

**Maestría en Ciencias ambientales**

Tesis presentada por:

**Lic. Ana Laura Martino Carretta**

**LA EXPANSIÓN DE  
Ligustrum lucidum W T AITON.  
EN LA CUENCA MEDIA DEL  
RÍO SANTA LUCÍA (URUGUAY).  
ACCIÓN DEL CLIMA EN EL RECLUTAMIENTO**

Orientador:

**Dr. Carlos Céspedes Payret**



Montevideo, Uruguay  
Diciembre 2012

**Maestría en Ciencias ambientales**

Tesis presentada por:

**Lic. Ana Laura Martino Carretta**

**LA EXPANSIÓN DE  
Ligustrum lucidum W T AITON.  
EN LA CUENCA MEDIA DEL  
RÍO SANTA LUCÍA (URUGUAY).  
ACCIÓN DEL CLIMA EN EL RECLUTAMIENTO**

Orientador:

**Dr. Carlos Céspedes Payret**



Montevideo, Uruguay  
Diciembre 2012

Dedicado a:  
mis padres,  
mis hermanos,  
mi sobrina Sofía  
mi abuela Aída,  
muy especialmente a mi querido hijo Luciano,  
(quien me inspira a imaginar y hacer  
por el mejor presente y futuro posible)  
y al equipo de docentes fundadores de la Maestría

*Es más fácil desintegrar un átomo que un prejuicio.*

Albert Einstein

## AGRADECIMIENTOS

A Carlos Céspedes, mi tutor, por sus implacables aportes teóricos por enseñarme el verdadero significado de la teoría de sistemas; he incorporado nuevas formas de analizar los procesos ecosistémicos y en especial un nuevo enfoque del tema “invasiones biológicas”. Gracias por tu confianza y apoyo incondicional!

A Gustavo Piñeiro, mi cotutor de hecho, por los modelos, la estadística. Los intercambios entre los tres han sido absolutamente trascendentes.

A queridos docentes, compañeros, familia y amigos que me acompañaron en los muestreos, Alejandro Brazeiro, Mario Piaggio, Beatriz Sosa, César Fagúndez, Alejandro Olmos, Carlos, Martino, Leonardo Martino y Olga Carretta y a lugares del bosque ribereño los cuales solo se accede por agua: Daniel Panario, Carlos Céspedes.

A la Dirección Forestal, especialmente a Juan Pablo Nebel y funcionarios, por el gran aporte logístico para recorrer el área de estudio y especialmente para la obtención de las muestras de madera para la datación de los árboles.

A Hugo Inda y Laura del Puerto, del Laboratorio de Estudios del Cuaternario por transmitirme sus técnicas de dendrocronología y por trabajar a la par conmigo en la preparación de decenas de láminas de madera; fueron largas jornadas de trabajo y charlas inolvidables; logramos comprender la estructura de los anillos de crecimiento.

A compañeros de Facultad de Ingeniería, Elizabeth González y Gabriel Cazes y de la Dirección Nac. De Meteorología, Mario Bidegain, por sus aportes en los aspectos hidrológicos y climatológicos.

A mis compañeros de DINAGUA, Javier Algorta, Rodolfo Chao, Gimena Bentos, y de OSE–Aguas Corrientes, Pepe Langone, por el aporte de datos y ayuda para la comprensión de los aspectos hidrológicos del Río Santa Lucía.

A todos en el piso 11 de Facultad y especialmente a Ofelia Gutiérrez, por mostrarme el clima en “colores”, con ese software de la NASA, y por la edición final de mi trabajo.

A Miguel, por el apoyo y porque también viste no solo el nacimiento de esta investigación sino los minutos finales.

A mi familia toda, especialmente mis padres y hermanos y a los amigos.

A mi hijo querido, Luciano, gracias por comprender que debía terminar esta etapa. Lo hice especialmente por y para ti. Aquí está el trabajo cumplido.

Y porque después de todo uno es, gracias a todos los que nos rodean...

GRACIAS A TODOS!

## RESUMEN

La presencia de *Ligustrum lucidum* en gran parte de la cuenca del Río Santa Lucía es un hecho constatable a simple vista desde hace varias décadas. Sin embargo, no existen registros conocidos de cuándo realmente comenzó su expansión masiva y de este modo poder identificar los factores que la impulsaron. A nivel mundial, este tipo de fenómeno ha sido genéricamente tratado como “invasiones biológicas”. Desde este enfoque, la aproximación en torno a la multiplicidad de factores identificados en los antecedentes, como potencialmente promotores de la invasión, determinarían que el incremento de sus poblaciones fuera constante, es decir, continuo en el tiempo y en el espacio. Ello estimuló a realizar una investigación en el bosque ribereño de la cuenca media de este río, ubicada al sur de Uruguay (latitud 34°S), de clima templado y de marcados contrastes estacionales, clasificado como *Cfa*, (Koeppen, 1935). La investigación se propuso como objetivos: 1) estimar la estructura etaria de la población, mediante análisis dendrocronológico, y 2) analizar variaciones climáticas a escala regional/local y su posible relación con el reclutamiento de ligustro. Los resultados obtenidos muestran que el reclutamiento masivo de individuos en el área de estudio ocurrió en al menos dos momentos a partir de la década de 1970. El hallazgo de pulsos o saltos en las edades de los ejemplares, llevó a suponer que los factores que inducen a su propagación, son también discontinuos o en pulsos. Con los datos climáticos disponibles en Uruguay, se analiza una posible relación entre años de anomalías de precipitación de meses cálidos y los pulsos de reclutamiento. Estas anomalías están asociadas a un déficit hídrico por debajo de su valor medio, junto a un aumento de los días de lluvia. Sin embargo, estos datos no permiten precisar si estas anomalías son las directamente involucradas en el control de la expansión, o por el contrario, variables como la humedad atmosférica en el sistema. En consecuencia, es necesario generar datos hidrometeorológicos a escala local, como insumo esencial de futuras investigaciones.

**Palabras claves:** *Ligustrum lucidum*, dendrocronología, bosque ribereño, variación hidroclimática, invasora.

## TABLA DE CONTENIDO

<b><i>Agradecimientos</i></b> .....	<b><i>i</i></b>
<b><i>Resumen</i></b> .....	<b><i>ii</i></b>
<b>TABLA DE CONTENIDO</b> .....	<b>1</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>2</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
Marco teórico.....	4
<i>Ligustrum lucidum</i> en el bosque ribereño .....	8
Justificación.....	12
Preguntas a responder .....	13
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
Objetivo general .....	14
Objetivos específicos.....	14
<b>3 MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>15</b>
3.1 Descripción del área de estudio.....	15
3.2 Materiales .....	19
3.3 Métodos .....	21
Determinación de edades y sus frecuencias .....	21
a. Determinación de las edades en base a los anillos de crecimiento. ....	22
b. Construcción de un modelo de asociación de edad y diámetro. ....	23
c. Determinación de la distribución de edades estimadas.....	24
Distribución de edades y variables climáticas.....	24
a. Relación con eventos ENSO .....	24
b. Relación con datos hidroclimáticos de escala regional/local.....	25
c. Relación con anomalías climáticas (P y T) mediante el reanálisis del modelo NCEP/NCAR.....	25
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>27</b>
a. Determinación de las edades en base a los anillos de crecimiento .....	27
b. Construcción de un modelo de asociación de edad y diámetro. ....	28
c. Determinación de la distribución de edades estimadas.....	29
<b>5 DISCUSIÓN</b> .....	<b>42</b>
<b>6 CONCLUSIONES</b> .....	<b>47</b>
<b>7 PERSPECTIVAS</b> .....	<b>48</b>
<b>8 BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>49</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clima tropical húmedo global. Clasificación de Koeppen: Cfa y Cwa .....	11
Figura 2. Ubicación del área de estudio, al sur de Uruguay.....	15
Figura 3. Vista panorámica del entorno del área de estudio.....	16
Figura 4. Ubicación del área de estudio (entorno a Pase Pache) .....	16
Figura 5. Mapa de los límites de la cuenca del río Santa Lucia y las subcuencas. ....	17
Figura 6. Vista general del bosque ribereño entre Ruta Nac. Nº 5 vieja y nueva .....	18
Figura 7. Imagen en pantalla de la página de la NOAA.....	26
Figura 8. Microfotografías del estudio dendrocronológico. ....	27
Figura. 9 Diagrama de caja; distribución de edades y diámetros. ....	28
Figura 10. Modelo de regresión y el análisis de los residuos.....	29
Figura 11. Frecuencia de individuos reclutados por año. ....	30
Figura 12. Expansión incipiente de ligustro (foto aérea de 1966, SGM).. ....	30
Figura 13. Índice el Niño y el reclutamiento. ....	31
Figura 14. Precipitación anual de las últimas cinco décadas .....	32
Figura 15. Temperatura anual de las últimas cinco décadas. ....	32
Figura 16.. Histograma de reclutamiento de ligustro y anomalías de precipitación anual estandarizada. ....	33
Figura 17.. Tendencia decreciente de los niveles máximos del río Santa Lucia (Aguas Corrientes).....	33
Figura 18.. Rclutamiento bajo y alto y relaciones con precipitación primavera.....	35
Figura 19.. En ambos años las temperaturas medias de primaveras son superiores a la media.....	36

Figura 20. Anomalías de temperatura de primavera y verano 1988/89. Fase fría del Fenómeno ENSO (Evento La Niña).....	37
Figura 21. Comparación de anomalías de precipitación. Primaveras 1995 y 1996. ....	37
Figura 22. Comparación de anomalías de temperatura. Primaveras 1995 y 1996.....	38
Figura 23. Comparación de anomalías de precipitación. Veranos 1995/96 y 1996/97.	38
Figura 24.. Comparación de anomalías de temperatura. Veranos 1995/96 y 1996/97.	39
Figura 25.. Comparación de anomalías de precipitaciones. Primaveras 1996 y 1997... ..	39
Figura 26.. Comparación de anomalías de temperatura. Primaveras 1996 y 1997.....	40
Figura 27.. Comparación de anomalías de precipitaciones. Veranos 1996/97 y 1997/98. .....	40
Figura 28.. Comparación de anomalías de temperaturas. Veranos 1996/97 y 1997/98. .....	41
Figura 29. Eventos ENSO El Niño-La Niña en las últimas tres décadas. Obsérvese el rango de los desvíos (+/-) en torno al valor medio (05/-05).....	43
Figura 30. Representación gráfica del Índice multivariado ENSO para el periodo 1950-2010: El Niño (rojo) y La Niña (azul).	



# 1 INTRODUCCIÓN

## MARCO TEÓRICO

Las especies exóticas arbóreas consideradas “*invasoras*”, han sido objeto de múltiples estudios a nivel mundial (Elton 1958, Baker 1974, Baker 1986, Binggeli 1996, Cronk & Fuller 1995, Rejmanek 1996, Richardson 2000, Davis 2000).

Este fenómeno ha sido tratado genéricamente como “*invasiones biológicas*”. En su mayoría, los estudios al respecto han sido orientados a identificar variables con potencial predictivo del riesgo de invasión. Estas variables pueden ser reagrupadas en aquellas vinculadas a la susceptibilidad de un hábitat a la invasión (invasibilidad) y las vinculadas a las estrategias propias de la nueva especie (invasividad) (Richardson, 2000).

En los últimos tiempos, el énfasis ha sido puesto en la fluctuación de los recursos. En este sentido, los autores son coincidentes en que un factor capaz de incrementar la disponibilidad de recursos limitantes (luz, nutrientes, agua), ha de incrementar también la vulnerabilidad de la comunidad a la invasión. En consecuencia, la mayor o menor susceptibilidad de esta comunidad, no es un atributo estático o permanente, sino una condición que fluctúa con el tiempo (Davis *et al.*, 2000). El alto nivel de perturbación de un número importante de ecosistemas arbóreos, conduce a suponer que el incremento en la disponibilidad de recursos, estaría entonces perpetuando la susceptibilidad de los bosques a ser invadidos. No obstante, existirían otros factores extrínsecos a la “*invasora*” y al “*invadido*” (Richardson, 2000), que podrían actuar finalmente como variables determinantes (o forzantes) de los procesos de invasión.

A pesar de la multiplicidad de aportes y puntos de vista, es poco aún lo que se ha avanzado en la comprensión de cuáles son las forzantes que finalmente determinan su ingreso y particularmente, su expansión masiva en un ecosistema ajeno a su área de dispersión natural. Quizás, esto pueda responder a que tales estudios han sido fundamentalmente centrados en aspectos tales como estrategias reproductivas y adaptativas de las invasoras o como el nivel de perturbación del ecosistema afectado.

Sin embargo, cualquiera sean los aspectos enfatizados en este sentido, éstos no han sido aún suficientes para explicar el avance de estas especies (Davis 2011). De hecho, si las condiciones habitualmente señaladas en los antecedentes como facilitadoras de la invasión constituyen la constante, es de esperar entonces que su incremento, tanto espacial como temporal, tienda a ser continuo.

### **Antecedentes**

El estudio de las invasiones biológicas comienza con Elton en el año 1958, con el primer libro sobre el tema, *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*, en el cual expone efectos “devastadores” de las especies “invasoras” sobre los ecosistemas. Desde entonces, y en particular las investigaciones referidas a las invasiones arbóreas de ecosistemas nativos por especies exóticas son muy abundantes, particularmente, a partir de la década de 1980. Ello ha permitido avanzar en muchos aspectos, fundamentalmente, en aquellos relacionados con las estrategias de cada especie que determinan el éxito de una invasión, las propiedades de un ecosistema que condicionan la mayor o menor susceptibilidad a la invasión, los mecanismos de transporte e ingreso de un organismo a un nuevo ambiente, entre otros. Es decir, en este razonamiento subyace la idea, por demás extendida, que las comunidades ricas en especies son menos invasibles porque los nichos vacantes son menos abundantes (Elton 1958).

El interés de una mayoría de investigaciones sobre invasoras, deviene por sus consecuencias potencialmente graves para los sistemas ecológico, económico y social (Heywood, 1989; Rapaport, 1996; Williamson, 1999; Sala et al., 2000). Además, por constituir un fenómeno de escala global (e.g. Lozon y Maclsaac, 1997; Quentin y Fuller, 2001), dado que redundo en un aumento de la susceptibilidad del ecosistema a las invasiones y por sus efectos sobre la biodiversidad (e.g. Groves y Burdon, 1986; Mooney y Drake, 1986; Drake et al., 1989; Soulé, 1990; Williamson, 1996, 1999). Estos efectos sobre la estructura de las comunidades nativas pueden ser directos, al producir el desplazamiento de una o más especies, o indirectos, al cambiar uno o más atributos del hábitat.

Algunos autores han propuesto modelos globales para predecir el grado de la susceptibilidad a las invasiones. Estos van desde aquellos que comparan la similitud entre las condiciones microclimáticas nativas y las nuevas condiciones (Cronk and Fuller, 1995; Crawley et al, 1997), hasta aquellos que intentan predecir la invasibilidad de un nuevo hábitat (Scott and Panetta, 1993; Crawley et al., 1997; Reichard y Hamilton, 1997). No obstante, estos trabajos tienen una capacidad predictiva limitada por muchas razones. Por un lado, están aquellos cuya escala de estudio es tan amplia como todo el planeta (Binggeli, 1996) o como un continente (Reichard y Hamilton, 1997). O sino, por ejemplo, aquellos que estudian malezas e mezclan sistemas agrícolas con sistemas naturales (Newsome y Noble, 1986; Williamson y Fitter, 1996a). Por otro lado, hay que considerar que la mayoría de los estudios no han tratado de forma separada las especies introducidas invasoras y aquellas no invasoras (Crawley et al., 1997; Smith y Knapp, 2001). Los intentos más exitosos en predecir la invasividad, en base a atributos de la especie, han sido reducidos a unos pocos géneros (Rejmánek y Richardson, 1996; Grottkopp et al., 2002).

En definitiva, se observa en los antecedentes la ausencia de conocimientos claros, que aún haga posible predecir la invasividad (Williamson y Fitter, 1996b; Richardson, 2000).

La diferencia de enfoques entre los autores, en general, no implica grandes contrastes, por lo que primaría las coincidencias, más que los disensos (Crawley 1987; Lonsdale, 1989; Thompson 1991; Williamson, 1996). Así, una mayoría de estos autores coinciden con Richardson (2000) en que, entre las variables con mayor poder predictivo para estimar la invasión de un ecosistema, están: 1) el número de propágulos que llegan al nuevo ambiente (presión de propágulo); 2) las estrategias de invasividad de la nueva especie; y 3) la susceptibilidad del ambiente a la invasión (invasibilidad).

Davis et al. (2000) han propuesto una teoría general de la invasibilidad en comunidades de plantas, en la cual el factor clave de control es la fluctuación de los recursos disponibles. Por lo tanto, cualquier factor que incremente la disponibilidad de recursos limitantes (luz, nutrientes, agua) incrementará la vulnerabilidad de una comunidad a la invasión. En su teoría, estos autores sostienen que: *“Una comunidad de plantas se vuelve más susceptible a la invasión siempre que haya un incremento en*

*la cantidad de recursos disponibles*". Asimismo, plantean que la naturaleza fugaz de los procesos de invasión, es debida al hecho que estos procesos, dependen de las condiciones de riqueza y de liberación de recursos, las que aparecen solo intermitentemente. De modo que para resultar en invasión, éstas deben coincidir con la disponibilidad de propágulos invasores (Richardson, 2000). Si por cualquier causa, el consumo de recursos baja durante un período o el suministro de recursos aumenta, hay más recursos disponibles para las especies invasoras y es así cuando la comunidad es particularmente vulnerable a la invasión. Por lo tanto, la susceptibilidad de una comunidad a la invasión no es un atributo estático o permanente, sino una condición que fluctúa con el tiempo. La propuesta de Davis et al. (2000) ha sido un aporte fundamental en la reorientación de muchas investigaciones recientes sobre invasiones, incluyendo a la presente.

A nivel local regional, los estudios sobre invasoras arbóreas y en particular en *Ligustrum lucidum* son escasos, destacándose en Argentina los trabajos de Aragón (2000), Aragón y Groom (2003), Mazia et al, (2001), que principalmente realizaron estudios de las características de las especies exóticas. Kalesnik (2005), analizó la expansión de arbóreas exóticas y los efectos hidrológicos. En Chile, Queiroz et al (2009), evaluaron la tendencia de las investigaciones en invasiones biológicas entre 1991 y 2008 y concluyen que existen aún importantes desafíos para los investigadores enfocados en el tema de invasiones biológicas, incluyendo: 1) no solo buscar describir patrones sino también entender procesos detrás de estos patrones, 2) incorporar más estudios experimentales, especialmente enfocados a la evaluación de impactos, 3) mejorar la integración de los estudios a la conservación y restauración de ecosistemas, y 4) intentar conectar los estudios locales a los actuales marcos conceptuales.

En Uruguay los antecedentes sobre invasiones de especies arbóreas exóticas son inexistentes; pero vale mencionar que la preocupación por el tema ha tenido como resultado algunos informes técnicos (Martino, 2006; Nebel, 2006).

### **LIGUSTRUM LUCIDUM EN EL BOSQUE RIBEREÑO**

La diversidad de situaciones, dada por ambientes potencialmente “invasibles” y por especies potencialmente “invasoras”, determinó que el área de estudio del presente trabajo, fuera ubicada en una región bioclimáticamente representativa, a los propósitos de la especie seleccionada, *Ligustrum lucidum* (ligustro). Se trata de la cuenca media del Río Santa Lucía, en el sur de Uruguay (34° 23' 00" Sur, 56° 17' 00" Oeste), de clima templado (*Cfa*; Köeppen, 1935), con contrastes estacionales marcados.

El bosque ripario de este sistema fluvial ha sido también colonizado por otras especies arbóreas exóticas como *Fraxinus* sp. (fresno) y *Gleditsia triacanthos* (gleditsia), entre otras. No obstante, ligustro ha sido la especie pionera, además de estar representada por poblaciones con alta densidad de individuos, agrupados en parches. Asimismo, cabe observar que ligustro es una de las invasoras de mayor significación territorial, por su alcance nacional y por ubicarse, a escala global, dentro de la nómina de las 100 peores especies invasoras (IUCN/SSC, 2011).

La población de ligustro se distribuye paralela al curso de agua, de forma más o menos discontinua, conformando así frecuentes “parches” de árboles. En esta distribución, la mayor o menor competencia por luz, condiciona la altura de los árboles, de modo que es posible reconocer en la porción media del dosel, un estrato de árboles ligeramente más alto que el resto. Dichos “parches” serían el principal núcleo de reclutamiento (o *nursery*) de nuevos individuos, por lo que representarían en el bosque ribereño, el “frente de avance” de la población de ligustro. De ahí, la importancia de conocer la dinámica de reclutamiento, para así establecer el ritmo de avance de ocupación.

#### *Bosque ribereño e historia de uso.*

La evolución de la comunidad arbórea del río Santa Lucía ha estado indisolublemente asociada a las actividades humanas, debido a la tala selectiva. El valor maderable o medicinal de muchas de las especies, pero fundamentalmente su valor como recurso energético, han sido factores constantes en tiempo, que habrían condicionado su estructura comunitaria. Si bien, por entonces, propio de la época, no han quedado

registros que cuantifiquen el nivel de extracción de árboles, existen relatos que permiten inferir la magnitud de la alteración generada al ecosistema ribereño. Así, ya el botánico francés Saint Hilaire (1833), señalaba: “*La ciudad de Canelones aumentó sensiblemente, de unos años a esta parte.*” Y agregaba: “Se sufre en esta ciudad de dos inconvenientes muy graves: la falta de leña y de agua. La leña viene de Santa Lucía,…” (<http://www.stalucia.com.uy>). Otros datos remontan la ocupación de las márgenes del río Santa Lucía al Holoceno medio. Estudios recientes mediante  $^{14}\text{C}$  han permitido establecer la presencia de asentamientos humanos en la cuenca baja de este río desde hace 4.800 años, hasta ocupaciones más tardías que coinciden con la llegada de los europeos en el siglo XV. Hasta el año 1990 se conocían algunos sitios arqueológicos referidos por pioneros como Penino y Sollazzo, Francisco Oliveras y Carlos Maeso, entre otros, pero en la última década ya se han relevado 80 sitios prehispánicos en el área y sobre las costas del Río de la Plata (<http://archivo.presidencia.gub.uy>).

Hacia mediados del siglo XVIII se instalan en la zona los primeros inmigrantes, canarios y gallegos, dedicados al cultivo de la tierra, por lo que tanto sus actividades como cultura rural, estaban fuertemente al monte como principal recurso. Una estadística de la época, cifra la inmigración sólo de canarios (1835-1845) en unas 8.200 personas (17% del total de inmigrantes al país). No obstante, la intensificación de las actividades extractivas que afectan al monte ribereño, se dan a fines del siglo XIX, a partir de la inauguración de la vía férrea a Barra de Santa Lucía-Arroyo Seco, respondiendo a la instalación del primer matadero. Ambos emprendimientos demandaron en sus comienzos importantes volúmenes de carbón de leña, provistos por los montes aledaños. Según las crónicas, el paso a uso de carbón a *fuel oil* y *diesel* duró un corto período, debido al inicio de la Segunda Guerra Mundial, al ocasionar problemas de abastecimiento de estos combustibles. Esto motivó el retorno de la leña como fuente energética (<http://www.afe.com.uy>). Simultáneamente, desde principios de 1900, había también un importante movimiento marítimo en el río Santa Lucía como consecuencia de la demanda de leña y carbón desde la capital. Esto condicionó el emplazamiento por entonces de una multiplicidad de pequeños puertos de embarque de leña y/o carbón a lo largo de todo el río, que testimoniaban la intensa actividad extractiva de árboles.

Como se señalara, no existen datos que permitan cuantificar el alcance de los impactos derivados de la continua extracción de árboles, particularmente durante la crisis energética ocurrida durante la Segunda Guerra Mundial, pero los mismos habrían sido diezmados, según algunos informes. Más recientemente, también lo ha sido con propósitos vinculados a la construcción de puentes o a actividades recreativas y de esparcimiento.

Un estudio realizado por Blumetto (2011) en el monte ribereño del río Santa Lucia Chico, señala como dato significativo la ausencia de árboles añosos de aquellas especies de mayor interés para uso doméstico o comercial, como *Iodina rhombifolia* ("sombra de toro"), *Myrcianthes cisplatensis* ("guayabo colorado"), entre otras. E incluso, la desaparición casi total de otras como *Ocotea acutifolia* ("laurel negro"), hoy restringida a parches en la zona de Paso Severino. En cambio, otras de escaso interés extractivo, por su leña de escasa combustión, como *Salix humboldtiana* ("saucillo criollo") o *Myrsine laetevirens* ("canelón"), han sobrevivido a la tala, por lo que logran alcanzar gran porte.

#### *Forzantes climáticas*

*Clima chino.* El clima en el área de dispersión natural de *Ligustrum lucidum* (este asiático) es subtropical húmedo, y se le ha denominado clima chino, por ser el predominante en este país. No obstante se extiende por extensas regiones del planeta (entre otras Uruguay, Brasil, Argentina; Estados Unidos; Japón, Australia). Entre sus características se destacan las temperaturas suaves en inviernos y veranos cálidos, con precipitaciones distribuidas a lo largo de todo el año; no presenta época seca. Este clima es dominado por masas de aire tropical marítimo, cálidas y húmedas, que surgen en el sector occidental de los anticiclones subtropicales, pero también llegan masas de aire polar continental, frío y seco, con las variaciones del frente polar. El carácter marino de las masas de aire tropicales es lo que provoca lluvias en verano, bien de tipo convectivo. En la clasificación de Koeppen es Cfa / Cwa (Figura 1) y se trata de un clima cambiante propio de zonas de latitudes medias, ubicadas en el lado oriental de los continentes. Una de las características más significativas es la humedad relativa casi siempre superior al 70 %. Esto determina que la oscilación térmica diaria sea comparativamente reducida.

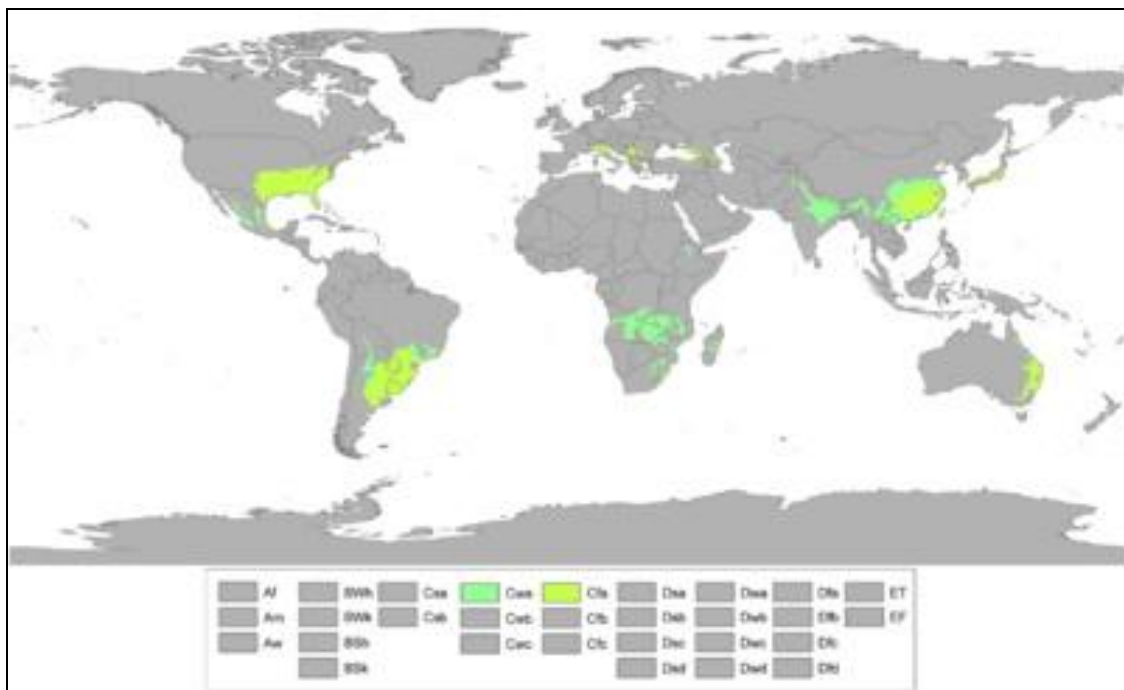


Figura 1. Clima tropical húmedo global. Clasificación de Koeppen: Cfa y Cwa

*Clima regional.* En el caso de Uruguay y la región, el Clima Chino es denominado Clima Pampeano. Precisamente, estas similitudes son las que favorecen la proliferación de ligustro en el país, en particular las condiciones de humedad y su tendencia actual (Magrin et al. 2007). Estas condiciones surgen por la ocurrencia de masas de aire tropical y polar a lo largo del año. Las primeras se forman sobre territorio paraguayo-brasileño y en el océano Atlántico y traen consigo al territorio uruguayo, altas temperaturas y altos porcentajes de humedad, en tanto que las masas de aire polar se originan en el Océano Pacífico, al suroeste de Chile y sobre el Atlántico Sur y se caracterizan por temperaturas bajas y bajo contenido de humedad. Asimismo, las corrientes marinas de Brasil y de Malvinas representan también una fuente importante de humedad para las masas de aire, que circulan en el territorio. La humedad relativa media anual de Uruguay se sitúa en 70 % para todo el territorio. Enero es el mes más seco, con registros promedios de 65 % mientras que julio es el mes más húmedo con un valor medio de 80 % (Barros et al, 2006).

Numerosos estudios documentan la variabilidad climática en esta región durante el siglo XX. La precipitación ha mostrado variabilidades en escalas que van desde la diaria



a la multidecádica (Bidegain y Caffera, 1991; Barros et al., 2005). Las temperaturas (medias y extremas) también han mostrado variabilidad en distintas escalas e incremento en las últimas décadas (Bidegain y Krecl, 1998; Rusticucci y Renom, 2008).

Los análisis de los registros climáticos en la región muestran: a) una tendencia al aumento de las precipitaciones acumuladas anuales de alrededor de un 20% (Kane, 2002); b) un aumento de la tendencia de la temperatura del aire (Bidegain et al. 2005); c) un aumento de los extremos de temperatura de verano y de invierno (Rusticucci y Renom, 2008), d) un incremento del número de eventos de precipitación extrema (de hasta 12 días) en los últimos 40 años (Marengo et al. 2010). Las proyecciones estiman una intensificación de este fenómeno en los próximos años, con incrementos de la temperatura y de la precipitación media anual en esta región y cambios en la variabilidad climática y la incidencia de eventos climáticos extremos, sequías e inundaciones, asociados a una intensificación de fenómenos climáticos como el ENSO (El Niño) (Magrin et al. 2007).

## **JUSTIFICACIÓN**

La importancia ecológica, social y económica del reemplazo de comunidades nativas por poblaciones de especies exóticas, es un tema que últimamente ha captado la atención de decisores políticos y de investigadores. No obstante, este interés no ha sido acompañado en igual medida, por una mayor comprensión de la dinámica de sus poblaciones y de los mecanismos que controlan su expansión. Esto es debido, en parte, a que tales estudios han sido orientados a profundizar en aspectos tales como las estrategias adaptativas de las invasoras y/o las perturbaciones del ecosistema invadido. Sin embargo, cualquiera sean los aspectos enfatizados en este sentido, los mismos no han logrado explicar satisfactoriamente, qué factores controlan el avance de estas especies

Con el propósito de contribuir a identificar algunos de esos factores, la investigación fue orientada a conocer la edad de la población, su proliferación y a establecer posibles relaciones con las variaciones del clima.

**PREGUNTAS A RESPONDER**

1. El proceso de proliferación de *Ligustrum lucidum* en el área de estudio, ¿cuándo comenzó?, ¿es un proceso continuo en el tiempo?
2. Dicho proceso de proliferación de *Ligustrum lucidum*, ¿está asociado a factores hidroclimáticos?

## 2 OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Relacionar el avance de *Ligustrum lucidum* W T Ait. (“ligustro”) en el bosque ribereño del río Santa Lucía con factores climáticos.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la ocupación temporal de ligustro en el área de estudio.
2. Analizar variables climáticas (precipitación, temperatura, nivel del río, eventos extremos) que pudieran incidir en el patrón de ocupación de ligustro.

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en el sur de Uruguay, en el límite entre los departamentos Canelones y Florida, en el paraje conocido como Paso Pache ( $34^{\circ} 23' 00''$  Sur,  $56^{\circ} 17' 00''$  Oeste) (Figura 2). El tramo de bosque muestreado está ubicado en la cuenca media del río Santa Lucía, limitado al oeste, por el trazado antiguo de Ruta Nacional N°5 (puente viejo) y al este, por su actual trazado (puente nuevo) (Figura 3 y 4), con una longitud aproximada de tres kilómetros.



Figura 2. Ubicación del área de estudio, al sur de Uruguay.

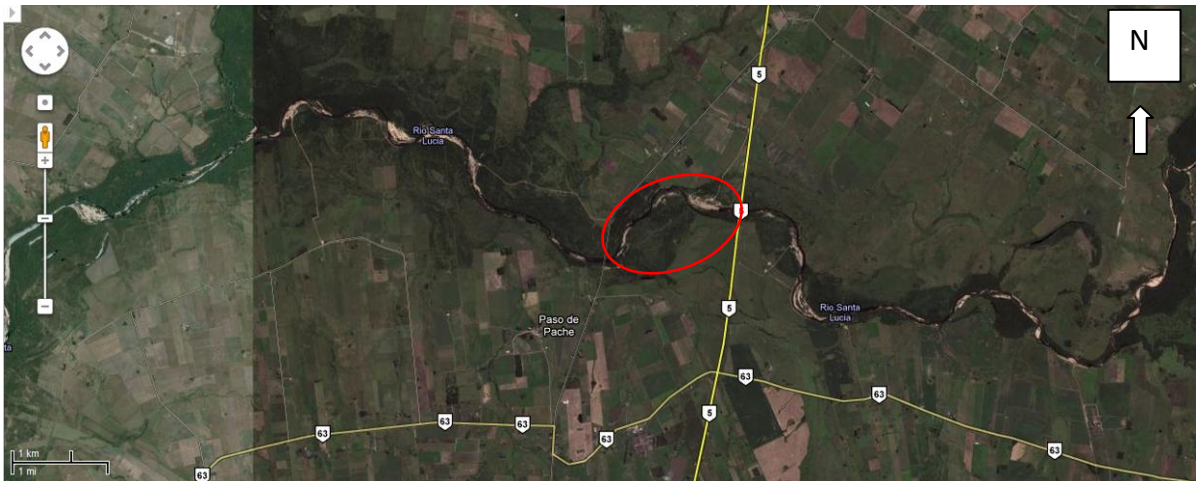


Figura 3. Vista panorámica del entorno del área de estudio, cuenca media del Río Santa Lucía; límite entre los departamentos de Canelones (sur) y Florida (norte). Se destaca la Ruta Nacional Nº 5 , nuevo trazado (amarillo) y viejo trazado (a la izquierda, extremo del óvalo rojo).

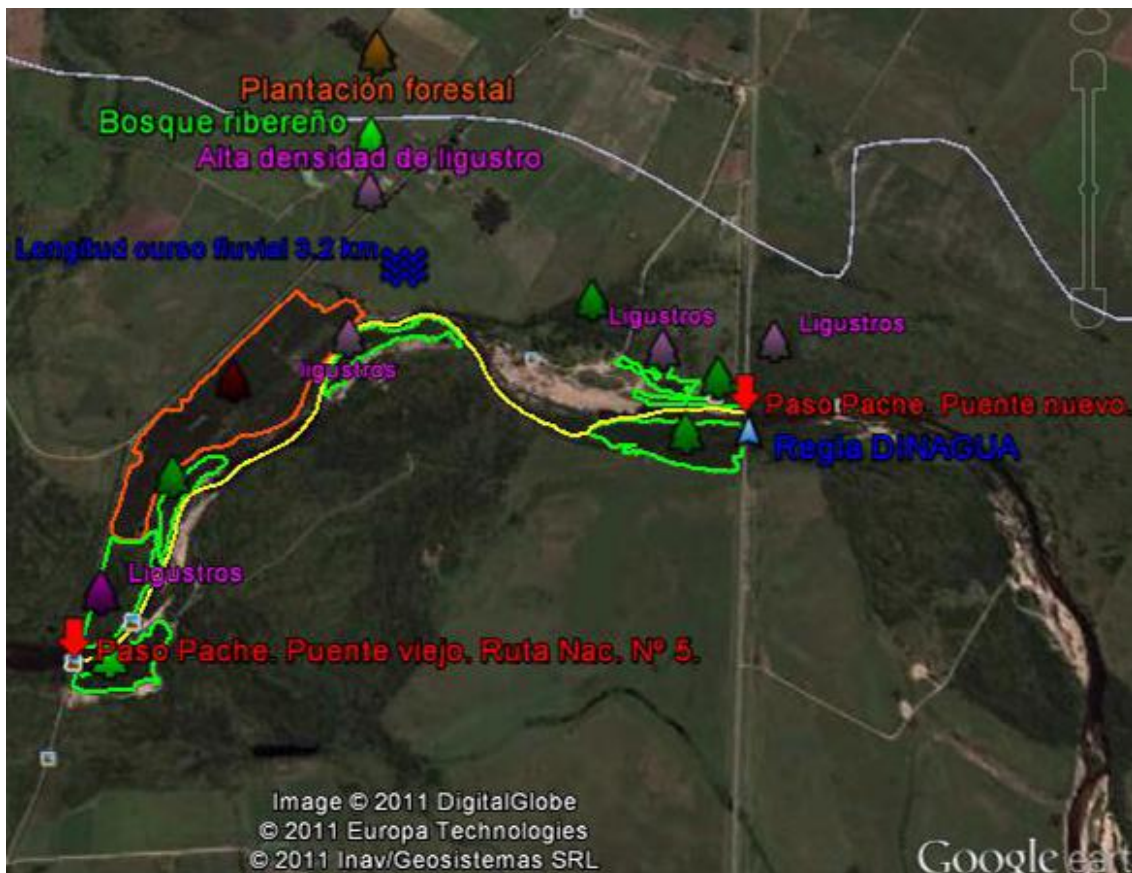


Figura 4. Ubicación del área de estudio, río Santa Lucía, entorno a Pase Pache. Se señalan los sectores de bosque efectivamente muestreados.

Las lluvias en la cuenca del río Santa Lucía varían entre 1100 y 1200 mm anuales y la temperatura media anual alcanza a 17 °C , según Dirección Nacional de Meteorología (DNM). Esta cuenca abarca una superficie de 13.310 km<sup>2</sup> y nueve subcuencas, integradas por una vasta red fluvial, que comprende tres ríos mayores: Santa Lucía, San José, Santa Lucía Chico (según Dirección General Recursos Naturales Renovables (DGRNR) (Figura 4).



Figura 5. Mapa de los límites de la cuenca del río Santa Lucía y las subcuencas.

La forma del paisaje es dominada: *a*) al norte, por la Penillanura Cristalina (subcuencas del Santa Lucía Chico y La Virgen), *b*) al Sur, por la Planicie Platense, de acumulación sedimentaria (y por afluentes del margen izquierdo del río Santa Lucía) y al Oeste (subcuenca del río San José) y *c*) al Este, por las Serranías del Este. La geología del primer paisaje corresponde al basamento cristalino, el que incluye gneises y granitos. En tanto que en el Sur, el relieve es dominado por depósitos sedimentarios, y al Este, los metamorfitos epizonales de Sierra de Minas.

Los suelos de la cuenca comprenden seis unidades taxonómicas según la Carta de Reconocimientos de Suelos de Uruguay (Altamirano et al., 1976), aunque el bosque



ribereño se restringe a las planicies bajas, en donde los suelos dominantes son fluvisoles, asociados a planosoles, desarrollados sobre aluviones limo-arenosos.

Desde el punto de vista socioeconómico, según datos del Censo General Agropecuario 2000, coexistían en la cuenca distintos usos del suelo, entre ellos: ganadería, lechería, cultivos de cereales, hortifruticultura, viticultura y forestación.

La comunidad arbórea se desarrolla, fundamentalmente, sobre la planicie fluvial, la que es estacionalmente inundable, de drenaje moderado y en ocasiones, puede asociarse a albardones de escaso porte. Este relieve de planicies bajas, evoluciona hacia una ladera de pendiente suave, donde pasa gradualmente a dominar la vegetación herbácea, principalmente gramíneas y algunas arbustivas (Figura 6).



Figura 6. Vista general del bosque ribereño en el área de estudio. Puentes de la Ruta Nac. N° 5 vieja (izquierda) y nueva (derecha).

Por su parte, la especie “invasora” en estudio –*Ligustrum lucidum*– se distribuye en el área en forma de “parches”, más o menos dispersos entre el bosque nativo, acorde al grado de deterioro de este último. Estos parches aparentan ser *núcleos de reclutamiento* de nuevos individuos, por lo que representarían el frente de avance de la “invasión”. De ahí, la importancia de conocer la dinámica de reclutamiento, para así establecer el ritmo de avance de ocupación. Para ello es necesario determinar con

cierto rango de precisión, la distribución de edades de los individuos de la población. En este sentido, estos parches podrían considerarse, temporal y espacialmente, representativos de la dinámica de reclutamiento del conjunto del área.

*Ligustrum lucidum* W.T Aiton. Especie arbórea originaria de China y Japón, fue introducida en Uruguay a mediados del siglo XIX. Es una especie que alcanza hasta 10-12 metros de altura, ornitócora, perenne, que florece en primavera-verano y fructifica en otoño (Montaldo, 2000), con una producción prolífica de semillas viables ( $> 2000/m^2$ ), las cuales conforman un banco de propágulos persistentes ( $> 1$  año) (Aragón y Groom, 2003). Las características del ligustro hacen que sus abundantes frutos sean el alimento de paseriformes nativos (familias Turdidae y Columbidae), en un período del año donde las especies nativas ya no tienen frutos. Además de los vectores biológicos, también las lluvias y las inundaciones, son un factor importante de dispersión de sus semillas. En las primeras etapas de su ciclo de vida, los brotes y plántulas requieren de humedad, por lo que son tolerantes a la sombra. Esto condiciona que la especie no sea capaz de colonizar regiones con sequías prolongadas. Asimismo, no es una especie fijadora de nitrógeno, por lo que el aporte exógeno de este nutriente, como el provisto por las crecidas, constituye un factor adicional en su proliferación (Mazia et al., 2001; Aragón y Groom, 2003).

A los propósitos de las preguntas a responder, se destaca que el área fue elegida por presentar una masiva presencia de ligustro con ejemplares añosos, de alto porte, así como también un espectro amplio de ejemplares juveniles. A esta característica indispensable se suma la proximidad geográfica, aspecto que facilitó las visitas y muestreos, tomando en cuenta que esta investigación careció de financiamiento. En tanto que presenta como debilidad importante, el carecer de datos climáticos a escala adecuada al área.

### **3.2 MATERIALES**

- Fotografías aéreas: Año 1966-67 y 1987 (escala 1:20:000), SGM.
- Imágenes satelitales: 2004-2010, base de datos de Google Earth<sup>®</sup>



- Carta topográfica, K 27, a escala 1:50.000.
- Cartografía de base en formato digital obtenida en el Servicio Geográfico Militar (SGM).
- Series de datos de precipitaciones mensuales y temperaturas mensuales (periodo 1951-2005), estación Meteorológica Carrasco (Canelones), Servicio de Climatología, Dirección Nacional de Meteorología (Ministerio de Defensa Nacional).
- Serie de datos de precipitación diaria del registro del pluviómetro de Mendoza (Florida). Servicio de Climatología, Dirección Nacional de Meteorología (Ministerio de Defensa Nacional).
- Página web del ESRL (*Earth System Research Laboratory*) de NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration, USA*) para el análisis de anomalías climáticas, anual y mensual (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/composites/printpage.pl>)
- Serie de datos de Temperatura y Precipitaciones, Estación Meteorológica Carrasco (DNM).
- Serie de datos de Nivel diario del Río Santa Lucía en Paso Pache, puente viejo: estación 59.0 (hasta 1982) y puente nuevo: estación 59,1 (desde 1983), Dirección Nacional de Aguas.
- Carta Geológica del Departamento de Canelones, año 2004 (escala 1:100.000).
- Taladro de Pressler (o Wood Incremental Borer) para la obtención de muestras (core) de madera.
- Cinta métrica y forcípula, para la medición del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)
- Taladro de suelo para toma eventual de muestras.
- GPS, para la ubicación en el terreno de los puntos de muestreos
- Cámara digital, para el registro de imágenes en terreno.
- Taladro de banco y lijas grano descendiente
- Lupa binocular.

- Microscopio óptico binocular. Aumentos: 4x, 10x, 20x
- Cámara de fotos digital adaptada con adaptador en el lente ocular.

### **3.3 MÉTODOS**

#### *Determinación de edades y sus frecuencias*

En las primeras recorridas del área de estudio se observó que al interior de los parches de ligustro, en el bosque ribereño, la población no tenía individuos de todas las edades, parecían existir saltos. De esta forma surge, por un lado, la necesidad de verificar esta observación y por otro, de confirmarse esta situación, la interrogante de la/las causas de estas interrupciones observadas en terreno. Para responder esta pregunta se decidió determinar los años en que no habrían ocurrido nacimientos (o las plántulas no prosperaron); para ello fue necesario conocer la edad de los individuos. No existía en la literatura información sobre determinación de edades de individuos de ligustro. Por ello se decidió realizar un estudio. No se encontraron antecedentes de aplicación de esta técnica en ligustro, por lo que fue necesario desarrollar una metodología para ajustar el procedimiento de preparación de las maderas, y posteriormente, para el desarrollo de una metodología para un pormenorizado análisis de su estructura microscópica; este análisis permitió comprender la estructura observada e identificar los vasos del floema y del xilema (anillos tempranos y tardíos), de cada anillo anual. Todo este extenso trabajo se realizó en el Laboratorio de Estudios del Cuaternario, Facultad de Ciencias-UDELAR. A partir de esta información se generó un modelo que relaciona los diámetros y las edades.

#### *En campo:*

El trabajo de campo consistió en dos etapas: a) toma de muestras de la madera para el análisis en laboratorio y b) medición en el bosque de los diámetros a la altura del pecho (DAPs) de individuos muestreados en las poblaciones de ligustro de bosques “invadidos”; en gabinete se determinaron las edades a través del modelo generado.

- Salidas de reconocimiento de la cuenca media, con el fin de identificar usos del suelo, estado general del bosque, grado de proliferación de especies arbóreas exóticas, entre otros.
- Salida a terreno para extracción de muestras de troncos de ligustros de forma de abarcar la totalidad del gradiente de diámetros a la altura del pecho (DAP).
- Salidas estacionales a terreno. Se realizaron siete campañas en las estaciones primavera (período de floración) y otoño (período de maduración y caída de los frutos) para la medición de diámetros.
- Muestreos en parcelas de 20 m x 20 m, ubicadas en transecto perpendicular al río, y por el *método de muestreo en cruz*. En cada transecto se marcaron 3 parcelas, de forma de abarcar las 3 bandas paralelas de bosque: contra el río, al interior del bosque y contra la pradera. Número total de ligustros: 146.
- Medición del diámetro normal de troncos, por el *método del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)*. El DAP es medido a 1,30 metros sobre el nivel medio del suelo, sobre la corteza. En caso de desnivel del terreno, la medida se realizó a partir del punto medio.
- Colecta de muestras troncos de distintos diámetros. Para ello se cortaron 30 (treinta) árboles seleccionados por su diámetro y se extrajeron mediante sierra, 2 (dos) láminas por tronco para análisis dendrocronológico.

#### *En gabinete y laboratorio*

Se efectuó un análisis en tres etapas: a) la primera, dirigida a determinar las edades en base a los anillos de crecimiento de un conjunto representativo de diámetros de la población; b) la segunda, dirigida a obtener la función de mejor ajuste entre el diámetro del tronco y la edad dendrocronométrica; y c) la tercera etapa, dirigida a obtener la distribución de edades estimadas (estructura etaria de la población).

##### *a. Determinación de las edades en base a los anillos de crecimiento.*

El análisis dendrocronológico se realizó en el Laboratorio de Estudios del Cuaternario, de la Facultad de Ciencias (UDELAR). Para ello fueron cortadas y analizadas secciones

transversales de troncos de 30 individuos, con un diámetro entre 1.5 cm a 50 cm. Algunas particularidades de la madera de ligustro, como la ubicación excéntrica de la médula, exigió el corte completo del tronco en sección transversal, y no el uso del Taladro de Pressler, como es habitual cuando la médula es central, evitando así el muestreo destructivo del árbol. Las muestras de tronco en corte en rodaje, fueron a la altura del pecho para asegurar una mayor confiabilidad en la determinación de edades. Otro factor adicional en el tronco ligustro, es la presencia de anillos intra-anales y de anillos falsos, que dificultan el análisis macroscópico de anillos. Ello determinó el uso de microscopio óptico de luz reflejada, con aumentos de 4x, 10x y 20x. Para esto se realizó un cuidadoso pulido de la madera con material abrasivo grano-decreciente. A través de este procedimiento se obtuvo la identificación precisa de los vasos del floema y xilema, de los anillos temprano y tardío; con ello la identificación de los anillos de crecimiento anual.

*b. Construcción de un modelo de asociación de edad y diámetro.*

Las edades fueron relacionadas matemáticamente con los valores de diámetro de los árboles (DAP), mediante un modelo de regresión lineal de la variable “edad (Nº anillos)” con un intervalo de confianza del 95%, para obtener la recta de mejor ajuste. Previo, se efectuó un análisis estadístico descriptivo de estas variables.

Luego, los datos (Nº anillos vs DAP) fueron expresados en un diagrama de caja, para una mejor visualización de valores atípicos y de la simetría de la distribución (Figura 9).

Una vez evaluada la normalidad de los residuales (Tabla 1), se acepta la hipótesis de que su distribución es normal, a un umbral de significancia de  $\alpha = 0,05$ . A este umbral de significación, no se puede rechazar la *hipótesis nula* de ausencia de diferencia entre las distribuciones acumuladas empírica y teórica. Dicho de otro modo, la diferencia entre las distribuciones acumuladas empírica y teórica, no es significativa.

**Tabla 1.** Prueba de Kolmogorov-Smirnov / prueba bilateral.

D	0,131
D (estandarizado)	0,718

p-valor, bilateral	0,681
Alpha	0,05

---

c. *Determinación de la distribución de edades estimadas.*

Se aplicó el modelo de “Edades–DAPs” de la etapa anterior a un conjunto de individuos mayor, de la misma población. Se elaboró el histograma de frecuencias, las curvas acumuladas y se las comparó con curvas de distintos modelos. Se expresó gráficamente en forma de polígono de frecuencias, histogramas, frecuencias acumuladas. Se analizó la distribución de edades, con el propósito de establecer si estas representan un *continuum* en el tiempo.

*Distribución de edades y variables climáticas*

En el estudio de la relación entre reclutamiento de ligustros y ocurrencia de eventos climáticos extraordinarios, a diferentes escalas, se siguieron las etapas siguientes:

a. *Relación con eventos ENSO*

Fueron analizados los datos durante eventos El Niño-Oscilación Sur (ENSO) para el periodo 1960-2002. La intensidad de estos eventos es categorizada en valores entre 0 y 3, los que corresponden respectivamente, a: nula –ausencia de anomalía-, baja, moderada y fuerte.

Luego, se realizó un análisis similar, aunque más detallado, en base al análisis de datos referidos a episodios cálidos del Índice Oceánico de El Niño. Este índice se basa en la media móvil trimestral de las anomalías de la temperatura de la superficie del Océano Pacífico en la región Niño 3 y 4 (5°N-5°S, 120°-170°W) del modelo ERSST.v3b de NOAA. Estas anomalías están referidas a los promedios del periodo 1971 a 2000.

De este modo, se calculó el número de meses que la anomalía supera el valor de +0,5°C (denominados aquí “Índice El Niño”) y los resultados luego graficados.

*b. Relación con datos hidroclimáticos de escala regional/local*

Las series de datos de precipitación y temperatura de Carrasco (Canelones) y Mendoza (Florida) fueron relacionados con los datos de reclutamiento de ligustro (Anexo 1). Entre otros, se trabajó con datos diarios, mensuales, estacionales (primavera-verano) y anuales, en distintas combinaciones y rangos de valores, en el intento de explicar el mayor o menor reclutamiento registrado en el área de estudio. Así como también con series de Precipitación anual y anual estandarizada, precipitación máxima anual y máxima anual estandarizada, Precipitación media de primavera y media de primavera estandarizada y anomalías de temperatura y precipitación en años con y sin reclutamiento. A los propósitos del presente análisis se consideró primavera los meses de agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre), considerando el rango de variación interanual de los mismos en las últimas décadas. Se trabajó con las precipitaciones estandarizadas a partir de la mediana porque este es un descriptor más representativo, considerando la gran variabilidad intra e Interanual de este factor.

La variable hidrológica analizada fue el nivel del río Santa Lucía (Anexo 2). Para ello se trabajó con tres series de datos correspondientes a los limnógrafos ubicados en: Aguas Corrientes y en el propio lugar, en el puente viejo de Paso Pache y en el nuevo. Estas últimas dos series de registros alcanzan hasta el año 1982, en el primer caso, y desde 1983 hasta el presente en el segundo.

*c. Relación con anomalías climáticas (P y T) mediante el reanálisis del modelo NCEP/NCAR*

Los datos de anomalías (+/- valor medio) de precipitación y de temperatura fueron relacionados con el registro de reclutamiento de ligustro (frecuencia de edades), mediante la utilización de los reanálisis del modelo NCEP/NCAR (Kalnay et al., 1996) basado en el modelo atmosférico global de NOAA (Nacional Oceanic and Atmospheric Administration - USA), con la realización de los cuadros sinópticos al correr el modelo hacia el pasado, basado en datos observados (Figura 7). Los rangos de las variables climáticas analizadas fueron mensual y estacional, (primavera y/o verano).

U.S. Department of Commerce | National Oceanic & Atmospheric Administration | NOAA Research

**Earth System Research Laboratory**  
Physical Sciences Division

Search PSD:    
Calendar | People | Publications

Physical Sciences Division | About | Contact | Research | Data | Products | Outreach

**Help**  
In order to help ensure that this web analysis page remains available, we would greatly appreciate feedback on its use, particularly in the classroom, for presentations or for research. Mail to Cathy Smith at (cathy.smith@noaa.gov).

**Help**  
Instructions  
Datasets and variables  
Index time-series info  
Use your own time-series

**Background Information**  
Referencing Plots

**Related Plot/Analysis**  
Plot daily composites  
Plot 6-hourly composites  
Plot monthly correlations  
Create Monthly Time-Series  
Plot NCEP operational data  
NCEP Reanalysis Atlas  
PSD's Complete NCEP Reanalysis Page

We will be changing the long term mean period for climatologies to 1981-2010. This may cause some changes in file access and may also impact some interactive webpages results. See the new normals information page.

### Monthly/Seasonal Climate Composites

Plot seasonal composites (averages) of the mean or anomalies (mean - total mean) of variables from the NCEP reanalysis and other datasets. NCEP data is available from **Jan 1948 to Oct 2011**. Other datasets have different time ranges. Note the climatology used for the anomaly and long term mean plots is now **1981-2010** to match the new climate normal timeperiod.

Which variable?  Level?

Beginning month of season:  Ending month:

Enter years for composites (from 1 to 16): e.g. 1972. For seasons that span a year (e.g. DJF), please enter year of the LAST month.

To subtract one set of years from another, use a minus sign (-) before the years that are to be subtracted.

1996

OR Enter range of years:  to  (optional minus  to )

OR List of years: Enter filename:

OR Years from values in Time Series:

If CUSTOM Time Series:

Value to composite on:

Type of comparison:  Greater or equal to value

Lag: Plot composites for  months before or after dates chosen

Color?  Shading:

Plot type?  Mean  Anomaly  Long Term Mean

Scale plot size (%)  Plot contour labels?  No  Yes

Reverse colorbar?  No  Yes

Override default contour interval? Interval:  Range: low  high

Map projection

If CUSTOM projection:  
Lowest lat: (-90 to 90)  Highest lat:   
Western-most longitude (0 to 360):  Eastern-most longitude:   
CUSTOM projection:

Choose height range if CROSECTION:  
Lower level:  Upper level:

This is a Research and Development Application

U.S. Department of Commerce | National Oceanic and Atmospheric Administration | Privacy Policy | Accessibility | Disclaimer | USA.gov

Figura 7. Imagen en pantalla de la página de la NOAA, con las salidas de los reanálisis del modelo NCEP/NCAR (Kalnay et al., 1996), para la observación y comparación de anomalías estacionales de precipitación y temperatura, a escala regional/local.

## 4 RESULTADOS

### Dendrocronología y determinación de edades

Se destaca el logro obtenido en la adaptación del conjunto de procedimientos y técnicas dendrocronológicas adecuadas a las características de la madera de *Ligustrum lucidum*: madera blanda y flexible de color claro (Figura 8).

#### a. Determinación de las edades en base a los anillos de crecimiento

La adaptación de las técnicas dendrocronológicas a la madera de ligustro hizo posible determinar las edades de los árboles muestreados.

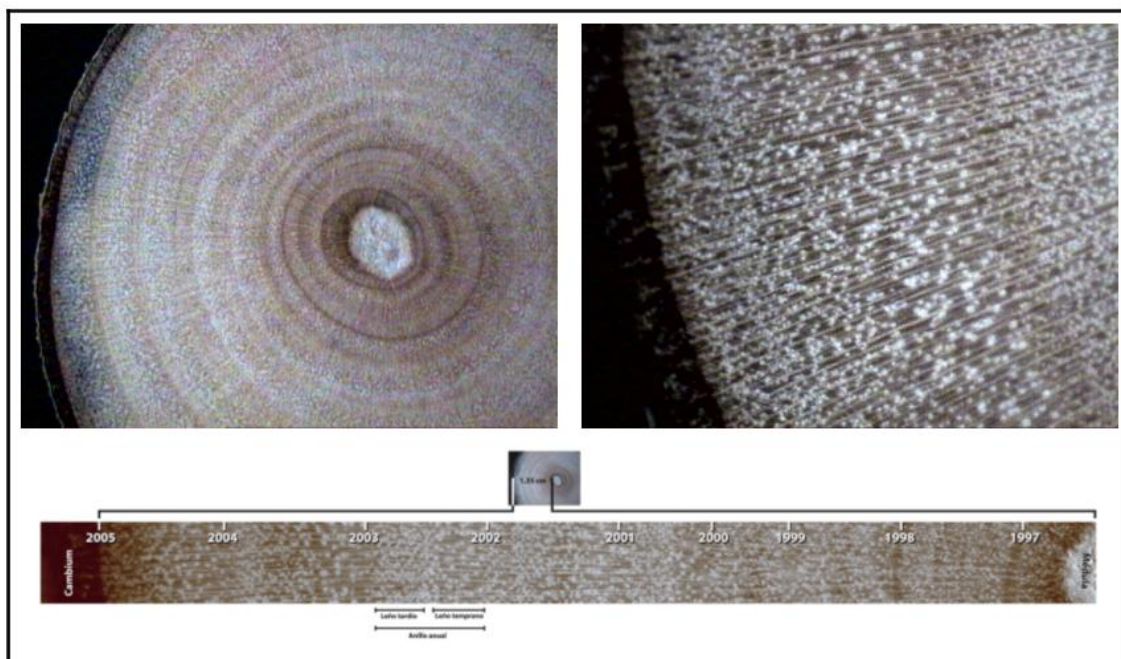


Figura 8. Microfotografías. A. Plano general de sección transversal de tronco de ligustro; médula (estructura clara ovalada). B. Detalle de la misma sección: vasos del xilema y del floema en el denominado leño temprano (crecimiento de primavera-verano) y el leño tardío (crecimiento de otoño-invierno). C. Ensamblaje de microfotografías al 20X, mostrando el estudio dendrocronológico; obsérvese la presencia de 9 anillos de crecimiento (izq.: cambium; centro: anillos de crecimiento, der.: médula).



*b. Construcción de un modelo de asociación de edad y diámetro.*

Las edades obtenidas por dendrocronología fueron relacionadas matemáticamente con los valores de diámetro de los árboles (DAP), mediante un modelo de regresión lineal de la variable “edad (Nº anillos)” con un intervalo de confianza del 95%, para obtener la recta de mejor ajuste. Previo, se efectuó un análisis estadístico descriptivo de estas variables y sus resultados permitieron construir un modelo que asocia el diámetro y la edad (Figura 9).

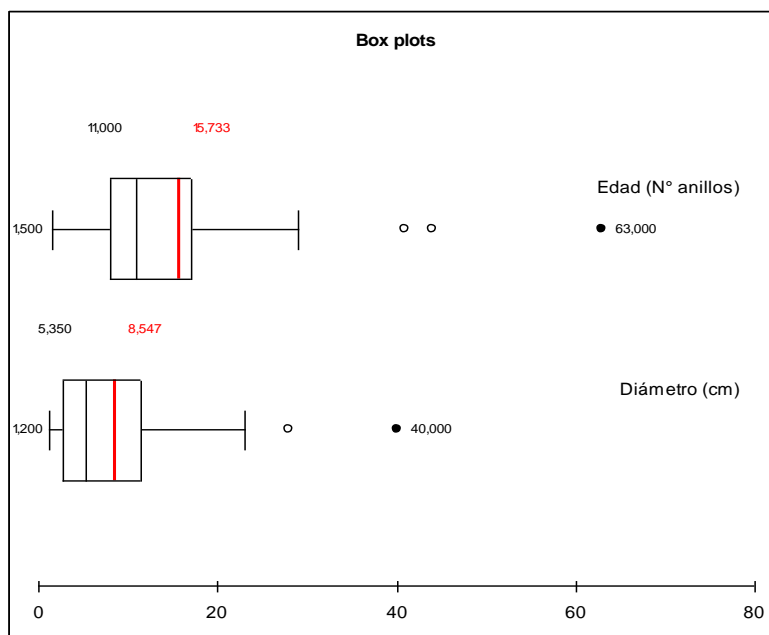


Figura. 9 Diagrama de caja mostrando la simetría de la distribución de edades y diámetros.

Los parámetros del modelo se expresan en la tabla 1.

**Tabla 2.** Parámetros del modelo de regresión lineal

Parámetro	Valor	Desviación típica	t de Student	Pr > t	Límite inferior 95 %	Límite superior 95 %
Intersección	2,945	0,832	3,538	0,001	1,240	4,650
Diámetro (cm)	1,496	0,068	21,928	< 0,0001	1,356	1,636

La ecuación del modelo se escribe:  $Edad (N^\circ \text{ anillos}) = 2,9452559 + 1,49626 * Diámetro (cm)$

A partir de estos resultados, se considera que la recta es el mejor estimador del incremento anual del DAP en otros individuos de la población. La ecuación del modelo es:

$$Edad (N^\circ \text{ anillos}) = 2,945 + 1,496 * Diámetro (cm)$$

Los resultados del modelo de regresión y análisis de residuos se expresan en figura 10.

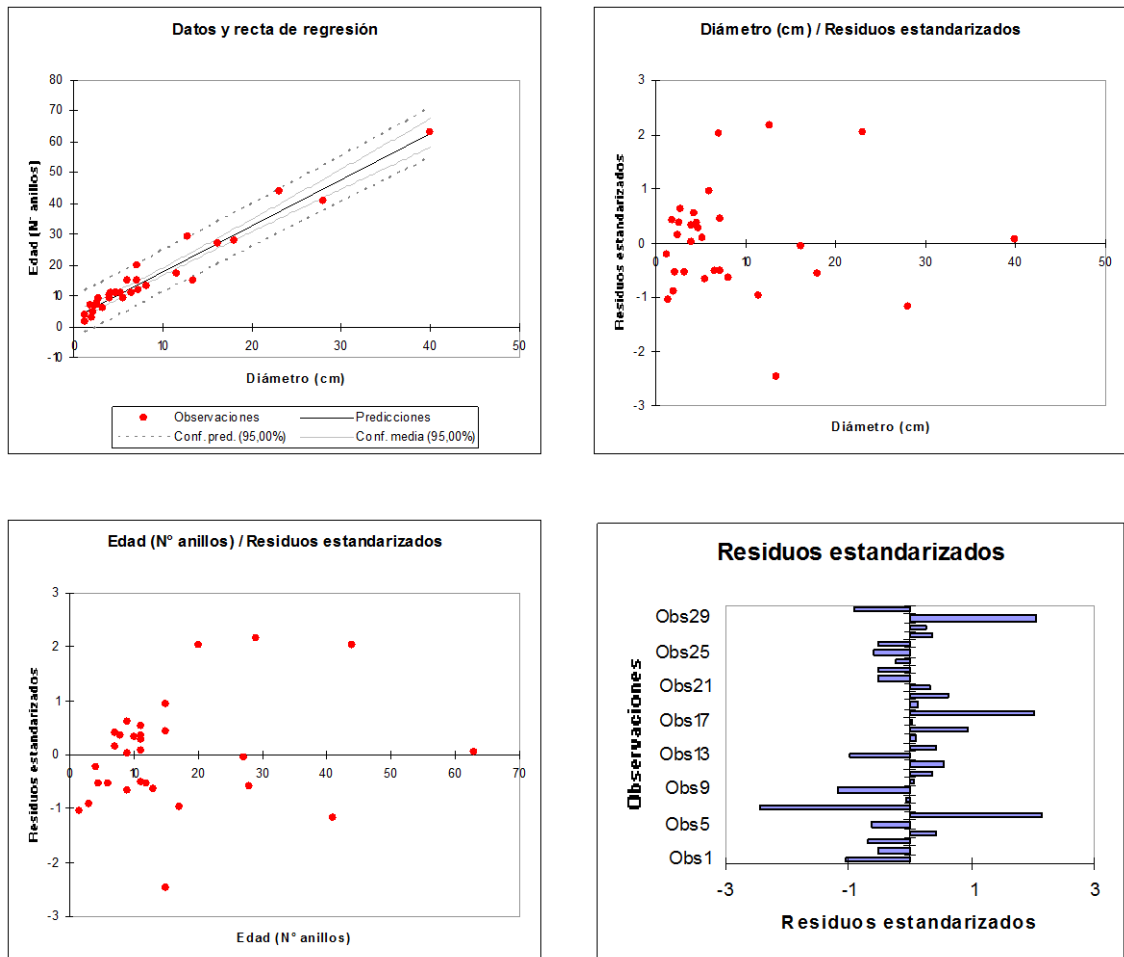


Figura 10. Modelo de regresión y el análisis de los residuos. Prueba de Kolmogorov-Smirnov / prueba bilateral.

*c. Determinación de la distribución de edades estimadas.*

El histograma de frecuencias de individuos reclutados (Figura 11) muestra que el reclutamiento masivo de ligustro en el área se da a partir de mediados de la década de 1970. Asimismo, puede observarse que el reclutamiento aumenta significativamente con el paso de los años. También es posible apreciar la existencia de discontinuidades en el tiempo (o en pulsos); estos, a su vez, muestran una distribución bimodal. Entre los años 1987 y 1989 no hay reclutamiento de ligustros, así como tampoco en los años 2001 y 2002.

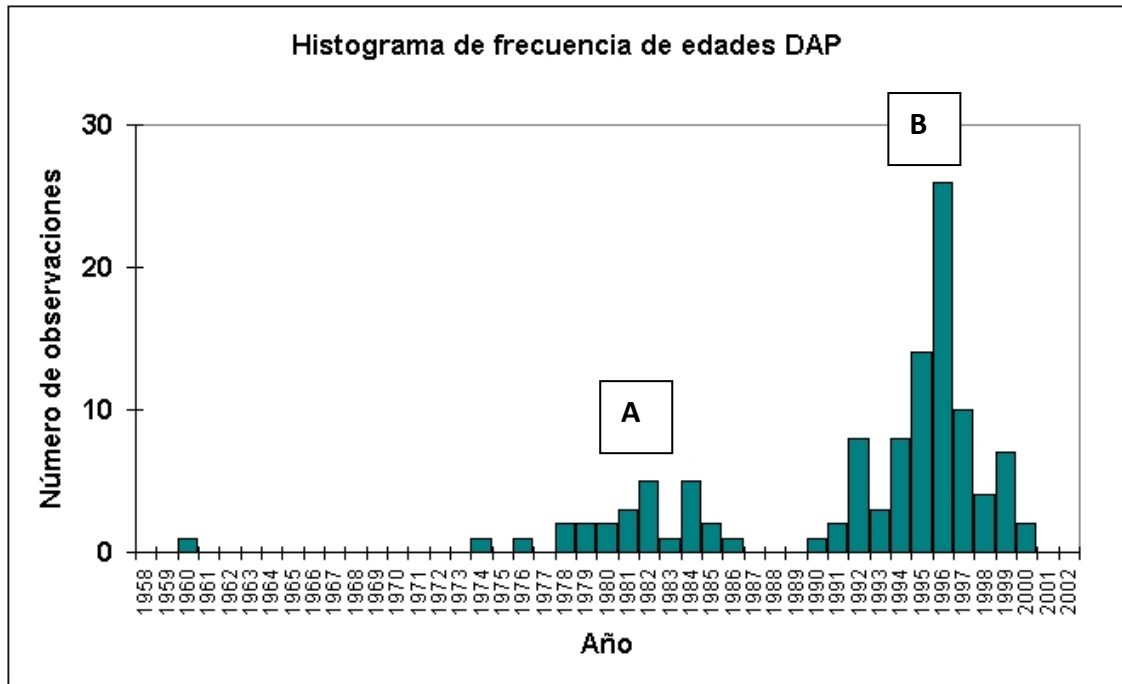


Figura 11. Frecuencia de individuos reclutados por año (período 1960 – 2000) en la población de ligustro. Se observa que el reclutamiento es discontinuo y en pulsos; se identifica, al menos, dos momentos de proliferación centrados en A y B, de unos 10 años cada uno.

Las edades de los ligustros confirman las apreciaciones obtenidas por sensoramiento remoto. Al comparar las fotos aéreas, se aprecia la presencia incipiente de ligustro en la década de 1960 y su consolidación en la década de 1970 (Figura 12).



Figura 12. Expansión incipiente de ligustro en el área de estudio (flecha, foto aérea de 1966, SGM). Se restringe a un corredor estrecho a ambos lados del puente Paso Pache (antigua Ruta Nac. Nº 5).

## b. Reclutamiento de ligustro y su relación con el clima

### *Reclutamiento y el ENSO*

El análisis comparativo de las frecuencias de edades con la anomalía climática ENSO, resultó que en el caso de la fase cálida y húmeda, El Niño, no muestra concordancia (Figura 13). En cambio, su fase fría y seca, La Niña, sí muestra una mayor concordancia (Figuras 20, 28 y Anexo 2), en donde los dos puntos de inflexión observados son coincidentes con eventos severos La Niña (1987-1989 y 2001-2002).

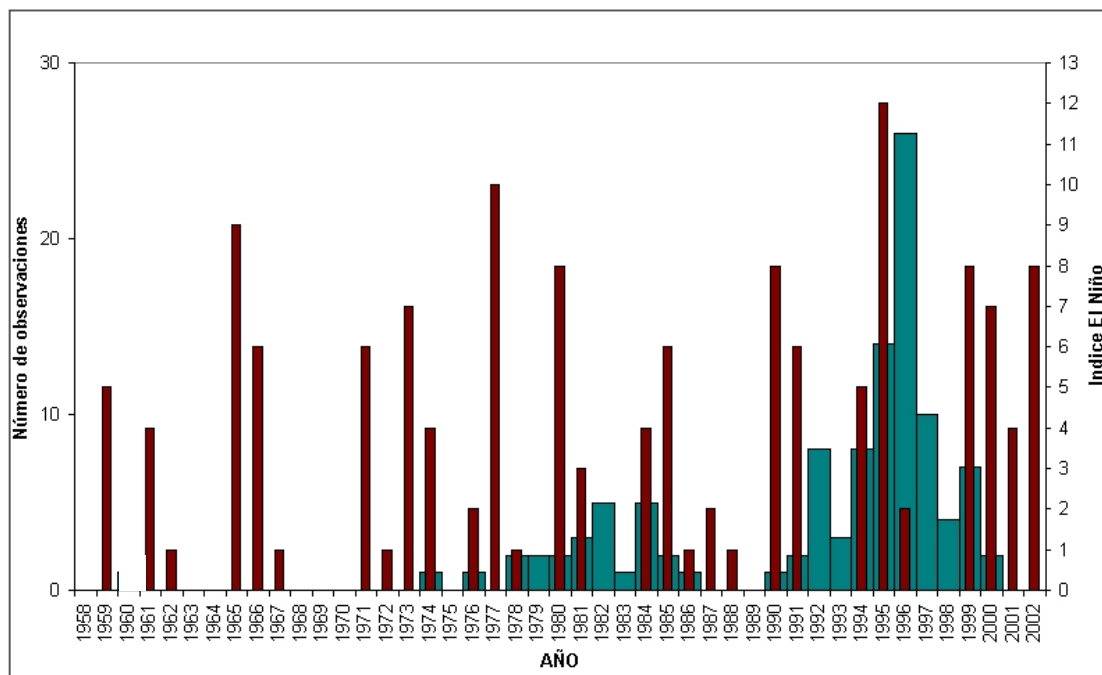


Figura 13. Índice el Niño; no muestran una relación directa con el reclutamiento de ligustro.

### *Reclutamiento y variables hidroclimáticas a escala regional*

El análisis climático realizado a escala local regional indica un aumento de la tendencia media anual de la precipitación, así como de la temperatura, en el área de estudio (Figuras 14 y 15). Este aumento ocurre de manera clara hacia fines de la década de 1960, momento en que se consolida la proliferación masiva de ligustros en el área. El mismo se centra en los meses de primavera-verano y está dado por un aumento en el número de días de lluvia; período en el que precisamente ocurre la germinación.

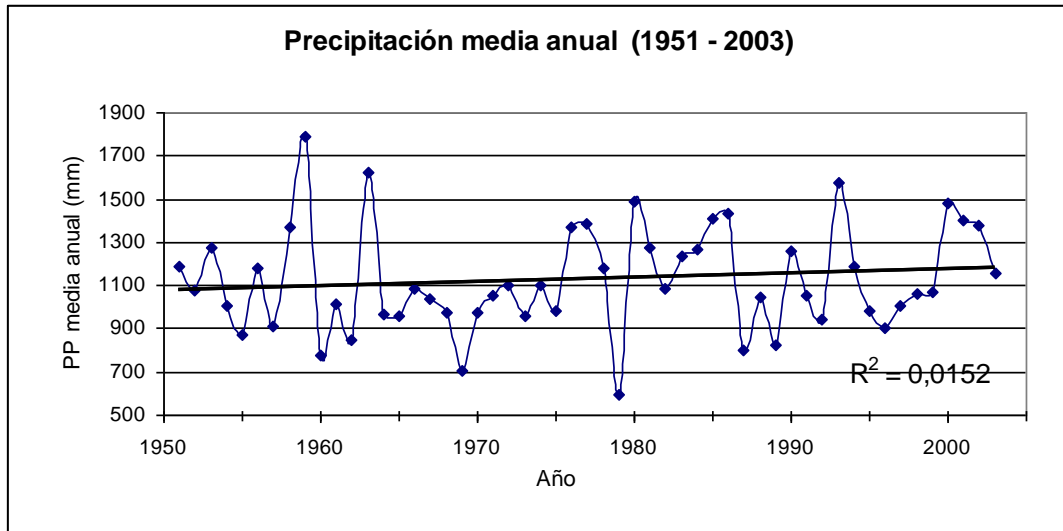


Figura 14. Precipitación anual de las últimas cinco décadas

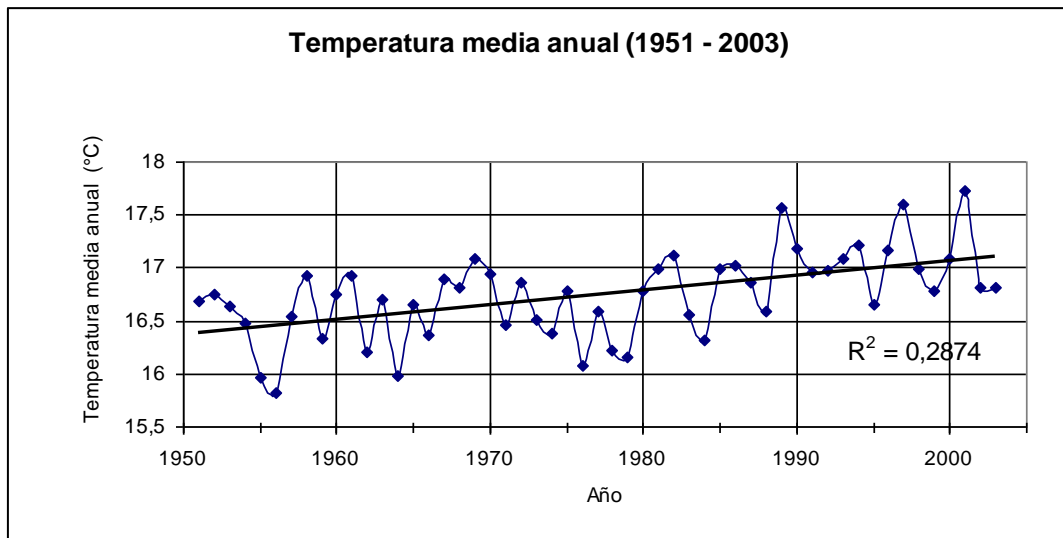


Figura 15. Temperatura anual de las últimas cinco décadas.

El análisis de las precipitaciones mensuales estandarizadas muestra que el mayor o menor reclutamiento no está directamente asociado con una mayor cantidad de lluvia (Figura 16).

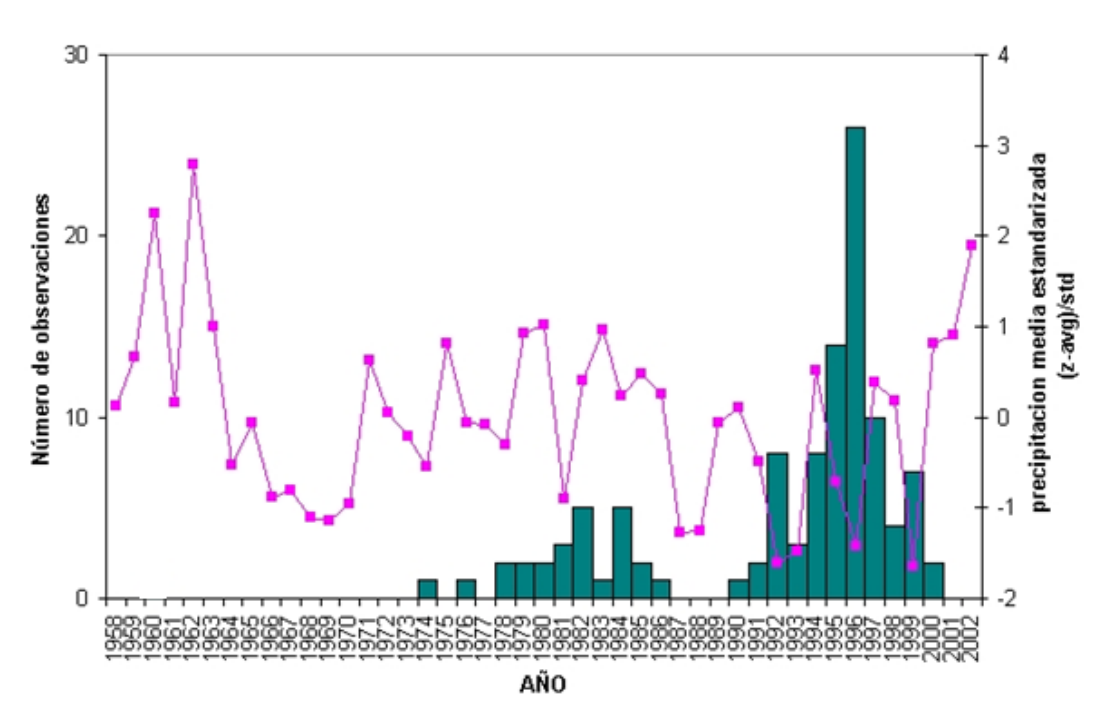


Figura 16.. Histograma de reclutamiento de ligustro y anomalías de precipitación anual estandarizada.

El análisis de las alturas máximas del nivel del río Santa Lucía, a la altura de la represa de Aguas Corrientes muestra una tendencia en descenso (figura 17).

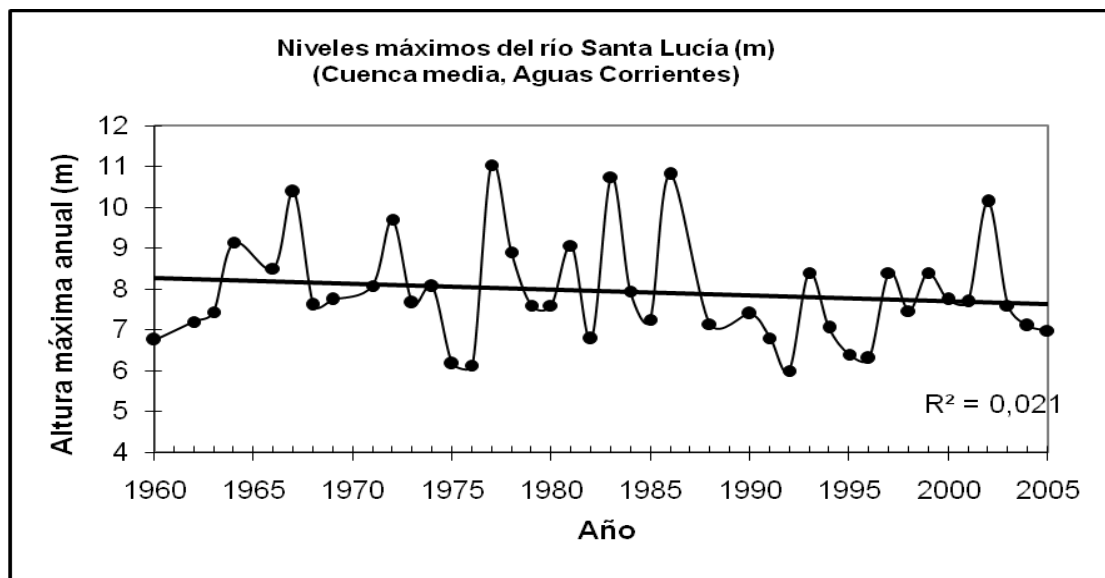


Figura 17.. Tendencia decreciente de los niveles máximos del río Santa Lucía (Aguas Corrientes)

*Análisis de correlación de reclutamiento y variables hidroclimáticas estandarizadas*

El análisis de la matriz de correlaciones y sus significancias, muestra que los reclutamientos covarían con los niveles del río, anual y de primavera. En primavera el nivel del río muestra una covarianza inversa; es decir, cuanto mayor es el valor del nivel, menor es el número de reclutamiento (Tabla 3).

**Tabla 3.** Matriz de correlación de reclutamiento, precipitaciones y nivel del río.

Matriz (Coef. de correlación de Pearson):											
	Reclut. a. real	PP media año	PP media año	PP mediana año	PP media primav	PP mediana primav	Nivel medio anual	Nivel máx. anual	Nivel medio primav	Nivel máx. primav	
Recluta. real	1,000	-0,181	-0,181	-0,222	-0,267	-0,341	<b>-0,419</b>	-0,318	<b>-0,438</b>	-0,232	
PP media año	-0,181	1,000	<b>1,000</b>	<b>0,868</b>	<b>0,554</b>	<b>0,491</b>	0,175	0,271	0,285	0,377	
PP media año	-0,181	<b>1,000</b>	1,000	<b>0,868</b>	<b>0,554</b>	<b>0,491</b>	0,175	0,271	0,285	0,377	
PP mediana añ	-0,222	<b>0,868</b>	<b>0,868</b>	1,000	<b>0,472</b>	<b>0,514</b>	0,209	0,306	0,309	0,329	
PP media primav	-0,267	<b>0,554</b>	<b>0,554</b>	<b>0,472</b>	1,000	<b>0,758</b>	-0,083	0,095	0,235	0,386	
PP mediana pri	-0,341	<b>0,491</b>	<b>0,491</b>	<b>0,514</b>	<b>0,758</b>	1,000	-0,207	-0,064	0,068	0,218	
Nivel medio anu	<b>-0,419</b>	0,175	0,175	0,209	-0,083	-0,207	1,000	<b>0,726</b>	<b>0,797</b>	<b>0,536</b>	
Nivel máx. anua	-0,318	0,271	0,271	0,306	0,095	-0,064	<b>0,726</b>	1,000	<b>0,597</b>	<b>0,526</b>	
Nivel medio prim	<b>-0,438</b>	0,285	0,285	0,309	0,235	0,068	<b>0,797</b>	<b>0,597</b>	1,000	<b>0,793</b>	
Nivel máx. prim	-0,232	0,377	0,377	0,329	0,386	0,218	<b>0,536</b>	<b>0,526</b>	<b>0,793</b>	1,000	
<i>En negrita, valores significativos (fuera diagonal) al umbral alfa=0.050 (prueba bilateral)</i>											

*Reclutamiento y anomalías climáticas regionales*

A modo ilustrativo y para comenzar a relacionar las variables temperatura y precipitación se realizó un análisis de las anomalías de precipitación y temperatura locales, de primavera y verano, mediante el modelo NCEP/NCAR para el período considerado.

Estos análisis primarios permitieron identificar rangos climáticos en los que ocurren los reclutamientos. La diferencia de precipitaciones durante el período de germinación del ligustro (primavera), entre un año de máximo reclutamiento y otro de menor reclutamiento, es muy notoria. Aquellos años, en que el registro de reclutamiento aumenta respecto a otros años, las precipitaciones de esta estación están por debajo de su valor medio; es decir, se trata de años con diferentes grados de déficit hídrico.

Por el contrario, los años que el reclutamiento resulta menor, las lluvias están por encima del promedio. Esto puede ser mejor observado en años contrapuestos, en términos de reclutamiento, como lo son los años 1986 y 1996 (Figuras 18) Cuando se comparan las temperaturas de ambos años, con el propósito de inferir, su efecto sobre la evapotranspiración potencial (ETP), las diferencias entre ambos años fueron relativamente mínimas y siempre por encima de su valor medio (Figura 19).

En cambio, la inexistencia de reclutamiento estuvo asociada a temperaturas de primavera por debajo del valor medio y temperaturas de verano ligeramente por encima del valor medio (Figura 20).

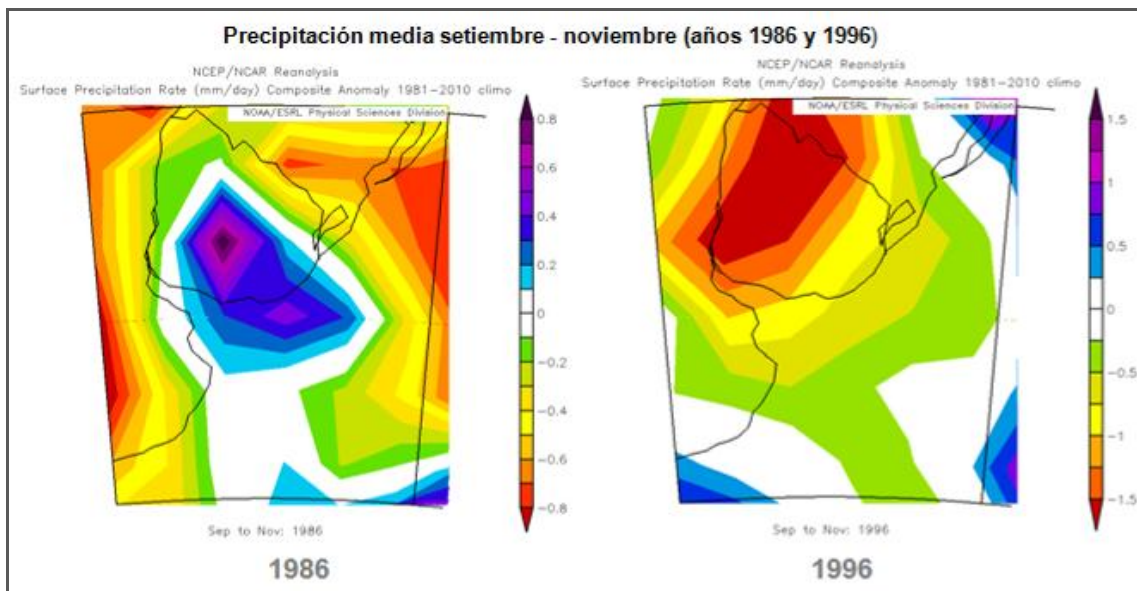


Figura 18.. En los años de bajo reclutamiento (ejemplo, año 1986), la precipitación media de primavera es superior a la media y en aquellos de alto reclutamiento (ejemplo, 1996), la precipitación está por debajo de la media.



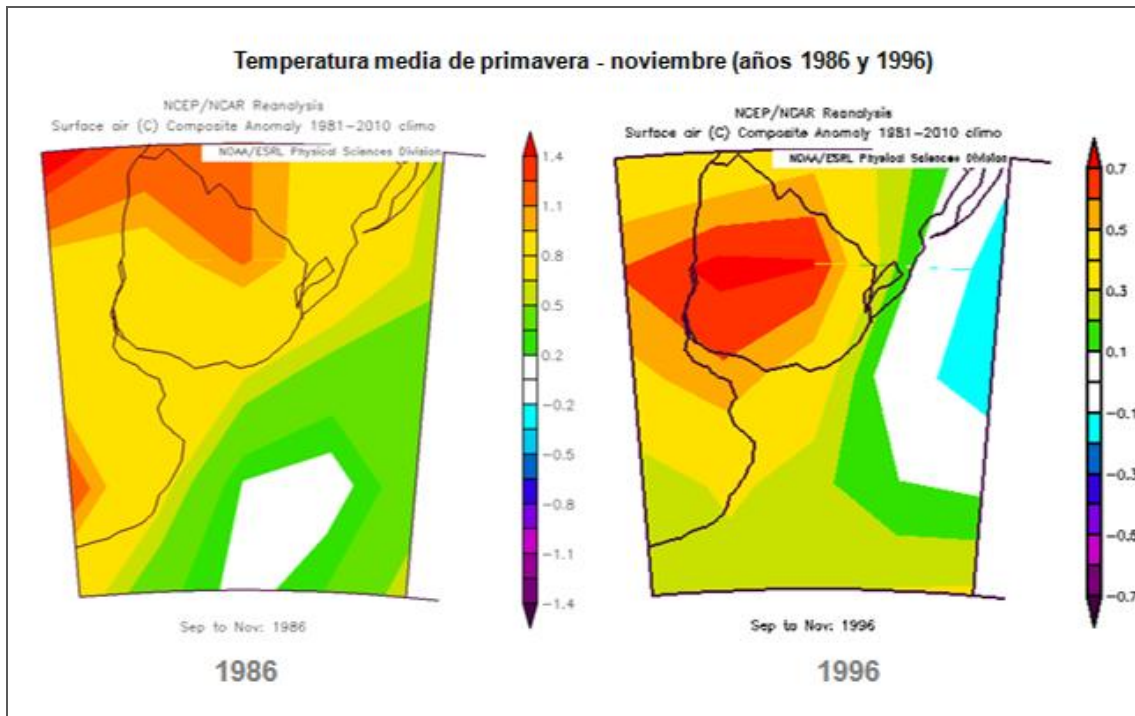


Figura 19.. En ambos años las temperaturas medias de primaveras son superiores a la media.

La comparación de picos de máxima frecuencia de reclutamiento (1996) para los trimestres de primavera y verano, con el año previo y posterior al mismo (1995 y 1997) no muestra diferencias notorias, tanto de precipitación como de temperatura, que pudieran explicar este mayor reclutamiento en 1996 (Figura 11). Este análisis desfasado se realizó considerando un margen de error de la técnica dendrocronológica de -1 año o +1 año.

Los valores de precipitación de los tres años (1995, 1996 y 1997) se ubican por debajo de los valores medios; esto indica la existencia un déficit de lluvia (bajo a ligero) (Figuras 21, 23, 25 y 27).

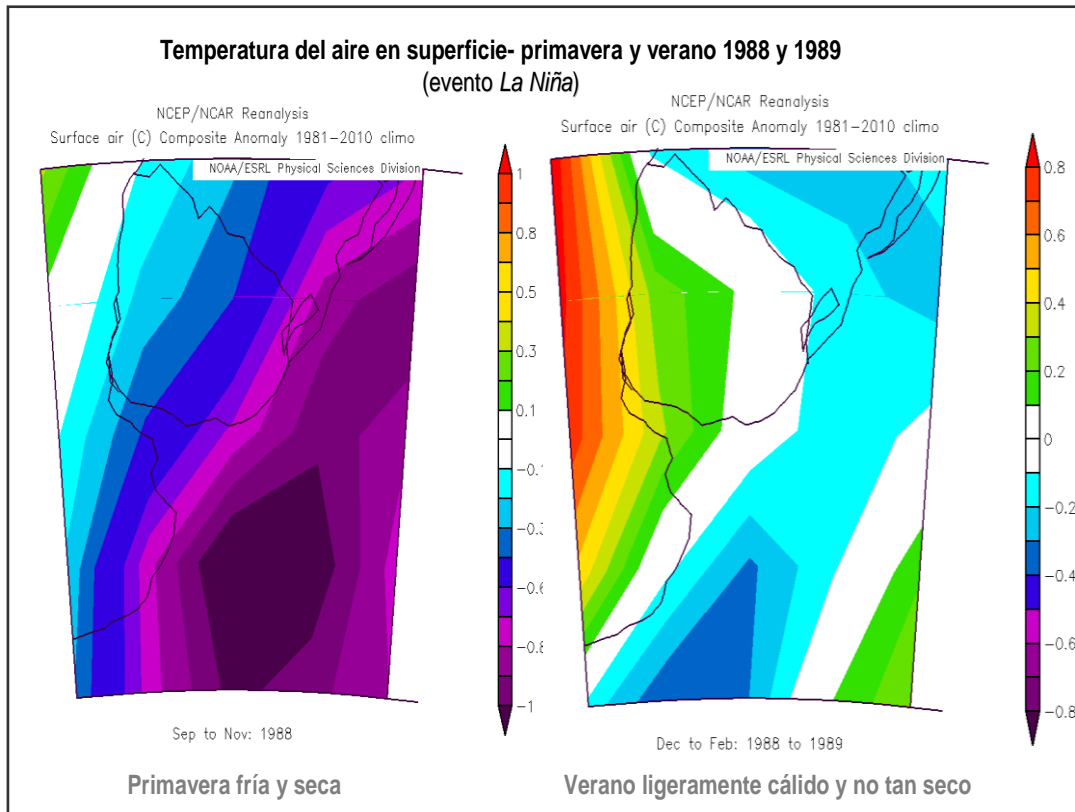


Figura 20. Anomalías de temperatura de primavera y el verano 1988/89. Fase fría del Fenómeno ENSO (Evento La Niña).

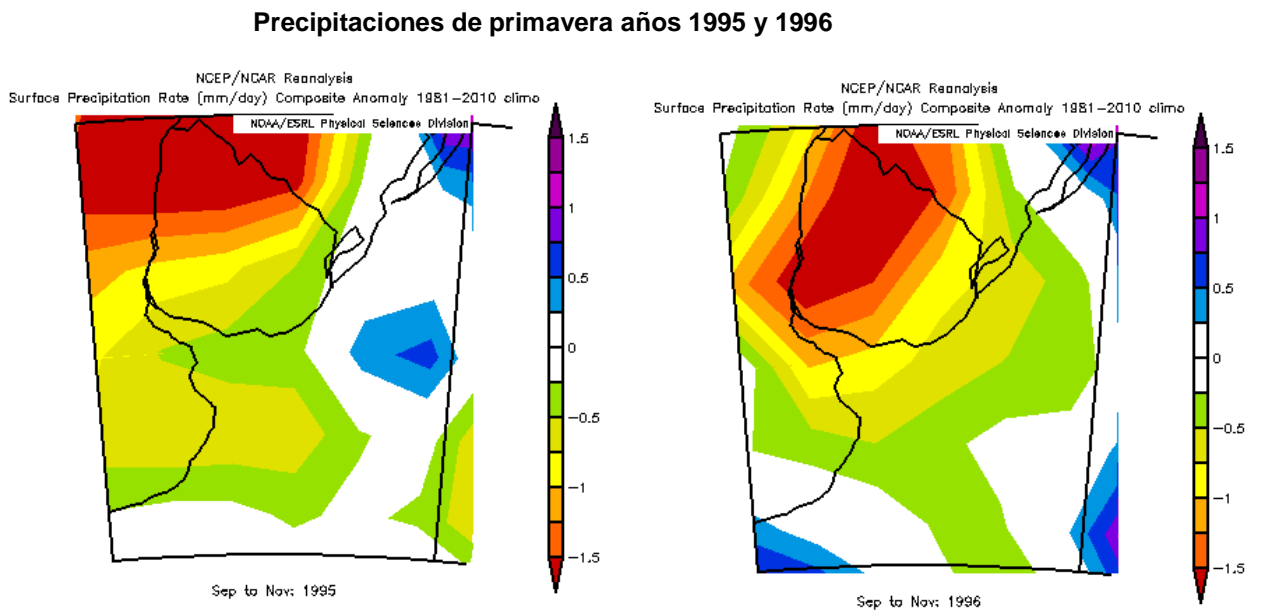


Figura 21. Comparación de anomalías de precipitación. Primavera 1995 y 1996.

### Temperaturas de primavera años 1995 y 1996

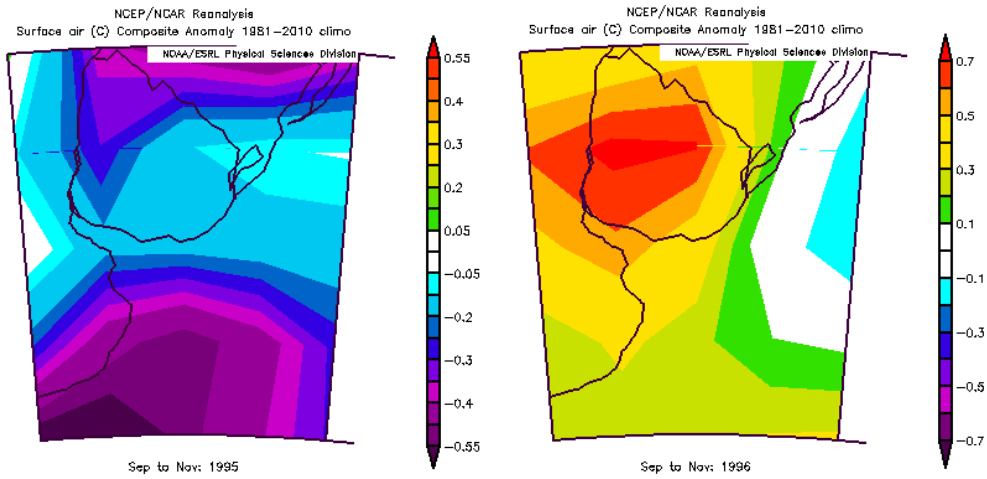


Figura 22. Comparación de anomalías de temperatura. Primaveras 1995 y 1996.

### Precipitaciones de verano años 1995/96 y 1996/97

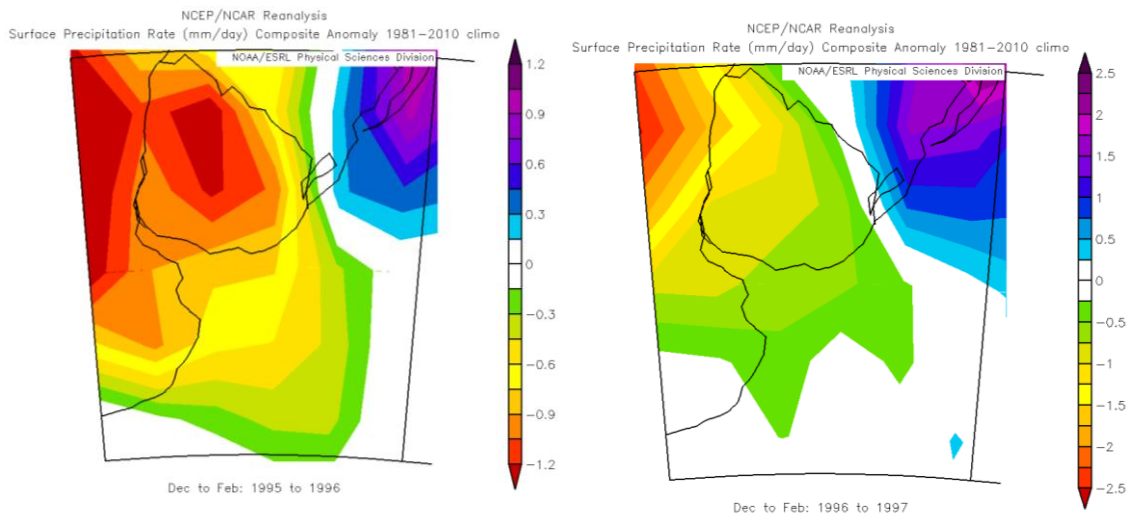


Figura 23. Comparación de anomalías de precipitación. Veranos 1995/96 y 1996/97.

### Temperaturas de verano años 1995/96 y 1996/97

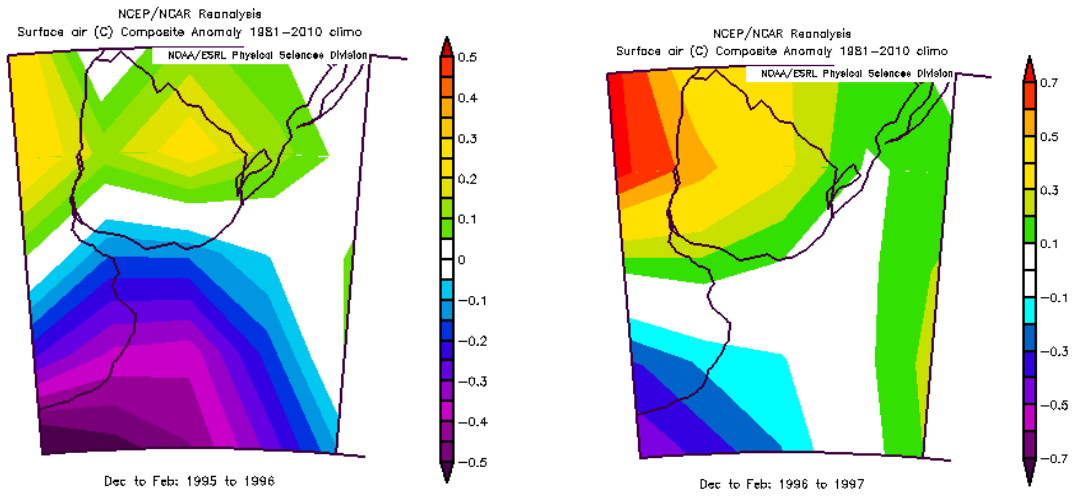


Figura 24.. Comparación de anomalías de temperatura. Veranos 1995/96 y 1996/97.

### Precipitaciones de primavera 1996 y 1997

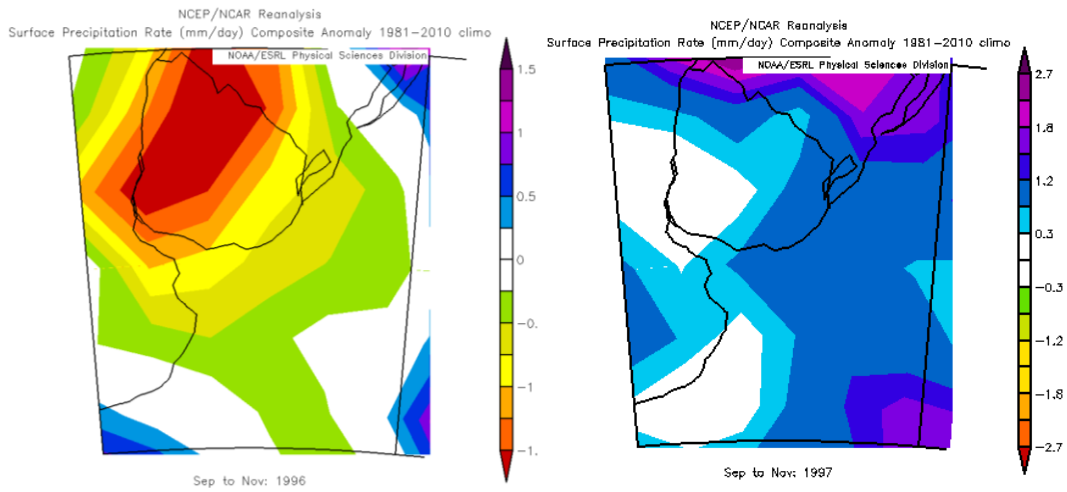


Figura 25.. Comparación de anomalías de precipitaciones. Primavera 1996 y 1997.

### Temperaturas de primavera 1996 y 1997

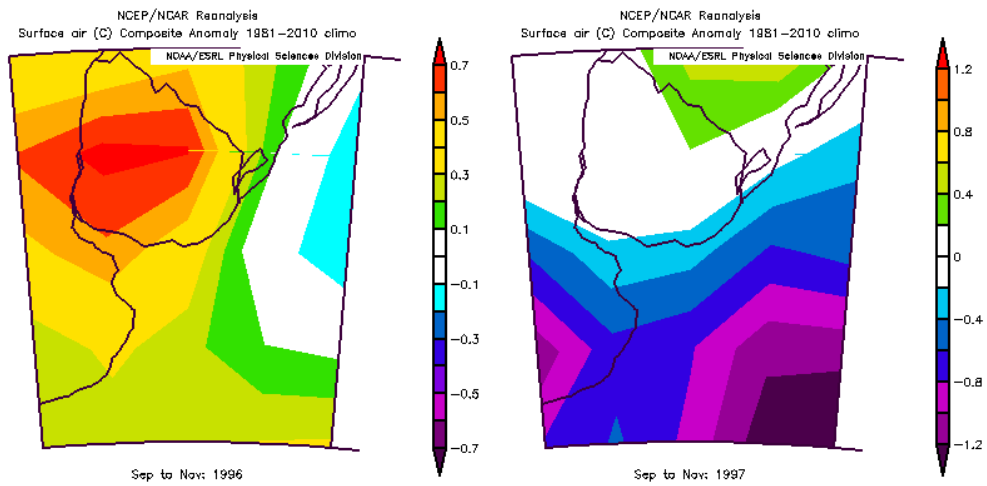


Figura 26.. Comparación de anomalías de temperatura. Primaveras 1996 y 1997.

### Precipitaciones de verano 1996/97 y 1997/98

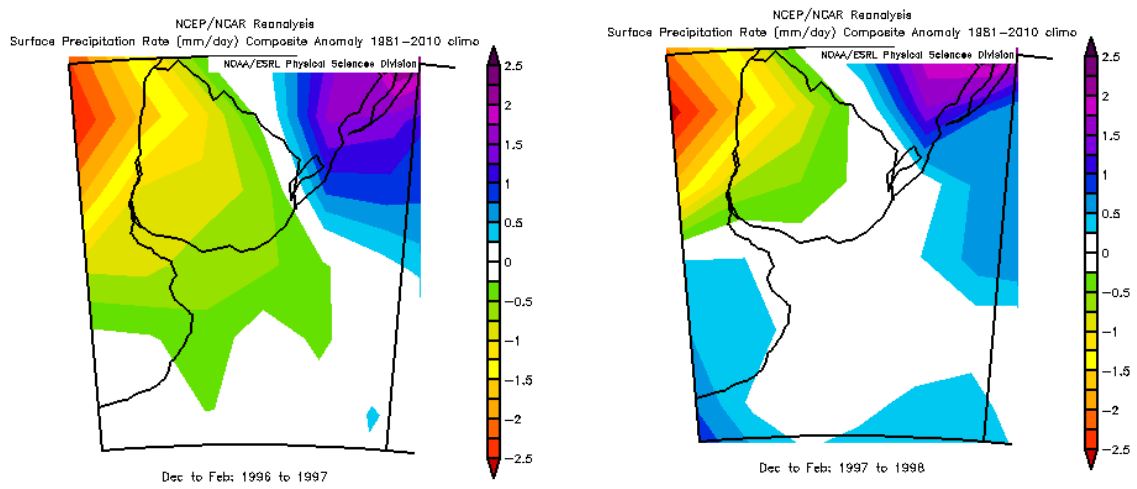


Figura 27.. Comparación de anomalías de precipitaciones. Veranos 1996/97 y 1997/98.

### Temperaturas de verano 1996/97 y 1997/98

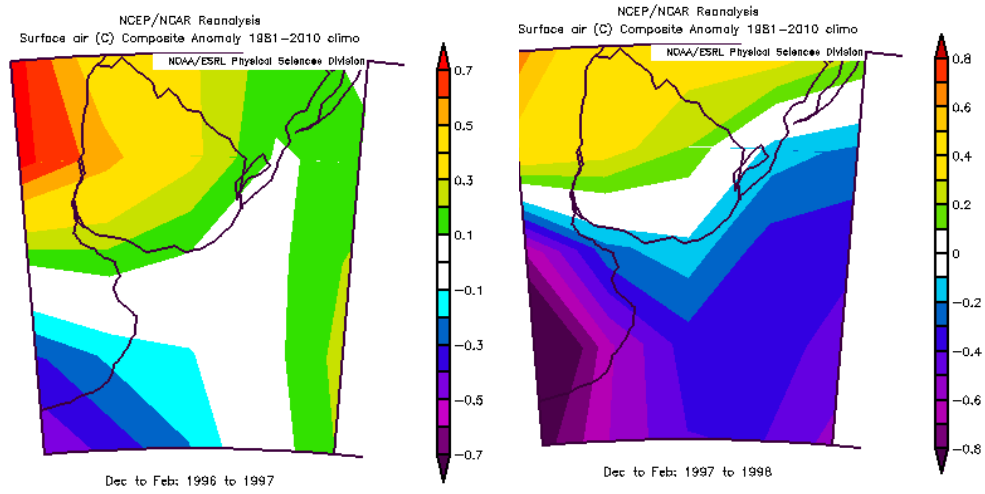


Figura 28.. Comparación de anomalías de temperaturas. Veranos 1996/97 y 1997/98.

## 5 DISCUSIÓN

Las evidencias obtenidas indican que la expansión de ligustro en el área de estudio, se habría consolidado fundamentalmente a partir de la década de 1970. A pesar de las ventajas competitivas de esta especie: alta tasa reproductiva, dispersión por especies ornitócoras, amplio rango de distribución climática, entre otras, esta expansión en el área, no es un proceso continuo. Tal como lo indican las edades estimadas por dendrocronometría de los individuos reclutados, el avance de ligustro es discontinuo o “en pulsos”. A su vez, este reclutamiento en pulsos, muestra dos grandes momentos (anterior a 1987 y posterior a 1990) –unos 10 años cada uno– y cuyo punto de inflexión, está dado precisamente por un periodo de sequía (1987-1989), coincidente con un evento La Niña. Esta distribución bimodal, y además en pulsos, no puede ser adjudicada a aquellos factores de origen antrópico que históricamente han afectado al bosque nativo de la zona (tala, extracción de leña, incendios, actividades de esparcimiento, refugio de ganado y otras). De hecho, la acción de estos factores ha estado presente de forma continua, particularmente en las últimas décadas y ha sido la causa del ingreso de la especie exótica al sistema; pero en su fase de proliferación, aparecen otros factores que muestran relación con su control: las variaciones hidroclimáticas. Es decir, algunos factores abióticos podrían ser los que mejor expliquen el comportamiento de esa distribución, en la medida que éstos son los que han tenido un cambio claro durante ese periodo.

En una primera etapa, se intentó establecer la posible relación entre dicho reclutamiento en pulsos y las variables climáticas principales, precipitación y temperatura, en referencia al ENSO (*El Niño-Southern Oscillation*), por considerarse uno de los fenómenos climáticos de mayor gravitación sobre los biomas, a nivel regional. El análisis de los eventos climáticos asociados a El Niño, a distintas intensidades (suave, moderado, fuerte), no mostró una relación significativa, salvo excepciones. Estas estuvieron asociadas principalmente a eventos extremos como su fase fría y seca, La Niña. Ello conduce a pensar que el ENSO puede estar asociado como factor limitante, pero no como factor promotor de la proliferación de ligustro, a menos de forma directa.

Generalmente, el evento La Niña se inicia durante el otoño del hemisferio sur y si bien en promedio dura aproximadamente un año, en algunos casos persiste hasta dos años. Los episodios bien desarrollados de esta fase, producen lluvias por debajo de lo normal, desde noviembre hasta marzo, en el sur de Uruguay y Brasil, así como en el este de la Región del Chaco, la Mesopotamia y la Región Pampeana, en Argentina. Según los registros de la NOAA, en el período 1950-1998 (49 años), han ocurrido un total de 12 eventos intensos del fenómeno El Niño, contra sólo nueve de La Niña. Los eventos recientes de La Niña de mayor intensidad, se desarrollaron entre 1988-1989 y 2001-2002, aunque previo y posterior a estos eventos, el clima también fue comparativamente más seco y frío que la media. Los eventos La Niña de mayor duración han ocurridos en 1955-1956 y en 1974-1975, siendo más fuerte este último (Figuras 29 y 30).

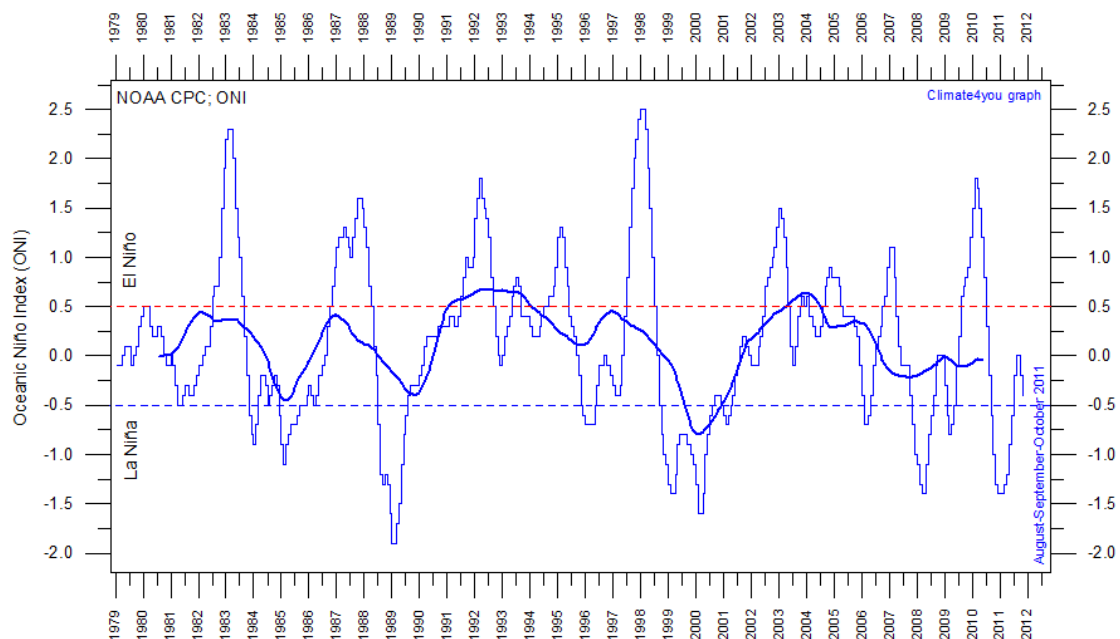


Figura 29. Eventos ENSO El Niño-La Niña en las últimas tres décadas. Obsérvese el rango de los desvíos (+/-) en torno al valor medio (05/-05).



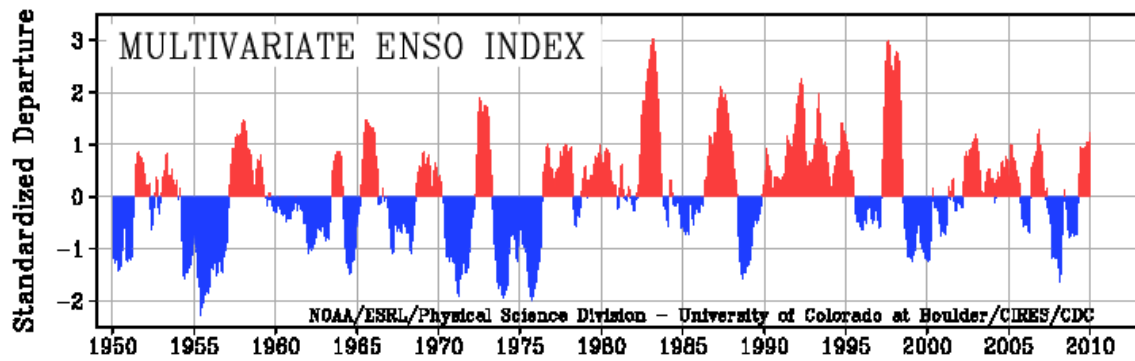


Figura 30. Representación gráfica del Índice multivariado ENSO para el periodo 1950-2010: El Niño (rojo) y La Niña (azul). Fuente: [http://www.americanthinker.com/2007/11/enso\\_variation\\_and\\_global\\_warm.html](http://www.americanthinker.com/2007/11/enso_variation_and_global_warm.html)

Como consecuencia, se buscó luego relacionar el reclutamiento de ligustro con el registro de datos climáticos para el área de estudio. La primera observación que surge claramente, es la tendencia en aumento de las precipitaciones medias en las últimas cuatro décadas, así como también de las temperaturas. Este fenómeno es coincidente con el registro de precipitaciones anuales para la región (Robledo y Penalba, 2008). Barros et al. (2008) resaltan además que este aumento de la precipitación anual, ha sido principalmente debido a la precipitación en el semestre cálido (octubre a marzo).

El aumento de precipitación y de temperatura registrado en la cuenca de estudio (1960–2005) coincide, precisamente, con la época en que da inicio el aumento masivo de las poblaciones de ligustro en la cuenca media del río Santa Lucía. Sin embargo, la comparación de estos datos, año a año, tampoco se ajustó en la medida de lo deseable. En particular, aquellos picos de precipitación superior a la media, fueron los que menos coincidieron con las frecuencias de edades. Ello estaría indicando que la proliferación de ligustro, no estaría asociada directamente a un mayor promedio mensual de agua de lluvia, como podría presuponerse.

A pesar de lo persistente que pueda ser la idea de que variables climáticas como la precipitación, sean las forzantes en el proceso de reclutamiento, no debe omitirse en el análisis que se trata de un sistema ripario, por lo que el déficit ocasional de precipitaciones, en principio, no debería ser un factor limitante en tal sentido. De modo que este fenómeno no sería explicado por una relación lineal de causalidad con el aumento de la precipitación, sino con su distribución temporal; es decir, *cuándo* y

*cómo* llueve y no tanto, cuánto llueve. Ello es lo que directamente incidiría sobre la calidad y persistencia de la atmósfera de humedad al interior del bosque ripario; un factor presumiblemente clave en el proceso de expansión del ligustro. Debe tenerse presente, que los raleos, podas y/o aclareos del bosque, aumentan el ingreso de radiación solar, no sólo de infrarrojos sino también de ultravioletas. La acción desecante del primero y fotolítica del segundo, son dos factores que disminuyen fuertemente la viabilidad de germinación de cualquier semilla. De ahí, que un aumento adicional de humedad, adquiere relevancia, particularmente, para las semillas de ligustro, en los meses cálidos.

Diferencias mínimas en el rango de precipitación y temperatura, podrían ser un factor determinante para amplificar las diferencias en el reclutamiento entre un año y otro. De hecho, su acción sobre los niveles de evaporación condicionaría los niveles de humedad, en una escala de terreno, los que con los actuales datos disponibles no son posibles calcular.

Los datos analizados mediante el modelo NCEP/NCAR (Kalnay et al., 1996) permitieron con adecuada aproximación, discernir entre estas variables, rangos anómalos que podrían, en parte, explicar esas diferencias. No obstante, como es previsible, es también necesario el concurso de otras variables –no directamente vinculadas al valor de precipitación y temperatura– tales como inundación, flujo de nutrientes y/o tasa de sedimentación, para explicar a través de su interacción, la forzante de mayor incidencia en este reclutamiento en pulsos.

Cuando se comparó el pico de máxima frecuencia de reclutamiento (1996) para los trimestres de primavera y verano, con el año previo y posterior al mismo (1995 y 1997, respectivamente) no se observaron diferencias notorias, tanto de precipitación como de temperatura, que pudieran explicar este mayor reclutamiento en 1996. En los tres años (1995, 1996 y 1997) los valores de precipitación analizados estuvieron por debajo de los valores medios (normales), indicando la existencia un déficit de lluvia, aunque de bajo a ligero. De esta constatación se desprende que las anomalías pluviométricas en exceso, no explican el mayor o menor reclutamiento de ligustros. Esto respondería a que el balance hídrico, condicionado por la temperatura en igual periodo, se

expresaría en un cambio significativo de las tasa de evaporación, de la que no se disponen de datos históricos en el país.

*¿Qué rango de precipitación y temperatura explicaría entonces el reclutamiento de ligustro?* Este rango en principio, incluiría: 1) precipitación de las estaciones cálidas (primavera-verano), por debajo o dentro del valor medio; 2) temperatura ligeramente por encima del valor medio, en un rango mayor o menor, dependiendo de los valores que adquiera la precipitación en igual periodo.

*¿Qué factores incidirían negativamente en el reclutamiento de ligustro?* Sequías severas como las ocurridas durante los eventos La Niña.

La sensibilidad de respuesta del ligustro a variaciones climáticas de pequeño rango, sumado a sinergias con otras variables, es más precisa que el registro de datos y escalas disponible. Para una mayor precisión, es necesario contar con sensores instalados en el propio terreno, por un lapso no menor a dos pulsos de reclutamiento, consecutivos en el tiempo y contrastantes entre sí.

Estudios en la Cuenca del Río de la Plata realizados por Penalba y Robledo (2009), demuestran que el semestre cálido, también es responsable de los aumentos en la cantidad de días con lluvia, en términos anuales. Este aumento en los días de lluvia – más que de milímetros precipitados– quizás sea el factor principal de este reclutamiento. Sin embargo, el efecto de las crecidas o por el contrario, de días con estrés hídrico por déficit de lluvia, son factores negativos que pueden contrarrestar el efecto favorable de un mayor número de días húmedos.

En las últimas cuatro décadas, en aquellos meses cálidos con un reclutamiento efectivo de ligustros, existirían indicios de persistencia de una mayor humedad a nivel de terreno, dado por un aumento de la tendencia de la temperatura y del número de días de precipitación (Robledo y Penalba, 2007). Esto respondería, no necesariamente a una mayor cantidad de lluvia caída, sino de días en las que esta lluvia se distribuye, sumado a una temperatura del aire por encima del valor medio. La combinación de estas variables y del rango de valores que adoptan, en muchos casos, generarían a escala de sitio una atmósfera típica de clima subtropical húmedo, *Cfa* en la Clasificación de Köppen; también conocido como ***clima chino***.

## 6 CONCLUSIONES

La expansión masiva de ligustro en el área de estudio data de mediados de la década de 1970. El reclutamiento de individuos muestra dos momentos definidos, siendo el más reciente, el más prolífero. Este comportamiento bimodal, muestra la existencia de dos puntos de inflexión entre los años 1987-1989 y 2000-2001, donde no hay reclutamiento. Esta ausencia de reclutamiento coincide con la ocurrencia de eventos de sequía severos.

En términos climáticos el reclutamiento de ligustro sería propiciado por:

1. precipitaciones ligeramente por debajo o en el entorno del valor medio mensual de primavera-verano. Los déficit ocasionales de lluvia, no actuarían como un factor limitante de la proliferación de ligustro en el bosque ribereño, por tratarse de un sistema ripario. Por lo que el incremento de las precipitaciones de primavera y verano, no está directamente asociado al reclutamiento;
2. temperaturas de valores suficientemente altos, como para compensar los valores de precipitación, por encima de la media, dado su incidencia en la evaporación.

Inciden negativamente en el reclutamiento de ligustro:

1. temperaturas anómalas de primavera, cuando éstas están por encima de su valor medio y la lluvia por debajo de la media (primavera cálida y seca).
2. crecientes del río, cuando ocurren durante la primavera (época de germinación). Es posible suponer que estas afectarían drásticamente la densidad de semillas y con ello, la probabilidad de reclutamiento en los meses cálidos subsiguientes.

## 7 PERSPECTIVAS

A la luz de los aportes que surgen del presente trabajo de investigación, es recomendable en más, que los futuros estudios sobre especies “invasoras”, cuenten con datos meteorológicos a escala de terreno. Ello exige contar con sensores de precisión *in situ*, durante un lapso no menor a dos pulsos de reclutamiento consecutivos en el tiempo y contrastantes entre sí. Con los datos así obtenidos se podrá establecer los años favorables y desfavorables para el reclutamiento de ligustro y determinar medidas preventivas del avance.

Los conocimientos al presente son lo suficientemente escasos como para establecer estrategias efectivas de control. Esta deficiencia de conocimientos solo podría ser suplida momentáneamente, a costos muy elevados. De ahí que la mejor práctica es una buena teoría. La profundización del conocimiento en la línea llevada adelante en esta investigación podrá permitir manipular algunas condiciones de estrés para controlar estos procesos proliferativos de árboles exóticos (Alpert et al, 2000).

Como sugieren Richardson et al. (2000) Kalesnik (2005), el principal problema que habría que sortear es el de reconocer la existencia de un nuevo tipo de bosque o “*neoecosistema*” y no tratar esta problemática como un caso asociado a la idea de “invasión de especies exóticas”. Estos nuevos bosques, tendrían que ser valorados en el sentido de algunas de las funciones ecológicas que desarrollan. Como ejemplo de las mismas, pueden mencionarse: refugio de fauna nativa que presenta problemas de conservación a escala local y regional (Merler *et al*, 2001; Malzof *et al*, 2005), incorporación de diversidad al sistema, protección de costas, entre otros tipos de funciones. También es de importancia, la implementación de proyectos de investigación orientados al estudio de posibles usos de estos nuevos tipos de bosques y particularmente de estas especies.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

Alonso, E. & M.J. Basagoda 2002 La vegetación costera del SE uruguayo: ambientes y biodiversidad. Documentos de divulgación, Museo Nacional de Historia Natural y Antropología N° 5.

Alpert, P., E. Bone, and C. Holzapfel. 2000. Invasiveness, invasibility and the role of environmental stress in the spread of non-native plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 3(1): 52–66.

Altesor, A., E. Di Landro, H. May, E. Ezcurra 1998. Long term species change in a Uruguayan grassland. *Journal of Vegetation Science* 9: 173-180.

Aragón R y Groom M. 2003. Invasion by *Ligustrum lucidum* (Oleaceae) in NW Argentina: early stage characteristics in different habitat types. *Rev Biol Trop.* Mar. 51(1):59-70.

Arroyo MTK, Marticorena C, Matthei O, Cavieres L. 2000. Plant Invasions in Chile: Present Patterns and Future Predictions. En *Invasive species in a changing world*, Eds Mooney HA, Hobbs RJ, pp. 385-421. Washington, DC: Island Press

Baker, H.G. 1974. The evolution of weeds. *Annual Review of Ecological Systems* 5:1-24.

Baker, H.G. 1986. Patterns of plant invasion in North America. In: H.A. Mooney and J.A. Drake (Eds.), *Ecology of Biological Invasions of North America and Hawaii*. Springer-Verlag, New York, NY, pp. 44-58.

Balaguer, L. 2004. Las plantas invasoras. ¿El reflejo de una sociedad crispada o una amenaza científicamente contrastada? *Historia natural*. (en prensa).

Battipaglia G., Matthias Saurer, Paolo Cherubini, Rolf T.W. Siegwolf, M. Francesca Cotrufo. 2009. Tree rings indicate different drought resistance of a native (*Abies alba* Mill.) and a nonnative (*Picea abies* (L.) Karst.) species co-occurring at a dry site in Southern Italy. *Forest Ecology and Management* 257, 820–828.

Bauder, E. T. 2005. The effects of an unpredictable precipitation regime on vernal pool hydrology. *Freshwater Biology*, 50, 2129–2135.

Binggeli, P. 1996. A taxonomic, biogeographical and ecological overview of invasive woody plants. *Journal of Vegetation Science* 7, 121–124.

Burke, M. J., and J.P. Grime. 1996. An experimental study of plant community invasibility. *Ecology* 77(3): 776-790.

Bustamante, R.; I.A. Serey; S.T.A. Pickett. 2003 Forest fragmentation, plant regeneration and invasion processes across edges in Central Chile. En Bradshaw, G.A., P.A. Marquet (eds.) *How landscape changes. Human disturbance and ecosystem fragmentation in the Americas*, Springer - Verlag, New York 145-160

Carrere, R. 2001 Monte Indígena. Mucho más que un conjunto de árboles. Ediciones de Brecha, Nordan–Comunidad, Montevideo.

Caswell, H., Lensink, R., Neubert, M.G. 2003. Demography and dispersal: Life table response experiments for invasion speed. *Ecology* 84(8): 1968-1978.

Connell, JH & Sousa WP. 1983. On the evidence needed to judge ecological stability or persistence. *American Naturalist* 121:789-824.

Connell, JH. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199 : 1302-1310.

Cousens, R., and Mortimer, M. 1995. *Dynamics of Weed Populations*. Cambridge University Press, New York, NY, pp. 21-54.

Cronk, Q.C. & Fuller, J.L. 1995. *Plant Invaders. The threat to natural ecosystems*. Chapman and Hall, London, UK, 241 p.

Crooks, JA and Soule ME. 1999. Lag times in population explosions of invasive species: Causes and implications. In: Sandlund OT, Schei PJ, Viken \{A\}slaug *Invasive Species and Biodiversity Management*. *Invasive Species and Biodiversity Management*. Dordrecht, Netherlands. p 103–125.

Cuddington, K. & Hastings, A. 2004. Invasive engineers *Ecological Modelling* 178: 335-347.

Cherubini, P., B. L. Gartner, R. Tognetti, O. Braker, W. Schoch & J. J. Innes. 2003. Identification, measurement and interpretation of tree rings in woody species from mediterranean climates. *Biol. Rev.*, 78, pp. 119-148. Cambridge Philosophical Society.

Davis, M. A., J. Grime, J.P., Thompson, K. 2000. Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invisibility. *Journal of Ecology*. Volume 88, Issue 3, pages 528–534.

DeAngelis, DL, Post, WM & Travos, CC. 1979. Persistence and stability of seed dispersed species in a patchy environment. *Theoretical Population Biology* 16: 107-125.

Del Puerto, O. 1987. La extensión de las comunidades arbóreas primitivas en el Uruguay. *Notas Técnicas Nº 1*. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo.

Del Puerto, Laura & Inda, H. 2009. El aporte de la bioestadística al estudio dendrocronológico de un algarrobal del litoral oeste del Uruguay (in press).

Dukes, J.S. y Mooney, H.A. 1999. Does global change increase the success of biological invaders?. *TREE*. 14:135-139.

Elton, C. S. 1958. *The ecology of invasions by animals and plants*. Methuen, London, UK

Evia, G; E.Gudynas 1999 *Ecología del paisaje en Uruguay. Aportes para la conservación de la diversidad biológica*. AECl, Junta de Andalucía, MVOTMA 127-136.

FAO. 2000. Manual on integrated soil management and conservation practices. *In: FAO Land and Water Bulletin No. 8*. FAO, Roma. ISBN 92-5-104417-1. 214 pp.

Ferreras AE, C. Torres and L. Galetto. 2008. Fruit removal of an invasive exotic species (*Ligustrum lucidum*) in a fragmented landscape. *Journal of Arid Environment*. 72:1573-1580.

Figueroa J.A., Castro S.A., Marquet P.A., Jacksic F.M. 2004. Exotic plants invasions to the mediterranean region of Chile: causes, history and impacts. *Revista Chilena Historia Natural* 77,465-483.



FMAM/PUND/DINAMA/MVOTMA. 1999. Propuesta de estrategia nacional para la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica del Uruguay. Proyecto URU/96/G 31, Montevideo p. 63.

Gassó, N., C. Basnou y M. Vilà 2010. Predicting plant invaders in the Mediterranean through a weed risk assessment system. *Biological Invasions*. 12:463-476.

Ghersa, C. M., E. H. Satorre, R. L. Benech Arnold, and M. A. Martínez-Ghersa. 2000. Advances in weed management strategies. *Field Crops Research* 67:95–105.

Godoy et al. 2006. Diferencias en la fenología de la floración entre especies invasoras y nativas en la Península Ibérica. Libro de Actas del II Congreso Nacional sobre Especies Exóticas Invasoras. León, Septiembre 2006.

Godoy et al. 2008. Características de las plantas invasoras. En: “Invasiones Biológicas” Vilà M, Valladares F, Traveset A, Santamaria L & Castro P (coord). Colección de divulgación del CSIC. Pp: 53-64

Grottkopp, E., Rejmanek, M., Rost, T.L., 2002. Toward a causal explanation of plant invasiveness: Seedling growth and life-history strategies of 29 pine (*Pinus*) species. *The American Naturalist* 159, 396–419.

Groves, R., 1991. A short history of biological invasions of Australia. In: Groves, R., Di Castri, F. (Eds.), *In Biogeography of Mediterranean Invasions*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 59–63.

Hastings, A., K. Cuddington, K. F. Davies, C. J. Dugaw, S. Elmendorf, A. Freestone, S. Harrison, M. Holland, M. Lambrinos, U. Malvadkar, B. A. Melbourne, K. Moore, C. Taylor, and D. Thomson (2004). The spatial spread of invasions: new developments in theory and evidence. *Ecology Letters* 8:91-101.

Hobbs, R.J. 1991. Disturbance a precursor to weed invasion in native vegetation. *Plant Protection Quarterly* 6:99-104.

Hobbs, R.J., and L. Atkins. 1988. The effect of disturbance and nutrient addition on native and introduced annuals in the Western Australian wheat belt. *Australian Journal of Ecology* 13:171-179.

Huenneke, L.F., S.P. Hamburg, R. Koide, H.A. Mooney, and P.M. Vitousek. 1990. Effects of soil resources on plant invasion and community structure in Californian serpentine grassland. *Ecology* 71(2):478-491.

IUCN/SSC.2011.InvasiveSpeciesSpecialist [http://www.issg.org/worst100\\_species.html](http://www.issg.org/worst100_species.html)).

Ives, A. 1995. Measuring resilience in stochastic systems. *Ecological Monographs* 65:217-223.

Kalesnik, F. 2005. La influencia del régimen hidrológico en la regeneración de especies arbóreas nativas y exóticas en forestaciones comerciales de salicáceas en la Reserva MAB-UNESCO: Delta del Río Paraná. Informe final. Laboratorio Ecología Ambiental y Regional Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-Universidad de Buenos Aires.

Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K.C. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, A. Leetmaa, R. Reynolds, R. Jenne, D. Joseph. 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. NCEP/NCAR 40-Year reanalysis project, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77, 437-471 (NOAA).

Kowarik, I. 1995. Time lags in biological invasions with regard to the success and failure of alien species. In: P. Pysek, K. Prach, M.

Lake, J.C and M.R. Leishman. 2004. Invasion success of exotic plants in natural ecosystems: the role of disturbance, plant attributes and freedom from herbivores. *Biological Conservation* 117:215–226.

Levine, J. M., and C. M. D'Antonio. 1999. Elton revisited: a review of the evidence linking diversity and invasibility. *Oikos* 87: 15-26.

Lewis M. 1993. Allee Dynamics and the Spread of Invading Organisms. *Theoretical Population Biology* [Internet] 43:141–158. Available from: <http://dx.doi.org/10.1006/tpbi.1993.1007>

Lite, SJ, Bagstad, KJ and JC Stromberg. 2005. Riparian plant species richness along lateral and longitudinal gradients of water stress and flood disturbance, San Pedro River, Arizona, USA. *Journal of Arid Environments* 63 (2005) 785–813.

Lockwood J, Hoopes M, Marchetti M. 2007. *Invasion Ecology*. Blackwell Publishing Ltd: Massachussets, USA.

Mack, R.N. 1995. Invading plants: their potential contribution to population biology. In J. White, (Ed.) *Studies in Plant demography*. Academic Press, London, pp. 127-142.

Mack, R.N. 2003. Phylogenetic constraint, absent life forms, and preadapted alien plants: a prescription for biological invasions. *International Journal of Plant Sciences*. 164:S183-S196.

Mack RN, Simberloff D, Lonsdale WM, Evans H, Clout M, Bazzaz F. 2000. Biotic invasions: Causes, epidemiology, global consequences and control. *Ecological Applications* 10(3):689-710.

Martino, A.L. 2006. Informe técnico. Estado de situación de las EEI en el Uruguay. Lineamientos generales para una estrategia de manejo en áreas protegidas. Sistema Nacional de Areas Protegidas. Dirección Nacional de Medio Ambiente (MVOTMA). Montevideo, Uruguay.

Mazia, C. N., E. J. Chaneton, C. M Ghera & R. J. C. León. 2001. Limits to tree species invasion in pampean grassland and forest plant communities. *Oecologia* 128: 594-602.

Mazía N., Enrique J. Chaneton, Marina Machera, Andrea Uchitel, María Victoria Feler, Claudio M. Ghera 2012. Antagonistic effects of large- and small-scale disturbances on exotic tree invasion in a native tussock grassland relict. *Biological Invasion*. 12(9):3109-3122.

Melbourne, B. A., H. V. Cornell, K. F. Davies, C. J. Dugaw, S. Elmendorf, A. Freestone, R. Hall, S. Harrison, A. Hastings, M. Holland, M. Holyoak, J. Lambrinos, K. Moore, H. Yokomizo. 200. Invasion in a heterogeneous world: resistance, coexistence or hostile takeover? *Ecology Letters* 10: 77-94.

Montaldo, NH. 2000. Exito reproductivo de plantas ornitócoras en un relicto de selva subtropical en Argentina Reproductive success of bird-dispersed plants in a subtropical forest relict in Argentina. *Rev. chil. hist. nat.* v.73 n.3 Santiago de Chile.

Moody, M.E., and R.N. Mack. 1988. Controlling the spread of plant invasions: the importance of nascent foci. *Journal of Applied Ecology* 25:1009-1021.

Mooney, H.A. y Hobbs, R.J. 2000. *Invasive species in a changing world*. Island Press, Washington.

Nebel, J.P. & Porcile, J.F. 2006. Informe técnico. La contaminación del bosque nativo por especies exóticas. Dirección General Forestal (MGAP), Montevideo, Uruguay.

Newsome, A.E., Noble, I.R., 1986. Ecological and physiological characters of invading species. In: Groves, R., Burdon, J. (Eds.), *Ecology of Biological Invasions: an Australian Perspective*. Australian Academy of Science, Canberra, pp. 1–20.

Nilson, E.T., and C.H. Muller. 1980. A comparison of the relative naturalization ability of two Schinus species in Southern California. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 107:51-56.

Pauchard A, Cavieres L, Bustamante R, Becerra P, Rapoport E. 2004. Increasing the understanding of plant invasions in Southern South America: First symposium on Alien Plant Invasions in Chile. *Biological Invasions* 6, 255-257.

Penalba OC & Robledo FA. 2010. Spatial and temporal variability of the frequency of extreme daily rainfall regime in the La Plata Basin during the 20th century. *Climatic Change* (2010) 98:531–550.

Pickett, S.T.A., and P.S. White. 1985. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press, Orlando, FL. Pickett, S.T.A. and P.S. White. 1985. Patch dynamics: a synthesis. In: S.T.A. Pickett and P.S. White. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. New York: Academic Press: 371-384.

Prohaska F.J.; 1976; *World Survey of Climatology. Climates of Central and South America*. Vol.12. Edited W.S.Schwerdtfeger. Elsevier Science Publisher. Amsterdam.

Pysek P and Richardson DM (2007) Traits associated with invasiveness in alien plants: where do we stand? In: Nentwig W (ed) *Biol Invasions*, Springer-Verlag, Berlin Heridelberg, pp 97-125

Pysek, P. 1997. Clonality and plant invasions: can a trait make a difference? In: H. deKroon, and H. van Groenendael (Eds.), *The Ecology and Evolution of Clonal Plants*. Backhuys, Leiden, pp. 405-427.

Quiroz, CL., Pauchard, A., Lohengrin A. C. & CB. Anderson. 2009. Análisis cuantitativo de la investigación en invasiones biológicas en Chile: tendencias y desafíos. *Revista Chilena de Historia Natural* 82:497-505.

Radosevich, S.R., M.M. Stubbs, and C.M. Ghera. 2003. Plant invasions—processes and patterns. *Weed Sci.* 51:254-259.

Reichard, S.H., Hamilton, C.W., 1997. Predicting invasions of woody plants introduced into North America. *Conservation Biology* 11, 193–203.

Rejmánek M and Richardson DM (1996) What attributes make some plant species more invasive? *Ecology* 77:1655-1661

Rejmánek, M. 1999. Invasive plant species and invulnerable ecosystems. In: O.T. Sandlund, P.J. Schei, and A. Vilken (eds.), *Invasive Species and Biodiversity Management*. Kluwer, The Netherlands, pp. 79-102.

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

Richardson DM, Pyšek P, Rejmánek M, Barbour MG, Panetta FD, West CJ. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions* 6: 93–107.

Richardson, D.M. 1996 Forestry trees and invasive aliens. *Conservation Biology* 12: 18-26.

Robledo, FA, & Penalba OC. 2007. Análisis estacional de la frecuencia diaria y la intensidad de los extremos de precipitación sobre el sudeste de Sudamérica. *Meteorologica* vol.32 no.1-2 Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Simberloff, D. and Betsy Von Holle. 1999. Positive interactions of nonindigenous species: invasional meltdown? *Biological Invasions* 1: 21–32.

Simberloff, D. (Editor), Dr. Marcel Rejmanek (Editor) Encyclopedia of Biological Invasions.

Soulé, M. E. & Orians Gordon H. 2001. Conservation biology: research priorities for the next decade. BOOK

Soulé, M. E. 1987. History of the Society for Conservation Biology: How and why we got here. *Conservation Biology* 1(1):4-5.

Stohlgren TJ, Otsuki Y, Villa CA, Lee M, & J. Belnap. 2001. Patterns of plant invasions: A case example in native species hotspots and rare habitats. *Biological Invasions* 3(1):37-50.

Stromberg, J. C. 2002. Flood flows and population dynamics of Arizona Sycamore (*Platanus wrightii*) *Western North American Naturalist* 62(2), pp. 170–187

Thompson and Davis. 2011. Why research on traits of invasive plants tells us very little. *Trends in Ecology and Evolution*. Vol.26, Nº 4, pp 155 -156.

Tilman, D. 1997. Community invasibility, recruitment limitation, and grassland biodiversity. *Ecology* 78(1): 81-92.

Williamson, M. 1996. *Biological invasions*. Chapman & Hall, London, UK.

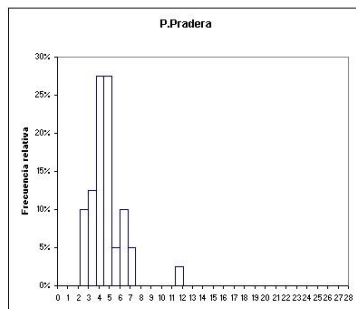
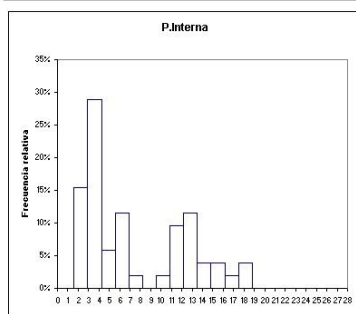
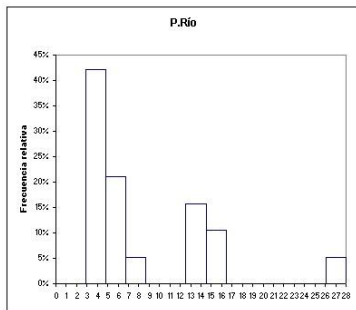
Williamson, M., Fitter, A., 1996a. The characters of successful invaders. *Biological Conservation* 78, 163–170.

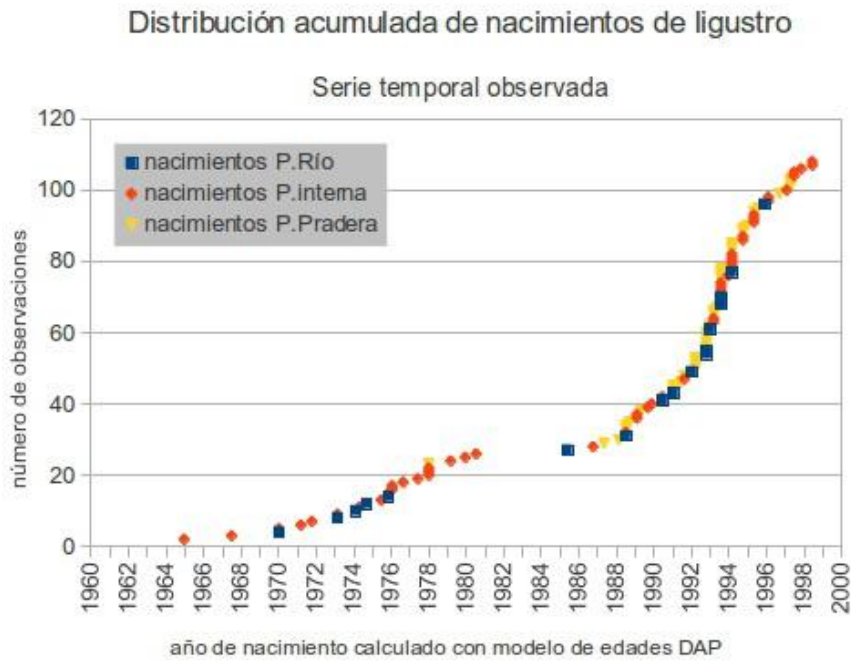
Williamson, M., Fitter, A., 1996b. The varying success of invaders. *Ecology* 1661–1666.

Willms J, S. B. Rood, Walter Willms and Melvin Tyree. 1998. Branch growth of riparian cottonwoods: a hydrologically sensitive dendrochronological tool. *Trees – structure and function*. Volume 12, Number 4, 215-223.

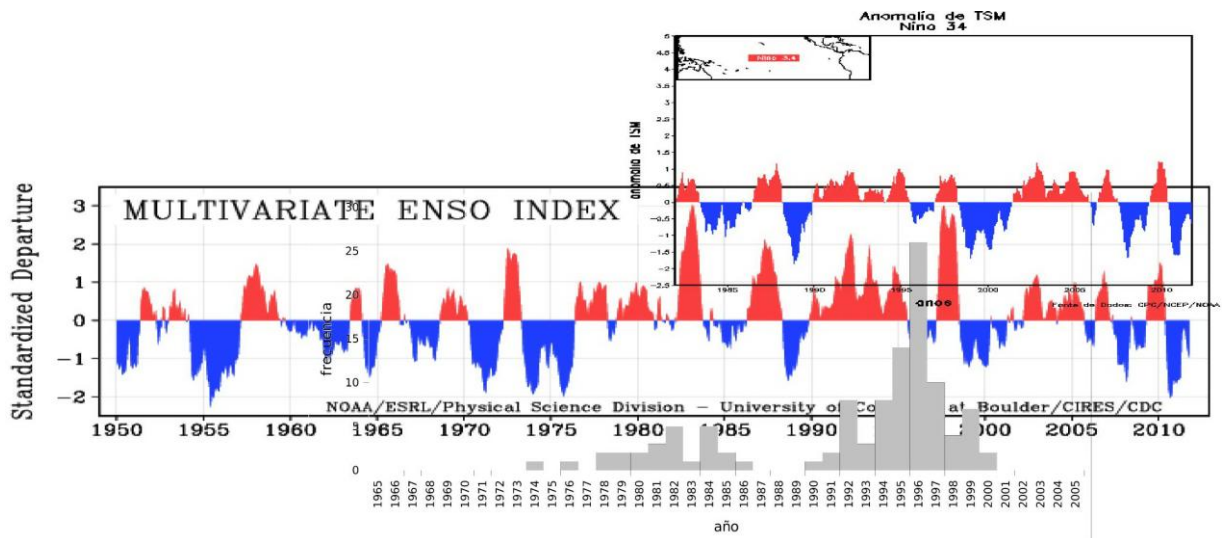
## ANEXOS

Anexo 1. Frecuencias de reclutamiento por parcelas (contra el río, interior, contra la pradera) y distribución acumulada de reclutamiento de los tres grupos de datos.



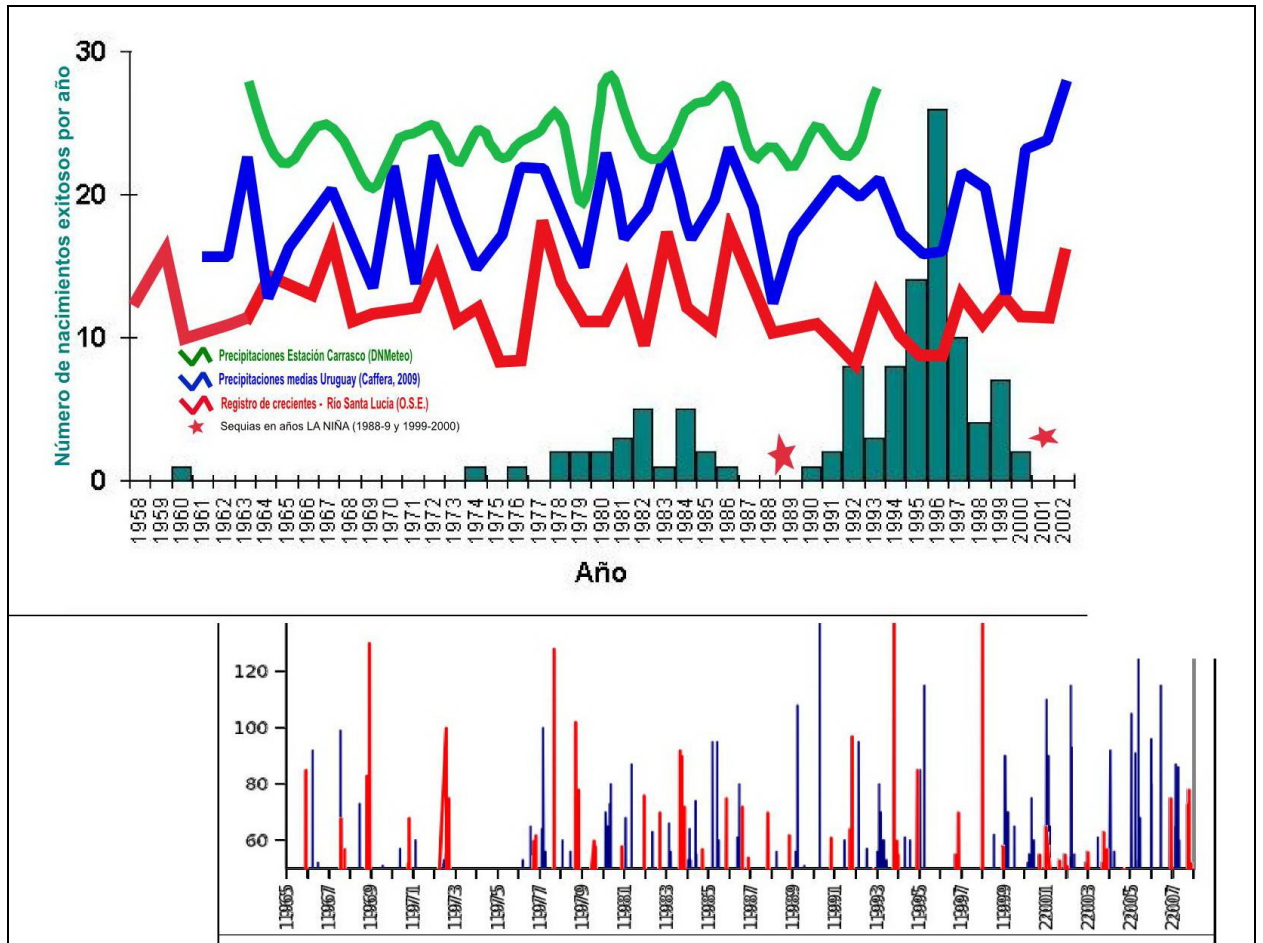


## ANEXO 2. Reclutamiento e Índice ENSO

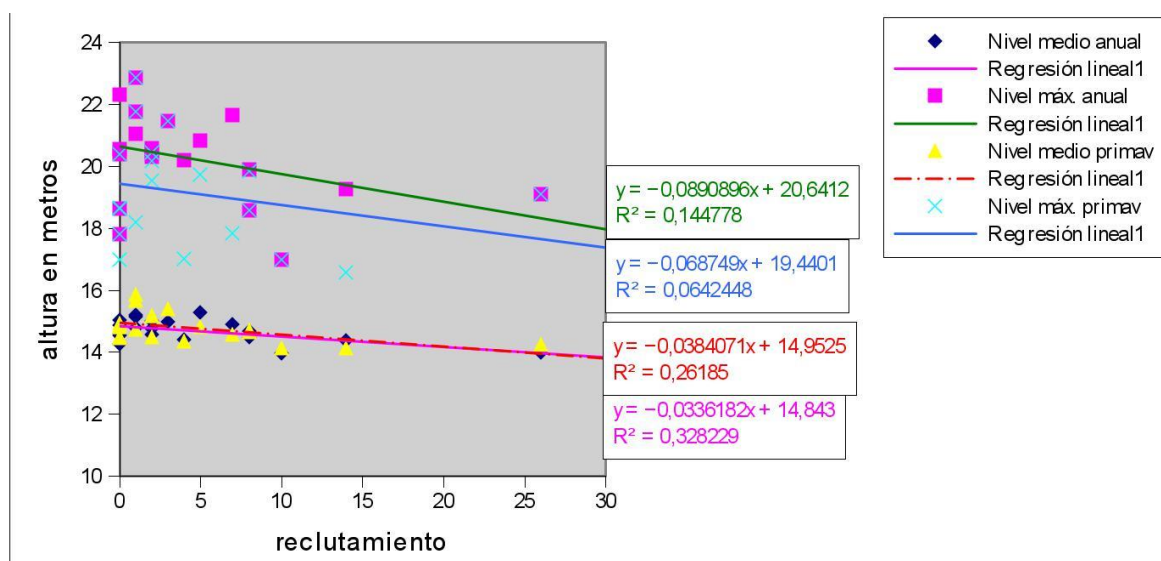


Anexo 3. Arriba Reclutamiento y precip. anual Carrasco (verde), precip. anual Uruguay (azul) y nivel del río (A. Corrientes). Abajo, precip. máx. anuales (azul) y de prim. (rojo)



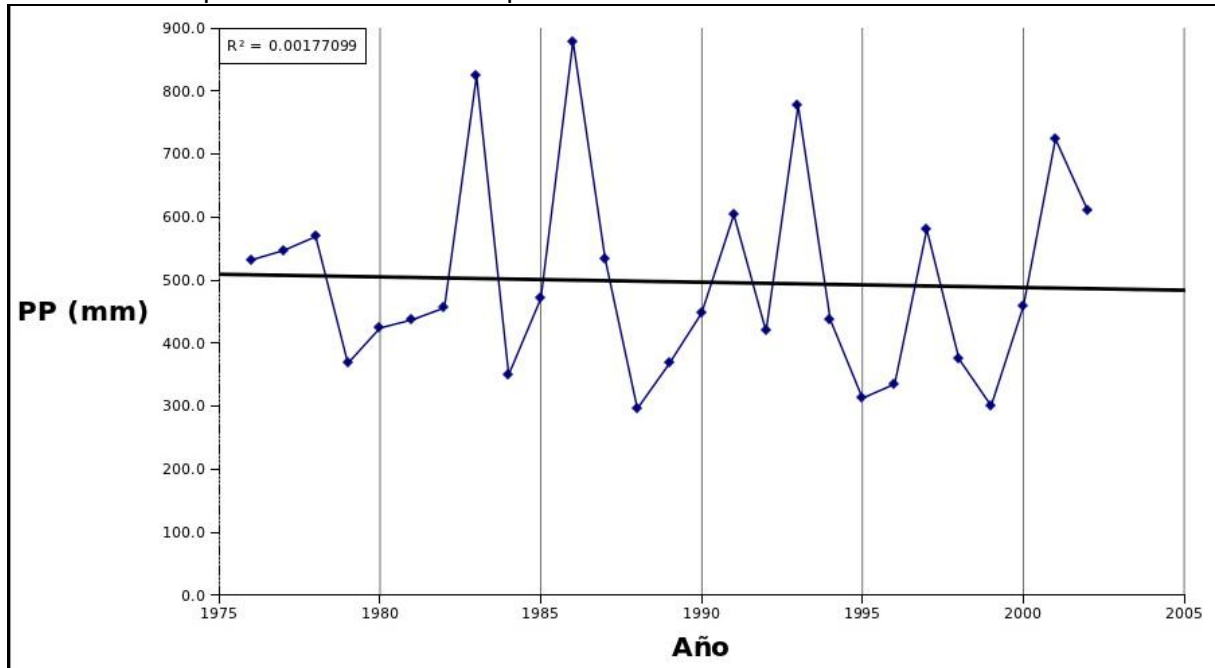


ANEXO 4. Correlación entre el Reclutamiento de ligustro y el nivel del Río Anta Lucía en Paso Pache, anual y máximo y el nivel de las primaveras y máximo.



El R2 del nivel anual y el R2 de nivel de primaveras, con valores de 0,32 y 0.26 muestra una correlación significativa entre ambas variables.

**ANEXO 5. Precipitaciones acumuladas primaveras 1973-2002**



**ANEXO 6. Datos estandarizados de precipitación y niveles del río**

DATOS ESTANDARIZADOS LLUVIA NIVELES DOS AÑOS ANTES											
	Años	Recluta. real	PP media año	PP media año	PP mediana año	PP media primav	PP mediana primav	Nivel medio anual	Nivel máx. anual	Nivel medio primav	Nivel máx. primav
1	1979	-0,31	-5,84	-5,84	-2,96	-3,48	-3,48	-36,77	-15,08	-33,50	-12,87
2	1980	-0,31	-5,84	-5,84	-2,96	-4,74	0,72	-35,30	-15,32	-32,77	-12,70
3	1981	-0,16	-6,02	-6,02	-1,11	-4,26	-0,37	-36,43	-15,43	-32,97	-12,37
4	1982	1,10	-2,60	-2,60	-1,11	-4,15	3,36	-35,98	-13,54	-33,25	-12,70
5	1983	-0,16	-6,46	-6,46	-4,44	-5,01	-3,48	-36,89	-15,43	-33,46	-12,82
6	1984	1,10	-5,84	-5,84	-1,11	-5,25	-2,08	-36,88	-15,22	-33,42	-12,79
7	1985	-0,31	1,54	1,54	-2,13	22,48	22,97	-36,86	-15,42	-33,45	-12,67
8	1986	-0,16	-6,46	-6,46	-4,07	-0,09	-2,08	-35,77	-15,23	-33,41	-12,75
9	1987	0,31	-6,42	-6,42	-4,44	-2,85	-2,70	-36,49	-15,43	-32,77	-12,84
10	1988	0,31	-5,11	-5,11	-2,13	-1,70	1,96	-35,95	-10,58	-29,89	-4,34
11	1989	0,31	-3,32	-3,32	-1,11	-5,25	-3,64	-36,92	-13,24	-33,41	-12,61
12	1990	-0,16	-5,73	-5,73	-4,44	-3,63	-1,30	-36,91	-15,39	-33,45	-9,36
13	1991	-0,31	-3,72	-3,72	-4,07	-5,21	-0,37	-36,68	-10,66	-33,46	-11,47
14	1992	5,35	-6,10	-6,10	-4,44	-3,63	-3,64	-36,82	-15,03	-33,47	-12,11
15	1993	-0,16	-6,42	-6,42	-2,96	-4,26	-3,64	-36,83	-15,41	-32,77	-11,96
16	1994	5,35	-6,10	-6,10	-4,44	-3,01	-3,48	-36,89	-13,11	-33,49	-12,56
17	1995	22,36	18,99	18,99	19,24	2,74	-3,64	-36,53	-14,47	-32,16	-9,72
18	1996	90,37	-6,02	-6,02	-4,07	-4,88	-3,17	-36,89	-15,29	-33,50	-12,68
19	1997	9,76	-5,38	-5,38	-4,07	-3,77	-3,64	-36,80	-14,57	-32,99	-8,03
20	1998	0,31	-6,38	-6,38	-2,13	-5,21	0,72	-36,05	-14,29	-33,16	-12,87
21	1999	3,62	-4,64	-4,64	-1,11	-5,18	-1,30	-35,93	-6,93	-32,99	-9,36
22	2000	-0,31	1,54	1,54	3,05	-2,11	-1,30	-36,83	-15,41	-33,34	-9,42
23	2001	0,31	-6,17	-6,17	-2,96	5,81	3,36	-36,65	-14,09	-33,50	-11,53
24	2002	0,31	-5,62	-5,62	-4,44	-4,65	-3,64	-36,92	-15,37	-33,47	-12,35

ANEXO 7. Matriz de correlación "Datos estandarizados precipitación y nivel del río.

DATOS BRUTOS - LLUVIA NIVELES DEL MISMO AÑO										
XLSTAT 7.5.2 - Matriz de similaridad/disimilaridad (correlación ...) - el 02/12/2012 a 04:01:29 p.m.										
Datos: libro = Datos completos 2 DIC.xls / hoja = DATOS / rango = \$D\$3:\$M\$28 / 26 filas y 10 columnas										
Los cálculos son efectuados cruzando columnas										
Ningún dato omitido detectado										
Coef. de correlación de Pearson (similaridad en el intervalo [-1, +1])										
Matriz (Coef. de correlación de Pearson):										
	Reclut a. real	PP media año	PP media año	PP mediana año	PP media primav	PP mediana primav	Nivel medio anual	Nivel máx. anual	Nivel medio primav	Nivel máx. primav
Recluta. real	1,000	-0,181	-0,181	-0,222	-0,267	-0,341	<b>-0,419</b>	-0,318	<b>-0,438</b>	-0,232
PP media año	-0,181	1,000	<b>1,000</b>	<b>0,868</b>	<b>0,554</b>	<b>0,491</b>	0,175	0,271	0,285	0,377
PP media año	-0,181	<b>1,000</b>	1,000	<b>0,868</b>	<b>0,554</b>	<b>0,491</b>	0,175	0,271	0,285	0,377
PP mediana añ	-0,222	<b>0,868</b>	<b>0,868</b>	1,000	<b>0,472</b>	<b>0,514</b>	0,209	0,306	0,309	0,329
PP media prima	-0,267	<b>0,554</b>	<b>0,554</b>	<b>0,472</b>	1,000	<b>0,758</b>	-0,083	0,095	0,235	0,386
PP mediana pri	-0,341	<b>0,491</b>	<b>0,491</b>	<b>0,514</b>	<b>0,758</b>	1,000	-0,207	-0,064	0,068	0,218
Nivel medio anu	<b>-0,419</b>	0,175	0,175	0,209	-0,083	-0,207	1,000	<b>0,726</b>	<b>0,797</b>	<b>0,536</b>
Nivel máx. anua	-0,318	0,271	0,271	0,306	0,095	-0,064	<b>0,726</b>	1,000	<b>0,597</b>	<b>0,526</b>
Nivel medio prim	<b>-0,438</b>	0,285	0,285	0,309	0,235	0,068	<b>0,797</b>	<b>0,597</b>	1,000	<b>0,793</b>
Nivel máx. prim	-0,232	0,377	0,377	0,329	0,386	0,218	<b>0,536</b>	<b>0,526</b>	<b>0,793</b>	1,000
<i>En negrita, valores significativos (fuera diagonal) al umbral alfa=0.050 (prueba bilateral)</i>										