largo, glaucas en la cara inferior. Flores cigomorfas, hermafroditas, 3-4 cm de largo, con el tubo largo y estrecho y el limbo bilabiado, labio inferior linear, labio superior 3 lobulado, estambres 5 insertos sobre el tubo corolino, ovario ínfero, 2-3 locular, estilo filiforme, estigma capitado, blancas o amarillentas, dispuestas en pares axilares. Fruto baya, negro.

**AMBIENTES PREFERENCIALES DE LA INVASIÓN:** Bosques ribereños, bañados y humedales.

**DISPERSION:** Se multiplican por semillas y por estacas o esquejes. Las semillas son transportadas por el agua o por el viento.

**INTRODUCCION:** Fue introducida con fines ornamentales y para ser usada en cestería, no se tienen registros de la fecha.

**IMPACTOS ECOLOGICOS:** Desplaza a árboles nativos a amenazando su permanencia en los bosques.

**CONTROL:** Mecánico mediante la remoción de los ejemplares.

**PREVENCION:** No reproducir ni plantar ejemplares de esta especie.

**ORIGEN:** Centro y sur de Europa, norte de África y oeste asiático.

**MADRE SELVA (*Lonicera japonica*)**  
**FAMILIA:** Caprifoliaceae  
**NOMBRES COMUNES:** Madre Selva



**Figura 14. Imágenes de *Lonicera japonica***

**DESCRIPCION**

Arbusto caducifolio de rápido crecimiento, alcanzando varios metros de altura en pocos años. Hojas opuestas, ovales-elípticas, acuminadas, de 1–10 cm de largo. Inflorescencia dispuesta en racimos de flores tubulares, perfumadas, blancas quedando amarillas cuando envejecen. Fruto baya de forma ovalada, roja madurar. Florece en primavera y verano.

**AMBIENTES PREFERENCIALES DE LA INVASIÓN:** Bosques, principalmente cubriendo la copa de los árboles del borde.

**DISPERSION:** Se multiplican por semillas, por esquejes, y por brotes de la base. Las semillas son dispersadas por las aves.

**INTRODUCCION:** Fue introducida con fines ornamentales, no se tiene registro de la fecha.

**IMPACTOS ECOLOGICOS:** Compite por la luz con las especies de árboles y lianas nativas.

**CONTROL:** Remover mecánicamente los ejemplares.

**PREVENCION:** No utilizar esta especie como planta ornamental.

**ORIGEN:** Japón, Asia.

#### 4.5.2. Observaciones

*Ligustrum lucidum*, *Gleditsia triacanthos*, y *Salix alba* son especies arbóreas que ya están en etapa de dispersión y expansión de sus poblaciones. Se destaca la constatación de que *Salix alba* está dispersándose por semillas dado que no es su forma habitual de propagación.

*Ligustrum sinense* se encuentra bastante disperso en la zona del puente sobre el Arroyo Laureles.

*Melia azedarach* fue encontrada creciendo en forma silvestre en un monte de quebrada y en monte ribereño pero sin mayor densidad de especies ni gran extensión.

*Lonicera japonica* es una trepadora de hábito envolvente, que invade principalmente los bordes del bosque formando densas cubiertas. Fue encontrada mayormente también en la zona del puente sobre el arroyo Laureles, al igual que *Morus alba*. Ambas especies no presentaban una densidad importante pero son reconocidas internacionalmente como especies con potencial invasor, y aquí por lo pronto se encuentran ya aclimatadas y multiplicándose espontáneamente.

Por último, *Platanus x acerifolia* es un árbol comúnmente utilizado en el ornato público, de gran porte y que se está comportando como invasor en otras regiones similares y que aquí ya comenzó a reproducirse espontáneamente en un foco de no más de una decena de ejemplares.

#### 4.6 Recorridos realizados y sitios muestreados

En total se recorrieron 65 Km caminando, y 289 Km en vehículo.

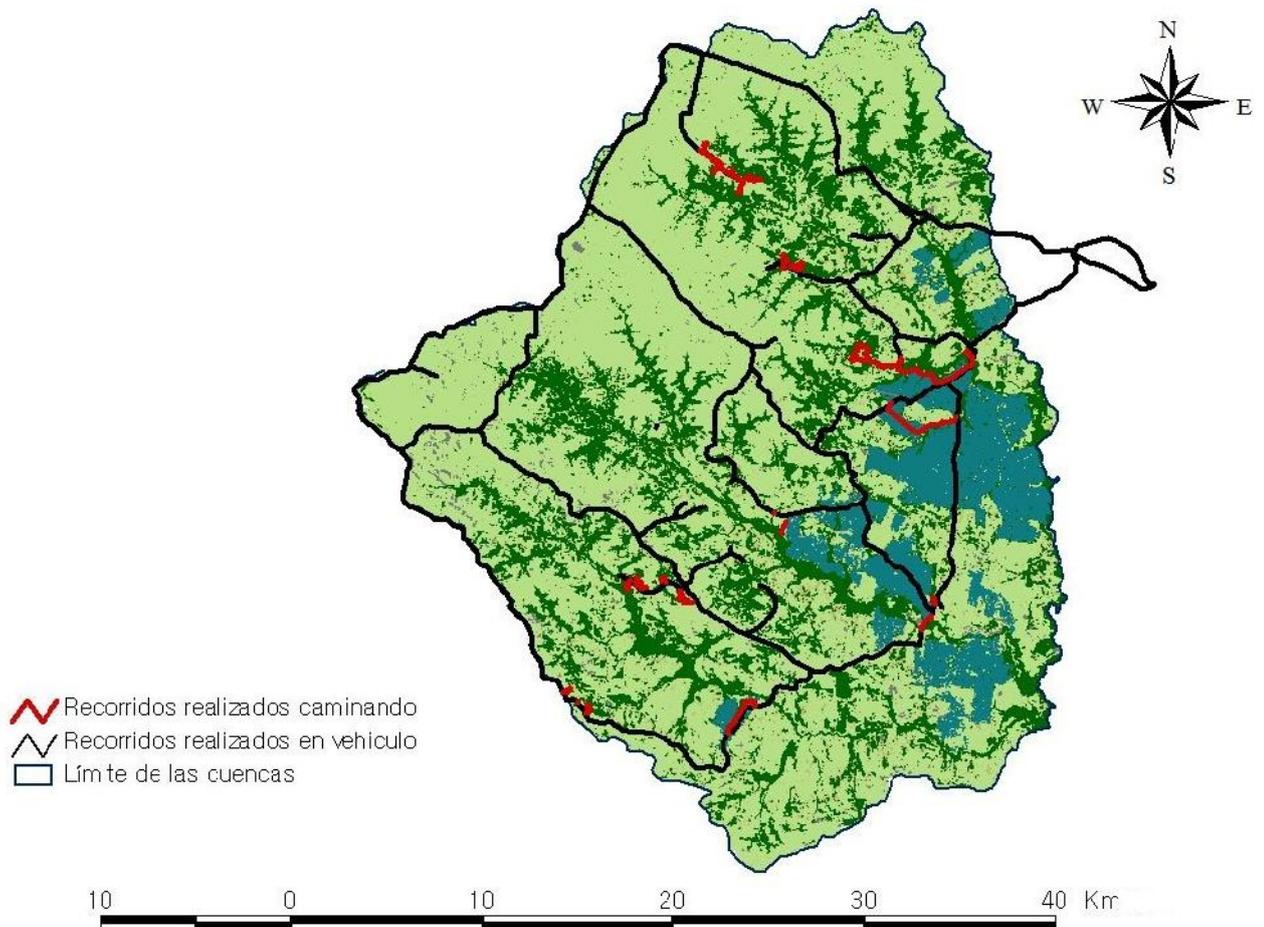


Figura 15. Recorridos realizados en el área de estudio. Fuente: elaboración propia.

#### 4.7. Caracterización de los sitios de muestreo

Los puntos muestreados fueron agrupados según su cercanía en sitios. Se analizaron los datos agrupando a los puntos por sitio, y en el caso de los sitios 8 y 9, estos se dividieron en dos grupos, a: se registros sin presencia de invasoras; b: registros con presencia de invasoras.

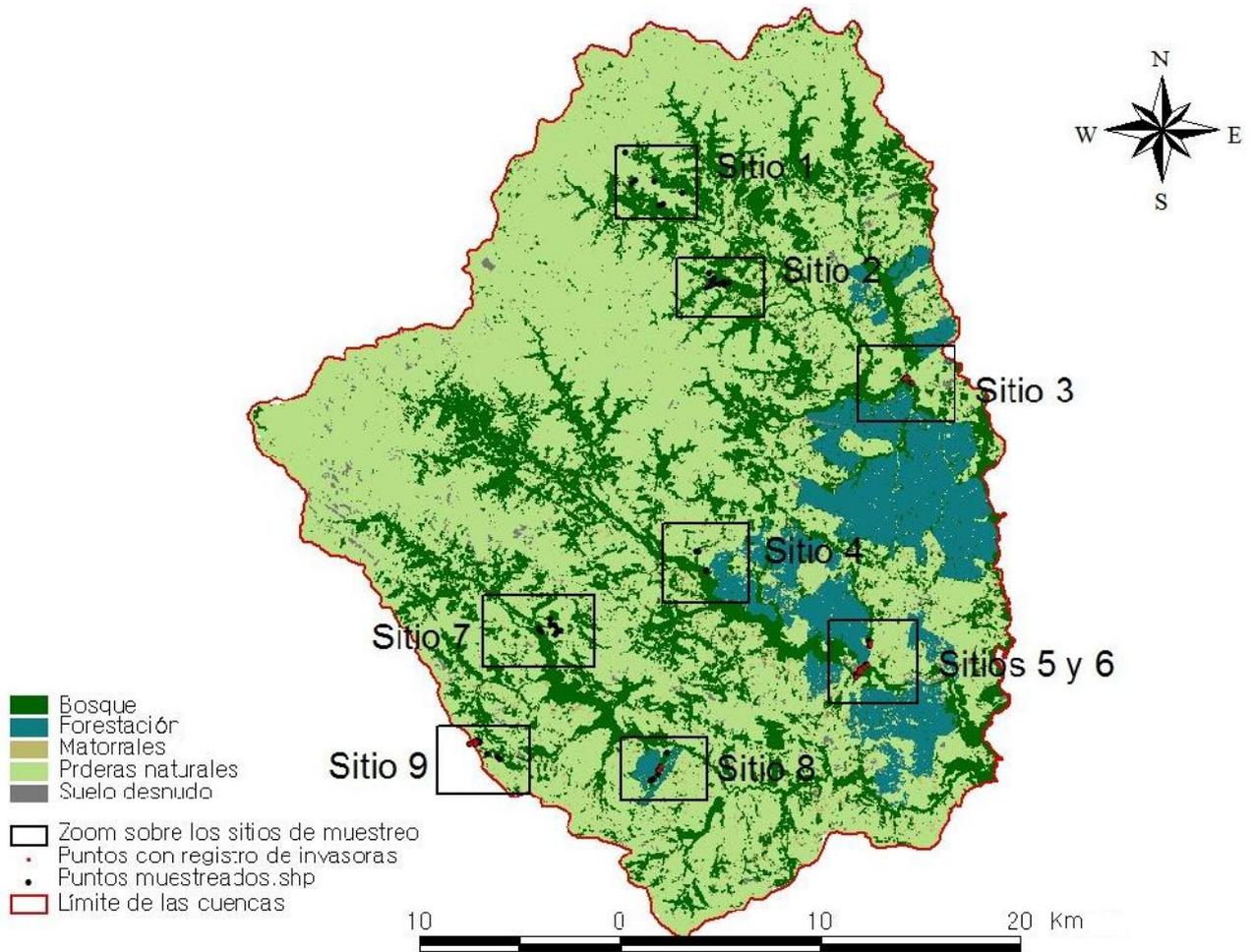
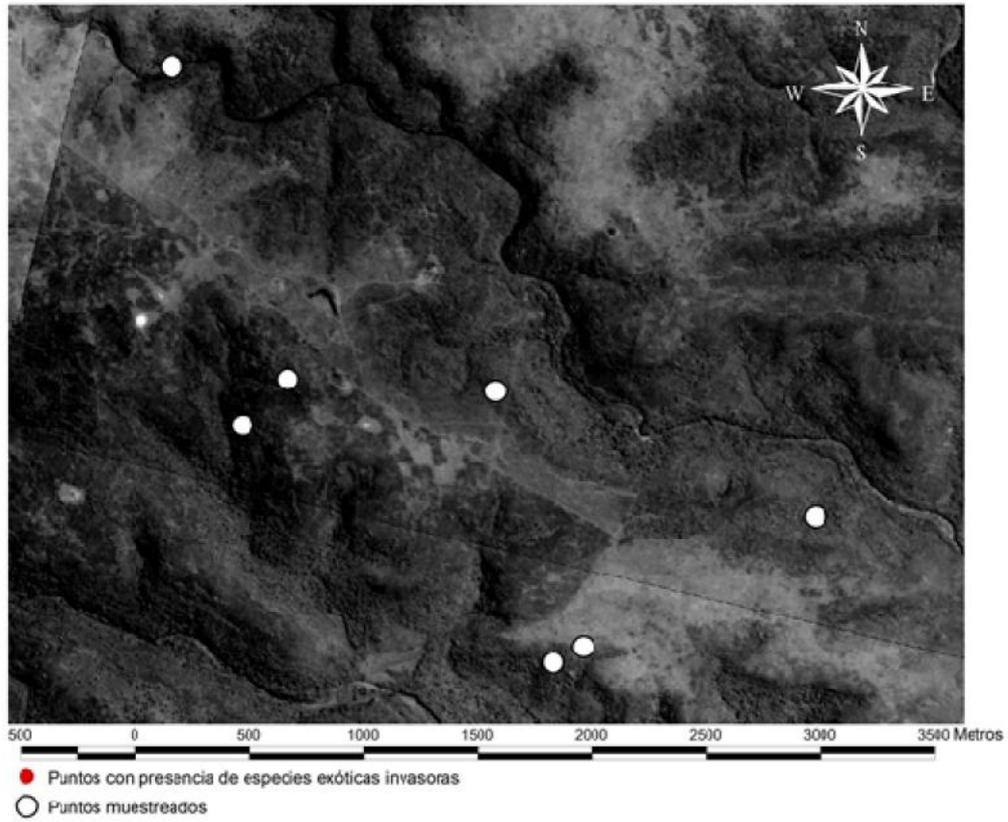
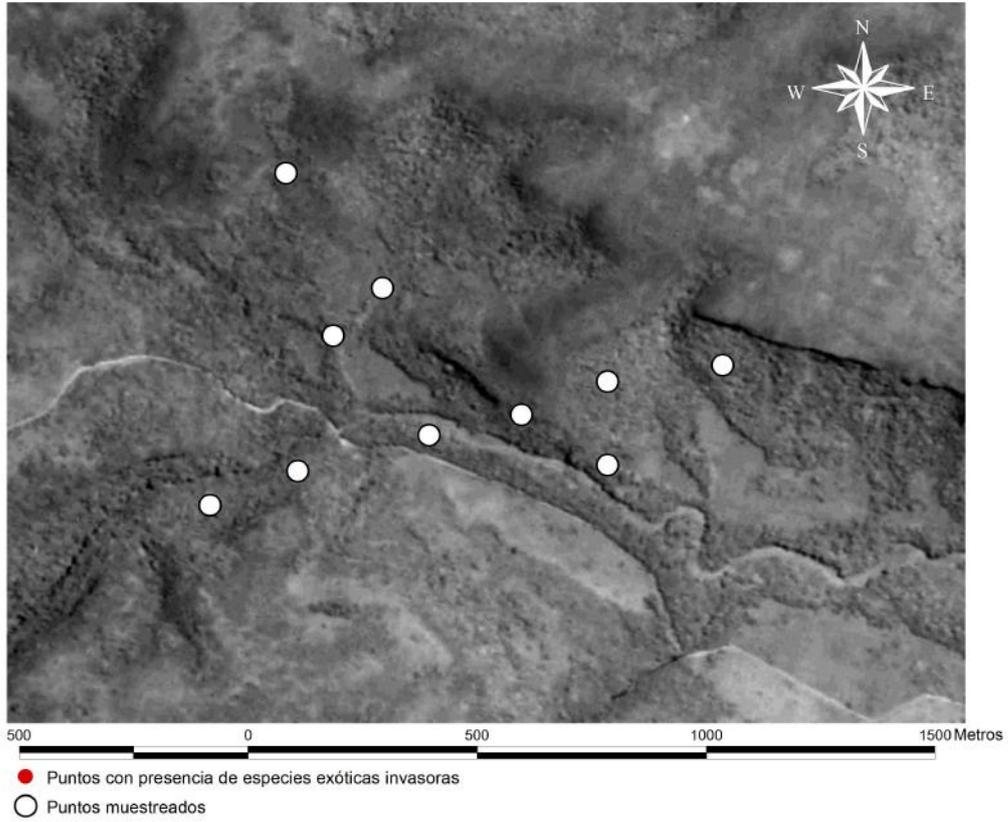


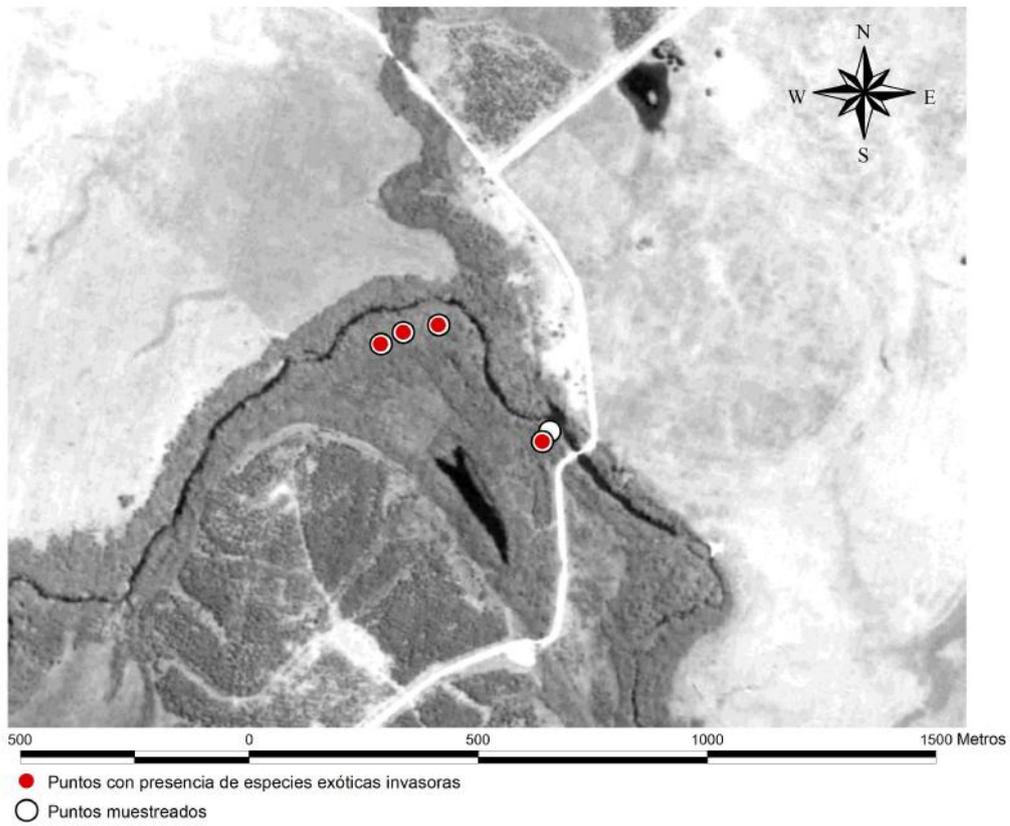
Figura 16. Sitios donde se realizaron los muestreos por puntos. Fuente: elaboración propia.



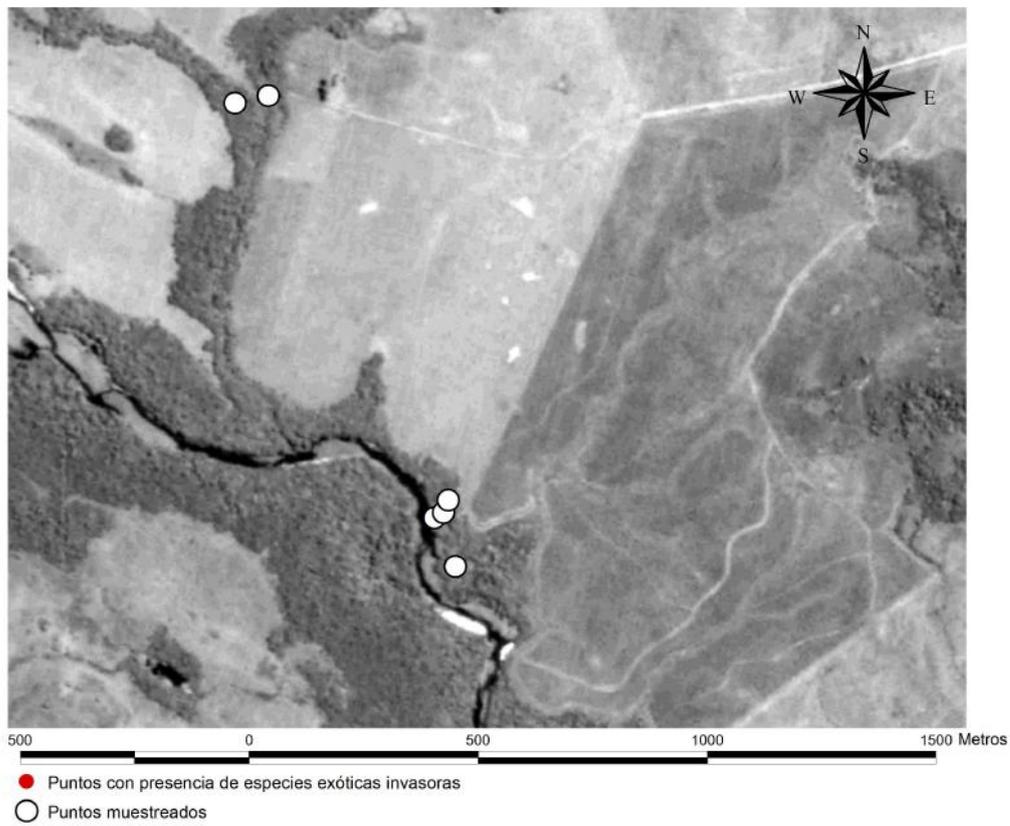
**Figura 17. Sitio 1. Imagen satelital CEBERS 2009.**



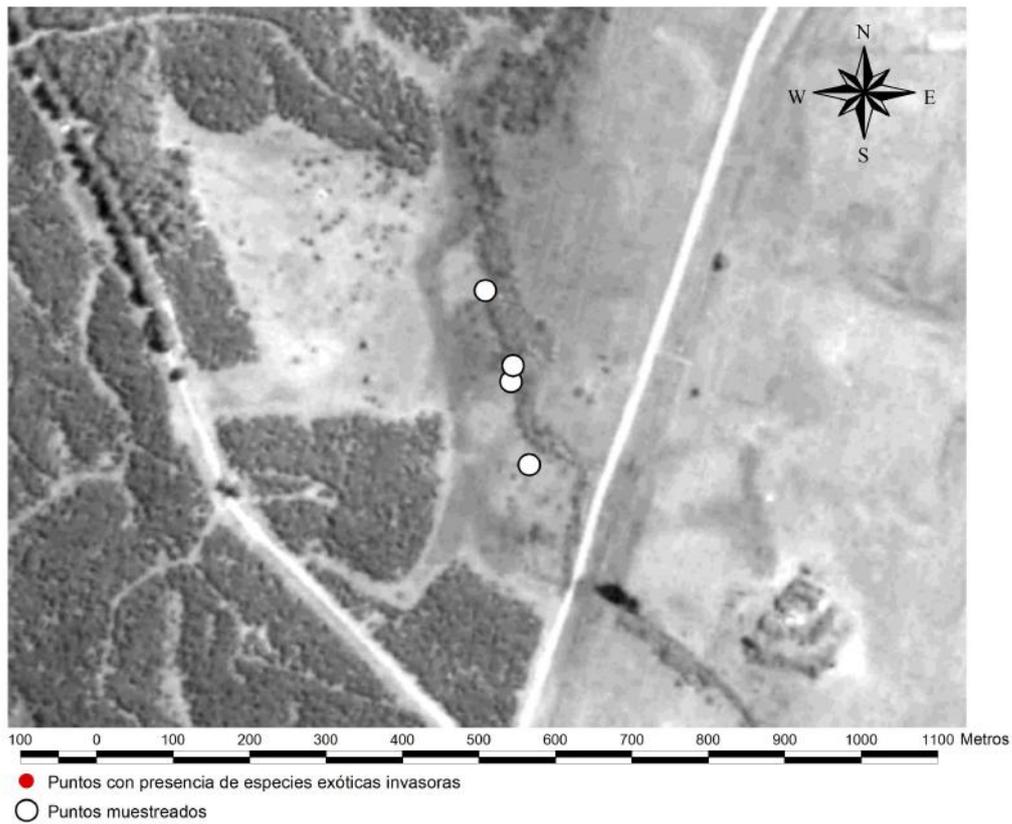
**Figura 18. Sitio 2. Imagen satelital CEBERS 2009.**



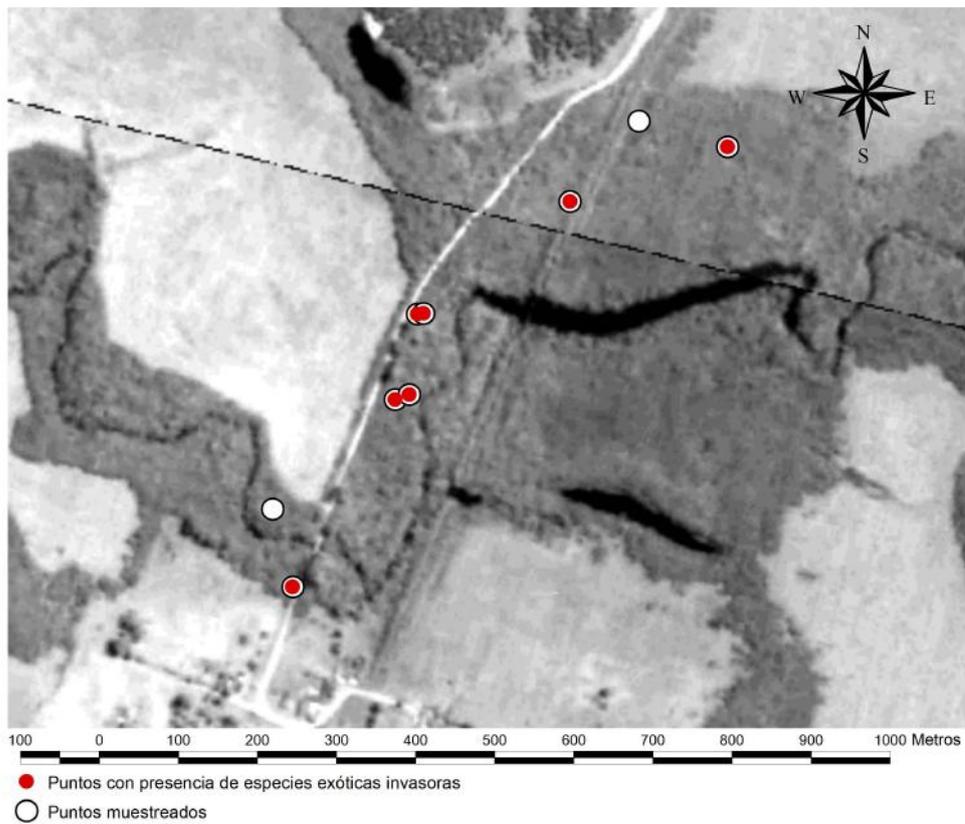
**Figura 19. Sitio 3. Imagen satelital CEBERS 2009.**



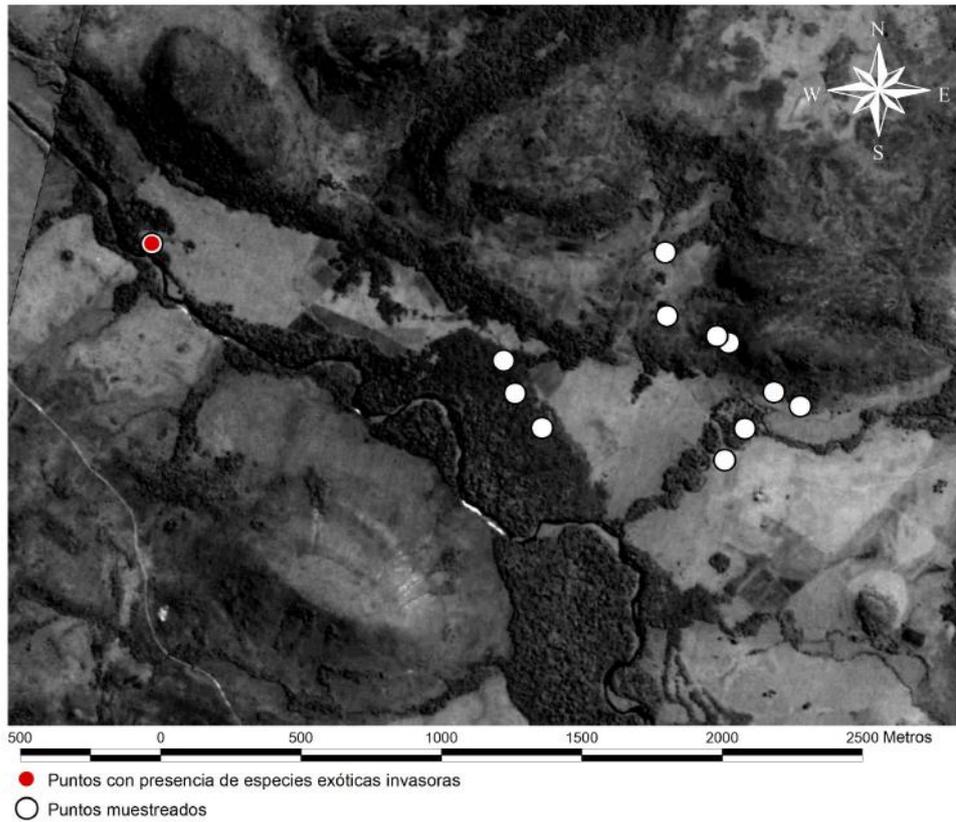
**Figura 20. Sitio 4. Imagen satelital CEBERS 2009.**



**Figura 21. Sitio 5. Imagen satelital CEBERS 2009.**



**Figura 22. Sitio 6. Imagen satelital CEBERS 2009.**



**Figura 23. Sitio 7. Imagen satelital CEBERS 2009.**



**Figura 24. Sitio 8. Fuente: Imagen satelital CEBERS 2009.**

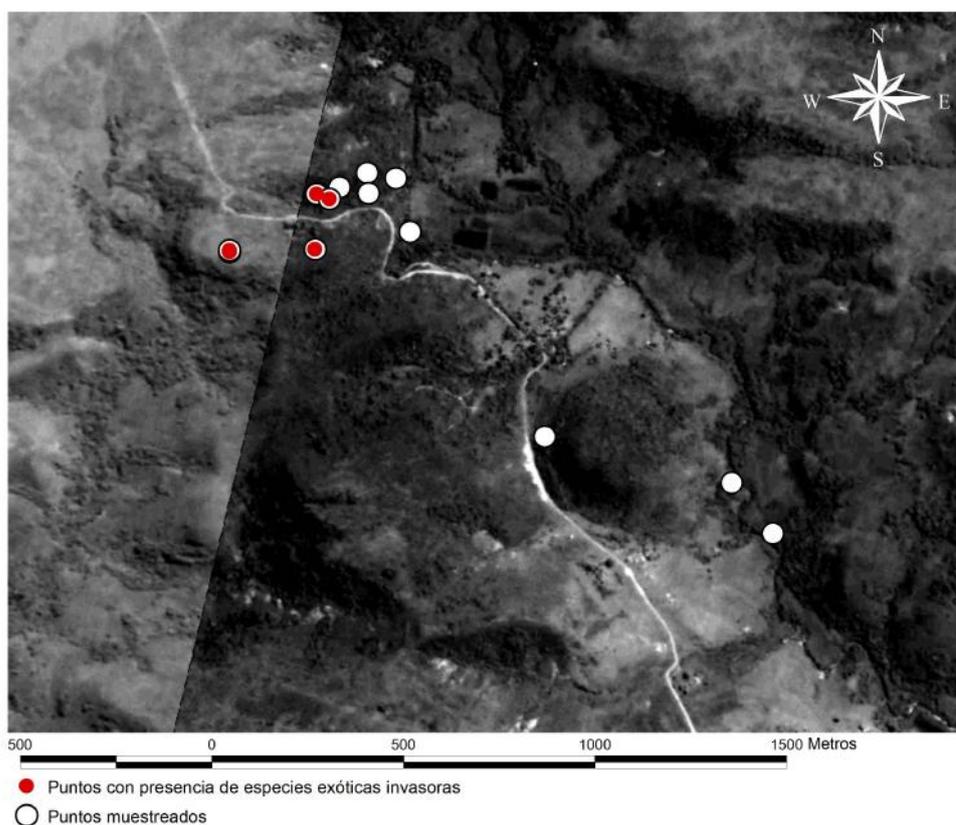


Figura 25. Sitio 9. Imagen satelital CEBERS 2009.

#### 4 7.1. Valor de importancia, frecuencia, densidad y dominancia relativa de las especies en los sitios invadidos.

Tabla 7. Importancia relativa de cada especie para el Sitio 3.

Especie	Densidad relativa	Dominancia relativa	Frecuencia relativa	Valor de importancia
<i>Allophylus edulis</i>	2	9	5	16
<i>Cinnamomun amoenum</i>	2	12	5	19
<i>Citharexylum montevidense</i>	2	0	5	7
<i>Cupania vernalis</i>	33	34	19	87
<i>Daphnosis racemosa</i>	2	0	5	7
<i>Eugenia uniflora</i>	10	14	10	34
<i>Ligustrum lucidum</i>	25	1	19	45
<i>Myrcianthes gigantea</i>	4	2	5	11
<i>Nectandra megapotamica</i>	2	0	5	7
<i>Ocotea acutifolia</i>	6	5	10	21
<i>Schinus lentiscifolia</i>	2	0	5	7
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	8	23	10	41

Densidad absoluta = 3.296 árboles /ha

Riqueza = 12

**Tabla 8. Importancia relativa de cada especie para el Sitio 4.**

Especie	Densidad relativa	Dominancia relativa	Frecuencia relativa	Valor de importancia
<i>Allophylus edulis</i>	7	3	6	16
<i>Calliandra tweediei</i>	1	0	3	5
<i>Cinnamomun amoenum</i>	3	8	3	14
<i>Daphnopsis racemosa</i>	4	0	6	10
<i>Erithrina crista-galli</i>	1	11	3	15
<i>Eugenia uniflora</i>	25	3	19	47
<i>Mircianthes cisplatensis</i>	3	0	3	6
<i>Sebastiania commersoniana</i>	3	1	6	10
<i>Myrcianthes pungens</i>	1	3	3	8
<i>Ocotea acutifolia</i>	4	40	6	51
<i>Pouteria salicifolia</i>	11	13	9	34
<i>Schinus lentiscifolia</i>	1	0	3	5
<i>Scutia buxifolia</i>	7	1	9	18
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	26	14	16	57
<i>Tripodanthus acutifolius</i>	1	0	3	5

Densidad absoluta = 2.042 árboles / ha

Riqueza = 15

**Tabla 9. Importancia relativa de cada especie para el Sitio 5.**

Especie	Densidad relativa	Dominancia relativa	Frecuencia relativa	Valor de importancia
<i>Acca sellowiana</i>	8	2	8	18
<i>Allophylus edulis</i>	8	2	12	22
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	8	1	8	17
<i>Erythrina crista-galli</i>	4	43	8	55
<i>Eugenia uniflora</i>	8	1	8	17
<i>Gleditsia triacanthos</i>	6	18	8	33
<i>Ligustrum lucidum</i>	15	15	8	38
<i>Lonicera japonica</i>	4	0	4	8
<i>Myrcianthes cisplatensis</i>	13	3	8	24
<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	2	0	4	6
<i>Scutia buxifolia</i>	2	1	4	7
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	19	13	16	48
<i>Sebastiania commersoniana</i>	2	0	4	6

Densidad absoluta = 2.924 árboles / ha

Riqueza = 13

**Tabla 10. Importancia relativa de cada especie para el Sitio 6.**

<b>Especie</b>	<b>Densidad relativa</b>	<b>Dominancia relativa</b>	<b>Frecuencia relativa</b>	<b>Valor de importancia</b>
<i>Acca sellowiana</i>	10	6	4	20
<i>Allophylus edulis</i>	18	10	10	38
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	2	0	2	4
<i>Calliandra tweediei</i>	10	1	4	15
<i>Cinnamomum amoenum</i>	16	2	2	20
<i>Citronella gongonha</i>	2	1	2	5
<i>Daphnosis racemosa</i>	8	0	4	12
<i>Eugenia uniflora</i>	28	3	14	45
<i>Gleditsia triacanthos</i>	26	46	8	80
<i>Ligustrum lucidum</i>	18	2	6	26
<i>Ligustrum sinense</i>	28	4	12	44
<i>Myrceugenia glaucescens</i>	10	1	6	17
<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	6	0	4	10
<i>Myrsine coriacea</i>	2	0	2	4
<i>Pouteria salicifolius</i>	4	3	2	9
<i>Prunus subcoriacea</i>	2	0	2	4
<i>Scutia buxifolia</i>	2	0	2	4
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	26	18	12	56
<i>Sebastiania commersoniana</i>	12	1	2	14
<i>Xylosma schroederi</i>	8	1	2	10

Densidad absoluta = 4.018 árboles / ha

Riqueza = 20

**Tabla 11. Importancia relativa de cada especie para el Sitio 8a.**

<b>Especie</b>	<b>Densidad relativa</b>	<b>Dominancia relativa</b>	<b>Frecuencia relativa</b>	<b>Valor de importancia</b>
<i>Allophylus edulis</i>	3	4	7	13
<i>Alloysia gratissima</i>	3	0	7	10
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	3	0	7	10
<i>Eugenia uniflora</i>	6	0	7	13
<i>Lithraea brasiliensis</i>	3	0	7	10
<i>Myrceugenia glaucescens</i>	3	0	7	10
<i>Ocotea accutifolia</i>	3	0	7	10
<i>Schinus longifolia</i>	8	21	7	37
<i>Scutia buxifolia</i>	3	15	7	25
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	11	16	14	42
<i>Sebastiania commersoniana</i>	56	43	21	120

Densidad absoluta = 1.356 árboles / ha

Riqueza = 11

**Tabla 12. Importancia relativa de cada especie para el Sitio 8b.**

<b>Especie</b>	<b>Densidad relativa</b>	<b>Dominancia relativa</b>	<b>Frecuencia relativa</b>	<b>Valor de importancia</b>
<i>Cephalantus glabratus</i>	6	0	6	12
<i>Erythrina crista-galli</i>	6	6	12	24
<i>Myrceugenia glaucescens</i>	11	1	6	18
<i>Myrcianthes cisplatensis</i>	8	1	6	16
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	6	0	6	12
<i>Salix alba</i>	25	74	12	110
<i>Sapium glandulosum</i>	3	6	6	14
<i>Schinus longifolia</i>	11	2	18	31
<i>Scutia buxifolia</i>	3	0	6	9
<i>Sebastiania commersoniana</i>	19	9	18	46
<i>Sebastiania schottiana</i>	3	0	6	9

Densidad absoluta = 374 árboles / ha

Riqueza = 11

**Tabla 13. Importancia relativa de cada especie para el Sitio 9a.**

<b>Especie</b>	<b>Densidad relativa</b>	<b>Dominancia relativa</b>	<b>Frecuencia relativa</b>	<b>Valor de importancia</b>
<i>Acca sellowiana</i>	3	1	4	8
<i>Allophylus edulis</i>	3	1	4	8
<i>Azara uruguayensis</i>	2	0	4	5
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	7	3	7	17
<i>Eugenia Uniflora</i>	5	1	4	10
<i>Eugenia uruguayensis</i>	2	0	4	5
<i>Gochnatia malmei</i>	5	9	4	18
<i>Lithraea brasiliensis</i>	22	68	18	108
<i>Myrcianthes cisplatensis</i>	2	0	4	5
<i>Myrsine coriacea</i>	10	3	11	24
<i>Schinus lentiscifolia</i>	5	1	7	13
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	3	1	4	8
<i>Stirax leprosum</i>	23	3	18	45
<i>Xylosma schroederi</i>	3	3	4	10
<i>Xylosma tweediana</i>	2	1	4	6
<i>Tripodanthus acutifolius</i>	3	4	4	10

Densidad absoluta = 3.129 árboles / ha

Riqueza = 16

**Tabla 14. Importancia relativa de cada especie para el Sitio 9b.**

Especie	Densidad relativa	dominancia relativa	Frecuencia relativa	Valor de importancia
<i>Acca sellowiana</i>	7	2	9	17
<i>Allophylus edulis</i>	10	4	12	26
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	13	2	9	25
<i>Ligustrum lucidum</i>	3	4	3	11
<i>Lithraea brasiliensis</i>	12	13	12	36
<i>Melia azedarach</i>	15	65	15	95
<i>Myrcianthes cisplatensis</i>	2	0	3	5
<i>Myrsine coriacea</i>	2	1	3	5
<i>Quillaja brasiliensis</i>	7	3	9	19
<i>Schinus lentiscifolia</i>	13	3	9	26
<i>Scutia buxifolia</i>	5	2	6	13
<i>Stirax leprosum</i>	12	1	9	22

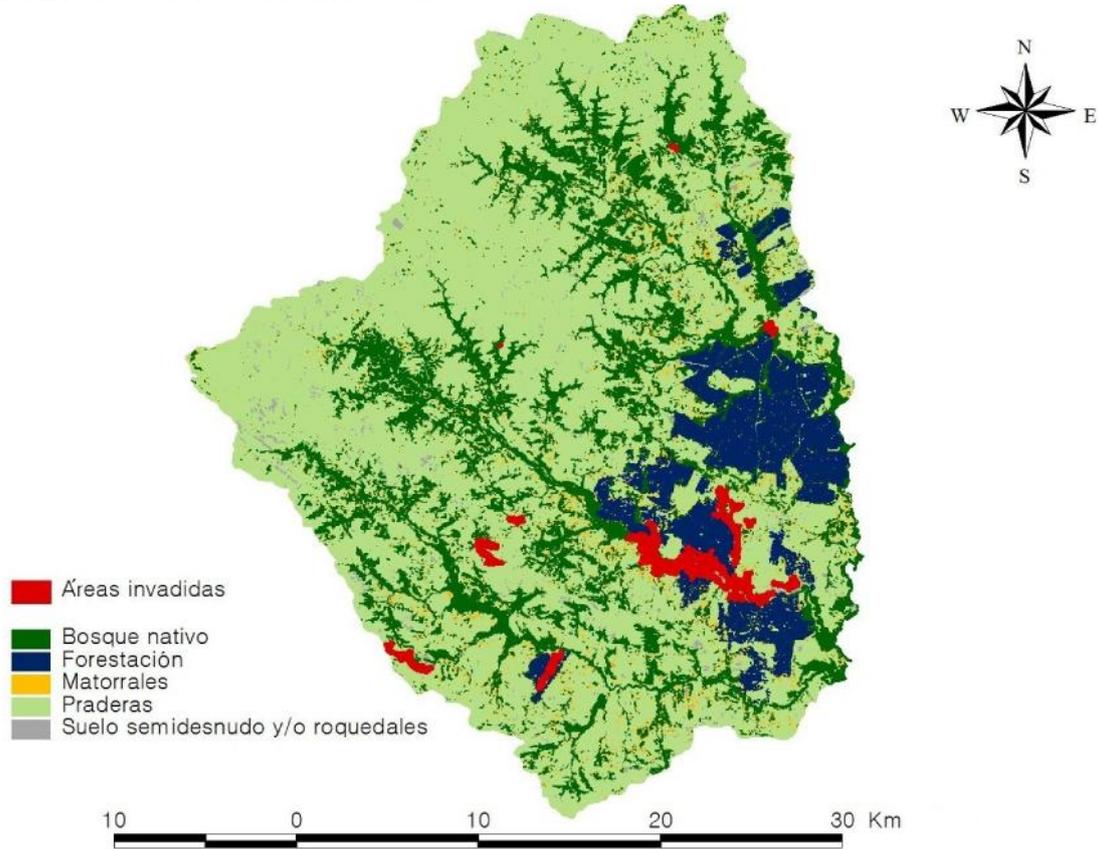
Densidad absoluta = 2.804 árboles / ha

Riqueza = 12

**Tabla 15. Síntesis de la densidad, riqueza y valor de importancia para cada sitio y de las invasoras en cada sitio.**

Sitio	Densidad	Riqueza	Valor de importancia medio	Valor de importancia invasora	Exótica invasora
<b>3</b>	3.296	12	25	45	<i>Ligustrum lucidum</i>
<b>4</b>	2.042	15	20	0	Ninguna
<b>5</b>	2.924	13	23	38	<i>Ligustrum lucidum</i>
				8	<i>Lonicera japonica</i>
<b>6</b>	4.018	20	22	26	<i>Ligustrum lucidum</i>
				44	<i>Ligustrum sinense</i>
				80	<i>Gleditsia triacanthos</i>
<b>8 a</b>	1.356	11	27	0	Ninguna
<b>8 b</b>	374	11	27	110	<i>Salix alba</i>
<b>9 a</b>	3.129	16	19	0	Ninguna
<b>9 b</b>	2.804	12	25	95	<i>Melia azedarach</i>

#### 4.8. Distribución de las invasiones



**Figura 26. Mapa de las áreas invadidas por las especies exóticas que fueron relevadas en este estudio.**

#### 4.9. Patrones espaciales de expansión de las invasiones

Se relacionaron en una tabla (tabla 16) los factores biofísicos como ser suelo y formación vegetal a los que se encuentran asociadas cada una de las especies invasoras.

La estimación del área afectada por las especies exóticas invasoras es de 879 has.

Se calculó el porcentaje del área afectada por las especies exóticas invasoras, lo que denominamos como Grado de invasividad, que fue del 1% en total, y del 5 % del total del área de los ambientes afectados, en este caso el monte ribereño y el de quebrada.

**Tabla 16. Factores biofísicos a los que se encuentran asociadas las especies exóticas invasoras en el área de estudio.**

<b>Especie invasora</b>	<b>Unidad ambiental que invade</b>	<b>Formación vegetal que invade</b>	<b>Tipos de suelos</b>
<b><i>Gleditsia triacanthos</i></b>	Monte ribereño y de quebrada	Bosques	Planicies de inundación y terrazas bajas que acompañan los cursos de agua medio y/o inferior de la cuenca. Dominan los Fluvisoles, siendo también frecuentes los Brunosoles e Inceptisoles También en suelos superficiales de basalto y/o arenisca muy consolidada y profundos de origen coluvial de texturas pesadas (origen basáltico) a arenosas (formación Tacuarembó) Litosoles, Vertisoles, Luvisoles, Acrisoles
<b><i>Ligustrum lucidum</i></b>	Monte ribereño y de quebrada	Bosques	Planicies de inundación y terrazas bajas que acompañan los cursos de agua medio y/o inferior de la cuenca. Dominan los Fluvisoles, siendo también frecuentes los Brunosoles e Inceptisoles También en suelos superficiales de basalto y/o arenisca muy consolidada y profundos de origen coluvial de texturas pesadas (origen basáltico) a arenosas (formación Tacuarembó) Litosoles, Vertisoles, Luvisoles, Acrisoles
<b><i>Ligustrum sinense</i></b>	Monte ribereño	Bosques	Planicies de inundación y terrazas bajas que acompañan los cursos de agua medio y/o inferior de la cuenca. Dominan los Fluvisoles, siendo también frecuentes los Brunosoles e Inceptisoles Acrisoles
<b><i>Salix alba</i></b>	Monte ribereño	Bosques	Planicies de inundación y terrazas bajas que acompañan los cursos de agua medio y/o inferior de la cuenca. Dominan los Fluvisoles, siendo también frecuentes los Brunosoles e Inceptisoles Acrisoles
<b><i>Melia azedarach</i></b>	Monte de quebrada	Bosques	Suelos superficiales de basalto y/o arenisca muy consolidada y profundos de origen coluvial de texturas pesadas (origen basáltico) a arenosas (formación Tacuarembó) Litosoles, Vertisoles, Luvisoles, Acrisoles
<b><i>Platanus x acerifolia</i></b>	Monte ribereño	Bosques	Planicies de inundación y terrazas bajas que acompañan los cursos de agua medio y/o inferior de la cuenca. Dominan los Fluvisoles, siendo también frecuentes los Brunosoles e Inceptisoles Acrisoles
<b><i>Lonicera japonica</i></b>	Monte ribereño	Bosques	Planicies de inundación y terrazas bajas que acompañan los cursos de agua medio y/o inferior de la cuenca. Dominan los Fluvisoles, siendo también frecuentes los Brunosoles e Inceptisoles Acrisoles

**Tabla 17. Superficie de cada unidad ambiental afectada por las especies invasoras.**

Unidad ambiental	Superficie total (ha)	Superficie afectada por las invasoras (ha)	%
Monte de quebrada	7.103	79	1
Monte ribereño	9.933	800	8
Totales	17.036	879	5

Las unidades ambientales que presentaron algún nivel de invasión fueron el Monte de Quebrada y el Monte Ribereño (Tabla 17). El Monte Ribereño presenta el mayor nivel de invasión con un 8% de su superficie invadida.

**Tabla 18. Áreas invadidas por las cuatro especies invasoras más relevantes.**

Especie	Área (ha)
<i>Ligustrum lucidum</i>	831
<i>Gleditsia triacanthos</i>	675
<i>Salix alba</i>	43
<i>Melia azedarach</i>	18

Se calculó el área total afectada por cada una de las especies que se encuentran invadiendo en extensiones significativas (tabla 18) y el área afectada por cada una de las especies en cada Unidad Ambiental (tabla 19 y figura 27).

**Tabla 19. Área invadida por las cuatro especies más relevantes en cada ambiente.**

Especies / Ambientes	Monte fluvial (ha)	Monte de quebrada (ha)
<i>Ligustrum lucidum</i>	754	77
<i>Gleditsia triacanthos</i>	664	11
<i>Salix alba</i>	43	0
<i>Melia azedarach</i>	14	4

**Tabla 20. Grado de invasividad: relación área total del ambiente invadido/ área invadida.**

Especies / Ambientes	Monte fluvial	Monte de quebrada
<i>Ligustrum lucidum</i>	8,43	1,08
<i>Gleditsia triacanthos</i>	7,48	0,15
<i>Salix alba</i>	0,50	0,00
<i>Melia azedarach</i>	0,02	0,03

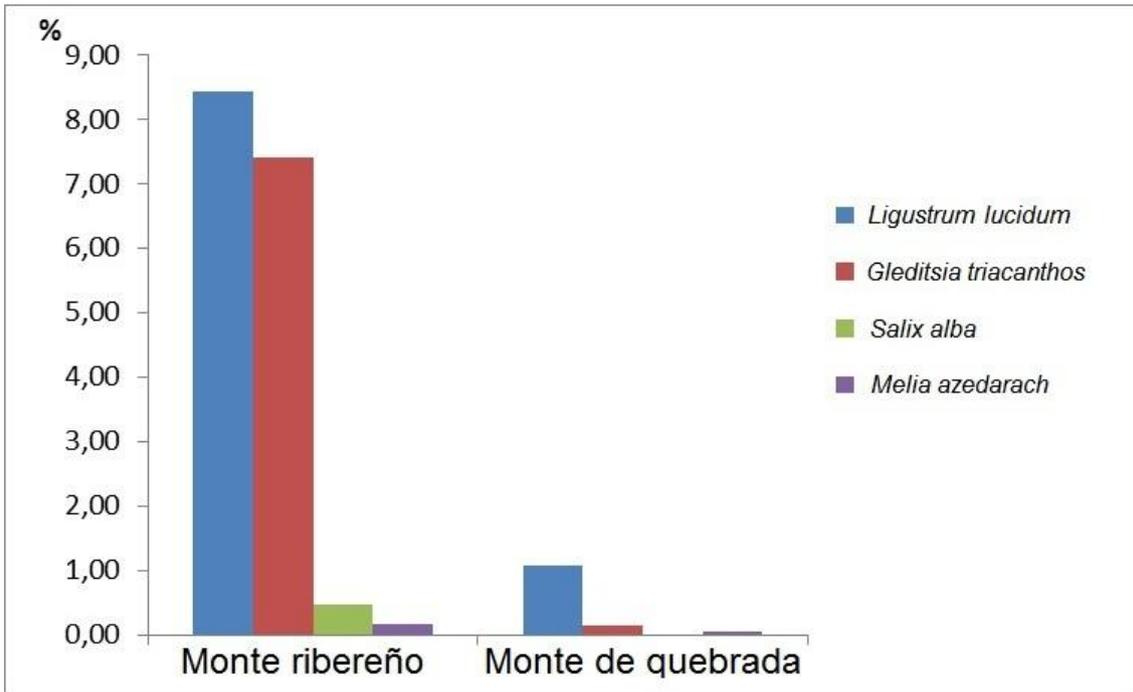


Figura 27. Porcentaje del área total del Monte ribereño y del Monte de quebrada invadidos por las cuatro principales especies presentes en la zona.

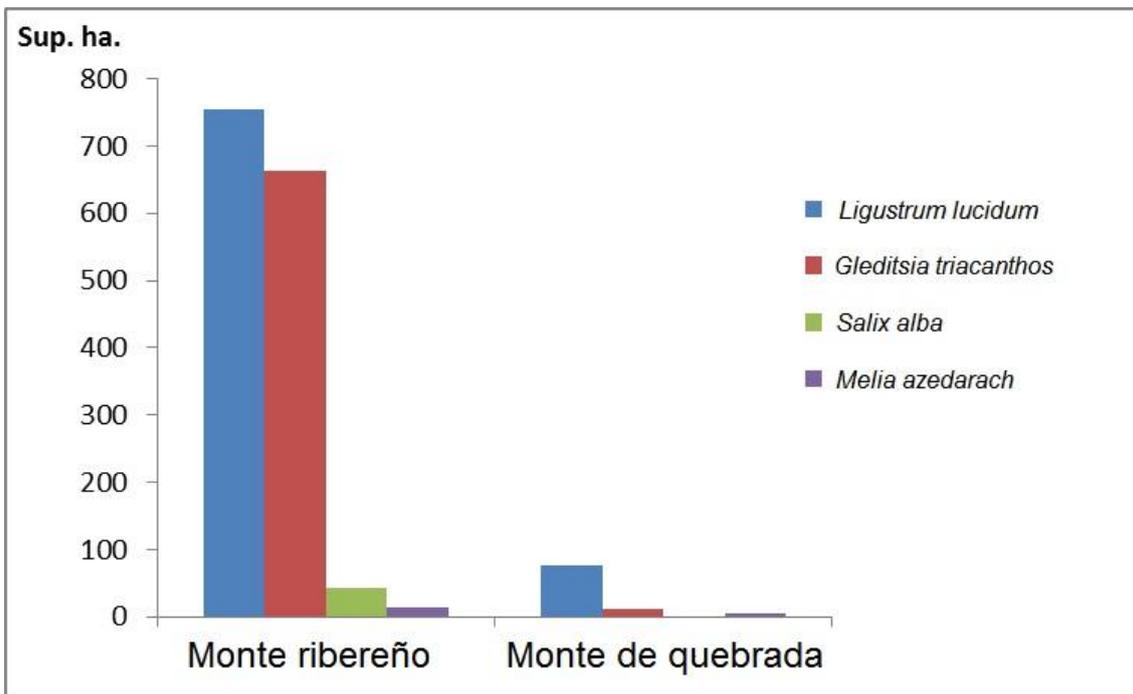
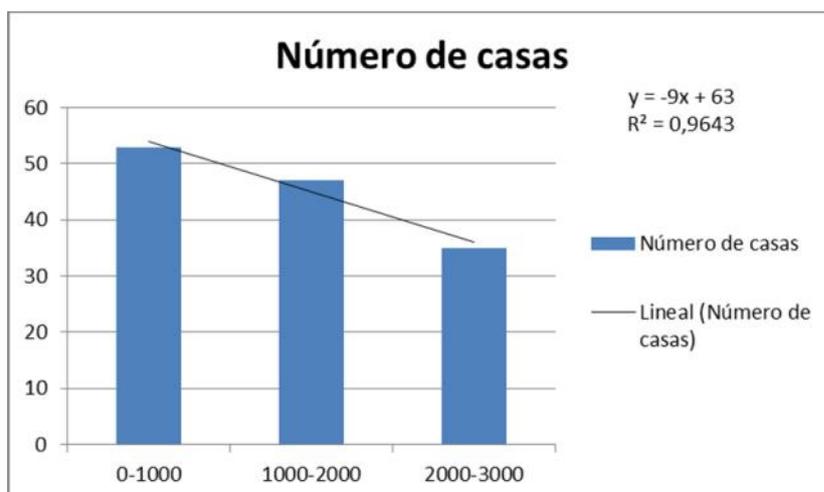


Figura 28. Superficie (ha) invadida en las Unidades Ambientales Monte ribereño y Monte de quebrada.

#### 4.10. Análisis de la relación entre los sitios invadidos y la cercanía a las casas.



**Figura 29. Distancia en metros desde las casas al sitio invadido más cercano.**

Para analizar la relación entre ambas variables (sitios invadidos y distancia a las casas), se realizó un análisis de la regresión lineal.

H0) No existe relación entre las variables

H1) Las variables son dependientes

Analizando la validación del modelo con un intervalo de confianza del 99 %.

Para la validación de la regresión se utilizó el siguiente estadístico:

$t_c = r \sqrt{\frac{(n-2)}{(1-R^2)}}$  que sigue la distribución de Student, siendo el criterio de decisión:

**si,  $t_c > t_t$  por lo tanto  $r$  es significativo, rechazo la hipótesis nula,**

**si,  $t_c < t_t$  por lo tanto  $r$  no es significativo, no rechazo la hipótesis nula** (Bizques & Dodge, 1993).

$$t_c = r \sqrt{\frac{(n-2)}{(1-R^2)}} = 5,1973$$

Análisis del modelo de Regresión.

$$t_c = r \sqrt{\frac{(n-2)}{(1-R^2)}} = 5,1973$$

$$t_t = 4,541 \text{ para un } \alpha = 0,01$$

Como  $t_c > t_t$ , entonces rechazo la hipótesis nula con un intervalos de confianza del 99% (Bizques & Dodge, 1993).

Es posible afirmar que existe dependencia entre las variables.

## 5. Discusión

### 5.1 Pertinencia de la metodología empleada

La metodología de trabajo permitió delimitar unidades ambientales que sirvieron como base para el análisis de las invasiones a nivel territorial. El trabajo en ambiente SIG permitió estimar el área total de estudio, el área y la localización de las invasiones, el grado de afectación de cada ambiente, y visualizar patrones de las invasiones.

Conocer y delimitar la extensión de los bosques y su ubicación permitió además descartar las áreas que ya habían sido inspeccionadas en las salidas de campo desde la caminería. Ganando practicidad y precisión en el diseño de muestreo.

La estratificación del territorio en diferentes unidades ambientales y tipos de vegetación habilitó la posibilidad de que se generaran puntos al azar para el muestreo dentro de las áreas de mayor interés (los bosques) y priorizar los sitios para los cuales no faltaba información. Optimizando el trabajo de campo y maximizando los recursos disponibles para llevar adelante el muestreo.

El método de muestreo por puntos elegidos al azar y la forma de relevar los árboles en cada punto fueron evaluados como una metodología adecuada para calcular densidad, frecuencia y abundancia de las especies en las formaciones boscosas.

El SIG construido constituyó una herramienta que aporta información en un formato adecuado para el diseño y seguimiento de planes de control, mitigación, evaluación de riesgos, y permite priorizar áreas para su estudio o manejo.

En este trabajo, el esfuerzo de muestreo alcanzado -72 puntos en 22.000 has de bosques más 65 Km recorridas en vehículo y 289 Km recorridos caminando- permitió evaluar, identificar invasoras e invasiones, delimitar e identificar los tipos de ambientes invadidos. Es decir a partir de este trabajo se cuenta por primera vez para las cuencas en estudio de una evaluación y localización de las invasiones de plantas exóticas leñosas en los bosques nativos. Sin embargo, para obtener resultados más concluyentes es necesario aumentar el esfuerzo de muestreo a partir de la cartografía generada en este trabajo.

## 5.2 Especies exóticas invasoras (EEI) encontradas e invasividad.

La correcta identificación de las especies exóticas es importante en dos sentidos: primeramente para saber que efectivamente son exóticas, y segundo porque las extrapolaciones basadas en las invasiones previamente documentadas son fundamentales para realizar predicciones en la ecología de la invasión (Rejmánek *et al.*, 2005).

De las especies exóticas introducidas en la zona se encontraron 8, en diferentes etapas del continuo naturalización-invasión (Richardson *et al.*, 2000), que se pueden agrupar en tres categorías:

- *Platanus x acerifolia* se encuentra naturalizada
- *Melia azedarach*, *Ligustrum sinense*, *Morus alba* y *Lonicera japonica* podríamos ubicarlas en un estado intermedio entre naturalizadas e invasoras si tenemos en cuenta que mantienen poblaciones estables pero no a gran distancia de las plantas madres introducidas.
- *Ligustrum lucidum*, *Gleditsia triacanthos*, y *Salix alba* se comportan como invasoras.

En la literatura se mencionan diferentes características o atributos biológicos que confieren capacidad invasiva a las especies leñosas (Rejmánek, 1996; Sharma, 2005). Varias de estas características fueron encontradas en las especies con comportamiento invasor. *Salix alba* presenta **modos de reproducción alternativa**, reproduciéndose vegetativamente por gajos o ramas jóvenes que caen al agua y son arrastradas por las corrientes y posteriormente enterradas por los sedimentos en algún remanso. Una **producción abundante de semillas** se observa en todas las especies, especialmente en el género *Ligustrum*, y en *Gleditsia triacanthos*. Especies exóticas que pertenecen a géneros no nativos es de esperarse que posean diferentes rasgos que las especies residentes y esto les confiere mayor **habilidad competitiva** (Sharma, 2005).

Los géneros de las EEI identificadas no están presentes en el ensamble de especies nativas. La alelopatía es la producción de toxinas por parte de algunas plantas que inhiben el crecimiento de otras (Ziller, 2005). En el caso de Ligustro se observa una

alta densidad de propágulos frente a una baja o nula presencia de regeneración de otras especies, esto puede deberse a que esta invasora produzca alguna sustancia que inhiba la germinación de las otras especies, o que tenga algún mecanismo de **simbiosis** con organismos del suelo.

Las especies invasoras consideradas globalmente siguen cierto patrón de distribución taxonómica (Daehler, 1998). Recientemente Rejmánek & Richardson (2011) también encontraron estos patrones al analizar 622 especies de árboles y arbustos invasores de todo el mundo. Los géneros de EEI encontradas en la zona están incluidos en esta lista.

Una de las más robustas generalizaciones emergentes en la invasión biológica es que la probabilidad de invasión aumenta con el tiempo desde la introducción a lo que denominaron **tiempo de residencia** (Richardson *et al.*, 2006). Si bien no se pudo precisar con exactitud el tiempo desde la introducción de las EEI se tienen relatos de que *Gleditsia triacanthos* hace más de 30 años que se encuentra en la región y Ligustro al parecer fue introducido en la misma época que se construyó la estación de trenes (hace más de un siglo). El tiempo de residencia está estrechamente ligado a la **presión de propágulos** (Rejmánek *et al.*, 2005), ya que ésta aumenta con el tiempo al aumentar el banco de propágulos. Más invadido no significa necesariamente más invasividad, la presión de propágulos tanto en el tiempo como en el espacio ha demostrado de forma convincente que puede influir en la probabilidad de invasiones. Los focos más densos de invasión fueron encontrados en las zonas con mayor densidad de casas. Si tenemos en cuenta que las EEI fueron introducidas con fines ornamentales y que actualmente son cultivadas en los jardines y zonas adyacentes a las residencias, sin duda esto debe de estar aumentando constantemente la presión de propágulos.

Las **estrategias de dispersión** determinan la dinámica de propagación potencial de una especie (Higgins *et al.*, 2003) y son esenciales para su progreso desde naturalizada a invasora (Rejmánek, 2011). Para Madre Selva, Ligustro, Ligustrina y Mora el agente de dispersión son las aves, concordando con anteriores estudios que encontraron que ésta es la estrategia prevalente (Rejmánek & Richardson, 2011). A la dispersión por las aves le sigue en frecuencia el viento (Rejmánek and Richardson, 2001), en el caso de Plátano y Sauce blanco (cuando se multiplica por semillas) las semillas son transportadas por el viento. La estrategia de *Gleditsia* es claramente ser dispersada por los animales que consumen sus chauchas (principalmente el ganado), aunque las chauchas también pueden flotar y ser transportadas por el agua.

En resumen, se observaron tres estrategias de dispersión:

- las que poseen frutos comestibles siendo dispersadas por las aves,
- las que se dispersan a través del viento y el agua por poseer frutos livianos o con pelos,
- la dispersada por el ganado que consume las chauchas o son transportadas por el agua (tal es el caso de *Gleditsia triacanthos*).

Cuando el vector de dispersión es el viento a cortas distancias o el agua se espera que las especies colonicen lugares siempre adyacentes al foco inicial de invasión, mientras que las que utilizan a las aves como vector de dispersión pueden también generar focos de invasión en bosques vecinos.

El caso de *Gleditsia triacanthos*, en donde los vectores de dispersión son el ganado y el agua, la expansión de la invasión se puede dar de los potreros en donde es consumida la chaucha a potreros donde pueda ser eventualmente trasladado el ganado, así como aguas abajo del sitio en donde comenzó la invasión.

La presencia de las especies en los bosques puede explicarse en parte por sus estrategias de dispersión. Por ejemplo las especies que son dispersadas por las aves, siempre serán sembradas en los bosques que éstas frecuentan. Las que poseen semillas que principalmente son dispersadas en las corrientes de agua crecerán espontáneamente en las márgenes de los arroyos.

### 5.3 Patrones de las invasiones y grado de invasividad

Las EEI encontradas en la zona invaden los ambientes de bosques, concretamente los bosques ribereños y de quebradas.

***Salix alba*** tiene una marcada preferencia por el ambiente monte ribereño, creciendo en las planicies de inundación que acompañan los cursos de agua. Los suelos dominantes son Fluvisoles. ***Ligustrum sinense*** fue encontrada en monte ribereño, en el sotobosque y a orillas del bosque. Los suelos dominantes asociados a este ambiente son los Fluvisoles. ***Ligustrum lucidum*** prefiere ambientes de bosques, invadiendo tanto el monte ribereño como en el monte de quebrada, encontrándose en mayor densidad y área en el primero. ***Melia azedarach*** fue encontrada en bosques de quebrada, donde predominan los suelos superficiales de basalto y/o areniscas. ***Lonicera japonica*** es una trepadora voluble que crece a orillas de los montes tanto ribereños como de quebrada, prefiere suelos húmedos, por lo que es más frecuente encontrarla invadiendo montes ribereños. Crece cubriendo las copas de los árboles, compitiendo por la luz. ***Morus alba*** también prefiere suelos húmedos y ambientes de bosques. ***Platanus x acerifolia*** crece espontáneamente a orillas de cursos de agua. ***Gleditsia triacanthos*** prefiere los bosques ribereños, sin embargo fue encontrada en montes de quebrada, lo que muestra su preferencia por suelos de planicies de inundación, pero también su tolerancia y adaptación a suelos más superficiales y con mejor drenaje.

Esta preferencia por los ambientes de bosques puede deberse a los vectores o agentes de dispersión asociados a las EEI o a características físicas del ambiente. En el caso de las semillas transportadas por las aves éstas son consumidas de ejemplares cultivados en los jardines, y transportadas luego a los ambientes de refugio: los bosques. Las aves son el vector más eficiente de dispersión a larga distancia (Rejmánek & Richardson, 2011) lo que les permite colonizar parches distantes en ambientes fragmentados.

Las variaciones en el grado y la extensión de las invasiones puede deberse al número de exóticas que llegan a la comunidad inicialmente y al número de individuos introducidos (Richardson *et al*, 2006). La presión de propágulos tanto en el espacio (por amplia difusión, extensa plantación) como en el tiempo (por una larga historia de cultivo) puede influir en la probabilidad de invasiones (Rejmánek, 2000). Los focos más densos de invasión fueron encontrados en las zonas con mayor densidad de casas. Las distancias de las casas al borde del parche de invasión más cercano mantienen una relación lineal, y es mayor el número de casas que se encuentran en una franja de 1000 m alrededor de los sitios invadidos. Lo que nos está indicando que la actividad antrópica está incidiendo en la ubicación de las invasiones.

### 5.4 Características de invasibilidad de los ambientes

Los bosques nativos son el hábitat natural de la mayoría de las especies de aves que dispersan las semillas. Las aves están entre los vectores de dispersión a larga distancia más eficientes (Vittoz & Engler, 2007). Por lo que es esperable que la acción de las aves como vector de dispersión a larga distancia sea especialmente significativo en esta región.

La hipótesis de resistencia biótica sugiere que la riqueza de especies mantiene una relación negativa con la invasibilidad de una comunidad (Richardson & Pysek, 2006). Los bosques pueden estar sufriendo un decrecimiento de la riqueza de especies nativas, debido a la fragmentación producto de la tala indiscriminada, o la quema. En general, la alteración, el enriquecimiento de nutrientes, la lenta recuperación de la vegetación residente, y la fragmentación de comunidades sucesionalmente avanzadas promueven las invasiones de plantas (Hobbs y Huenneke 1992).

Davis *et al.* (2000) sostienen que el enriquecimiento intermitente de los recursos (eutrofización) o la liberación (debido a la perturbación) aumenta la susceptibilidad de

la comunidad a las invasiones si estas situaciones coinciden con la disponibilidad de propágulos.

En general, la mayoría de los estudios se refieren a la riqueza de especies nativas e invasoras. Sin embargo la diversidad de organismos a otros niveles tróficos puede ser tan importante, si no más importante, que la riqueza de especies de plantas. Los conjuntos diversos de mutualistas como: polinizadores, dispersores de semillas, microbiota del suelo que forma simbiosis con las raíces) promoverían invasibilidad (Simberloff y Von Holle 1999; Richardson *et al.* 2000).

Cuando se introducen fuera de sus territorios nativos, las plantas son a menudo liberadas de sus enemigos, incluyendo patógenos del suelo; al mismo tiempo se pueden asociar simbiontes de las raíces beneficiosos para el crecimiento de las exóticas (Rejmánek *et al.*, 2005).

Presión de propágulos y tiempo de residencia juegan un papel crucial al analizar la invasibilidad de un hábitat. Las invasiones son el resultado de una interacción entre la compatibilidad del hábitat y la presión de propágulos (Rejmánek *et al.*, 2005). La presión de propágulos en la zona dada por el hecho de que las EEI encontradas son cultivadas en los jardines y alrededores de los establecimientos rurales y están presentes en las taperas, en donde es mayor la población de aves que las frecuentan. La clasificación de los hábitats o comunidades en "invasibles" y "no-invasibles" no puede ser absoluta en muchas situaciones. Los hábitats en los que hoy no está presente una invasora pueden ser considerados resistentes a la invasión. Sin embargo, como las poblaciones de plantas exóticas se acumulan y la presión de propágulos aumenta fuera o dentro de tales áreas, las invasiones podrían iniciarse como resultado de un evento climático o disturbio (Foster, 2001).

Otro aspecto importante es la presión de propágulos nativos, si es baja la abundancia de propágulos de especies nativas se ve afectada la función de reparación de la sucesión ecológica (Rejmánek *et al.*, 2005). Si bien no se cuantificó la presencia de plantas jóvenes en los sitios invadidos las observaciones generales indican que en estos lugares la abundancia de nativas es baja comparada con sitios no invadidos. Resultando un tema que debe ser investigado en profundidad en nuevos trabajos en la temática.

## **5.5 Factores que facilitan el ingreso y proliferación de especies invasoras**

Hay varios factores que pueden estar influyendo en los procesos de invasión. Entre ellos: el grado de alteración y degradación de los ecosistemas, la introducción y cercanía de las especies exóticas cultivadas en los establecimientos (presión de propágulos) y la existencia de condiciones climáticas favorables.

Entre los diversos intentos de unificación de los factores que pueden influir en la invasibilidad el más ampliamente aceptado ha sido la "teoría de los recursos fluctuantes", que postula que en la invasión las especies deben tener acceso a los recursos, por ejemplo: luz, nutrientes y agua, y una especie invasora tendrá más éxito en invadir una comunidad si no encuentra una intensa competencia por estos recursos (Richardson & Pysek, 2006).

Probablemente, los ambientes de monte nativo cercanos a los núcleos de población hayan sido explotados para la obtención de madera y leña, y sean actualmente ecosistemas degradados en etapas primarias de sucesión. En estas etapas existen nichos disponibles para especies con estrategias *r* de reproducción, característica que poseen las especies exóticas que se transforman en invasoras.

Como ya se mencionó anteriormente todas las especies que actualmente se encuentran invadiendo fueron introducidas como plantas ornamentales y siguen siendo cultivadas en los jardines y alrededores de los establecimientos rurales.

La vía de entrada es la misma para todas las EEI encontradas en la zona: el transporte de las especies por parte del hombre para ser cultivada con fines ornamentales.

Los vectores físicos y/o biológicos de dispersión de propágulos identificados actúan a dos escalas. A nivel de los focos iniciales de invasión se identifica la introducción de las especies con fines ornamentales como un mecanismo facilitado por el hombre, y la dispersión a larga distancia por aves como un vector que aumenta el rango de aparición de las especies.

El hecho de que el motivo de la introducción de las EEI en la zona sea el cultivo como ornamentales y de que las invasiones se localicen cercanas a las concentraciones de casas sugiere rasgos culturales que claramente no valoran a las especies autóctonas. Esto puede deberse a patrones culturales heredados de ancestros inmigrantes y/o al simple desconocimiento y, por ende, desvalorización de las especies nativas, de sus funciones ecosistémicas y de los servicios que estos dan a las poblaciones y a sus sistemas productivos.

Considerando todos los factores en conjunto, tanto las características de invasividad de las EEI encontradas como las características de invasibilidad de los ambientes se puede avanzar en la jerarquización de los factores que estarían determinando la dimensión de las invasiones en la zona. Los ambientes preferidos por las invasoras son muy similares (bosques ribereños y bosques de quebradas) y sufren iguales disturbios. Todas las EEI ingresaron como plantas ornamentales y son cultivadas como tales pero no con la misma frecuencia en todos los establecimientos, destacándose *Ligustrum lucidum* por su amplio cultivo. Si bien el tiempo de residencia no se conoce con exactitud, se supone es similar para todas las especies menos para *Gleditsia triacanthos* que según datos aportados por pobladores locales no hace más de 3 a 4 décadas que se encuentra en la zona. En este caso las EEI que están teniendo mayor impacto son *Ligustrum lucidum* y *Gleditsia triacanthos*. Se diferencian de las demás en una fuerte presión de propágulos y amplia distribución por parte de Ligustro al ser el más cultivado y un prolongado tiempo de residencia. *Gleditsia triacanthos*, sin embargo, parece ser la EEI con menor tiempo de residencia de todas diferenciándose de las demás en que la dispersión de sus semillas la realiza mayormente el ganado. En Ligustro primarían factores como la presión de propágulos y el tiempo de residencia y en *Gleditsia* características propias de la especie como es la estrategia de dispersión de semillas. Sumadas en ambos casos a una gran producción de semillas. De este análisis surge la importancia y pertinencia de realizar nuevos trabajos que aporten información sobre el tiempo de residencia de cada especie en la región, la frecuencia con que son cultivadas estas especies en los establecimientos.

Otros factores que podrían estar contribuyendo a la proliferación de las invasiones y que están poco estudiados son: la simbiosis con organismos del suelo, y la producción de sustancias alelopáticas.

## **5.6 Impactos de las invasoras en los ecosistemas**

La superficie delimitada por las tres cuencas alcanza unas 104.000 has, de las cuales 25.000 has están cubiertas por bosques.

El Monte Quebrada y el Monte Ribereño son los dos ambientes más afectados por las invasiones, y abarcan en conjunto aproximadamente 17.000 has.

De estos ambientes, un 5% (880 has) se encuentra afectado por las especies invasoras.

La identificación y delimitación de los sitios invadidos permitió mapear su distribución y determinar el grado de invasividad de cada especie.

El diseño de muestreo fue elaborado para detectar la presencia de invasoras en zonas no exploradas y para caracterizar los sitios invadidos, por lo que no permite comparar sitios entre sí.

Sin embargo, los resultados encontrados y, en especial, la variabilidad entre sitios responde principalmente a diferencias estructurales entre ellos: extensión del bosque, caudal del curso de agua, ubicación en el paisaje, geomorfología local, tipos de suelo,

drenaje. Por otra parte la presencia de determinada especie invasora parece no ser el factor determinante de la variabilidad.

A nivel de las invasiones al comparar los valores medios de importancia de cada uno de los sitios con los valores de importancia de las invasoras presentes encontramos que todas las invasoras tienen valores significativamente mayores a las medias. El caso de *Lonicera japoica*, puede deberse al hábito de crecimiento de la especie (voluble) que presenta un desproporcionado desarrollo del follaje comparado con el tallo, por lo que el mayor impacto estaría a nivel de las copas de los árboles en donde se apoya.

Las tres especies invasoras con los mayores valores de importancia en los sitios analizados son: *Salix alba*, *Melia azedarach* y *Gleditsia triacanthos*. Además muestran ser las especies más agresivas con valores que cuadruplican la media de los sitios. Esta constatación debería ser contrastada con datos del tiempo de residencia de las especies, ya que esto podría estar favoreciendo esa dominancia.

Por otra parte, *Ligustrum sinense* duplica la media del sitio 6, y este valor se debe al peso de la densidad, que es la mayor para el sitio. Esto puede deberse a que *Ligustrum sinense* es una especie arbustiva tolerante a la sombra que compete en un dosel intermedio del bosque.

Por último, *Ligustrum lucidum* muestra valores de importancia cercanos al doble del valor de la media en los Sitios 3 y 5 en donde es la única invasora arbórea presente. En el sitio 6 donde se encuentra invadiendo junto a *Ligustrum sinense* y *Gleditsia triacanthos* su valor es cercano a la media.

Para profundizar en las diferencias del comportamiento de Ligustro, y en las posibles inhibiciones de unas invasoras sobre otras sería aconsejable realizar un trabajo que integre un diseño de muestreo más exhaustivo en estos mismos sitios y en otros con situaciones similares. Este tema resulta especialmente interesante ya que no es recurrente en la bibliografía consultada.

## **5.7 Amenazas futuras**

En el área que abarcan las cuencas del Lunarejo, Laureles y Cañas se encuentran forestadas unas 9.600 has, principalmente con *Pinus*. Esta especie fue encontrada creciendo espontáneamente a orillas de las plantaciones. Según una revisión a nivel mundial de especies exóticas arbóreas y arbustivas, dentro de la familia Pinaceae, particularmente dentro del género *Pinus* encontramos 22 especies que se comportan como EEI (Rejmánek, 2011). En un estudio a nivel de las Gimnospermas se encontró que 28 de las coníferas invasoras conocidas pertenecen a una familia (Pinaceae) y 21 de ellas al género *Pinus* (Rejmánek *et al.*, 2004).

## 6. Conclusiones

La metodología de trabajo en ambiente SIG y la estratificación del territorio permiten identificar patrones y calcular la magnitud de las invasiones.

La identificación de las especies exóticas presentes en una región permite saber cuáles especies no pertenecen al ensamble natural y habilita a la realización de predicciones basadas en otras invasiones previamente documentadas.

En las EEI encontradas se observan varias características o atributos biológicos que les confieren su capacidad invasora. Modos de reproducción vegetativa en *Salix alba*, producción abundante de semillas se observa en todas las especies, especialmente en el género *Ligustrum*, y en *Gleditsia triacanthos*. Todas las EEI pertenecen a géneros no nativos, lo que les confiere cierta habilidad competitiva.

La estrategia de dispersión más común es la zoocoría por aves, seguida de la dispersión por el viento. Estos datos concuerdan con los patrones a nivel mundial y le permite a las especies en el caso de la zoocoría por aves una dispersión a larga distancia colonizando paisajes fragmentados.

Entre las características de invasibilidad de los ambientes se destacan:

- Los bosques nativos son el hábitat natural de las especies de aves que dispersan las semillas.
- Los bosques pueden estar sufriendo un decrecimiento de la riqueza de especies nativas, debido a la fragmentación producto de la tala indiscriminada, o la quema.
- Presión de propágulos generada por la continua introducción y cultivo de las EEI con fines ornamentales y el tiempo de residencia considerable en la zona.

Entre los factores que pueden estar influyendo en los procesos invasivos se destacan:

- La cercanía a las fuentes de propágulos.
- Un mecanismo de introducción facilitado por el hombre y un vector de dispersión a larga distancia muy eficiente, las aves.

Los ambientes preferenciales de las leñosas invasoras son los bosques, principalmente los bosques ribereños y de quebradas. Se estima que actualmente un 5 % del área total de los mismos se encuentra afectada. Esta realidad indica que la erradicación de las invasiones en esta región no solo es posible sino también una medida de conservación de la biodiversidad de alta prioridad.

Al analizar los factores que pueden estar causando las invasiones y en particular, el caso de las dos especies que causan un mayor impacto en la zona primariamente se puede afirmar que en *Ligustrum* los principales factores serían la presión de propágulos y el tiempo de residencia. En *Gleditsia triacanthos* las características propias de la especie como es la estrategia de dispersión de semillas. También se considera importante la necesidad de contar con datos y estudios que aporten información acerca de los tiempos de residencia y la frecuencia con que son cultivadas las exóticas en los jardines y establecimientos rurales.

## 7. Recomendaciones

Sería recomendable un mayor esfuerzo de muestreo en los sitios invadidos, relevando más puntos, lo cual permitiría estimar con mayor exactitud la densidad de las especies

invasoras y del resto de las especies nativas presentes en cada comunidad. En esta oportunidad para realizar el diseño de muestreo se tuvieron en cuenta la totalidad de los bosques, a futuro se podrían concentrar los esfuerzos en las 880 has de bosques que se encuentran afectadas actualmente por las especies exóticas invasoras. Esto permitiría continuar avanzando y profundizando en el estado actual y las tendencias de las invasiones en la zona.

Realizar estudios históricos y culturales acerca de la introducción y el uso de las especies invasoras en la región. Así como estudios más profundos para conocer el papel de las aves en la dispersión de las especies exóticas invasoras.

Prestar especial atención a las plantaciones forestales de *Pinus*, ya que las especies utilizadas (*Pinus taeda* y *Pinus elliottii*), se están comportando como invasoras en regiones vecinas. Y en el área de estudio se las encontró creciendo espontáneamente en los bordes de las plantaciones.

Implementar planes de control y monitoreo de las especies invasoras con un diseño territorial. Controlando primero los pequeños focos y observando los procesos de sucesión posteriores.

Darle mayor difusión al problema de las especies exóticas invasoras entre la población local. Abordando el tema desde el conocimiento y valoración del ecosistema monte nativo y los beneficios de su conservación.

Concientizar acerca de la importancia del uso de especies arbóreas nativas como ornamentales, para sombra, como cortina para el viento, entre otros.

## 8. Bibliografía

Achkar, M., Cayssials, R., Domínguez, A., Pesce, F. 2004. Hacia un Uruguay sustentable. Gestión integrada de cuencas hidrográficas. Ed. Redes, Montevideo. 64 pp.

Bizques, D. Dodge, Y. 1993. Alternative Methods of Regression. John Wiley & Sons, Inc.

Bonifacino, M., Rodríguez-Mazzini, R, C. Prigioni. 2004 Caracterización ambiental primaria de la cuenca del Arroyo Laureles. Tacuarembó, Uruguay. CLAEH-IMT-PNUD. 46 pp.

Caballero, N. 2006. Inventario del Sistema Ambiental de la Cuenca del Arroyo Laureles. Informe de pasantía. Tecnicatura en Gestión de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. Facultad de Ciencias: UDELAR. 45 pp.

Convención sobre la diversidad Biologica. 1992. (<http://www.biodiv.org>).

García, L. 2002. Evaluación del Potencial Ecoturístico de la cuenca del Arroyo Laureles, Tacuarembó-Uruguay. PNUD/Uruguay.

García, L., Fross, D. 2004. Ecoturismo: La revalorización de lo Local en un Mundo Global. La experiencia de las Quebradas del Laureles. Grupo de desarrollo Quebradas del Laureles. CLAEH-Regional Noreste. PNUD/Uruguay.

Gudynas, E. y G. Evia. 2000. Ecología del Paisaje en Uruguay. Aspectos para la conservación de la diversidad biológica. DINAMA/Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente (Eds). Montevideo.

Binggeli, P. 2000. The human dimensions of invasive woody plants. The great reshuffling. Human Dimensions of Invasive Alien Species. Edited by Jaffrey A. McNeely. IUCN.

Brussa, C., Grela, I. 2007. Flora arbórea del Uruguay. Con énfasis en las especies de Rivera y Tacuarembó. COFUSA. Rivera, Uruguay. 544 pp.

Cracco, P., Muñoz, J., Ross, P. 1993. Flora indígena del Uruguay. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo.

Daehler, C.C. 1998. The taxonomic distribution of invasive angiosperm plants: ecological insights and comparison to agricultural weeds. *Biological Conservation*, 84: 167-180.

Facon, B., Genton, B.J., Shykoff, J., Jarne, P., Estoup, A. & David, P. 2006. A general eco-evolutionary framework for understanding bioinvasions. *Trends in Ecology & Evolution* 26:183–192.

Forcella, E. & Wood, J.T. 1984. Colonization potentials of alien weeds are related to their native distributions: Implications for plant quarantine. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science* 50: 36–40.

Foster, B.L. 2001. Constrains on colonization and species richness along a grassland productivity gradient: the role of propagule availability. *Ecology Letters*. 4: 530–535.

Hobbs, R.J. & Huenneke, L.F. 1992. Disturbance, diversity and invasion: implications for conservation. *Conservation Biology* 6: 324–337.

Hobbs, R. & Humphries, S. 1995. An Integrated Approach to the Ecology and Management of Plant Invasions. *Conservation Biology*. 9:761-770.

IBGE, 1992. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Serie Manuais Técnicos em Geociencias. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro.

Mack, R. N. 2000, Assesing the extend, status and dynamism of plant invasions: current and emerging approaches, en mooney, H.A. Y Hobbs, H.a. (editores), *Invasive Species in a Changing World*, Island Press, Washington D.C.

McNeely, J.A., Mooney, H.A., Neville, L.E., Schei, P., y J.K. Waage. 2001. Estrategia mundial sobre especies exóticas invasoras, UICN Gland (Suiza) y Cambridge (Reino Unido). 55 pp.

Mitchell, K. 2007. Quantitative Analysis by the Point-Centered Quarter Method. Department of Mathematics and Computer Science. Hobart and William Smith Colleges. Geneva. NY.

Martino, A. 2006. Especies Exóticas invasoras. Propuestas para la estrategia a nivel del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Serie documentos de trabajo N° 8. SNAP. DINAMA.

MGAP, Dirección de Suelos y Fertilizantes. 1979. Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay. Tomo I, Clasificación de Suelos. Ed. IGM, Montevideo-Uruguay.

MGAP-DGRNR. 1994. Grupos de Suelos CONEAT. Índices de productividad. MGAP. Montevideo.

MVOTMA/CID. 2000. Plan Director. Parque Natural Regional Valle del Lunarejo. Montevideo.

MVOTMA, Dirección Nacional de Medio Ambiente, SNAP.2009. Propuesta de Proyecto de creación y delimitación de un área protegida en las cuencas de los arroyos Laureles y de las Cañas para su incorporación al Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

Lodge, D. 1993. Biological Invasions: Lessons for Ecology. 8: 14-15.

Lonsdale, W. 1999. Global Patterns of Plant Invasions and the concept of Invasibility. *Ecology*. 80: 1522-1536

Ojasti, J. 2000 .Manejo de Fauna Silvestre Neotropical. F.Dallmeier (ed.). SIMAB.5.Smithsonian Institution/MAB Program, Washington, D.C. Shutherland, W. 1999. Ecological Census Techniques, a Handbook. University of Cambridge. United Kingdom.

Rejmánek, M. 2000. Invasive plants: approaches and predictions. *Austral. Ecology* 25: 497-506

Rejmánek, M. Richardson, D. M. and P. Pyšek. 2005. Plant invasions and invasibility of plant communities En: E. van der Maarel, ed. *Vegetation ecology*, pp. 332–355. Blackwell, Oxford.

Rejmánek, M., Richardson, D.M., Higgins, S.I. Pitcairn, M.J. y E. Grotkopp. 2005. Ecology of invasive plants: state of the art. Mooney, H.A., Mack, R.M, McNeely, J.A., Neville, L., Schei, P. and Waage, J., editors. Invasive alien species: searching for solutions, Washington, DC: Island Press.

Rejmánek, M. & Richardson, D. 2011. Trees and shrubs as invasive alien species – a global review. *Diversity and Distributions*, 17: 788-809.

Rejmánek, M. 2011. Invasiveness. *Encyclopedia of biological invasions* (ed. by D. Simberloff and M. Rejmánek), pp. 379–385, University of California Press, Berkeley.

Rejmánek, M., Richardson, D.M. 1996. What attributes make some plant species more invasive? *Ecology*, 77: 1655-1662.

Richardson, D.M., Allsopp, N., D'Antonio, C.M., Milton, S.J. & Rejmánek, M. 2000 Plant invasions – the role of mutualisms. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 75: 65–93.

Richardson, D.M. y P. Pysek. 2006. Plant invasions: merging the concepts of species invasiveness and community invisibility. *Progress in Physical Geography* 30:409–431.

Sharma, G.P, Singh, J.S, Raghubanshi, A.S. 2005. Plant invasions: Emerging trends and future implications. *Current Science*, Vol.88, No.5, 10 March 2005. Department of Botany, Banaras Hindu University, Varanasi – India.

Sganga, J. C. 1994. Caracterización de la Vegetación de la R.O.U. En: *Contribución de los estudios edafológicos al conocimientos de la vegetación en la República Oriental del Uruguay*. Boletín Técnico N°13, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.

Smith, T., Higgins, S., Richardson, M., Cowling, R. 1999. Predicting the Landscape Scale Distribution of Alien Plants and Their Threat to Plant Diversity. *Conservation Biology* 13:303–313.

Vittoz, P. & Engler, R. 2007 Seed dispersal distances: a typology based on dispersal modes and plant traits. *Botánica Helvetica*, 117: 109–124.

Westbrooks, R. 1998. Invasive plants: changing the landscape of America. Fact book. Washington, DC: Federal Interagency Committee for the Management of Noxious and Exotic Weeds.

Wittenberg, R. & Cock, M. 2001. Invasive Alien Species: A Toolkit for Best Prevention and Management Practices. Global Invasive Species Programme (GISP)

Ziller, S.R. 2005. Especies exóticas da flora invasoras em unidades de conservacao. Acoes para valorizacao da biodiversidade. ed. Daphine de Oliveira Mattos. Instituto Ambiental do Paraná.