

Área de Consolidación Planificación y Manejo de Cuencas Hidrográficas

**Regeneración natural en áreas perimetrales de parches de
bosque nativo del Espinal (Distrito Algarrobal) y dinámica
hídrica en la Reserva Natural de la Defensa La Calera**

Cuenca del Río Suquía, Córdoba.

Alumna: Mestre, Eugenia

Tutor: Karlin Marcos

Año: 2016

Índice

Resumen	3
Introducción	4
Antecedentes	7
Materiales y Métodos.....	9
Ubicación geográfica	9
Características climáticas	9
Edafología	11
Vegetación	11
Características Hídricas	12
Metodología	13
Regeneración del bosque nativo	13
Análisis hídrico de la cuenca	19
Resultados.....	20
Regeneración natural del bosque nativo	20
Análisis hídrico de la cuenca.....	26
Discusión	32
Regeneración natural del bosque nativo	32
Análisis hídrico de la cuenca.....	34
Conclusión.....	36
Recomendaciones	36
Bibliografía	38

Resumen

Los bosques nativos no solo sustentan el hábitat de plantas y animales, sino también regulan la oferta de agua potable para la comunidad. Por ello, es fundamental la conservación y/o restauración de estos espacios vitales, favoreciendo los servicios ecológicos que ellos nos brindan. La Reserva Natural de la Defensa La Calera (RNDLC), se ubica en el cordón oriental de las Sierras Chicas y representa un espacio vital, ya que en ella se encuentran los sectores de mayor superficie sin cambios de uso del suelo del Gran Córdoba presentando bosque nativo en muy buen estado de conservación, y constituyendo un pulmón verde en la zona. A su vez, forma parte de un amplio corredor biológico con el Parque Nacional Quebrada del Condorito y la Reserva Hídrica Provincial Pampa de Achala, por lo que es fundamental promover su conservación ya que se encuentra próximo a los grandes centros urbanos. Sin embargo, el sector oriental de la Reserva ha sufrido durante años previos a la creación de la Reserva el efecto de actividades agrícolas que han afectado los escasos relictos de bosque nativo remanente. Para evaluar la recuperación de dichos sectores desmontados (zona baja de la RNDLC) se analizó la regeneración natural de especies forestales nativas típicas del Espinal (Distrito Algarrobal) sobre áreas de agricultura extensiva a partir de parches boscosos distribuidos irregularmente. Suponiendo que existe un impacto negativo sobre los renovales por efecto de la deriva durante tratamientos fitosanitarios. Se realizó un tratamiento de exclusión (áreas boscosas cercadas perimetralmente) para evitar la incidencia de productos fitosanitarios y los efectos de las actividades agropecuarias sobre renovales y se seleccionaron además parches de bosques testigos no excluidos. Se midió presencia y altura del renoval, identificando especies forestales. Con estos datos se calculó renovabilidad, densidad, sobrevivencia y crecimiento de las plantas y su distribución espacial, en base a mediciones de diciembre de 2014 y mayo de 2015. Se pudo concluir que las especies forestales más importantes fueron: *Geoffroea decorticans* (chañar) (45%), *Aspidosperma quebracho-blanco* (quebracho blanco) (39%) y *Schinus fasciculatus* (moradillo) (12%); el 4% restante está formada por especies tales como algarrobo, lagaña de perro, espino colorado, tala, tusca, entre otras. Los sectores excluidos presentaron efectos significativos en comparación con los testigos. Se observó que la mayor concentración de los renovales, fue hasta 5 metros del bosque en zonas no excluidas y hasta 10 metros en los sectores excluidos, disminuyendo luego en forma continua. La sobrevivencia de las especies analizadas en la exclusión fue del 93%, mientras que en testigo del 70%. Los renovales forestales ubicados en la zona de exclusión tuvieron un mayor crecimiento que en la zona no excluida (media de 0,12 m vs. 0,07 m para el período considerado). A fin de estudiar los efectos en la dinámica hídrica, se calcularon los caudales de escorrentía potenciales anuales diferenciando microcuencas dentro del área de la RNDLC, teniendo en cuenta la pendiente del terreno, el tipo de cobertura vegetal y suelo, que hacen variar al coeficiente de escorrentía, aplicando el Método Racional. Por medios de estos modelos, se presume un aumento de la infiltración del 12,33%, una vez establecido el bosque nativo.

Palabras clave: Renovabilidad, Espinal, parche, bosque nativo, exclusión, infiltración.

Introducción

Las cuencas hidrográficas son sistemas complejos que cumplen funciones ecológicas, ambientales y sociales. Son hábitats de organismos terrestres y acuáticos, promoviendo la biodiversidad; son sumideros de CO₂, intervienen en la regulación de los ciclos biogeoquímicos; son reguladores de los ciclos hídricos, atenuando los procesos de escorrentía y erosión del suelo. Las cuencas hidrográficas brindan recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población; además que de ellas se obtiene agua para consumo humano, es decir, que actúan como verdaderas unidades funcionales.

Actualmente, el avance de la frontera agropecuaria y la “sojización” de las regiones fitogeográficas del Espinal (centro sur) y Pampeana (sureste) han llevado a la Provincia de Córdoba a un estado de emergencia ecológica y ambiental. Los efectos de este proceso de agriculturización generaron el reemplazo de los ambientes nativos por cultivos agrícolas provocando pérdidas de carbono orgánico del suelo (COS) y nitrógeno orgánico del suelo (NOS) (Brown & Lugo 1990; Batjes & Sombroek 1997); y la gran compactación del suelo, lo que disminuye aún más la capacidad de infiltración (Ciuffoli, 2013). A ésta situación se le suma la destrucción continua y progresiva de hábitats en el área serrana (Chaco Serrano) a causa del negocio inmobiliario, minero, turístico y ganadero.

Además del avance de la frontera agropecuaria, los sistemas naturales se ven amenazados por la creciente demanda habitacional. Después de Buenos Aires, la Ciudad de Córdoba y los municipios aledaños (Unquillo, Villa Allende, Mendiolaza, Malagueño, Alta Gracia, La Calera, entre otros) tienen el mayor número de urbanizaciones cerradas de Argentina. Según un estudio, entre 1990 y 2006 se crearon 54 *countries* y barrios cerrados en la capital y el Gran Córdoba (Navarro, 2010), los que están ocupando en la actualidad no menos de 52 kilómetros cuadrados (Navarro, 2010).

El desmonte, los incendios y la falta de planificación urbanística y minera trajeron graves problemas en el sector de las Sierras Chicas y la Depresión Periférica, ya que redujo la capacidad de absorción de los suelos y promovió la dispersión de especies exóticas invasoras que no cumplen las mismas funciones ecosistémicas que los ejemplares autóctonos (Kopta, 2015); estos cambios han generado una reducción de la cobertura boscosa lo que, sumado a las altas pendientes (del 18% a más del 60%) se tradujo en violentas y trágicas inundaciones en los sectores más bajos luego de intensas tormentas (Gianre, 2015).

La Reserva Natural de la Defensa La Calera (RNDLC), ubicada al Oeste de la Ciudad de Córdoba, fue expropiada por el Estado Nacional en el año 1943 para el uso y administración del Ejército Argentino y destinada a prácticas militares y arrendamientos agrícolas y ganaderos. En el año 2012 esta área se incluyó como espacio de conservación bajo el Convenio Marco de Cooperación 100/07 entre el Ministerio de Defensa y la

Administración de Parques Nacionales (APN), y el Protocolo Adicional N°5 entre el Ejército Argentino y la APN, que a través de la figura de Espacios Naturales de Interés para la Conservación de la Biodiversidad (ENIC) como política de estado, amplía las áreas de conservación del patrimonio natural.

Durante 73 años ésta área no ha admitido el ingreso ni uso público, lo que ha permitido una clausura espontánea que tuvo efectos de conservación sin importantes modificaciones de especies características del Chaco Serrano. Sin embargo, el área ecotonal con el Espinal dentro de la Reserva es una matriz agrícola con pequeños relictos de bosque nativo, ya que sufrió las consecuencias del avance de la agricultura, donde hasta el año 2014 se implementaron prácticas de manejo agropecuario en algunos sectores, tales como aplicación de productos fitosanitarios y uso de maquinarias pesadas (sembradora, pulverizadora, cosechadora, entre otras).

El área impactada es una zona baja de la Reserva y se encuentra en estado de pastizal debido al abandono de la agricultura. Esta zona es crítica y necesita un manejo adecuado, debido a que constituye un foco muy importante de incendios en épocas secas.

Para evitar mayores desequilibrios, es fundamental la implementación de políticas socioambientales, que apunten a la conservación, mantenimiento y restauración del bosque nativo, mejorando así los servicios ecosistémicos que brinda la Reserva, y contribuyendo a prevenir posibles disturbios ante eventos climáticos extremos. La recuperación del bosque nativo permitiría, entre otros aspectos, regular el ciclo hidrológico, especialmente en cuanto a la captación de agua y a la disminución de la escorrentía superficial.

De acuerdo a estos antecedentes, se planteó el siguiente trabajo cuyas hipótesis fueron las siguientes: 1) Los parches de vegetación boscosa remanente del Espinal (Distrito Algarrobal) se expanden lentamente sobre áreas agrícolas abandonadas. 2) Existe un impacto negativo sobre los renovales de especies forestales en sectores de no exclusión por efecto de la deriva durante tratamientos fitosanitarios. 3) Los valores de infiltración del suelo tenderían a recomponerse, disminuyendo en consecuencia los porcentajes de escorrentía dentro de la cuenca.

Como objetivo global se busca generar información de base sobre la regeneración natural del bosque nativo de la región del Espinal que sirva para la planificación de uso del suelo y la elaboración de planes de manejo en el área de estudio y las cuencas de las Sierras Chicas en general.

El **objetivo general** del presente trabajo fue:

1) Evaluar la dinámica de la regeneración natural del bosque nativo, en áreas periféricas de isletas de bosque nativo con y sin actividad agrícola y su relación con el ciclo hidrológico.

Los **objetivos específicos**:

- 1) Comprender la dinámica de las especies leñosas.
- 2) Analizar la renovabilidad de especies forestales nativas.
- 3) Evaluar la sobrevivencia y crecimiento de los renovales forestales.
- 4) Analizar la dinámica hídrica de la cuenca en el área de estudio y en su conjunto.

Antecedentes

No se han encontrado abundantes estudios referidos a la regeneración natural del bosque nativo del Espinal y en particular del Distrito Algarrobal.

En otras áreas de la Región central de Córdoba, Barchuk y Díaz (2000) realizaron ensayos de plantación con ejemplares nativos en la comunidad rural de Santa Rosa (Pedanía Chancaní, Departamento Pocho, Provincia de Córdoba). Las variables analizadas en este trabajo coinciden con las consideradas en el área de estudio, por lo cual se lo utilizó como referencia y comparación entre metodologías.

Otro trabajo relacionado con la temática, fue publicado en 2009 por Ferri et al. En el mismo se estableció la composición del banco de semilla en el área protegida “El Espinal”, facilitando la interpretación de las variables analizadas en la RNDLC, tales como la distribución espacial.

Aoki y Sereno (2006) compararon la infiltración en suelos con agricultura (labranza convencional) y sobre bosque nativo (testigo) ubicado a 25 km al sur de la ciudad de Córdoba; a partir de estos datos se ajustaron los coeficientes de escorrentía, en el análisis de la dinámica hídrica.

En la Reserva Natural de la Defensa La Calera, desde el año 2012 la Asociación Civil el Cuenco- Equipo Ambiental, dio inicio a un proyecto bajo el nombre de “El Manejo como Herramienta para la Conservación de Cuencas”. En el mismo se ha propuesto llevar a cabo un plan de evaluación, manejo y conservación del Bosque Serrano Chaqueño y relictos del Espinal, favoreciendo las condiciones para la recarga de acuíferos que cruzan la mencionada cuenca. Dicho plan consiste en:

- a) Zonificación del bosque en unidades ambientales homogéneas, tipificando y caracterizando la vegetación local en cada unidad.
- b) Armado de propuestas de actividades de manejo del bosque nativo, pastizales y de la vegetación leñosa exótica.
- c) Medición y monitoreo de los cursos de agua, y también de la capacidad de carga ganadera del área.
- d) Monitoreo de la revegetación natural alrededor de parches forestales dentro de áreas del Bosque Serrano Chaqueño y del Espinal.
- e) Identificación y protección de áreas relictuales del Espinal para ser utilizados como bancos de germoplasma de especies nativas y como fuente de propágulos para la recuperación de cuenca.
- f) Realización de ensayos de manejo adaptativo para la evaluación de la vegetación nativa, para el impacto de actividades productivas actuales, eventos de incendios forestales y para el manejo de especies exóticas.

g) Realización de talleres de entrenamiento con los pobladores locales y con el staff militar sobre el manejo de especies nativas y especies exóticas leñosas, manejo de incendios forestales, construcción y monitoreo de clausuras.

Para la aplicación de este plan se confeccionó un *Mapa de Unidades de Cobertura del Suelo* en base a los relevamientos de vegetación realizados en cada una de las unidades de coberturas del suelo obtenidas en la clasificación no supervisada previa.

En este contexto, es que se realizó el monitoreo y evaluación de la revegetación de especies forestales en la zona baja de la RNDLC, finalidad de la presentación de este trabajo integrador.

Es importante destacar que existe en la actualidad una orden de desalojo para los puesteros (9 puesteros, algunos con más de 73 años de antigüedad en el sitio) que aún permanecen en la Reserva. La mayoría de ellos se dedican a la actividad ganadera en la zona serrana.

Materiales y Métodos

Ubicación Geográfica

El presente trabajo se llevó a cabo en la Reserva Natural de la Defensa La Calera (RNDLC), la cual pertenece a la pedanía Calera, departamento de Santa María; al este se ubica la Ciudad de Córdoba, al sur limita con la Ruta Nacional Nº 20, hacia el oeste y norte con la Ruta Provincial Nº 73 y parte del anillo de circunvalación hacia el este, abarcando 13.628 ha. Las coordenadas geográficas extremas del predio son S31°27'35"-W64°24'20" hacia el sur, S31°25'49"-W64°26'54" hacia el oeste, S31°20'46"-W64°24'19" hacia el norte y S31°23'44"-W64°16'01" hacia el este (Figura 2 y 3).

Características Climáticas

El régimen de precipitaciones de la región es monzónico, con una media anual de 800 mm. La temperatura media anual es de 16°C, con una máxima media anual de 24°C y una mínima media anual de 10°C. La máxima absoluta es de 44°C y mínima absoluta de -10°C. Ésta es una zona caracterizada por vientos del Noreste (cálidos y secos) y del sur, sur-este (frío y húmedo) (Capitanelli, 1979) (Figura 1).

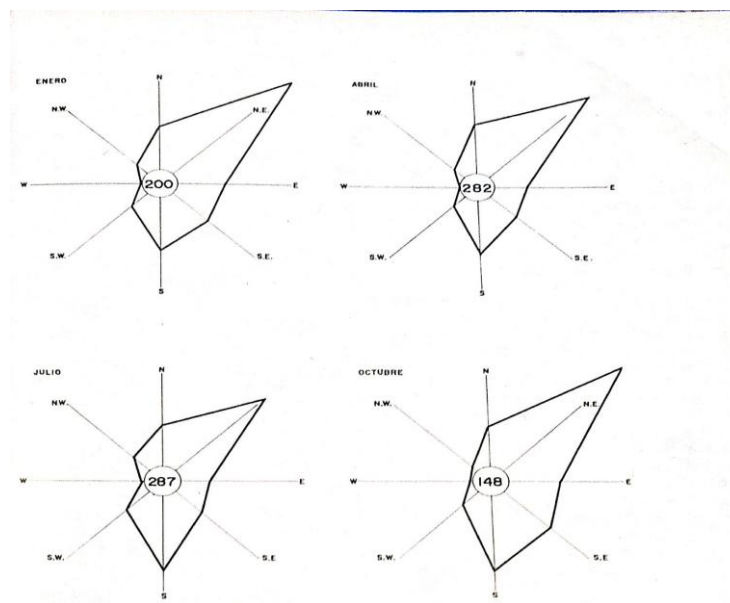


Figura 1: Rosa de los vientos de la Ciudad de Córdoba. Fuente: Geografía física de los suelos Capitanelli, 1979

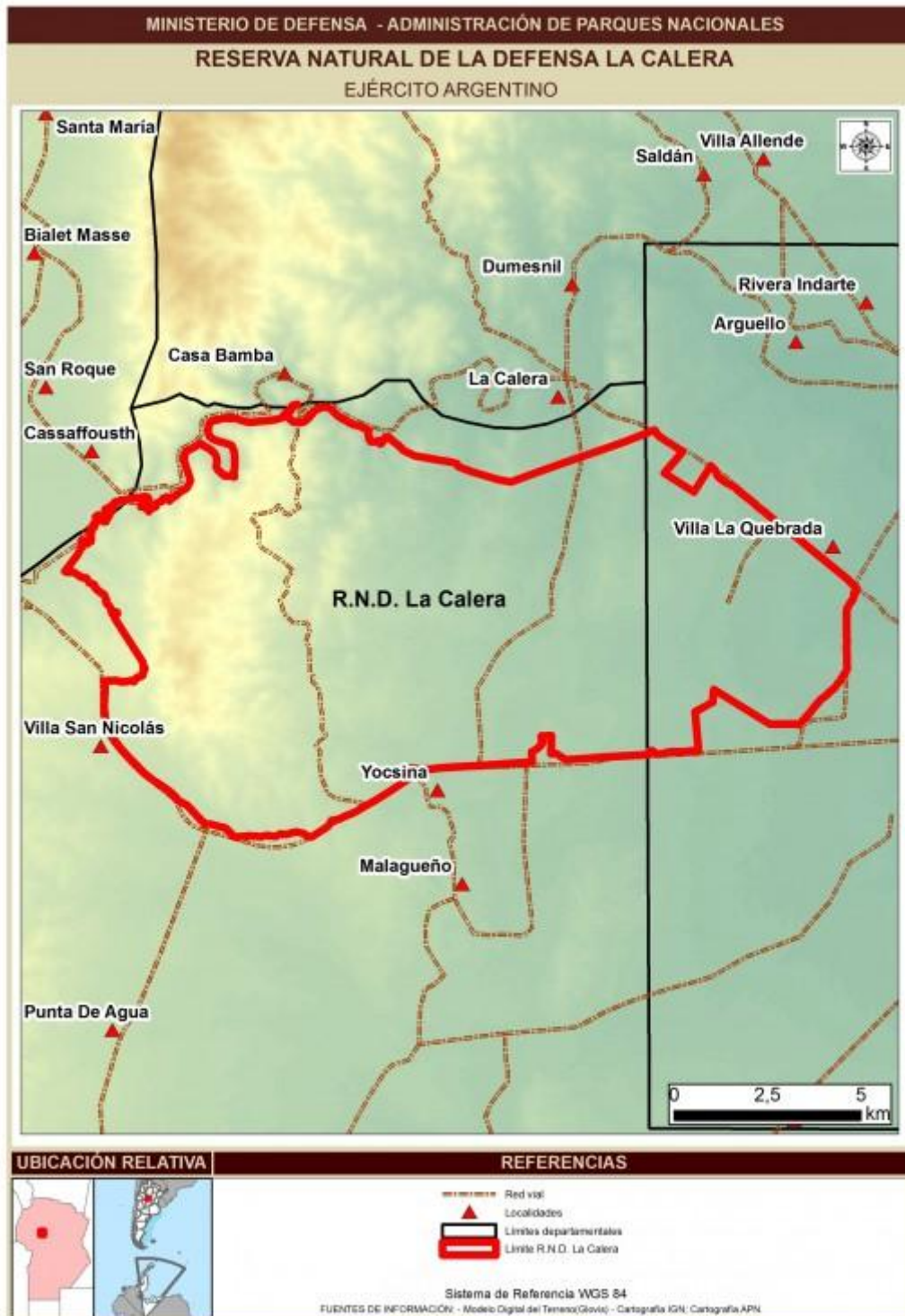


Figura 2: Ubicación de la RNDLC. Tomado de <http://www.parquesnacionales.gob.ar/areas-protegidas/reservasnaturalesdeladefensa/rndeladefensalacalera/>

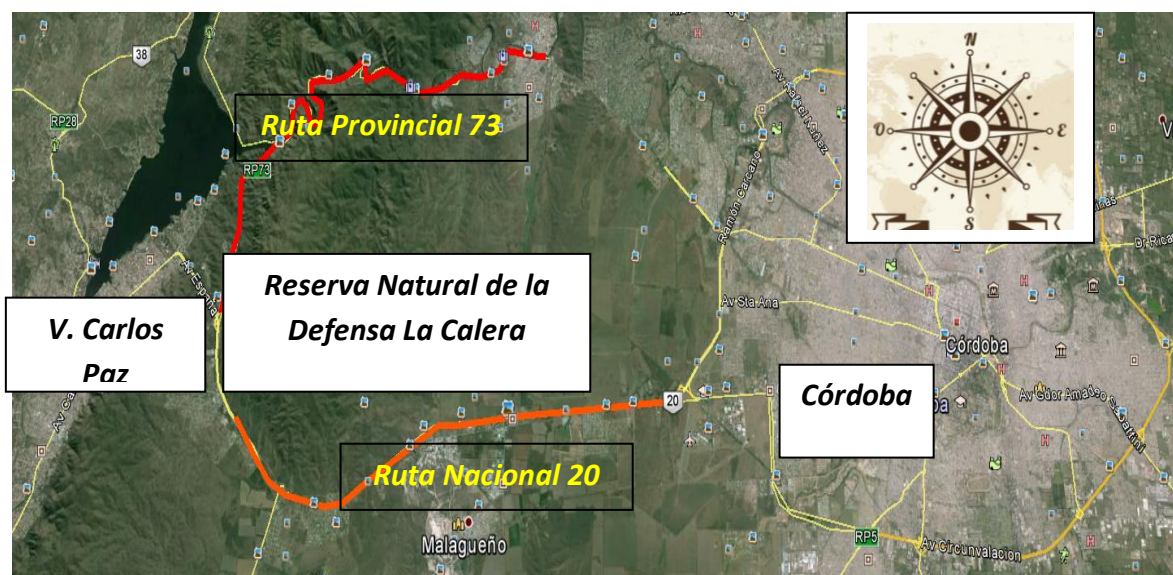


Figura 3: Ubicación de la RNDLC

Edafología

Los suelos de la Reserva correspondientes a la región del Espinal comprenden la fisiografía de la Depresión Periférica. Los suelos pertenecen al orden de Molisoles, subgrupo Haplustol éntico; con pendientes moderadas que varían del 1,1 a 3,5%; son suelos algo a excesivamente drenados. Superficialmente son de textura franco limosa, y sub-superficialmente franco arcillo limosa; moderadamente bien provisto de materia orgánica con moderada capacidad de intercambio. Entre las principales limitantes se destacan: baja capacidad de retención de humedad, pendiente suave, erosión hídrica moderada (necesidad de prácticas anuales de control), moderada susceptibilidad a la erosión hídrica (Agencia Córdoba Ambiente, 2006; GEOINTA, 2016).

Vegetación

La RNDLC forma parte del corredor biológico con el Parque Nacional Quebrada del Condorito y la Reserva Hídrica Provincial Pampa de Achala. El centro-oeste de la Reserva comprende el cordón montañoso Sierras Chicas, distrito fitogeográfico Chaco Serrano, mientras que el este comprende la región del Espinal, distrito del Algarrobal (zona de estudio).

El Distrito Chaqueño Serrano, se caracteriza por la presencia de bosques xerófilos dominados por *Schinopsis marginata* (horco quebracho) y *Lithraea molleoides* (molle de beber) (Giorgis et. al 2011) a partir de los 800 msnm. Hasta los 1100 msnm predomina un monte de dos estratos, arbóreo y arbustivo (superior) y herbáceas (inferior). En el ecotono hay un estrato intermedio de bosque de *Acacia caven* (espinillo). La región limita, en el piedemonte, con la provincia Fitogeográfica del Espinal, Distrito Algarrobal, donde *Aspidosperma quebracho-blanco* (quebracho blanco) y varias especies del género *Prosopis* (*P. nigra* principalmente) son las dominantes, acompañado por tala (*Celtis ehrenbergiana*) y chañar (*Geoffroea decorticans*).

Luego de estudios realizados entre los años 2012 y 2014, se definieron cuatro comunidades forestales dentro de la Reserva, entre las que se encuentran: Los espinillares, caracterizados por *Acacia aroma* y *A. caven*, área originada posiblemente por influencia de incendios; blanquillares dominados por *Sebastiania commersoniana* (blanquillo), desarrollados sobre cursos permanentes o temporarios de agua; horcales, compuestos por especies de gran porte de *Schinopsis marginata* (horco quebracho), los cuales se ubican sobre laderas rocosas de pendientes superiores al 20%; finalmente, quebrachales, área donde se lleva a cabo el estudio; los mismos se ubican en zonas bajas e intermedias de la Reserva, hasta los 570 msnm. Estos últimos son parches remanentes de los procesos de agricultura; las especies dominantes son *Aspidosperma quebracho-blanco* (quebracho blanco), especie asociada a *Celtis ehrenbergiana* (tala), *Acacia praecox* (garabato hembra), *Jodina rhombifolia* (sombra de toro) y *Schinus faciculatus* var. *faciculatus* (moradillo) (Karlin et al. 2014).

Características Hídricas

En la Zona de las Sierras Chichas, se encuentra la naciente del río Suquía, una de las dos subcuencas dentro de esta amplia región. La misma se ubica en el centro-norte de la Provincia de Córdoba, entre los 30° 45' y 32° de Lat. Sur y los 61° 50' y 65° Long. Oeste, aproximadamente (Lupano y Abeucci, 2007).

La unión de diversos ríos y arroyos dan origen a los dos cauces más importantes de la cuenca superior: *Río Cosquín* y *San Antonio*. El primero está conformado por la unión del río Grande de Punilla (de norte a sur) y el río Yuspe, naciente en Los Gigantes, desde el noroeste; luego éste se junta con el arroyo Las Mojarras y con el arroyo Los Chorrillos, ambos con naciente en Los Gigantes. En el sector sur del valle de Punilla, se une a ellos el *río San Antonio* que nace en las Altas Cumbres o Sierras Grandes (Lupano y Abeucci, 2007). Estas aguas tributarias desembocan en el lago artificial San Roque, a partir del cual se origina el río Suquía. Luego de atravesar la Sierra Chica y recibir el Arroyo Saldán o Río Ceballos (que drena la región del Dique La Quebrada) ingresa en el área urbana de la ciudad de Córdoba, en cuya parte central recibe desde su margen sur el arroyo La Cañada (Luti, 1979).

El agua escurre en la zona de llanura en sentido SO-NE hasta desembocar en la laguna Mar Chiquita.

El río Suquía tiene una extensión de 200 Km desde el Dique San Roque (de los cuales los primeros 10 Km bordean la RNDLC); la parte media de la cuenca del mismo pertenece la RNDLC. La cuenca alta comprende un área aproximada de 1350 Km², abarcando alrededor del 60% del departamento de Punilla (Lupano y Abeucci, 2007). Los datos registrados en el punto de medición Dique San Roque, perteneciente a la Red Hidrológica Nacional, revelan un caudal medio anual promedio de 9,66 m³/s (Lupano y Abeucci, 2007).

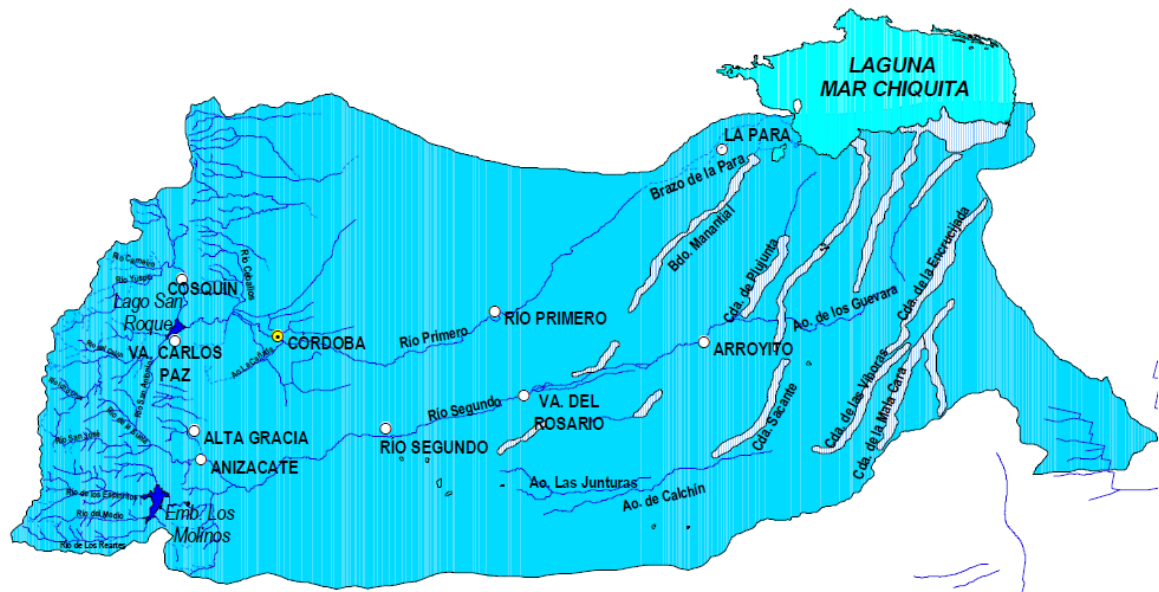


Figura 4: Principales características hidrográficas de la Cuenca de los ríos Primero y Segundo. Fuente: Lupano y Abeucci 2007.

Metodología

Regeneración natural del bosque nativo

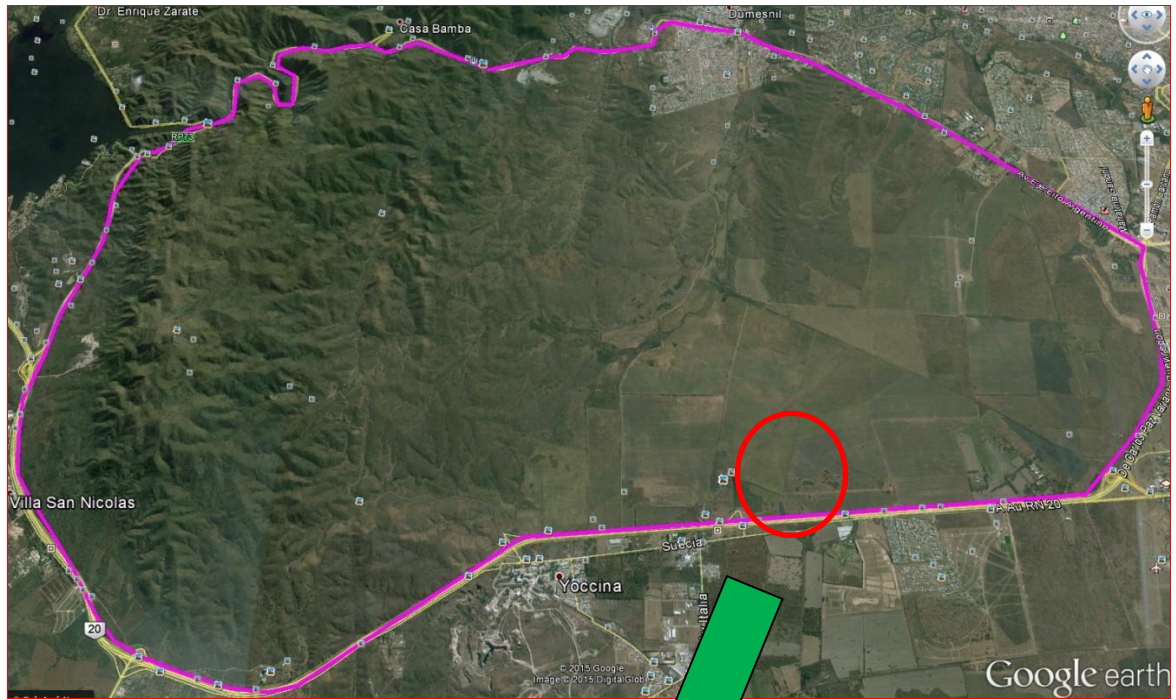
Para un mejor análisis de la RNDLC, se la dividió en microcuencas. La evaluación de especies vegetales se llevó a cabo sobre cuatro grupos de isletas de bosque nativo remanentes (Figura 5), ubicados en la microcuenca 1 (Figura 11); dos de ellas fueron tratadas instalando un perímetro de exclusión mediante mojones en mayo/junio de 2013 (Figura 6 y 7), excluyendo áreas de entre 20 y 40 m de radio a tareas de siembra y aplicación directa de productos fitosanitarios. Este largo variable de las transectas depende de la distancia al parche donde se amojonó, el cual no es uniforme; los otros dos grupos de isletas fueron evaluados como testigos (es decir no se instalaron zonas de exclusión). Para el análisis de las transectas se tomó el rango 0-30 m en todos los casos y descartando el resto para que pueda ser comparable. Hasta octubre del 2014, en la zona de estudio no excluida se realizaron actividades agrícolas (Figura 8), destinadas a la producción de cultivos extensivos. Durante este período los renovales ubicados periféricamente en los parches testigos, fueron sometidos a los mismos tratamientos fitosanitarios que el cultivo (aplicación de plaguicidas, herbicidas y fungicidas), además de sufrir los efectos de la compactación de suelo por las maquinarias pesadas (sembradora, cosechadora, pulverizadora), pisoteo de maquinaria y siega por cosecha.

En diciembre de 2014 (Figura 9), dos meses después de la cosecha de trigo, se realizó el primer muestreo. Desde el borde de cada parche boscoso (con y sin tratamiento), hacia el exterior del mismo y perpendicular a él, se definieron 4 transectas fijas con orientación Norte, Sur, Este y Oeste, de largos variables, con anchos de 2 m para cada lado de la misma. En total se evaluaron 17 transectas (9 sobre isletas con tratamiento y 8 sobre testigos), ya que la exclusión más oriental está formada por sub-isletas de menor tamaño,

por lo tanto se midieron dos transectas con orientación sur (Figura 5). En esta instancia se midió presencia y altura de renovales, para la posterior estimación de riqueza de renuevos forestales (N° de especies), densidad (renovales/ha) y distribución espacial (identificados de acuerdo al largo y ancho de la transecta).

En mayo de 2015 se realizó el segundo muestreo (Figura 10). En esta instancia el área de estudio se encontraba abandonada con pastizales; con los datos de estas mediciones se pudo determinar tasa de crecimiento (en metros) y tasa de sobrevivencia para un período de 5 meses.

Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico *InfoStat*, mediante Análisis de Varianza (ANAVA) y test a posteriori (test de Tukey y test DGC para definir umbrales críticos).



**Tratamiento Con
Exclusión**



Sin Exclusión

Figura 5: Parches boscosos con tratamiento y testigo



Figura 6: Isleta de bosque nativo delimitada con mojonos



Figura 7: Imagen satelital de parches boscosos excluidos, mayo de 2013

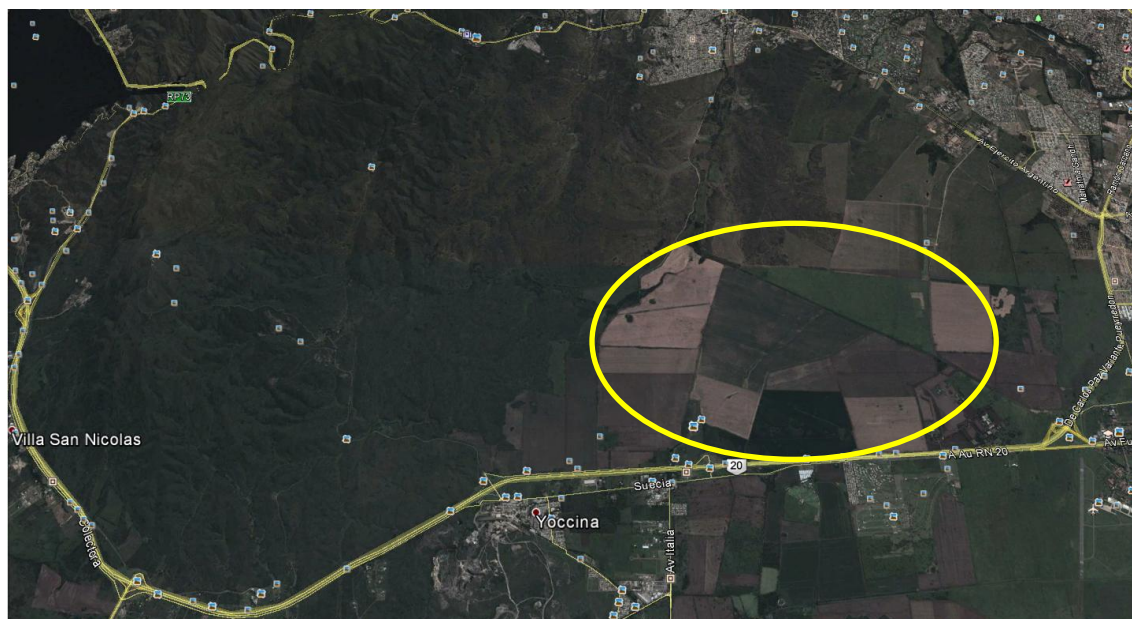


Figura 8: Imagen satelital durante actividad agrícola, diciembre 2012.

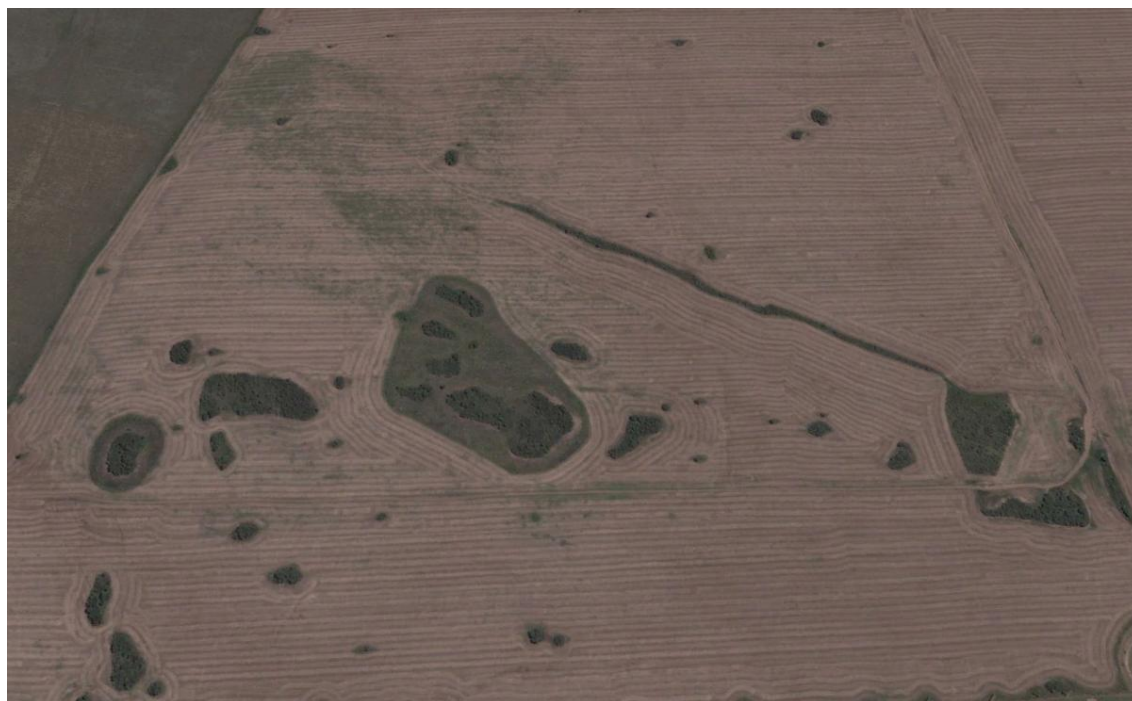


Figura 9: Imagen satelital luego de la cosecha de trigo, diciembre 2014



Figura 10: Área de estudio en abandono, mayo 2015

Análisis Hidrológico de la cuenca

Determinación de microcuencas y superficies por clase

Dentro de los límites de la Reserva se definieron las curvas de nivel con equidistancias de 25 m en base a los valores de elevación de la aplicación Google Earth, permitiendo de esta forma identificar divisorias de agua y vías de escurrimiento. Debido a que los límites de la Reserva no coinciden con los de la cuenca hidrográfica se identificaron microcuencas. Así, las 13.628 ha que comprende la RNDLC se dividieron en 14 microcuencas, de las cuales, el trabajo se analizó las 3 primeras (Figura 18).

Una vez definidas las microcuencas (en zona de llanura y ecotono) se procedió a estimar las superficies de las clases Agrícola (AC) y Suelo Desnudo (SD), definidos en Karlin et al. (2014). Para esto se utilizó el programa de Google Earth Pro a fin de definir el área correspondiente a cada clase de cobertura de suelo en cada microcuenca.

Se calculó la pendiente media máxima de cada microcuenca en base a los valores de elevación de la aplicación Google Earth y las curvas de nivel construidas.

Determinación del coeficiente de escorrentía "C"

El presente trabajo determinó el coeficiente "C" para tres microcuencas (Figura 18), que comprenden las zonas bajas de la Reserva.

Para los cálculos de caudal escurrido anual se aplicaron distintos coeficientes de escorrentía (Rázuri, 1984; en: Martínez de Azagra Paredes, 2006) ajustados a datos de infiltración de Aoki y Sereno (2006). De acuerdo a cada microcuenca analizada se tuvo en cuenta la cobertura vegetal, tipo de suelo y pendiente. De esta forma los coeficientes utilizados fueron de 0,25 para bosque nativo, 0,5 para suelos con agricultura y 0,35 con pastizal.

Cálculo de caudales

Se calcularon los caudales de escorrentía potenciales teniendo en cuenta diferentes condiciones de terreno: línea de base actual, escorrentía calculada sobre zonas degradadas y agrícolas recuperadas.

El método aplicado es el Método Racional (Sereno, 1997), aplicando la ecuación $Q = C.i.A$, donde Q: es el caudal, C: el coeficiente de escorrentía (según Rázuri, 1984; en: Martínez de Azagra Paredes, 2006) obtenido a través del promedio ponderado de cada índice de acuerdo a la superficie de cada tipo de cobertura (agrícola, pastizal y bosque nativo), i: las precipitaciones en la región y A: el área de cada microcuenca. El balance hidrológico se llevó a cabo en suelos agrícolas, sobre pastizal (situación actual) y sobre bosque nativo, a 40 años y abarcando la totalidad de la superficie.

Resultados

1. Regeneración natural del bosque nativo

Riqueza Forestal

A partir del análisis de la varianza, mediante el Test de Tukey se observa que las transectas orientadas hacia el sur tuvieron una media superior a las demás de 4,25 especies de renovales; pero dicho valor no es estadísticamente significativo. En cuanto a las diferencias en el número de especies encontradas según los tratamientos tampoco hubo diferencias significativas (Test de Tukey $p < 0,05$) (Figura 11).

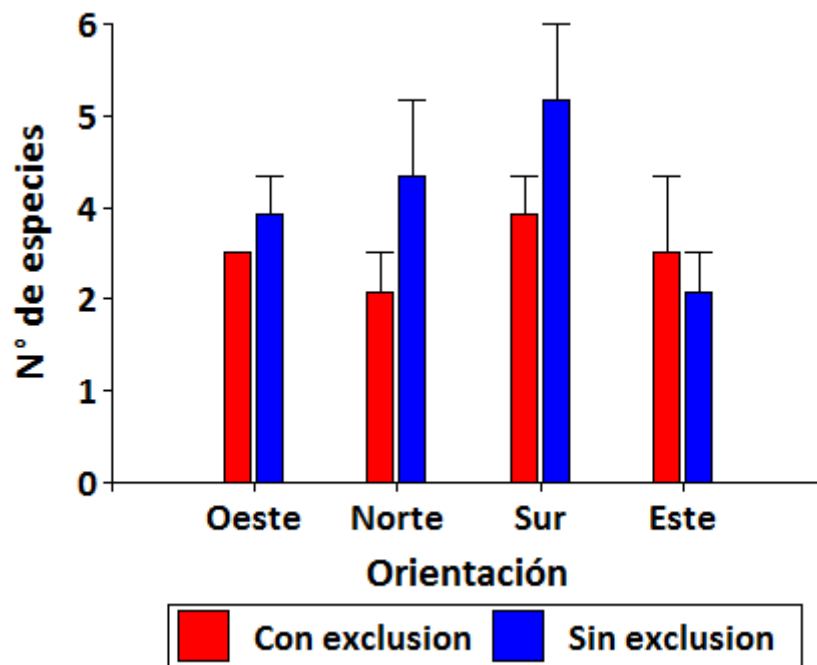


Figura 11: Riqueza forestal por tratamiento según orientación, Test de Tukey ($p < 0,05$)

Densidad

A partir del número de renovales contabilizados en las transectas, se obtuvo el número de renovales/ha, discriminado por tratamiento (Figura 12).

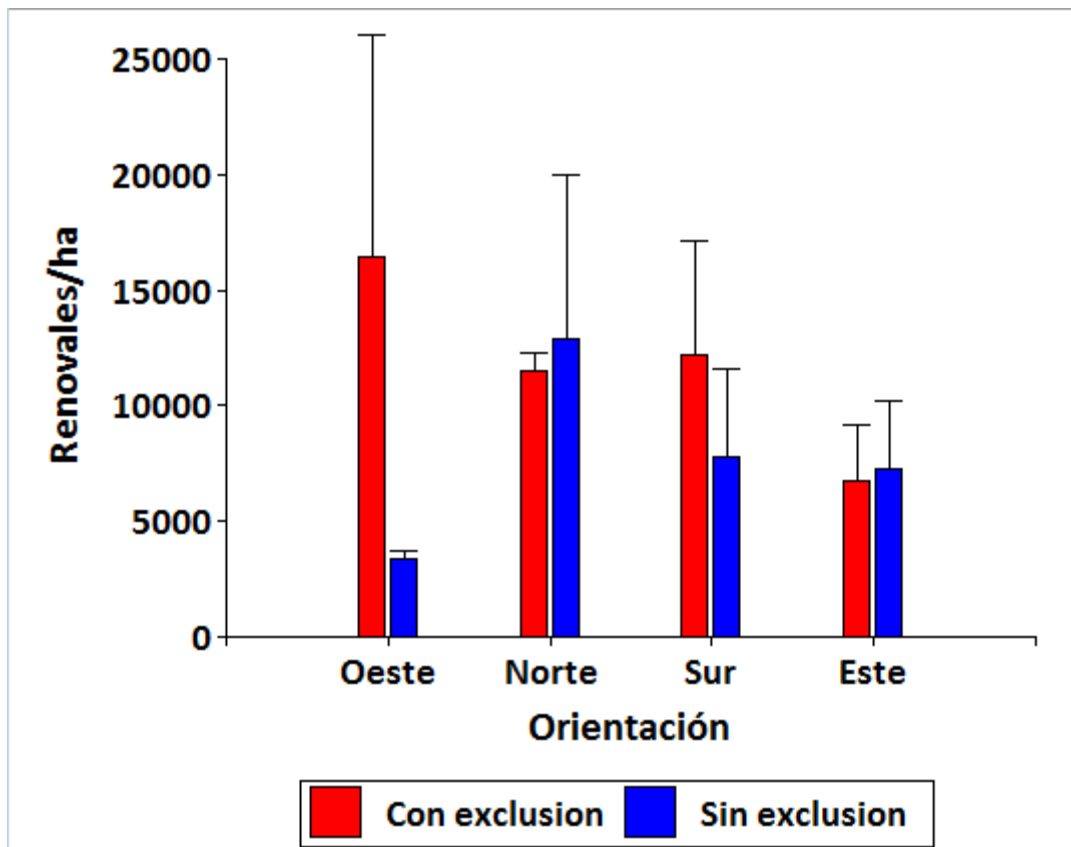


Figura 12: Densidad de renovales por tratamiento según orientación, Test de Tukey ($p < 0,05$)

Los análisis de varianza, demuestran que no hay diferencias significativas entre tratamientos y tampoco entre orientación ($p < 0,05$); sin embargo las transectas testigo orientadas al oeste y hacia el sur tienden a una menor cantidad de renovales/ha.

Distribución Espacial

Para el análisis de la distribución espacial se fraccionó el largo de cada transecta en clases de 5 metros (hasta los 30 m). Mediante el análisis de varianza, Test DGC ($p < 0,05$), se observó que hay diferencias significativas entre estas clases, siendo mayor la cantidad de renovales en los primeros (Tabla 1); luego se produce un efecto dilución. Entre tratamientos también hubo diferencias significativas ($p < 0,05$); los sectores excluidos alcanzan su mayor dispersión en los primeros 10 metros de la transecta, mientras que en las isletas sin exclusión solo hasta los 5 metros. Si bien, la cantidad de renovales luego de los 10 metros no es significativa entre tratamientos, los sectores excluidos tienden a una mayor cantidad de especies forestales con respecto a los testigos.

Las especies forestales también se diferenciaron según las clases, como se observa en la Tabla 2, *Geoffroea decorticans* (chañar) y *Aspidosperma quebracho-blanco* (quebracho blanco) tienen mayor concentración en los primeros metros, diferenciándose entre clases, mientras que *S. fasciculatus* (moradillo) no muestra diferencias significativas entre clases. En las transectas testigo *Aspidosperma quebracho-blanco* (quebracho blanco) disminuye notoriamente luego de los 5 metros, mientras que en las isletas con exclusión la mayor concentración llega hasta los 10 metros, luego disminuye en forma paulatina.

Tabla 1: Cantidad de renovales forestales por clases de distancia según tratamiento, Test DGC ($p < 0,05$)

Clases (m)	Con Exclusión		Sin Exclusión	
	Media	Diferencia s	Media	Diferencia s
0-5	52	B	32	B
5-10	53,33	B	9,33	A
10-15	21	A	6,67	A
15-20	11	A	8,67	A
20-25	2	A	5	A
25-30	1,33	A	1	A

Referencias: Letras distintas indican diferencias significativas

Tabla 2: Cantidad de renovales entre clases de distancias, particionado por especies forestales según tratamientos, Test DGC ($p < 0,05$)

	Con Exclusión						Sin Exclusión					
	Chañar		Moradillo		Qbl		Chañar		Moradillo		Qbl	
0-5	15,25	B	3,5	A	20,25	B	9,5	B	3,25	A	11,25	B
5-10	10,5	A	8,75	A	15,75	B	5,5	A	0	A	1,5	A
10-15	7	A	1,75	A	7	A	3,5	A	0	A	1,5	A
15-20	4,25	A	2	A	2	A	5,75	A	0	A	1,25	A
20-25	0,25	A	0	A	1,25	A	3,75	A	0	A	0	A
25-30	0	A	0,25	A	0,75	A	0,25	A	0	A	0,25	A

Referencias: Letras distintas indican diferencias significativas

Para definir un umbral crítico entre clases, se utilizó análisis de la varianza y el Test DGC; demostrándose que hay diferencias significativas ($p < 0,05$) entre cantidad de renovales forestales por clases de distancias, tanto en el tratamiento como en el testigo.

Por medio de un ANAVA, se analizó la variabilidad según la orientación de las transectas (norte, sur, este y oeste). Tanto para las isletas excluidas como para las testigos, los primeros 5 metros de las transectas orientadas hacia el sur presentaron medias superiores que el resto de las orientaciones (Test de DGC, $p < 0,05$), obteniendo valores de 25,33 y 12,67 para exclusión y testigo respectivamente. En el resto de las orientaciones no hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a las clases de distancias.

Para representar gráficamente la distribución de los renovales forestales se tomaron transectas modales de cada orientación por tratamiento (Figuras 13, 14, 15 y 16).

Se observa que los renovales forestales de las isletas excluidas presentan mayor dispersión a lo largo de las transectas; mientras que las testigos los renovales se concentran en los primeros metros de la transecta.

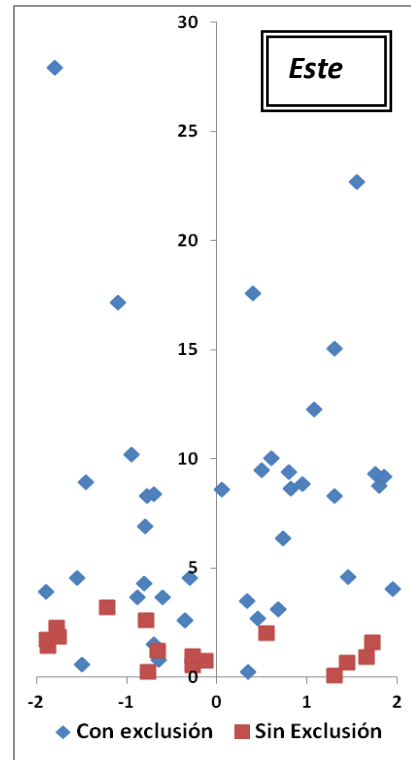
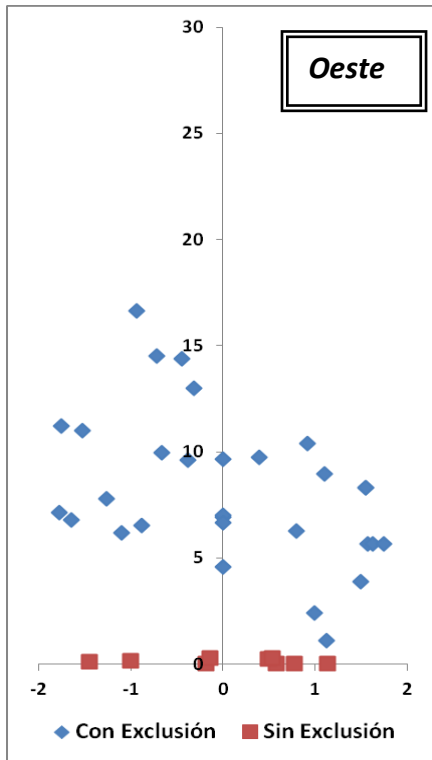


Figura 13: Distribución de la transecta oeste Figura 14: Distribución de la transecta este

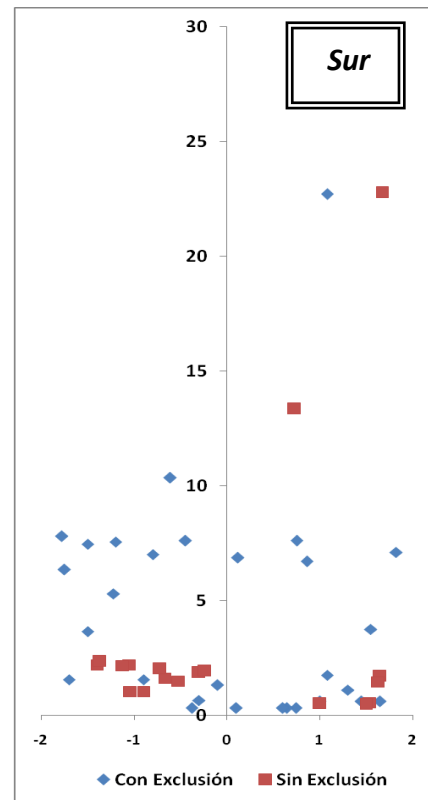
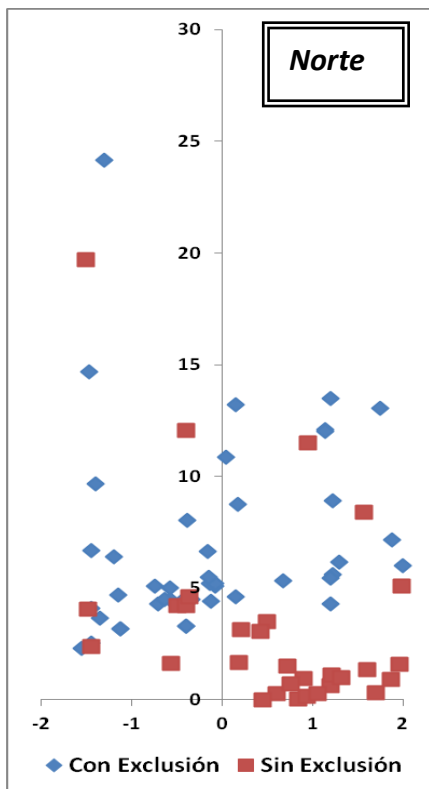


Figura 15: Distribución de la transecta norte

Figura 16: Distribución de la transecta sur

Tasa de crecimiento

Con los datos del segundo muestreo, en mayo de 2015 (área de estudio en situación de pastizal), se determinó la tasa de crecimiento y sobrevivencia de los renovales respecto al primer muestreo.

Según el análisis de la varianza (Test DGC) se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). La media de crecimiento para las isletas excluidas fue de 0,12 m, mientras que para las testigos de 0,07 m.

De acuerdo a la orientación, el análisis de varianza demuestra que en el tratamiento con exclusión hay diferencias significativas en los renovales orientados al norte, teniendo aquí un menor crecimiento promedio (Test DGC $p < 0,05$). En los testigos, no hubo diferencias significativas entre orientaciones ($p < 0,05$) (Tabla 3).

Tabla 3: Crecimiento de los renovales (período 12/2014 – 5/2015) según orientación y por tratamiento, Test de DGC ($p < 0,05$).

	Con Exclusión			Sin Exclusión		
<i>Orientación</i>	<i>Media (m)</i>	<i>Dif. Significativas</i>		<i>Media (m)</i>	<i>Dif. Significativas</i>	
Norte	0,04	A		0,07	A	
Este	0,12		B	0,09	A	
Sur	0,12		B	0,09	A	
Oeste	0,15		B	0,14	A	

Referencias: Letras distintas indican diferencias significativas

Entre las principales especies forestales, *Aspidosperma quebracho-blanco* (quebracho blanco) fue la que obtuvo menor crecimiento y *Geoffroea decorticans* (chañar) la de mayor (Test DGC, $p < 0,05$), para el tratamiento con exclusión; mientras que en las isletas sin exclusión, la especie que se diferenció por su mayor crecimiento fue *Schinus fasciculatus* (moradillo) (Tabla 4).

Tabla 4: Crecimiento medio según tratamientos y especies renovales (período 12/2014 – 5/2015).

	Medias Con Exclusión	Diferenc ias	Medias Sin Exclusión	Diferenc ias
<i>Quebracho Blanco</i>	0,02	A	0,04	A
<i>Moradillo</i>	0,11	A	0,20	B
<i>Chañar</i>	0,20	B	0,10	A

Referencias: Letras distintas indican diferencias significativas

Tasa de sobrevivencia

Por medio de análisis de la varianza y Test de Tukey, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$); en las isletas con exclusión, la sobrevivencia fue del 93% vs. 70% para las testigos.

Con respecto a la sobrevivencia según la orientación de las transectas y según las especies forestales, el análisis de la varianza, no demostró diferencias significativas ($p < 0,05$).

2. Análisis Hídrico de la Cuenca

En las microcuencas analizadas (1, 2 y parte de la 3) (Figura 17) pertenecientes a la región del Espinal, gran parte de la red de drenaje es simple, ya que las pendientes son poco pronunciadas, formando así una superficie llana, apta para la actividad agrícola. Sin embargo el sector occidental y nororiental de la microcuenca 3 (región del Chaco Serrano) está dominado por una red de drenaje más compleja, aportando una importante cantidad de agua de escorrentía a la zona baja de la microcuenca 3. También se observa una zona de drenaje complejo al noroeste de la microcuenca 2, aunque de menor superficie que la encontrada en la microcuenca 3.

La microcuenca 1, donde se llevaron a cabo los muestreos de las transectas, comprende un área de 453 ha, de las cuales el 8,64% corresponde a parches de bosque nativo distribuidos irregularmente y el 91,35% restante son suelos agrícolas. La pendiente media es de 1,5%. La microcuenca 2, de 2900 ha está formada por relictos de bosque nativo (3,6%), zonas con pastizales (33,33%) y suelos destinados a la agricultura (63,07%); la pendiente media es de 1,28%. Por último, la microcuenca 3 de 4850 ha, con pendientes más pronunciadas (media de 3,47%) debido a que gran parte se ubica en zona de sierra, el

47,74% de la superficie está cubierta por bosque nativo, el 37,98% por pastizal y sólo el 14,28% corresponde a áreas agrícolas.

Cabe destacar que actualmente, debido al abandono de las actividades agrícolas, estas áreas de la reserva se transformaron en pastizal.

En la región de la RNDLC, las precipitaciones medias anuales son de 800 mm, es decir, $8.000 \text{ m}^3/\text{ha}$; afectando este valor a la cantidad de hectáreas que posee el área de estudio (microcuenca 1, 2 y 3: 8203 ha) (Figura 17), el ingreso de agua a la cuenca es de $65.624.000 \text{ m}^3/\text{año}$.

Se consideraron los valores de los coeficientes de escorrentía "C" de Rázuri (1984; en: Martínez de Azagra Paredes, 2006), estos valores fueron ajustados a datos de infiltración de Aoki y Sereno (2006) quienes definen que los suelos de la Depresión Periférica con bosque nativo poseen una infiltración final cercana al doble de los sitios con agricultura.

Los coeficientes ajustados según los valores de infiltración y de acuerdo al tipo de cobertura, conductividad hidráulica del suelo y pendiente, fueron los siguientes:

- Bosque y arbustal: 0,25
- Pastizales: 0,35
- Suelos degradados y agricultura: 0,50

Las microcuencas analizadas en las zonas de llanura (1, 2 y parte de la 3) poseen suelos semipermeables franco limosos, típicos de la Depresión Periférica de la Provincia de Córdoba; mientras que en la parte oriental y nororiental de la microcuenca 3 son suelos de buena permeabilidad franco arenosos.

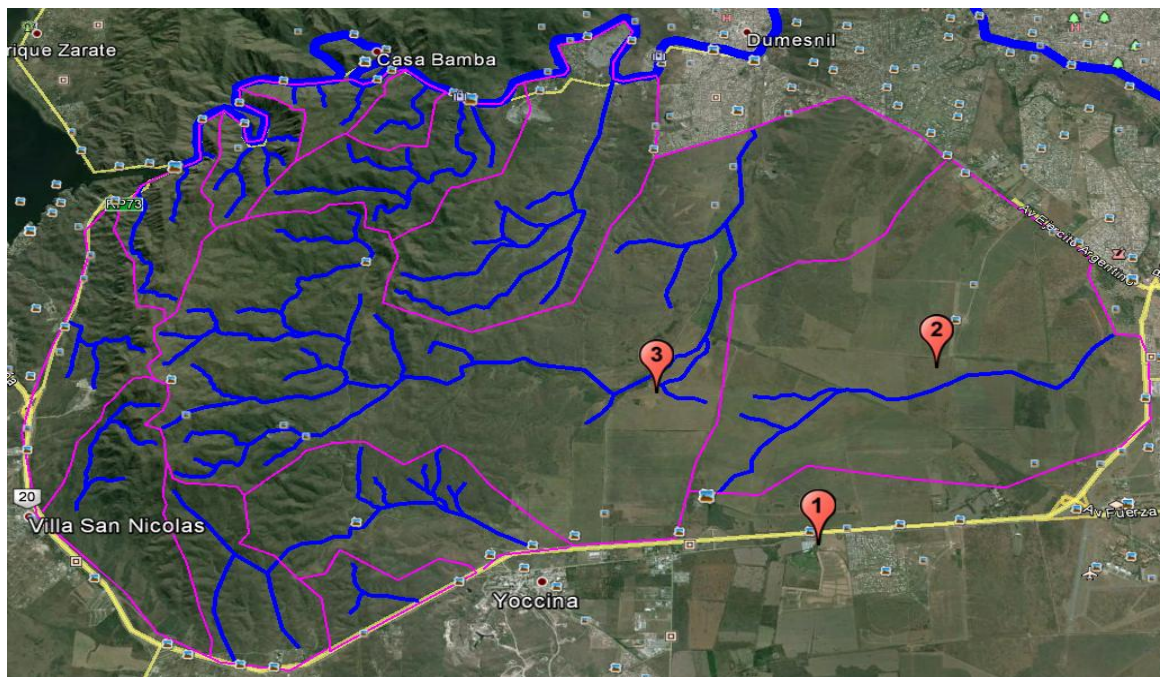


Figura 17: Delimitación de las microcuencas y principales vías de escurrimiento.

Cálculos Hidrológicos

Balance hidrológico sobre suelo agrícola (Línea de Base)

Según la publicación de Aoki y Sereno (2006) los valores medios de infiltración para suelos agrícolas fueron de 15 ± 4 mm/h cuando el perfil está en condiciones más secas y 12 ± 3 mm/h cuando está más húmedo; mientras que los valores de infiltración final en sitios con bosque nativo fue de 31 mm/h.

Las superficies, los coeficientes de escorrentía obtenidos y los caudales escurridos para cada microcuenca se muestran en la Tabla 5. La superficie con bosque nativo en las tres microcuencas es de 29,97%, la cubierta con pastizal es de 34,24% y los suelos agrícolas ocupan un 35,78%.

Tabla 5: Detalle de la superficie, coeficientes "C" (línea de base) y caudales escurridos obtenidos para cada microcuenca.

Cuenca	Coficiente C	Superficie (ha)	Q anual (m ³ / año)
1	0,478	453	1.732.272
2	0,441	2.900	10.231.200
3	0,323	4.850	12.532.400
Promedio y suma	0,414	8.203	24.495.872

El balance entre lo recibido por precipitaciones (65.624.000 m³/año) y lo escurrido (de acuerdo a los "C" estimados) (24.495.872 m³/año) da como resultado 41.128.128 m³/año. Este valor representa el 62,67% del total precipitado anualmente, parte de lo cual puede ser utilizado para evapotranspiración o como reserva hídrica dentro de la cuenca en cuestión. Aquí no se tienen en cuenta las pérdidas ocurridas por evapotranspiración.

Balance hidrológico sobre pastizal

En octubre de 2014, luego de la cosecha de trigo, las áreas destinadas a agricultura fueron abandonadas, transformándose en pastizales. Este cambio en el uso de suelo, afecta teóricamente los coeficientes "C", disminuyendo en relación a línea de base. Así, la superficie cubierta de pastizal aumentó a 70,02% y la de bosque nativo se mantuvo en 29,97%.

Tabla 6: Detalle de la superficie, coeficientes "C" y caudales escurridos (Q) obtenidos para cada microcuenca en pastizal.

Cuenca	Coeficiente C	Superficie (ha)	Q anual (m ³ / año)
1	0,341	453	1.235.784
2	0,346	2.900	8.027.200
3	0,302	4.850	11.717.600
Promedio y suma	0,329	8.203	20.980.584

El balance entre lo recibido por precipitaciones y lo escurrido es de 44.643.416 m³/año. Este valor representa el 68% del total precipitado anualmente. Aquí no se tienen en cuenta las pérdidas ocurridas por evapotranspiración.

Balance hidrológico a 40 años

A continuación se plantea un modelo de recuperación de área boscosa en función de los datos obtenidos en el punto 1. Regeneración natural del monte nativo.

Teniendo en cuenta las especies forestales encontradas se considera que *Geoffroea decorticans* (chañar) podría constituir la especie con mayor tasa de expansión, debido a su forma de expansión principal es mediante raíces gemíferas. Con una expansión radial de 5 metros (Tabla 2), se estima que en 40 años la misma sería de 200 metros de radio/isleta. De esta manera se calcula una expansión del "área boscosa" para la subcuenca 1 de 101 ha; subcuenca 2: 702,5 ha; subcuenca 3: 181,28 ha, teniendo en cuenta un cambio en los coeficientes C sobre las áreas buffer en áreas boscosas (bosques continuos o isletas).

Tabla 7: Detalle de la superficie, coeficientes "C" y caudales escurridos obtenidos para cada microcuenca a 40 años.

Cuenca	Coeficiente C	Superficie (ha)	Q anual (m ³ / año)
1	0,327	453	1.184.920
2	0,325	2.900	7.540.000
3	0,299	4.850	11.632.240
Promedio y suma	0,317	8.203	20.357.160

El balance entre lo recibido por precipitaciones y lo escurrido es de 45.266.840 m³/año. Este valor representa el 69% del total caído anualmente. Aquí no se tienen en cuenta las pérdidas ocurridas por evapotranspiración.

Balance hidrológico sobre bosque nativo

Luego del abandono de la agricultura, la densidad de los renovales forestales tendería, tras sucesivas fluctuaciones y cambios dinámicos a alcanzar el equilibrio; este estado podría lograrse en cientos de años o bien podría no ocurrir. Al corto plazo el área estará colonizada por pastizales, mientras que al largo plazo se espera que se establezca algún tipo de bosque nativo en su totalidad.

Bajo esta suposición, los valores de los coeficientes de esorrentía disminuyen aún más que en situación de pastizal, afectando el balance hídrico.

Tabla 8: Detalle de la superficie, coeficientes "C" y caudales escurridos obtenidos para cada microcuenca en bosque nativo.

Cuenca	Coeficiente C	Superficie (ha)	Q anual (m ³ / año)
1	0,25	453	906.000
2	0,25	2.900	5.800.000
3	0,25	4.850	9.700.000
Promedio y suma	0,25	8.203	16.406.000

El balance entre lo recibido por precipitaciones y lo escurrido es de 49.218.000 m³/año. Este valor representa el 75% del total caído anualmente. Aquí no se tienen en cuenta las pérdidas ocurridas por evapotranspiración.

Tabla 9: Detalle de los volúmenes de agua recibida, escurrida, balance hidrológico y % infiltrado.

Tipo de cobertura vegetal	Ingreso de agua a la cuenca (m ³ /año)	Agua escurrida (m ³ /año)	Balance hidrológico (m ³ /año)	% infiltrado
Agricultura	65.624.000	24.495.872	41.128.128	62, 67%
Pastizal	65.624.000	20.980.584	44.643.416	68%
A 40 años	65.624.000	20.357.160	45.266.840	69%
Bosque Nativo	65.624.000	16.406.000	49.218.000	75%

Discusión

Regeneración natural del bosque nativo

Los análisis realizados sobre riqueza y densidad de renovales forestales no arrojan diferencias significativas entre tratamientos; sin embargo para esta última variable se aprecia en la Figura 12, la mayor densidad de renovales hacia el oeste en las zonas excluidas. Esto debe, quizás al efecto de los vientos predominantes del NE y SE, que provocan el movimiento de las semillas, especialmente de *Aspidosperma quebracho-blanco* hacia ese sector, ya que se trata de una especie de dispersión anemófila con tegumentos alados de formas diferentes para favorecer distintos tipos de vuelo (De Noir et al., 2002). La diferencia (aunque no significativa) entre tratamiento y testigo en el sector oeste podría deberse al efecto que han ejercido las prácticas agrícolas de siembra, pulverización y pisoteo por maquinaria. Sin embargo, estas diferencias deberían ocurrir en todas las orientaciones, cosa que no ocurre. Existe, por lo tanto, alguna causa que no ha podido ser dilucidada en el marco de este trabajo. Por su parte *Geoffroea decorticans* (chañar) y *Schinus fasciculatus* (moradillo) se dispersan por medio de sus frutos, y para esto requieren principalmente agentes bióticos de dispersión a larga distancia (De Noir et al., 2002); cabe aclarar que *Geoffroea decorticans* también se reproduce en forma vegetativa por medio de sus raíces gemíferas. *Schinus fasciculatus* posee frutos indehiscentes.

De acuerdo a la distribución, en las isletas excluidas, el umbral crítico de concentración de los renovales forestales es hasta los 10 metros de la transecta para todos los renuevos en general, luego disminuyen continuamente; mientras que en las testigos el mismo efecto se da hasta los 5 metros del parche boscoso. Es importante destacar que si bien no hay diferencias significativas en las clases de distancia entre tratamientos luego de los 10 metros de la transecta, las isletas excluidas tienden a una mayor cantidad de renovales. Las Figuras 14, 15, 16 y 17, donde se grafica la distribución a lo largo de la transecta para cada orientación, demuestran claramente este comportamiento. Esta forma de distribución podría deberse al impacto agrícola hasta octubre de 2014; dicha actividad implicó la utilización de maquinaria pesada (sembradora, pulverizadora, cosechadora), siendo menor la implantación y sobrevivencia de los renovales forestales en las isletas testigo (sin exclusión).

La mayoría de los trabajos publicados señalan que los suelos franco-limosos se caracterizan por su susceptibilidad a compactarse formando estructuras masivas y homogéneas (Álvarez, 2013; Lars et al., 2013). Bajo condiciones de siembra directa (SD) los suelos franco limosos muestran menor macroporosidad y en concordancia, para esas condiciones, se determinan mayores valores de densidad aparente (Manzo et al., 2012; Rollán y Bachmeier, 2013). Existe acabada evidencia experimental que demuestra que la SD continua modifica las propiedades físicas: la estructura, la densidad aparente, la distribución de poros, la dinámica del agua y la resistencia a la penetración, lo que incide sobre el volumen de exploración de raíces y el movimiento de agua y aire (Sanzano et al.,

2005; Strudley et al., 2008; Álvarez et al., 2009; Denoia et al., 2009; Campitelli et al., 2010; Costa et al., 2014). Estos efectos podrían incidir sobre la implantación de los renovales forestales en suelos agrícolas.

Los renovales de las transectas de las áreas excluidas orientadas hacia el norte, tuvieron un crecimiento menor en comparación con el resto; este efecto podría deberse a los vientos cálidos y secos provenientes del noreste, o bien por la deriva de productos fitosanitarios (herbicidas, plaguicidas y fungicidas) provocada por estos mismos vientos durante las actividades agrícolas (hasta octubre de 2014). De acuerdo a este segundo efecto, no se conocen estudios de afectación de renovales por deriva de agrotóxicos en esta región, es por esto que la exclusión de 30 m a la redonda de esta isleta y otras seleccionadas es un valor arbitrario (Bernasconi et al. 2013). No obstante, Marrs et al. (1989) sostienen que, incluso con viento, la aplicación de herbicidas no deriva de forma letal sobre vegetación de interés a conservar más allá de 6 m desde la fuente de aplicación, recomendando áreas de exclusión mínimas de entre 5 y 10 m.

La exclusión supone que el impacto de los agrotóxicos sobre los renuevos sea menor respecto a la situación sin exclusión, siempre y cuando estos sean aplicados en momentos de baja incidencia de viento (Ávila et al., 2007). De todas maneras, existen otros factores que pueden alterar la deriva: temperatura del aire, humedad relativa ambiente, altura de aplicación, presión de aplicación, tipo de boquilla, tamaño de gota, tipo de herbicida y coadyuvante. Además la fitotoxicidad dependerá del tipo de herbicida utilizado, concentración, especies afectadas, tipo de suelo y estado fenológico (Ávila et al., 2007).

Los análisis de crecimiento, demuestran que hay diferencias significativas entre tratamientos en *Geoffroea decorticans* (chañar) y *Schinus fasciculatus* (moradillo); mientras que no hay diferencias en *Aspidosperma quebracho-blanco* (quebracho blanco).

En las áreas excluidas *Geoffroea decorticans* (chañar) tuvo el tiempo suficiente para crecer y desarrollarse sin la intervención antrópica, además que esta especie es de crecimiento rápido durante las edades juveniles (Giménez et al. 2013) por lo que es admisible la mayor tasa de crecimiento en este sector; mientras que en las isletas testigo estuvo sometido a sucesivos cortes con las maquinarias pesadas durante las actividades agrícolas, lo que incidió negativamente en la altura resultante, y por lo tanto, en la tasa de crecimiento.

Schinus fasciculatus, presentó un mayor crecimiento en los sectores sin exclusión lo cual es más difícil explicar. Posiblemente, este resultado esté dado por una menor competencia por luz con el pastizal, aunque su desarrollo en el momento de la medición fue menor que en las zonas excluidas. No se han encontrado estudios que demuestren la influencia del pastizal en esta especie; sin embargo Freire et al. (2009), sostienen que *Schinus fasciculatus* posee bajos porcentajes de germinación, que oscilan del 20 al 40%, dados principalmente por el ataque de agentes patógenos fúngicos en años con elevada humedad ambiental; posiblemente estos datos tengan una relación con los resultados

encontrados, ya que en los sitios excluidos la humedad es mayor por la alta cobertura herbácea.

Aspidosperma quebracho-blanco es una especie que posee una velocidad de crecimiento muy baja (Barchuk y Díaz, 2000), por lo cual es aceptable que no presente diferencias entre tratamientos.

Las diferencias encontradas en la tasa de sobrevivencia, demuestran claramente que los sectores excluidos favorecieron el desarrollo de las especies forestales, dado que no estuvieron sometidos a sucesivas prácticas agrícolas. Estudios realizados por Barchuk y Díaz (2000) con plantaciones de *Aspidosperma quebracho-blanco* y *Prosopis chilensis* obtuvieron valores de sobrevivencia del 30-40% en el período de un año, mientras que en las isletas con exclusión se obtuvo un 93% de sobrevivencia en 5 meses; por lo tanto, es de suma importancia evaluar las tasas de sobrevivencia en el lapso de un año para poder comparar estos.

Análisis hídrico de la cuenca

Con los modelos utilizados para los cálculos de balance hidrológico, se presume que con el cambio del uso de suelo, (de agricultura a bosque nativo) se produciría un aumento de 8.089.875 m³/año en la infiltración, es decir, un 12,33% más que en suelos agrícolas. Esta cantidad de agua equivale al volumen del dique El Cajón, ubicado en el departamento de Punilla (Diques de Córdoba, <http://www.diquesdecordoba.com.ar/>).

El agua extra captada puede ser utilizada para evapotranspiración o como reserva hídrica dentro de la cuenca en cuestión, favoreciendo la regeneración natural del bosque nativo y amortiguando los ciclos de sequía; por otra parte, podría ser utilizada para abastecer la demanda de los grandes polos urbanos aledaños a la RNDLC.

Estudios realizados en otras cuencas, donde la pendiente de las zonas agrícolas se orientan hacia los diques, demostraron que el manejo adecuado del agua extra es de gran importancia ya que los grandes volúmenes de agua perdida por la escorrentía en suelos agrícolas pueden producir el enlammamiento (cubrir de lama los campos y tierras) y la eutrofización de diques y reservorios (Cioccale et al. 1997; Pierotto et al. 2002)

Altas tasas de escorrentía pueden incrementar el riesgo de inundaciones repentinas, afectando, además, la calidad del agua para uso urbano y agrícola (Myers 1997).

El aumento de la infiltración con el cambio del uso del suelo está dado principalmente por la disminución del coeficiente C de escorrentía. La diferencia en los valores de infiltración, y por ende de escorrentía, entre suelos agrícolas y bosque nativo se explicaría por el contenido significativamente mayor de materia orgánica en BN, lo que redundaría en una mejor y más estable estructura (Aoki, 2006). Se debe considerar también, la acción de las raíces primarias y secundarias que crean innumerables canalillos hasta el subsuelo, hay un aumento de oportunidad de infiltración porque la vegetación disminuye la velocidad de escurrimiento y la imposibilidad de que se formen encostramientos superficiales en el

suelo gracias a la acción protectora de la hojarasca (Martínez de Azagra Paredes, 2006). Los menores valores de índices de agregación en suelos agrícolas, se debe a manejos que provocan el descenso de los tenores húmicos y disminuyen el equilibrio entre macro y microporos, llevando a una pulverización de los materiales por desagregación (Aoki, 2006).

El modelo de recuperación de las áreas boscosas a 40 años, se desarrolló en base a *Geoffroea decorticans* (chañar), ya que esta especie se reproduce principalmente por sus raíces gemíferas, teniendo así una tasa de crecimiento superior a *Aspidosperma quebracho-blanco*. De esta manera, la disminución de los coeficientes de escorrentía estaría dada por el efecto potencial de esta especie forestal.

Estos resultados obtenidos en la dinámica hídrica de la cuenca, podrían servir de referencia para posteriores estudios hacia otras cuencas con problemáticas similares.

Conclusiones

Se puede asumir que las isletas tratadas con exclusión tuvieron efectos significativos en comparación con las testigos, donde, en estas últimas, los renovales forestales se vieron afectados por efecto del manejo agrícola antes del abandono de la actividad.

Se concluye que los parches de vegetación boscosa remanente se expanden lentamente, a razón de 5 metros durante el tiempo de estudio; las isletas con exclusión perimetral fueron favorecidas, expandiéndose en 10 metros, ya que tuvieron más tiempo para crecer y desarrollarse por no estar sometidas al impacto agrícola (desde mayo/junio 2013 a mayo 2015).

Se desconoce si los tratamientos fitosanitarios durante la actividad agrícola tuvieron algún efecto negativo concreto sobre los renovales forestales; la actividad fue abandonada en octubre de 2014, dos meses después del primer muestreo y las especies analizadas no presentaron sintomatología que pueda ser relacionada a la deriva de los agrotóxicos; sin embargo se puede hipotetizar algún efecto de la deriva, especialmente en los sectores del norte, donde el crecimiento es menor.

Dos, de las tres especies forestales más frecuentes presentan alta capacidad de dispersión; *Geoffroea decorticans* (chañar) se reproduce principalmente por sus raíces gemíferas, mientras que en *Aspidosperma quebracho-blanco* su forma reproductiva es por semilla, las cuales son fácilmente dispersadas por el viento, permitiendo la rápida colonización del área.

A partir de la bibliografía consultada, se presume que con el cambio del uso del suelo (de agricultura a bosque nativo) se mejoran los valores de infiltración, disminuyendo notoriamente los porcentajes de escorrentía. Estos cambios son de suma importancia ya que el agua retenida es captada dentro de la RNDLC y no se desplaza hacia los centros urbanos aledaños.

Cabe destacar que es necesario que las mediciones continúen a lo largo del tiempo para obtener resultados fehacientes sobre las tasas de crecimiento y sobrevivencia; ya que la información básica recabada sirve para futuros planes de manejo de uso de suelo en el área de estudio y en diversas cuencas en general.

Recomendaciones

Tras lo concluido se recomienda la incorporación de animales en forma temporaria a fin de que eviten un excesivo empaste de estas áreas y de esta forma reducir el riesgo de incendios y no disminuir, por ejemplo, el vigor de la especie *Schinus fasciculatus* (moradillo) por la competencia con el pastizal; previamente determinar la biomasa y así la carga animal. Los pastoreos deberían ser de alta intensidad y baja frecuencia, para que el pastoreo sea uniforme y no haya sobre-pisoteo.

En aquellas áreas agrícolas con relictos de bosque nativo aislados donde se planifique la incorporación de ganado, se recomienda la exclusión de estos sectores para la recuperación de los renovales, con un manejo del pastizal.

Bibliografía

Agencia Córdoba Ambiente S.E. 2006. Decreto N° 891/03. Agencia Córdoba Ambiente S.E. Córdoba, Argentina. 8 p.

Álvarez, C. 2013. Condición física de los suelos limosos bajo siembra directa: caracterización, génesis y manejo. *Informaciones Agronómicas*. 10: 2-9

Álvarez, C. R.; Taboada M. A.; Gutiérrez-Boem F. H.; Bono A.; Fernández P. L. and P. Prystupa. 2009. Topsoil properties as affected by tillage systems in the Rolling Pampa region of Argentina. *Soil Science Society America J*.73: 1242-1250

Aoki, A. M. y R. Sereno. 2006. Evaluación de la infiltración como indicador de calidad de suelo mediante un microsimulador de lluvias. *AGRISCIENCIA XXIII (1)*: 23-31.

Arturi, M. F. 1997. Regeneración de Celtis tala y su relación con el pastoreo, la cobertura herbácea y arbórea en el NE de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ecología Austral*, 7, 3-12.

Ávila, R.; Bravo, E.; Breilh, J.; Campaña, A.; Paz-y-Miño, C.; Peña Herrera, L. y J. Valencia, 2007. El sistema de aspersiones aéreas del Plan Colombia y sus impactos sobre el ecosistema y la salud en la frontera ecuatoriana. Comisión Científica Ecuatoriana. Quito, Ecuador. 152 p

Barchuk, A. H., & M. P. Díaz, 2000. Vigor de crecimiento y supervivencia de plantaciones de *Aspidosperma quebracho-blanco* y de *Prosopis chilensis* en el Chaco árido. *Quebracho*, 8, 17-29.

Batjes, A. H. y W. G. Sombroek. 1997. Las posibilidades para el secuestro de carbono en los suelos tropicales y subtropicales. *Global Change Biology* 3(2): 161-173.

Brown, S., & A. E. Lugo. 1990. Bosque secundario tropical. *Journal of Tropical Ecology*, 6, 1-31.

Bernasconi, J.; Karlin, M., Accietto, R.; Schneider, C.; Rufini S. y S. Arnulphi. 2013. *Modelos de estados y transiciones: Bases para el manejo de la vegetación en la Reserva Natural de la Defensa La Calera, Córdoba Argentina*. II Taller de Restauración Ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina. 25 de Octubre de 2013. Mendoza, Arg.. En prensa.

Cabido M. y Zak M. Junio 2010. Deforestación, agricultura y biodiversidad
<http://www.unciencia.unc.edu.ar/2010/junio/deforestacion-agricultura-y-biodiversidad-apuntes>. Ingreso: 22 de junio de 2010.

Campitelli, P.; Aoki A.; Gudelj O.; Rubenacker A. y R. Sereno. 2010. Selección de indicadores de calidad de suelo para determinar los efectos del uso y prácticas agrícolas en un área piloto de la región central de Córdoba. *Ciencia del Suelo* 28: 223-231.

Capitanelli, R. G. 1979. Clima. En: Vázquez, J. B.; Miatello, R. A. y M. E. Roqué (Eds.). Geografía física de la Provincia de Córdoba. Ed. Boldt. Pp.: 48-138.

Cioccale M A.; Ferri M.; Filardo JJ.; Ingaramo R.; Lado G.; Montivero N & R Moreno. 1997. Informe sobre la situación ambiental de la cuenca del Río Ceballos y la problemática del agua potable: diagnóstico y recomendaciones. Comisión técnica asesora de los centros vecinales de la ciudad de Río Ceballos. Río Ceballos, Córdoba.

Ciuffoli L. 2013. Cambios en el uso del suelo y sus efectos sobre la materia orgánica edáfica en bosques semiáridos en Chaco argentino. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Buenos Aires.

Comisión Científica Ecuatoriana, & Ávila, R. (2007). Sistema de aspersiones aéreas del Plan Colombia y sus impactos sobre el ecosistema y la salud en la frontera ecuatoriana. The Commission.

De Noir, F. A.; Bravo, S.; & R. Abdala. 2002. *Mecanismos de dispersión de algunas especies de leñosas nativas del Chaco Occidental y Serrano*. Quebracho, 9: 140-150.

Denoia, J.; Giorgi D. y S. Fernández. 2009. *Degradación superficial en suelos con diferente historia de uso agrícola*. Revista FAVE - Ciencias Agrarias. 8: 47-59.

Ferri, R.; Ceballos, M.; Vischi, N.; Heredia, E.; & A. Oggero. 2009. Banco de semillas de un relicto de Espinal (Córdoba, Argentina). *Iheringia*, 64: 93-100.

Freire, R.; Carnevale, N. J.; Alzugaray, C.; & M. S. Bueno. Cultivo in Vitro de *Schinus fasciculata* (Griseb) JM JOHNST var. *fasciculata* (molle) Revista Colombiana de Biotecnología 16(2): 169-173.

Gianre L. 2015. Informe científico Cuenca Río Ceballos-Saldán: las inundaciones en las Sierras Chicas de Córdoba. UNCIENCIA, UNC, Córdoba <http://www.unciencia.unc.edu.ar/2015/marzo/el-informe-cientifico-de-la-unc-que-explica-lasinundaciones-en-las-sierras-chicas-de-cordoba>. Ingreso: 18 de marzo de 2015

Giménez, A. M., Hernández, P., Ríos, N., & F. Calatayu. 2013. Crecimiento de árboles individuales de *Geoffreea decorticans* Burk., en un bosque del Chaco semiárido, Argentina. *Madera y bosques*, 19(1), 37-52.

Giorgis, M. A.; Cingolani, A. M.; Chiarini, F.; Chiapella, J.; Barboza, G.; Ariza Espinar, L.; y M. Cabido, 2011. Composición florística del Bosque Chaqueño Serrano de la provincia de Córdoba, Argentina. *Kurtziana*, 36(1), 9-43.

Karlin, M.; Bernasconi, J.; Schneider, C.; Rufini, S.; Accietto, R. y S. Arnulphi. 2015. Aprovechamiento de la potencialidad silvopastoril como alternativa para el control de incendios en la Reserva Natural Militar La Calera, Córdoba (Argentina). 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles y VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales. Iguazú, Misiones. Pp.: 636-640.

Karlin, M.; Schneider, C.; Rufini, S.; Bernasconi, J.; Accietto, R.; Karlin, U. y Y. Ferreyra. 2014. Caracterización florística de la Reserva Natural Militar Estancia La Calera. *Nature and Conservation* 7(1): 6-18.

Lars, J.; Munkholm R.; Heck J.; and B. Dee. 2013. Long-term rotation and tillage effects on soil structure and crop yield. *Soil Tillage Research*. 127: 85-91.

Lupano L. y C. Abeucci. 2007. Cuencas de los Ríos Primero y Segundo. IIIº Congreso de la Ciencia Cartográfica—Xº Semana Nacional de Cartografía.

Luti, R. 1979. Vegetación. En: Vázquez, J. B.; Miatello, R. A. y M. E. Roqué (Eds.). *Geografía física de la Provincia de Córdoba*. Ed. Boldt. Pp: 268-297.

Manso, M. L.; Studdert G. A; Forján H. J.; y S. San Martino. 2012. Efecto de sistemas de labranza contrastantes sobre algunas propiedades de un molisol de Tres Arroyos bajo distintos usos previos. *Revista. FCA UNCUYO* 44: 85-99.

Marrs, R. H.; Williams C. T.; Frost A. J. y R. A. Plant. 1989. Assessment of the effects of herbicide spray drift on a range of plant species of conservation interest. *Environmental Pollution* 59(1): 71-86.

Myers N. 1997. The world forests and their ecosystems services. En: Daily G. (Ed.). *Nature's Services. Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press. Washington D.C. USA. Pp.: 215-237.

Navarro J. 2010. El desafío de los barrios cerrados. *La Voz*. Recuperado de <http://www.lavoz.com.ar/> 21 de noviembre de 2010.

Pérez M. de A.; Avilán L.; B. Gennady. 2005. El viento y su incidencia en la producción agrícola: las cortinas rompeviento. *Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela* 7.

Pierotto M.; Rincon A.; Gonella M. y C. Prospero. 2002. Hidrobiología del embalse La Quebrada, Río Ceballos, Argentina. En: Bertoni J.C. y Dasso C.M. (Comp.). *XIX Congreso Nacional del Agua. Resúmenes de trabajos aprobados*, 226. Agosto de 2002. Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina.

Pyszczyk O. L. 2015. *Caracterización de las condiciones naturales de la provincia de Córdoba, desde la perspectiva de la geografía física*. *Revista Geográfica Digital*. IGUNNE. Facultad de Humanidades. UNNE. 12. (24).

Rollán, A. A. del C. y O. A. Bachmeier. 2013. Siembra directa evaluación de la densidad aparente como indicador de la necesidad de labores de descompactación. *Revista. Nexo Agropecuario*. 1: 7-10.

Sanzano, G.; Corbella R.; García J.; y G. Fadda. 2005. Degradación física y química de un Haplustol Típico bajo distintos sistemas de manejo del suelo. *Ciencias del Suelo* 23: 93-100

Strudley, M. W.; Green T. R. y J. C. Ascough. 2008. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. *Soil Tillage Research*. 99: 4-48

Páginas web:

Cuencas Hidrográficas. Barreto Huayascachi C. y J. L. Magno Espinoza. 2010.
www.monografias.com

Diques de Córdoba. www.diquesdecordoba.com.ar

El avance de la agricultura es la mayor causa de deforestación. Cabido M. y Zak. M.
Mayo 2011. argentinainvestiga.edu.ar

GEOINTA. geointa.inta.gov.ar

Inundaciones en las Sierras Chicas: desmonte fatídico. www.cba24n.com.ar