



Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Agropecuarias



**Área de Consolidación Planificación y Manejo de Cuencas
Hidrográficas**

“Plantaciones mixtas para el enriquecimiento de la cubierta
vegetal en la Cuenca del arroyo Las Mojarras”

Alumno: Claudio Emanuel Salgado

Tutor: Ing. MSc. Graciela Verzino

Año 2015

Índice general

	Página
AGRADECIMIENTOS.....	6
RESUMEN.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
OBJETIVOS.....	10
Objetivo general.....	10
Objetivos específicos.....	10
MARCO TEÓRICO.....	11
CUENCAS HIDROGRÁFICAS.....	11
Acciones de remediación en cuencas hidrográficas.....	12
LAS CUENCAS, LOS BOSQUES Y EL HOMBRE.....	13
Efectos sobre el flujo del agua.....	13
Efectos sobre flujos de inundación.....	13
Efectos sobre la calidad del agua.....	13
Efectos sobre la erosión.....	14
Efectos sobre el cambio climático.....	14
BOSQUES NATIVOS Y PLANTACIONES FORESTALES EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA.....	14
Especies nativas o exóticas.....	15
Algunas consideraciones sobre plantaciones forestales.....	16
Hidrogel y las plantaciones forestales.....	16
SENSORAMIENTO REMOTO.....	17
Ventajas de la observación espacial.....	17
ÁREA DE TRABAJO.....	18
Caracterización del departamento Punilla.....	18
Caracterización ambiental de la cuenca del arroyo Las Mojarra.....	20
Aspectos geomorfológicos.....	20
Suelos.....	21
Clima.....	23
Vegetación.....	24
Sistema hidrográfico.....	25
Características de la población.....	27
Uso del suelo (departamento Punilla).....	29
Estructura productiva.....	29
Problemática ambiental de la cuenca del arroyo Las Mojarra.....	30
MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
1. Caracterización ambiental y socioeconómica del Valle de Punilla.....	31
2. Delimitación de la cuenca del arroyo Las Mojarra y demarcación de su red hídrica.....	30
3. Zonificación de la cuenca en función de la cobertura y del uso actual del suelo.....	31
4. Evaluación del comportamiento de la plantación.....	34
Diseño del ensayo.....	36
5. Aplicación de los resultados a la cuenca.....	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
Delimitación de la cuenca del arroyo Las Mojarra y demarcación de su red hídrica.....	38
Zonificación de la cuenca en función de la cobertura y del uso actual del suelo.....	39
Evaluación del comportamiento de la plantación.....	41
Supervivencia.....	41

Crecimiento	42
Aplicación de los resultados a la cuenca	46
Tecnología de hidrogeles.....	46
Financiamiento.....	47
CONCLUSIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	50
ANEXO.....	56

Índice figuras

	Página
Figura 1. Localización del Área de trabajo	18
Figura 2. Departamento Punilla.....	19
Figura 3. Geomorfología del Área de trabajo.....	21
Figura 4. Perfil de un suelo Ustorthent lítico	22
Figura 5. Precipitación acumulada para cada mes del año. Fuente: Estudio Área Protegida, Carlos Paz. 1991-2010.....	23
Figura 6. Localización de la cuenca del Arroyo las Mojaras, en el área de influencia del Lago San Roque.....	26
Figura 7. Arroyo Las Mojaras	26
Figura 8. Vista aérea del Puente las Mojaras	27
Figura 9. Distribución de la mano de obra de las EAPs de la ZAH XI-E Cosquín..... en los distintos rubros.....	28
Figura 10. Nivel educativo de las EAPs de la ZAH XI-E Cosquín.....	288
Figura 11. Nivel de vida de la población ocupada en el sector A de la ZAH XI-E Cosquín.....	29
Figura 12. Delimitación de una cuenca hidrográfica	31
Figura 13. Reflectancia relativa de distintos tipos de cobertura del suelo, en el espectro visible e infrarrojo.....	33
Figura 14. Plantación y medición de plantines.....	35
Figura 15. Ubicación de la parcela del ensayo	35
Figura 16. Diseño del ensayo.....	36
Figura 17. Croquis del ensayo para cada especie	37
Figura 18. Delimitación de la cuenca del arroyo Las Mojaras, subcuencas y red hídrica	38
Figura 19. Subcuencas de la cuenca del arroyo Las Mojaras	39
Figura 20. Clasificación de la cuenca del arroyo Las Mojaras por tipos de uso-cobertura actual del suelo	40
Figura 21. Crecimiento en Diámetro (mm) de molle de beber en “Loma”.....	42
Figura 22. Crecimiento en Altura (cm) de molle de beber en “Loma”.....	43
Figura 23. Crecimiento en Altura (cm) de molle de beber en “Bajo”	43
Figura 24. Crecimiento en altura (cm) de fresno de Pensilvania.....	44
Figura 25. Crecimiento en Altura (cm) de roble europeo en “Loma”	45

Índice tablas

	Página
Tabla 1. Resumen de Temperaturas	23
Tabla 2. Estadística descriptiva de las precipitaciones para el Lago San Roque	24
Tabla 3. Especificaciones del Sensor Modis	32
Tabla 4. Característias del material utilizado por ensayo, especie, diámetro y altura	34
Tabla 5. Parámetros de las subcuencas que componen la cuenca del arroyo Las Mojarras	39
Tabla 6. Porcentajes y superficies de los tipos de uso-cobertura de suelo de la cuenca.	40
Tabla 7. Supervivencia por origen, especie y posición en el terreno a los 310 días desde plantación	41
Tabla 8. Supervivencia de durazno del campo por tratamiento a los 310 días desde la plantación.....	42
Tabla 9. Crecimiento en diámetro por ensayo y fecha de medición de fresno de Pensilvania.....	44
Tabla 10. Crecimiento de castaño en diámetro y altura a los 135 días en función del tratamiento en el Ensayo Bajo.	45

AGRADECIMIENTOS

A mi Familia, que gracias a su apoyo pude dedicarme completamente al desarrollo de la carrera.

A mi Novia, quien me acompañó incondicionalmente durante todos estos años.

A mi tutora, por el acompañamiento, conducción y dedicación a lo largo del presente trabajo.

A mis evaluadores, cuyos aportes y correcciones fueron de gran utilidad.

A la Ing. Dra. Marisa J. Joseau, por su ayuda en el diseño estadístico y oportunos comentarios del presente trabajo.

Al Ing. MSc. Eduardo Ruiz Posse, por su ayuda en las temáticas de sensoramiento remoto y teledetección.

Al Ing. Manuel Vicondo, por su ayuda en la delimitación de la cuenca.

A la Lic. Laura Colladón, por brindarme los datos climáticos de la zona de estudio.

A todos los docentes que me brindaron su ayuda, consejos y paciencia cuando lo necesité.

A todas aquellas personas y amigos que me acompañaron durante el desarrollo de la carrera.

A los alumnos de Ingeniería Agropecuaria que me ayudaron con las mediciones a campo.

RESUMEN

La pérdida de cobertura boscosa en la Cuenca del Arroyo las Mojarras pone en compromiso la capacidad de la misma para brindar bienes y servicios a la comunidad.

Los incendios, las actividades extractivas, el sobrepastoreo, las prácticas agrícolas, el desarrollo de las actividades turísticas y el avance de la urbanización son responsables de cambios en la composición florística y en el paisaje. Es así, que el elevado estado de degradación actual que presenta la cuenca se manifiesta en acelerados procesos de erosión hídrica y eólica, inundaciones, colmatación y eutrofización del lago. A esto se le suma la falta de conciencia ambiental por parte de la población, que predispone la ocurrencia de incendios forestales, urbanización no planificada y contaminación del agua, dejando huellas negativas en el paisaje de la cuenca que, a su vez, inciden en las actividades socio-económicas, y no aparecen, hasta el momento, reacciones acertadas ni oportunas para mitigar el impacto producido.

Las plantaciones forestales pueden ser una vía técnicamente posible para mejorar el comportamiento hidrológico de las cuencas. Los árboles remediarían problemas de erosión y excesivo escurrimiento al brindar cobertura al suelo o generar barreras físicas al escurrimiento, de gran impacto en las zonas con elevadas pendientes como la del estudio. Sin embargo, la actividad forestal está poco desarrollada en este sector de las sierras y, además, hay poco conocimiento sobre el comportamiento de plantaciones forestales para la región.

El presente Trabajo se elaboró para dar respuesta a la problemática actual. El objetivo general fue evaluar el desempeño inicial de especies nativas y exóticas en plantaciones mixtas en la cuenca del Arroyo las Mojarras. Se logró mediante el planteo de los siguientes objetivos específicos: 1. caracterizar ambiental y socioeconómicamente el Valle de Punilla, mediante una exhaustiva recopilación bibliográfica, 2. delimitar y caracterizar fisiográficamente la Cuenca, 3. zonificarla en función de la cobertura actual del suelo, utilizando tecnologías de sensoramiento remoto, 4. evaluar el comportamiento en plantación de tres especies nativas y tres exóticas considerando dos calidades de sitio definidos por el relieve y la respuesta a la aplicación de hidrogeles, y 5. aplicar los resultados obtenidos en el presente trabajo a toda la cuenca y reflexionar sobre el impacto ecológico, económico y social que se podría generar.

Finalmente, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en gabinete y a campo, se puede decir que es posible realizar plantaciones forestales con especies latifoliadas de madera valiosa, como *Quercus robur* L. y *Fraxinus pennsylvanica* Marshall, y enriquecimiento del bosque nativo con *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. La superficie con que cuenta la cuenca para ello ronda las 5.919 ha (superficie de pastizales + romerillar, humedales y bosque). No hubo diferencias estadísticas significativas en cuanto a la aplicación de hidrogeles, a pesar de haberse encontrado tendencias positivas como mejoradores del crecimiento. Gran parte de estas actividades de forestación podrían financiarse con el apoyo del Estado, a través de las Leyes 25.080 “Inversiones para Bosques Cultivados” y 26.331 “Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos”. El desarrollo de un Plan de Manejo con una fuerte base forestal, impactaría positivamente en la calidad de vida de los habitantes, generando puestos de trabajo, una revalorización turística de la zona, con las consecuentes mejoras en el estado y equilibrio de la cuenca.

Las técnicas de teledetección y sensoramiento remoto fueron una herramienta muy útil para el desarrollo del presente trabajo. Además, pueden ser de gran importancia, en lo que a planificación y manejo de cuencas hidrográficas se refiere.

INTRODUCCIÓN

El rol de los bosques como productores de bienes ha sido reconocido desde los inicios de la humanidad y extensamente estudiado en los últimos tres siglos. Mucho más recientemente, el hombre vislumbró la importancia de los bosques como proveedores de servicios ambientales y día a día se consolida en la sociedad la certeza de que la pérdida de bosques conlleva, inevitablemente, a la destrucción del planeta (Verzino y Joseau, 2013).

Córdoba posee, debido principalmente al avance de la frontera agropecuaria, sobrepastoreo e incendios, la mayor tasa anual de deforestación del país (-2,52 %), superando ampliamente a la tasa mundial (-0,23 %) y a la de las provincias de Santiago del Estero (-2,17 %) y Salta (-1,54 %) (UMSEF, 2007).

La cuenca del Lago San Roque, ubicada en la región centro-oeste de la provincia de Córdoba y a 30 km de la ciudad capital, es un sistema que no escapa a esta realidad. Con alrededor de 1750 km², es una importante región con una gran diversidad de fauna y flora, destino turístico predilecto de la provincia, tercero entre los más visitados del país (Peralta, 2011), llegando a cuadruplicarse su población durante los meses de verano. La cuenca se subdivide en las sub-cuencas de los ríos: Cosquín, San Antonio, Los Chorrillos y arroyo Las Mojarras (Frassoni, 2013).

Además, se destaca su papel en la dotación de agua para gran parte de la población de la ciudad capital (aproximadamente 1.329.000 personas), para uso industrial, agrícola y domiciliario (Nolasco, 2013), repercutiendo todas las acciones sobre la cuenca de manera directa en el resto del entorno provincial.

La pérdida de cobertura boscosa en la cuenca del Lago San Roque pone en compromiso la capacidad de la misma para brindar bienes y servicios a la comunidad. Es así, que el elevado estado de degradación actual que presenta la cuenca se manifiesta en acelerados procesos de erosión hídrica y eólica, inundaciones, colmatación y eutrofización del lago, entre otras consecuencias (Frassoni, 2013).

Un adecuado plan de manejo de la cuenca es el único modo de frenar y revertir dicho nivel de degradación. En ese contexto, la introducción de árboles en forma de plantaciones forestales puras o en sistemas agroforestales, podría ser una alternativa de saneamiento importante.

Sin embargo, la actividad forestal está poco desarrollada en este sector de las sierras y, además, hay poco conocimiento sobre el comportamiento de plantaciones forestales para la región.

Entre las referencias disponibles sobre especies nativas, en un ensayo realizado en el año 1994 en el departamento Punilla, entre los 1100 y los 1400 m.s.n.m, con nueve especies del género *Prosopis*, Verzino y Joseau (2013) informaron supervivencia nula al cabo de 5 años de la implantación. En la cuenca alta del arroyo Vaquerías en las Sierras Chicas el establecimiento de especies nativas resultó sumamente difícil debido a las severas condiciones ambientales (Verzino *et al.* 2004); en Capilla del Monte se realizaron dos experiencias (en el año 1998 y 1999) sobre zonas de bosque serrano incendiado, evaluando distintas épocas de plantación y exposiciones donde, luego de 12 años de la plantación, los mayores valores de supervivencia (60-85 %) se lograron en *Lithraea molleoides* con exposición sur (Verzino y Joseau, 2013). En las Sierras Grandes, un grupo de investigadores de la FCFyN de la UNC lleva a cabo desde el año 1997 plantaciones con *Polylepis australis* Bitter “tabaquillo”, logrando altas supervivencias, por ejemplo de 92 % a los 8 meses, 96 % al cabo de tres años y de 69 %

a los tres años y medio (Renison y Cingolani, 1998), utilizando plantines de 5 a 5,5 cm de altura (Renison *et al.*, 2005).

Las causas probables de mortandad en las plantaciones de especies nativas pueden atribuirse principalmente al ataque de roedores y hormigas, a fuertes heladas y sequías intensas (Verzino y Joseau, 2013), siendo estas dos últimas las determinantes de la fecha de plantación.

Por su parte, las especies exóticas, como pinos y cipreses, han mostrado buen desempeño en plantaciones en las sierras (Izurieta *et al.*, 1993; Verzino *et al.*, 1993; Dorado *et al.*, 1997) pero no se cuenta con mayor información sobre el comportamiento de otras especies exóticas, principalmente latifoliadas de madera valiosa, como fresno, roble y castaño (*Castanea sativa*). Una alternativa es realizar plantaciones mixtas, combinando especies exóticas de rápido crecimiento, que sirvan de resguardo a las especies nativas, de lento crecimiento, en sus primeros estadios.

La estacionalidad bien marcada de las precipitaciones y el excesivo drenaje de los suelos en la cuenca pueden generar una alta mortalidad luego de la plantación. Es de vital importancia que, durante el arraigo, los plantines cuenten con una adecuada provisión de agua para lograr porcentajes de supervivencia aceptables. Con el fin de mejorar la supervivencia y el crecimiento de las plantas en zonas áridas y semiáridas se han desarrollado una serie de polímeros sintéticos, conocidos como hidrogeles (Callagan *et al.*, 1989). Los hidrogeles o polímeros hidroabsorbentes son productos muy empleados en restauración forestal y paisajística que pueden tener un efecto variable según la naturaleza textural del suelo sobre el que se aplican. Los efectos de interés de estos productos para su uso en el sector agroforestal son una mejora de la retención y disponibilidad del agua del suelo, una mejora de la estructura y aireación y una menor compactación. Su uso está especialmente recomendado en suelos arenosos donde los resultados suelen ser más favorables (Al-Darby, 1996; Navarro, 1998; Viero *et al.*, 2002; Clemente *et al.*, 2004).

El presente trabajo se enfocó en las plantaciones forestales como elemento vital en la restauración de la cobertura boscosa de cuencas de montaña. A tal fin, se desarrolló un ensayo experimental en la cuenca del arroyo Las Mojarras, la menor de las cuatro subcuencas que componen la cuenca del Lago San Roque, y se estudió el impacto potencial que estas plantaciones pueden ejercer en los aspectos ecológico, económico y social de la cuenca.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el desempeño inicial de especies nativas y exóticas en plantaciones mixtas en la cuenca del Arroyo las Mojarras.

Objetivos específicos

1-Realizar la caracterización ambiental y socioeconómica del Valle de Punilla.

2-Delimitar y caracterizar fisiográficamente la cuenca del arroyo Las Mojarras.

3-Zonificar la Cuenca en función de la cobertura actual del suelo.

4-Evaluar y comparar el comportamiento a campo, en términos de sobrevivencia y crecimiento, de tres especies nativas: *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. “molle de beber”, *Kageneckia lanceolata* Ruiz & Pav “durazno del campo” y *Ruprechtia apetala* Wedd “manzano del campo” y tres especies exóticas: *Fraxinus pennsylvanica* Marshall “fresno de Pensilvania”, *Quercus robur* L. “roble europeo” y *Castanea sativa* Mill “castaño”, en función de su posición topográfica y respuesta a la aplicación de hidrogeles.

5-Aplicar los resultados obtenidos en el presente trabajo a toda la cuenca y reflexionar sobre el impacto ecológico, económico y social que se podría generar.

MARCO TEÓRICO

CUENCAS HIDROGRÁFICAS

La cuenca hidrográfica es una unidad morfológica integral, que se define en un territorio donde las aguas superficiales convergen hacia un cauce o unidad natural delimitada por la existencia de la divisoria de las aguas, las cuales fluyen al mar a través de una red de cauces principales.

La cuenca hidrológica, por su parte, incluye toda la estructura hidrogeológica subterránea del acuífero como un todo, conformando un sistema integral, constituyendo un conjunto de componentes que están conectados e interactúan formando una unidad (Gaspari *et al.*, 2009).

El límite de una cuenca hidrográfica (L.C.) se identifica a partir de las divisorias de agua o topográficas (D.A) que son los puntos altimétricos más altos que definen la dirección de circulación del escurrimiento superficial.

Los componentes principales que determinan el funcionamiento de una cuenca son los elementos biofísicos (atmósfera, clima, suelo y subsuelo, hidrología, flora y fauna) y los antrópicos (socio-económicos-culturales: infraestructura, tecnología, niveles de calidad de vida, creencias, conocimientos, sistemas de producción, entre otros), demográficos (tamaño y distribución de la población) y jurídico-institucionales (normas que regulan el uso de los recursos naturales, leyes, políticas de desarrollo, tenencia de las tierras, instituciones involucradas)) (Gaspari *et al.*, 2013).

En síntesis, las cuencas hidrográficas son unidades físicas que sirven para la planificación y gestión del desarrollo sustentable (Gaspari *et al.*, 2013).

En el proceso de su análisis y diagnóstico una cuenca hidrográfica se subdivide en unidades hidrológicas de menor tamaño, homogéneas en relación a su respuesta hidrológica, denominadas subcuencas, y si son más pequeñas, microcuencas; las cuales forman parte del sistema de drenaje de la cuenca. (Gaspari *et al.*, 2013).

A partir del conocimiento de una cuenca hidrográfica, Bernex (2006) clasifica sus diversas funciones:

-Hidrológica: captar agua de las diferentes fuentes de precipitación para formar el escurrimiento de manantiales, ríos y arroyos, almacenamiento del agua en sus diferentes formas y tiempos de duración y al mismo tiempo genera descarga del agua como escurrimiento.

-Ecológica: proveer de hábitat para la flora y fauna constituyendo los elementos biológicos del ecosistema y manteniendo interacciones entre las características físicas y biológicas del agua.

-Ambiental: regular la recarga hídrica y los ciclos biogeoquímicos, conservar la biodiversidad, constituir sumideros de CO₂, albergar bancos de germoplasma, mantener la integridad y la diversidad de los suelos.

-Socioeconómica: suministrar recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población y proveer de un espacio para el desarrollo social y cultural

Las transformaciones hidrológicas de una cuenca no solo afectan la provisión de agua para consumo humano, industrial, y agrícola, sino también la regulación de crecientes e inundaciones (Jackson *et al.*, 2001; Bradshaw *et al.*, 2007)

Acciones de remediación en cuencas hidrográficas

El adecuado funcionamiento de las cuencas hidrográficas juega un papel fundamental en los ecosistemas terrestres de la Tierra y contribuye de forma significativa a la riqueza y bienestar de la sociedad debido a que estas suministran agua dulce de elevada calidad, regulan los caudales y la escorrentía y encierran tierras fértiles cultivables e inmensos recursos forestales. Las conclusiones que derivan de las investigaciones recientes sustentan el criterio de que las inversiones en la ordenación de cuencas hidrográficas pueden contribuir mucho a solventar estas, a menudo, contrapuestas preocupaciones.

Las actuaciones en la cuenca hidrográfica pueden sintetizarse en dos líneas, totalmente compatibles y en cierta medida, complementarias. Estas son, la utilización racional de las áreas de cultivo, que cubren las zonas de menores pendientes y suelos más fértiles, y el establecimiento de una cubierta vegetal protectora adecuada en el resto del territorio. Ésta puede adquirir distintas formas tales como praderas, áreas de matorral o monte bajo y finalmente zonas de bosque, bien sean de repoblación o naturales (Mintegui Aguirre y López Unzú, 1990).

Las medidas a implementar pueden ser de tipo activas, para reducir procesos torrenciales (inundaciones, erosión, sedimentos, etc.), y/o pasivas, para reducir y/o controlar en el área las actividades socio-económicas que producen degradación. Estas medidas se diseñan y proyectan por medio de técnicas para control de erosión en la cuenca y/o en el cauce. A continuación definen los diferentes propósitos de un sistema corrector de una cuenca torrencial, según López Cadenas del Llano (1998) y Mintegui Aguirre y Robredo Sánchez (2008), caracterizando según la localización del sitio de implementación de la obra, las diferentes acciones recomendadas.

Área geográfica afectada:

-Cuenca de recepción

Problemas que se pueden presentar: erosión laminar y en regueros, erosión en cárcavas, problemas de infiltración y contenido de humedad del suelo, avenidas originadas por los aguaceros torrenciales, erosión en profundidad, movimientos en masa.

Acciones destinadas a combatirlos: biológicas (reforestación, mejora de las coberturas vegetales) y prácticas mecánicas (terrazas, bancales, drenajes)

-Cauces de drenaje (torrentes y ríos torrenciales)

Problemas que se pueden presentar: perfiles no equilibrados en los torrentes, lechos no consolidados, por lo tanto inestables, laderas inestables, importante transporte de materiales por la corriente (sedimentos y acarreos), que amenazan con aterrar las obras de infraestructura, márgenes inestables con cauces divagantes e inundaciones por avenidas.

Acciones destinadas a combatirlos: pequeñas obras hidráulicas (albarradas, palizadas, fajinas), obras transversales (diques de consolidación, diques de retención total o selectivo), obras longitudinales (espigones, muros de defensa de márgenes (malecones, escolleras)), obras mixtas (umbrales de fondo, perfiles escalonados con tramos erosionables) y biológicas (cubiertas vegetales a lo largo de los márgenes de los cauces).

LAS CUENCAS, LOS BOSQUES Y EL HOMBRE

Gran parte de la humanidad depende de los recursos hídricos generados en las cuencas forestales de captación para satisfacer sus necesidades de agua potable, riego, uso industrial, hidroeléctrico y navegación (Calder, 2007).

Por ese motivo, es tan importante conocer cuáles son los efectos que ejercen los bosques en las cuencas hidrográficas, y particularmente, sobre la economía del agua.

Efectos sobre el flujo del agua

El rendimiento hídrico de las cuencas montañosas, definido como la fracción de la precipitación que abandona las mismas en forma líquida, no sólo depende del clima y de la configuración topográfica y geológica de las cuencas, sino también de la vegetación que las ocupa (Zhang *et al.*, 2001; Brown *et al.*, 2005; Huxman *et al.*, 2005; Jackson *et al.*, 2009; Nosetto *et al.*, 2012).

La cubierta vegetal, fundamentalmente el bosque de montaña, representa un factor estabilizador de la cuenca ante los mecanismos torrenciales pues contribuye tanto a incrementar la infiltración, ya que la vegetación aumenta la porosidad del suelo; como a disminuir la velocidad de la lámina de escurrimiento superficial, pues incrementa la rugosidad de la superficie por la que circula y, por último, favorece el flujo sub-superficial del agua en los períodos de precipitaciones abundantes. (Mintegui Aguirre y Robredo Sánchez, 1994).

La vegetación actúa como una capa protectora o amortiguadora entre la atmósfera y el suelo. Los componentes aéreos, como hojas y tallos, absorben parte de la energía de las gotas de lluvia, del agua en movimiento y del viento, de modo que su efecto es menor que si actuaran directamente sobre el suelo, mientras que los componentes subterráneos, como los sistemas radicales, contribuyen a la resistencia mecánica del suelo (Morgan, 1997).

Por otra parte, los bosques implantados en zonas originalmente sin bosque pueden reducir los flujos de estación seca y los rendimientos hídricos anuales. Por ejemplo, el rendimiento hídrico de las cuencas forestadas con *Pinus elliotti* en las Sierras de Córdoba fue, en promedio, 48 % inferior al de las cuencas de pastizal (112 vs. 204 mm/año o 24 vs. 13 % de la precipitación recibida, $P < 0,05$) (Jobbágy *et al.*, 2013).

Efectos sobre flujos de inundación

Los bosques pueden mitigar las inundaciones pequeñas y locales, pero parecen no ejercer influencia ni en las inundaciones muy intensas ni en las que se producen en las grandes cuencas hidrográficas (Mintegui Aguirre y López Unzú. 1990)

Efectos sobre la calidad del agua

Los bosques naturales y las plantaciones en las que se practica una ordenación idónea pueden proteger los suministros de agua potable. Los bosques bajo ordenación reciben por lo general un menor aporte de nutrientes, plaguicidas y otras sustancias químicas que las tierras que son objeto de un uso más intensivo, como las agrícolas. (Mintegui Aguirre y López Unzú. 1990). Los bosques plantados en zonas agrícolas y urbanas reducen la presencia de sustancias contaminantes, especialmente cuando dichos bosques se encuentran en las vías de escorrentía o en las zonas ribereñas (Mintegui Aguirre y López Unzú. 1990).

La vegetación puede utilizarse como instrumento para la protección de las márgenes en los cursos de agua. (Mintegui Aguirre y López Unzú. 1990).

Efectos sobre la erosión

Los bosques protegen los suelos y reducen la tasa de erosión y la sedimentación de los ríos. Algunas operaciones forestales como el cultivo, el avenamiento, la construcción de caminos y la producción de madera pueden determinar una mayor liberación de sedimentos; pero este riesgo se consigue controlar con prácticas de ordenación mejoradas. Los bosques plantados en suelos erosionables y en vías de escorrentía pueden reducir e interceptar la sedimentación, constituyendo una alternativa de remediación muy importante (Frassoni, 2013).

Efectos sobre el cambio climático

Los árboles y los bosques ayudan a mitigar estos cambios al absorber el bióxido de carbono de la atmósfera y convertirlo, a través de la fotosíntesis, en carbono que "almacenan" en forma de madera y otros restos vegetales. Este proceso se denomina "fijación del carbono".

En los árboles, el carbono supone en general alrededor del 50 por ciento de su peso (48 – 52%). Además de los árboles mismos, el conjunto de la biomasa forestal también funciona como "sumidero de carbono". Por ejemplo, la materia orgánica del suelo de los bosques -como el humus producido por la descomposición de la materia vegetal muerta- también actúan como depósito de carbono.

BOSQUES NATIVOS Y PLANTACIONES FORESTALES EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

Los bosques nativos, que originalmente ocupaban alrededor del 71% de la superficie de la provincia de Córdoba, alcanzan hoy menos del 3,6% del área total (COTBN, 2009). En los últimos 50 años la tasa anual de deforestación ha sido una de las más altas del mundo. De esta manera, la madera que en el siglo XIX y principios del siglo XX provenía de los bosques provinciales debió comenzar a importarse de otras regiones más alejadas del país. Al reducirse también la superficie boscosa de aquellas regiones la oferta de madera por parte de los bosques nativos fue decreciendo progresivamente siendo reemplazada por madera de especies exóticas.

Es que, siendo la madera un bien renovable y sustituto de otros con mayor impacto ambiental –plástico, aluminio, yeso, petróleo, carbón mineral- su demanda, tanto en nuestra provincia, como en el país y el mundo, tiene tendencia creciente. Sin árboles, no hay madera para nuestras viviendas y muebles, ni pasta para nuestros libros, diarios y cajas (Verzino *et al.*, 2013).

Así, las opciones de la sociedad moderna son aumentar la intensidad de explotación del bosque nativo o expandir la superficie y productividad de las plantaciones de especies nativas y exóticas.

Es cierto que las plantaciones forestales de especies exóticas pueden ejercer un impacto importante sobre el ambiente, afectando principalmente la diversidad biológica y la economía de los nutrientes y el agua.

Ahora bien, en Córdoba, las plantaciones de pinos no sustituyeron a los bosques nativos, como sucedió inicialmente en Misiones, sino que se establecieron en zonas no boscosas. La mayor parte de ellas se encuentran en áreas con distintos grados de

degradación o con baja fertilidad aportando, consecuentemente, a la productividad global del sistema (Verzino *et al.*, 2005; Verzino *et al.*, 2007; Verzino *et al.*, 2009)

Sin embargo, frente al hecho irrefutable de que las plantaciones densas de pinos pueden disminuir el rendimiento de agua de las cuencas hídricas (Farley *et al.*, 2005; Jackson *et al.*, 2005; Jobbagy *et al.*, 2006; Vanclay, 2009) e impactar negativamente sobre la biodiversidad de la región de pastizales de altura donde se instalan (González *et al.*, 2006; Joseau *et al.*, 2005) hay alternativas de manejo que son “más amigables” ambientalmente y económicamente sustentables. Dentro de éstas, encontramos:

-Plantación inicial con menor densidad, la que al permitir mayor incidencia de la luz favorece el mantenimiento del sotobosque con predominancia de especies herbáceas y arbustivas nativas (Rusch *et al.*, 2008; González *et al.*, 2006; SAGPyA, 2005; Schlichter *et al.*, 2004; Soriano *et al.*, 1980).

-Implementación de sistemas silvopastoriles combinando plantaciones de pinos de baja densidad con ganadería de cría (Rusch *et al.*, 2008).

-Uso de especies de hoja ancha (latifoliadas) tales como robles, fresnos, liquidambar, castaños, alisos, etc., los que, al margen de brindar madera de excelente calidad y tener un buen posicionamiento en el mercado, minimizan el efecto sobre la diversidad vegetal y animal, mejoran el rendimiento de agua de las cuencas y aportan colorido al paisaje (Verzino, com. pers., 2015).

-Plantaciones mixtas que incluyan dos o más especies asociadas en el mismo espacio, donde las de más rápido crecimiento brinden protección a las otras, de mayor exigencia en suelos y humedad ambiente (Rusch *et al.*, 2008).

-Sectores con turnos más largos, lo que influye sobre la biodiversidad debido a la mayor complejidad estructural que se logra (Rusch *et al.*, 2008).

-Restos de podas y raleos en el bosque, que proporcionan sitios de refugio y nidificación para algunas especies y mejora el aporte de nutrientes. No obstante, el aumento de combustible en el bosque aumenta el riesgo de incendios y, por lo tanto, obliga a un control preventivo más estricto (González *et al.*, 2006).

Especies nativas o exóticas

La investigación forestal hasta los años '80 estaba dirigida al estudio de las especies forestales exóticas introducidas al país, tales como el pino y el eucalipto, consideradas de mayor producción por su mayor tasa de crecimiento en relación a las especies nativas. Otras especies exóticas, como fresnos, robles y castaños recibieron escasa atención (Luque, 2009) a pesar de su importancia como productoras de madera y de otros bienes (frutos) y servicios ambientales (sumidero de carbono, paisaje, protección de cuencas, etc.).

De igual forma, es sólo en los últimos treinta años que tomaron importancia los estudios sobre especies nativas de Argentina en sus aspectos ecológicos y tecnológicos, destacándose aquellos sobre los géneros *Prosopis*, *Nothofagus* y *Cedrela*. (Contreras, 1973; Del Castillo *et al.*, 2003; Zapater 2003; Del Castillo *et al.*, 2004; Gobbi *et al.*, 2007; Verga *et al.*, 2009; Sabatier *et al.*, 2011; Fernández *et al.*, 2012; Grignola *et al.*, 2014).

En la provincia de Córdoba, la información disponible sobre plantaciones con especies nativas y/o exóticas de alto valor es bastante escasa y se refiere, principalmente, a experiencias con *Prosopis sp.*, *Schinus molle*, *Schinopsis marginata*, *Lithraea molleoides*, *Celtis ehrenbergiana*, *Acacia caven* y *Polylepis australis* (Renison y Cingolani, 1998; Verzino y Joseau, 2013)

Algunas consideraciones sobre plantaciones forestales

Se denomina plantación forestal a la acción de sembrar o plantar árboles y también a la formación compuesta por árboles, nativos o exóticos, que fueron sembrados o plantados por el hombre. Suele denominarse también bosque implantado, para diferenciarla del bosque nativo, el cual se origina y regenera espontáneamente a partir de especies autóctonas de una región dada (Verzino *et al.*, 2013).

Según su **composición**, las plantaciones forestales se dividen en: puras y mixtas. Las primeras surgieron para aumentar la eficiencia de producción de bienes, principalmente madera, de algunas especies deseadas. Se desarrollaron, entonces, paquetes tecnológicos basados en el cultivo intensivo de aquellas especies, en rodales coetáneos y monoespecíficos. Sin embargo, el aumento del rendimiento puede reducir la fertilidad y estructura del suelo, e incrementar la susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades con la consiguiente pérdida económica. Por otro lado, la concentración de plantaciones de solo una o dos especies en una amplia región trae aparejado un aumento del impacto ambiental (Loewe *et al.*, 1999).

Es por ello que, en las últimas dos décadas, comenzó a ponerse en práctica una alternativa a las plantaciones puras. Se trata de las plantaciones mixtas, compuestas por dos o más especies en el mismo escenario simultáneamente.

Entre las ventajas de las plantaciones mixtas se puede mencionar (Loewe *et al.*, 1999): diversificación de la producción, al obtener productos madereros y no madereros de varias especies; disminución de riesgos ambientales y económicos; aumento de las potencialidades productivas, a través de asociaciones que actúan sobre las peculiaridades productivas de cada especie; mejoramiento de la calidad de la madera al disminuir la cantidad de ramas y mejorar la calidad del fuste; mejoramiento del paisaje y del ambiente.

Teniendo en cuenta los **objetivos** que persiguen, las plantaciones forestales se pueden clasificar en: plantaciones con fines de protección y/o recuperación de zonas degradadas, que brindan protección a la flora espontánea y cultivada, a la fauna y el ganado doméstico y al suelo desnudo contra el efecto erosivo del agua y el viento, brinda privacidad y delimita propiedades, etc.; plantaciones con fines de producción y plantaciones con fines estético funcionales y paisajísticos, plantaciones que sirven como protección a las actividades del hombre.

Hidrogel y las plantaciones forestales

Una vez realizada la plantación, la planta puede sufrir estrés hídrico debido a la falta de humedad en el suelo o a la incapacidad para absorber y transportar el agua, como consecuencia de un pobre contacto entre el suelo-raíz, bajas temperaturas del suelo o un sistema radical no funcional o pequeño (Egnell y Orlander, 1993). Con el fin de mejorar la supervivencia y el crecimiento de las plantas en zonas áridas y semiáridas se han desarrollado una serie de polímeros sintéticos, conocidos como hidrogeles (Callagan *et al.*, 1989).

Los hidrogeles son un grupo de productos de naturaleza muy diversa, pero en general pueden definirse como polímeros hidro-absorbentes que incorporados al suelo tienen la capacidad de absorber y ceder el agua, lo que en teoría mejora las condiciones de arraigo de las plantas (Navarro, 1998). También pueden ser aplicados hidratando directamente las raíces previo al trasplante. Estos productos han ido evolucionando con la incorporación de otras sustancias tales como fertilizantes y estimuladores del crecimiento, por lo que en la actualidad muchos de estos hidrogeles reciben el nombre genérico de mejoradores o acondicionadores.

Básicamente, los efectos de interés de estos productos para su uso en el sector agroforestal son una mejora de la retención y disponibilidad del agua del suelo, una mejora de la estructura y aireación y una menor compactación. No obstante, dadas las marcadas diferencias en estas propiedades entre suelos de diferente naturaleza textural, se entiende que los hidrogeles deben tener igualmente un comportamiento muy distinto. Así, su uso está especialmente recomendado en suelos arenosos donde los resultados suelen ser más favorables (Al-Darby, 1996; Navarro, 1998; Viero *et al.*, 2002; Clemente *et al.*, 2004)

El uso de estos productos ha experimentado un importante auge en los trabajos de repoblación forestal, donde se ha extendido de forma generalizada dadas las adversas condiciones de los suelos sobre los que se actúa.

Asimismo, el efecto del hidrogel sólo puede considerarse en los primeros estadios de crecimiento post-transplante, hasta que el sistema radical crece fuera de la zona de influencia del polímero.

SENSORAMIENTO REMOTO

Ventajas de la observación espacial (extraído de Chuvieco, 2000)

La Teledetección es una técnica que puede aportar una información muy valiosa para el medio ambiente. La observación terrestre de los recursos naturales que realizan los satélites facilita una información crítica sobre el estado de la cubierta vegetal o la superficie marina, complementando la adquirida por otros medios convencionales, como la fotografía aérea y datos de campo.

La altura orbital del satélite le permite detectar grandes espacios, proporcionando una visión amplia de los hechos geográficos (fotografía aérea 16-46 km², Landsat-TM 34.000 km²). Por otro lado facilitan imágenes sobre tipos de energía que no son accesibles al ojo humano o la fotografía convencional, como es el caso del infrarrojo medio y térmico o las micro-ondas. Estas bandas del espectro proporcionan una valiosa información para estudios medio ambientales.

La mayor parte de los sistemas de teledetección graban las imágenes en formato digital, lo cual permite transmitir las a las estaciones terrestres en tiempo real. El tratamiento digital de las imágenes agiliza el proceso de interpretación, permite generar modelos cuantitativos e integrar los resultados con otro tipo de información geográfica. Este enfoque integrado facilita una evaluación más real del paisaje, al considerar los principales elementos espaciales que lo conforman. Aun simplemente en el terreno de la visualización, el apoyo de los ordenadores permite observar el territorio con una precisión y plasticidad difícilmente abordable por otros medios.

Sin embargo las ventajas no implican que consideremos a la teledetección como una panacea para detectar cualquier problema que afecte al medio ambiente. También presenta diversas limitaciones, como son las derivadas de la resolución espacial, temporal y espectral.

ÁREA DE TRABAJO

El presente estudio se realizó en la cuenca del Arroyo las Mojarras, ubicada en la región sur del departamento Punilla, entre 31°16'59.53" y 31°22'8.07" Latitud Sur y 64°35'31.54" y 64°36'18.34" Longitud Oeste.

El ensayo experimental se instaló en propiedad del Asrham “Piedras del Sol”, en la localidad de El Durazno, localidad que se encuentra en el límite Oeste de la cuenca.

El acceso a El Durazno es a través de la ruta provincial N°28. Como centros urbanos aledaños se encuentran, al Este, la localidad de Tanti (5 km), Cabalango (7 km), Villa Carlos Paz (15 km) y Córdoba Capital (45 km), al Norte: Cosquín (19 km) y La Falda (36 km) y al Sur Alta Gracia (40 km) (Figura 1).



Figura 1. Localización del Área de trabajo

A efectos de presentar el contexto ambiental y socio-económico de la cuenca, se describe a continuación el departamento Punilla, dentro del cual está contenida la cuenca de arroyo Las Mojarras, como una sub-cuenca del Lago San Roque.

Caracterización del departamento Punilla

El Departamento Punilla se encuentra ubicado íntegramente dentro de la zona de las Sierras de Córdoba, más exactamente delimitado por la Sierra Grande al Oeste y por la Sierra Chica al Este. Con una superficie de 2.592 km², se divide en 5 pedanías: Dolores, Rosario, San Antonio, San Roque y Santiago (Figura 2).

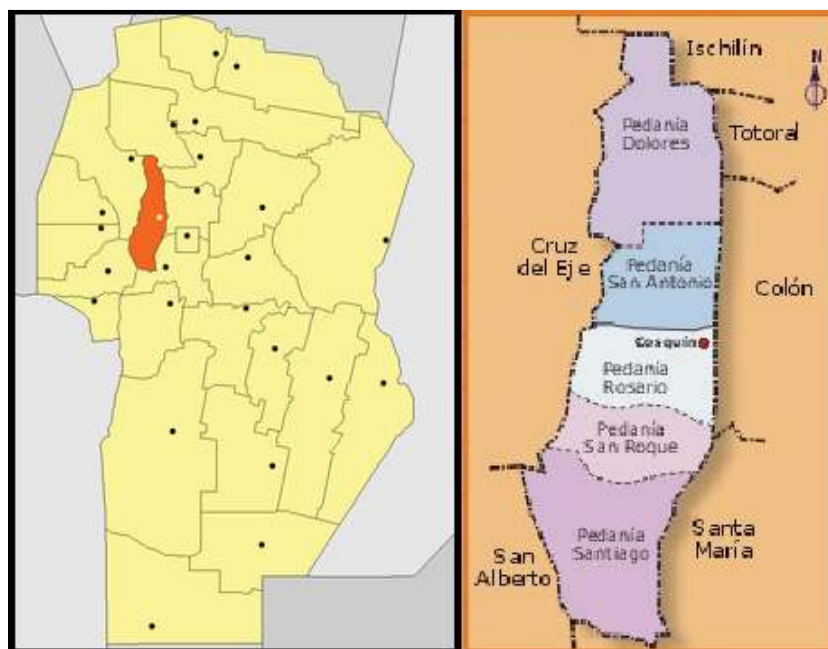


Figura 2. Departamento Punilla

En el centro-sur se encuentra el embalse Lago San Roque, lugar donde desembocan todos los cursos de agua del Departamento. Este dique abastece de agua potable a gran parte de la población de la capital provincial, que cuenta con 1.329.604 habitantes.

Por contar con una gran oferta de bellezas naturales, Punilla se ha convertido en un centro turístico de gran importancia, al cual se le suma una vasta red de servicios, comercios y entretenimientos que le posibilitan recibir a más del 40 % de los turistas de la provincia.

El asentamiento del hombre, sumado a la incidencia temporal de los visitantes, ha producido profundos cambios en el ambiente original. Hoy, las serranías son un mosaico de ecosistemas: el urbano, el productivo y el natural. En este último, entre los 500 y 1.300 m de altura, se extiende el Bosque serrano, formación perteneciente a la provincia fitogeográfica del Chaco Serrano, una de las subdivisiones del Gran Chaco (Toledo, 2011) sitio donde se realizó el presente estudio.

El departamento Punilla abarca, entonces, casi la totalidad del Valle de Punilla, y está recorrido de norte a sur (desde la localidad de La Cumbre) por el Río Grande de Punilla o San Francisco que se convierte en río Cosquín al confluir con el río Yuspe en la zona antiguamente llamada Quisquisacate; mientras tanto, el Sur del departamento está recorrido por el Río San Antonio que confluye, en la zona de Villa Carlos Paz, con los ríos Cosquín, Los Chorrillos y el arroyo Las Mojarras formando el Lago San Roque del cual nace el Río Primero (Verzino *et al.*, 2012).

La recarga principal ocurre durante la época de lluvias que se encuentra comprendida entre los meses de octubre y marzo, con máximas en diciembre y enero. En este período las precipitaciones son intensas y de corta duración.

Existe una buena penetración del agua en profundidad, influida aún más en las zonas rocosas, que contribuye a disminuir la escorrentía y la pérdida del agua de las precipitaciones, que se insume prácticamente de inmediato (Moya, 2011).

Caracterización ambiental de la cuenca del arroyo Las Mojarras

Aspectos geomorfológicos

El sitio de estudio corresponde a la Región Geográfica de las Sierras Pampeanas (Figura 3), puntualmente a la formación geomorfológica de las Sierras Grandes. Estas últimas son un cordón orientado de Norte a Sur, en el área central de la provincia de Córdoba, se extienden desde Cruz del Eje hasta Chaján, departamento Río Cuarto. Están formadas por tres grupos montañosos bien diferenciados, de norte a sur. La cumbre de Gaspar; la sierra Grande y la sierra de Achala, que se extienden desde el cerro Los Gigantes hasta el cerro Champaquí; la sierra de Comechingones, que forma el límite natural entre las provincias de Córdoba y San Luis. Siempre las pendientes son más suaves hacia el Este

Estas sierras están constituidas por rocas metamórficas de edad precámbrica a paleozoica inferior y granitoides paleozoicos, de dimensiones batolíticas y sedimentitas mesozoicas (Gordillo *et al.* 1979).

1. Suelos de laderas escarpadas y quebradas (Ustorthent lítico paralítico - 50 %). (Figura 4). Excesivamente drenado, algo somero (75-50 cm), areno franco en superficie, areno franco en el subsuelo, moderadamente pobre en materia orgánica, baja capacidad de intercambio, fuertemente ondulado (Pendiente: 10-3,5 %), muy rocoso, alta susceptibilidad a la erosión hídrica.

Índice de productividad del suelo individual: 6

Limitantes: -Muy baja capacidad de retención de humedad.

-Poco espesor; permite el desarrollo radicular hasta 0.75 m de profundidad.

-Alta susceptibilidad a la erosión hídrica.

-Ligera susceptibilidad a la erosión eólica.



Horizonte A

Roca R

Figura 4. Perfil de un suelo Ustorthent lítico

2. Suelos de laderas inclinados (Haplustol lítico paralítico– 20 %). Excesivamente drenado, algo somero (75-50 cm), franco en superficie, franco en el subsuelo, bien provisto de materia orgánica, moderada capacidad de intercambio, fuertemente ondulado (Pendiente: 10-3.5 %), extremadamente pedregoso, alta susceptibilidad a la erosión hídrica.

Índice de productividad del suelo individual: 21

Limitantes:- Muy baja capacidad de retención de humedad.

- Poco espesor; permite el desarrollo radicular hasta 0.75m de profundidad.

-Pendiente moderada.

- Alta pedregosidad/rocosidad; impracticable el uso de maquinaria agrícola.

-Alta susceptibilidad a la erosión hídrica.

-Ligera susceptibilidad a la erosión eólica.

3. Roca 30%

Clima

En la región predomina el clima templado serrano, de tipo monzónico, con las correspondientes variaciones generadas por el relieve montañoso y las alturas. Según la clasificación de Thornthwaite, se trata de un clima sub-húmedo seco, sin exceso de agua, meso-térmico, templado cálido (Zanvetor, 2011). El 80 % de las precipitaciones se extienden de octubre a marzo, con un valor anual promedio de precipitaciones de aproximadamente 667,2 mm (Figura 5). El relieve es el factor que rige las condiciones hídricas y su variación estacional.

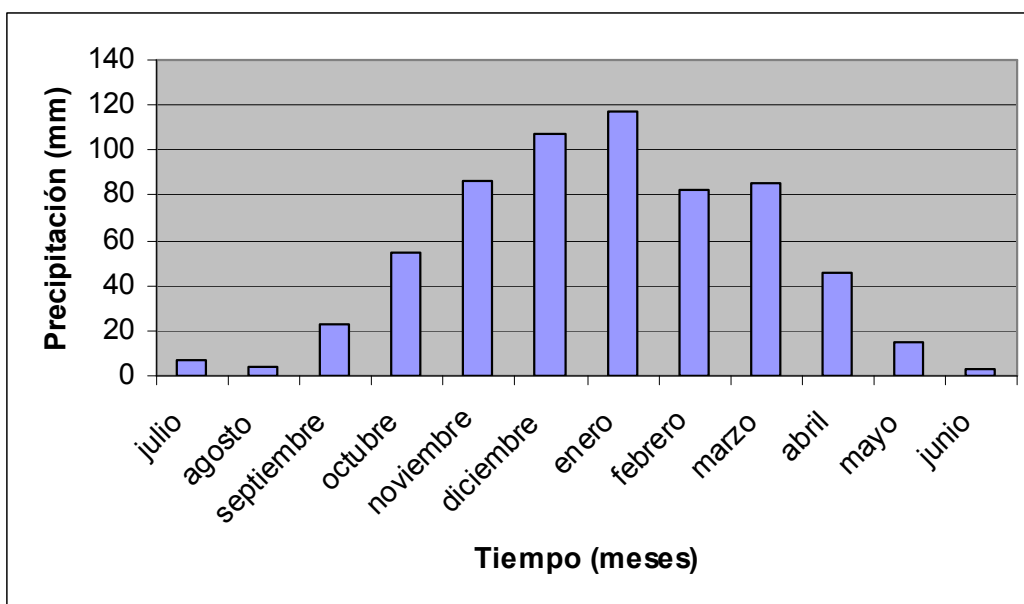


Figura 5. Precipitación acumulada para cada mes del año. Fuente: Estudio Área Protegida, Carlos Paz. 1991-2010.

Con respecto al régimen térmico, la temperatura media anual varía en función de la altitud, registrándose la temperatura mínima en las Cumbres de Achala (alturas mayores a los 2200 m.s.n.m.). La temperatura media anual es de 14,02 °C, con valores extremos de temperatura media máxima igual a 19,8°C para el mes de enero, de temperatura media mínima 8,4°C para el mes de junio y una amplitud térmica media anual de 9,5°C (Colladon, 2004). (Tabla 1) El período libre de heladas se extiende desde la segunda quincena de septiembre hasta la primera quincena de mayo. (Zanvetor, 2011).

Tabla 1. Resumen de Temperaturas Estación “Puesto Garay”, Cuenca del Río San Antonio 1994-2003. Fuente: CIRSA

T° media (°C)	14,02
T° máxima (°C)	18,90
T° mínima (°C)	8,40
Amplitud térmica (°C)	9,50
Período libre de heladas (fecha)	15/9-1/5

Los cordones montañosos actúan como barreras que detienen el paso de los vientos provenientes del Este y el Oeste y solo dejan pasar los vientos cálidos del Norte

y los frescos del Sur, presentando estos una velocidad media mensual relativamente constante a lo largo del año del orden de los 5 a 6 km/h.

En cuanto a las precipitaciones la principal causa de las mismas es la irrupción de masas de aire frío desde el Sur, característica de la circulación general de la atmósfera para la región. Estas hacen ascender las masas de aire cálido y húmedo del Nor-Este, las cuales se condensan y generan precipitaciones (Tabla 2).

Tabla 2. Estadística descriptiva de las precipitaciones para el Lago San Roque.

Fuente: GI-UNC.

Precipitación media (mm)	667,2
Mediana (mm)	662,9
Moda (mm)	714,0
Desvío estándar (mm)	141,7
Rango (mm)	572,5
Precipitación mínima (mm)	369,3
Precipitación máxima (mm)	941,8

Las lluvias más frecuentes son las precipitaciones torrenciales de elevada intensidad y baja duración, desarrolladas a partir de tormentas convectivas, responsables a su vez de las crecidas repentinas de los ríos y arroyos de las sierras que se desarrollan durante el verano. En el área serrana, las precipitaciones presentan un aumento con la altura, debido al predominio de la ocurrencia de lluvias orográficas. La mayor deficiencia se registra en primavera, debido a que en invierno las lluvias son escasas, comenzando en el mes de Octubre (Frassoni, 2013; Nolasco, 2013). El año de mayor precipitación fue 1958 con 941,8 mm; y el menor 1969 con 369,3 mm. (Moya, 2011).

La humedad relativa tiene un valor máximo hacia fines de verano-comienzo de otoño, con un valor mínimo hacia fines de invierno-comienzo de primavera. La radiación solar tiene un máximo en Enero y un mínimo en Julio. La evaporación anual en la zona oscila entre los 1200 y 1400 mm por lo cual se presenta un déficit hídrico de alrededor de 500-700 mm anuales.

Vegetación

Según la clasificación fitogeográfica de Cabrera, el área de estudio se encuentra en la provincia fitogeográfica del Chaco Serrano, una de las subdivisiones del Gran Chaco (Toledo, 2011).

El paisaje está dominado por especies meso a xerofíticas, con abundancia de leguminosas en su composición florística; resultando en un monte bajo xerófilo, abierto, generalmente con un estrato inferior de gramíneas. (Fuentes, 2011)

La vegetación natural define el ciclo hidrológico en lo referido a la intercepción de las precipitaciones, la regulación de la escorrentía y la infiltración. Esto tiene relación directa con la erosión y con las inundaciones.

El principal factor en la distribución de la vegetación lo constituye el relieve, influyendo en las características ecológicas y determinando la presencia de pisos de vegetación cuya existencia también está influida por la latitud, exposición u orientación geográfica y el clima. (Toledo, 2011)

Los incendios, las actividades extractivas, el sobrepastoreo, las prácticas agrícolas, el desarrollo de las actividades turísticas y el avance de la urbanización son responsables de cambios en la composición florística y en el paisaje.

A continuación se realiza una breve enumeración de las principales especies que se encuentran en la cuenca. Entre las especies arbóreas y arbustivas, el más representativo es el molle de beber, lo acompañan el coco de las sierras (*Zanthoxylum coco* Gillies ex Hook.f. & Arn), manzano del campo, espinillos (*Acacia caven* (Mol.) Mol, *Acacia atramentaria* Benth, *Acacia aroma* Gillies ex Hook. & Arn.), durazno del campo, piquillín de las sierras (*Condalia microphylla* Cav.), y algunas especies de la llanura que ascienden por los faldeos: algarrobos (*Prosopis* sp.), quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco* Schltldl.), chañar (*Geoffroea decorticans* (Gill. Ex Hook. Et Arn.)), tala, sombra de toro (*Jodina rhombifolia* (Hook. et Arn.) Reissek), chilca (*Flourensia oolepis* S.F.Blake), palo amarillo (*Aloysia gratissima* (Gillies & Hook) Tonc), lagaña de perro (*Caesalpinia gilliesii* (Wall. ex Hook.) D. Dietr.), chaguares (*Bromelia urbaniana* (Mez) L.B. Sm.).

Entre las trepadoras, se encuentran ejemplares de sachá guasca (*Dolichandra cynanchoides* Cham) y pasionaria (*Passiflora caerulea* L.).

A medida que se asciende, los elementos del bosque serrano van disminuyendo en tamaño y densidad, confundándose con el matorral serrano o romerillar (*Heterothalamus alienus* (Spreng.) Kuntze). Por arriba de las comunidades de bosque y matorral serranos, a partir de los 1000 metros de altitud, se presentan los pastizales y bosquecillos de altura. Los pastizales varían su composición de acuerdo con la altitud. En los sectores más bajos (entre 1000 y 1500 msnm) predominan especies de linaje chaqueño, mientras que a partir de los 1800 msnm casi la mitad de las especies son de linaje andino-patagónico. Los pastizales y pajonales a menor altitud, están dominados por *Festuca hieronymi* y distintas especies de *Stipa*, como *S. tenuísima*, *S. filiculmis*, *S. tricotoma*, entre otras (Cabido *et al.*, 2002).

Sistema hidrográfico

El arroyo Las Mojarras se encuentra al Nor-Oeste de la Ciudad de Villa Carlos Paz y atraviesa la localidad de Tanti. (Figuras 7 y 8). Se extiende aproximadamente 14 km recorriendo el paisaje accidentado de las sierras, hasta llegar al Lago San Roque. Recorre varias localidades del Sur del Valle de Punilla y les brinda la posibilidad de contar con balnearios, que atraen a los visitantes durante la época estival. En su camino pasa de los 1060 a los 650 msnm en la confluencia con el Lago. Poco antes de desembocar al mismo, recibe como afluente al Arroyo Mallín.

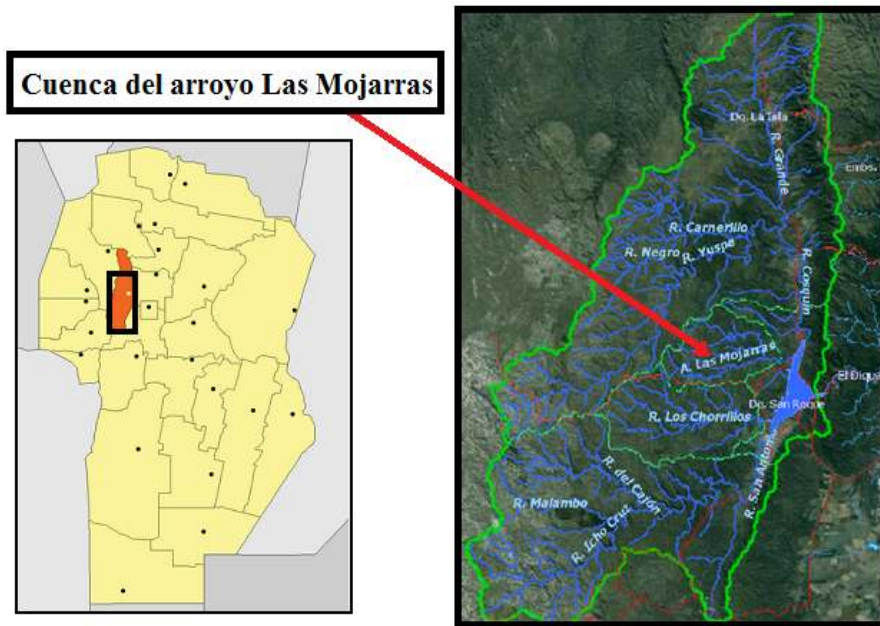


Figura 6. Localización de la cuenca del Arroyo las Mojarras, dentro de la cuenca del Lago San Roque



Figura 7. Arroyo Las Mojarras



Figura 8. Vista aérea del Puente las Mojarras

Características de la población

El atractivo turístico que presenta esta zona posibilitó que millones de personas hayan conocido la región y que algunos la eligieran para radicarse definitivamente, de allí que, aproximadamente uno de cada cuatro residentes del departamento no ha nacido en Córdoba.

El aumento de la población de Punilla ya es exponencial. De 2008 a 2010 sumó 14 mil habitantes, mientras que de 2001 a 2008 fueron 9 mil. Este crecimiento ha influido en el posicionamiento poblacional del departamento respecto de sus pares a través de los años, tal es así que el Censo Nacional de 2010 lo ubica en quinto lugar, luego de los departamentos Capital, Río Cuarto, Colón y San Justo. En esta zona serrana viven en forma permanente aproximadamente 155.000 habitantes (INDEC, 2010), que representan el 5,4 % del total provincial. Esta cifra se cuadruplica durante los meses de enero y febrero por la importante afluencia de turistas. Existe también otro período de afluencia turística durante Julio, pero menos significativo.

Punilla se encuentra comprendida dentro de la Zona Agroeconómica Homogénea XI-E Cosquín (ZAH XI-E). De acuerdo a los datos del Censo Nacional de Población Hogares y Viviendas 2001, la población total de la ZAH XI-E era de 357.413 habitantes, equivalente al 11,6 % del total provincial. La población residente en fracciones con presencia de Establecimientos Agropecuarios (EAPs) hacia 2001 ascendía a 259.311 habitantes (72,2 % de la población total de la zona).

Con respecto a la ocupación, según la unidad conjunta INTA-INDEC, de los mayores de 14 años residentes en fracciones con EAPs, el 41,9 % (79.679 habitantes) tenía ocupación laboral. (Figura 9)

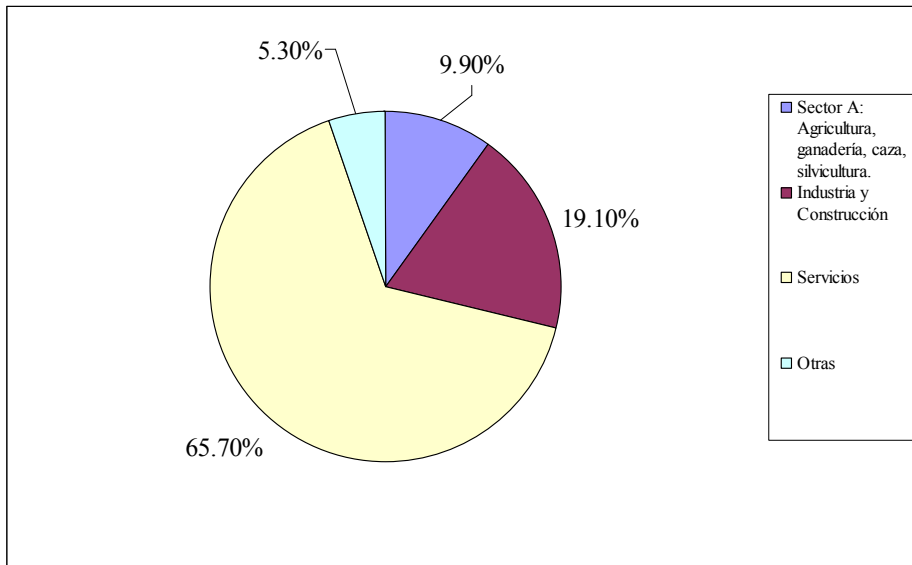


Figura 9. Distribución de la mano de obra de las EAPs de la ZAH XI-E Cosquín en los distintos rubros.

Del total de habitantes en fracciones censales con EAPs, el 64,1% tenía entre 15 y 64 años y habían adquirido el nivel educativo detallado en la Figura 10.

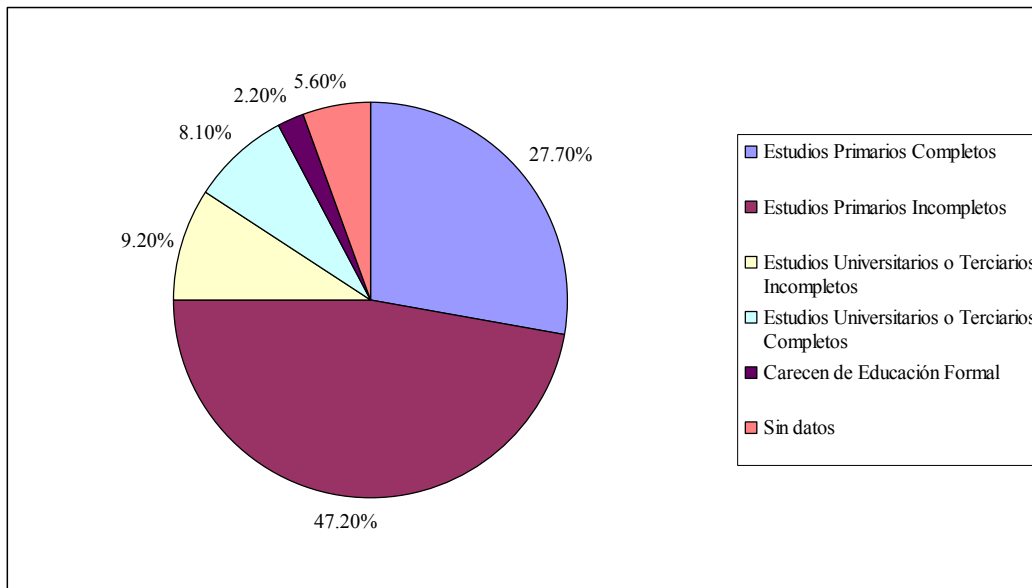


Figura 10. Nivel educativo de las EAPs de la ZAH XI-E Cosquín

Además, del total de residentes en fracciones con EAPs con estudios primarios completos e incompletos, el 39,5 % y el 31,3 %, respectivamente, trabajan en el sector A (Agricultura, ganadería, caza, silvicultura) (Daza y Sánchez, 2009).

El 84,6 % de los hogares de la zona de Cosquín cubría sus necesidades básicas y el 60,4 % no presentaba privaciones ni de recursos materiales corrientes ni patrimoniales. En la Figura 11 se caracteriza el nivel de vida de la población ocupada en el sector A residente en el área (Daza y Sánchez, 2009).

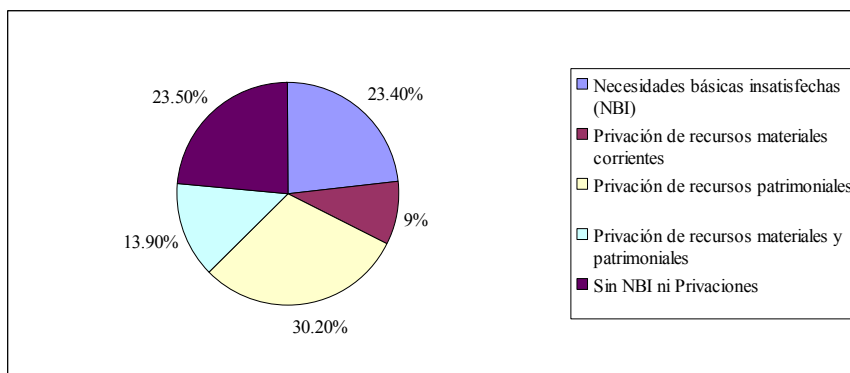


Figura 11. Nivel de vida de la población ocupada en el sector A de la ZAH XI-E Cosquín

Uso del suelo (departamento Punilla)

Si bien la producción del campo no es significativa en el contexto provincial, ésta se desarrolla principalmente en el oeste departamental. Entre los diferentes ganados cabe mencionar el bovino, con 34.965 cabezas, que representaba en el 2002 apenas el 0,57% del total provincial. También es importante señalar el ganado ovino, caprino, equino, asnal y mular. La actividad avícola está asentada principalmente en la zona de Santa María de Punilla, en tanto que la minería se basa principalmente en la extracción de áridos y piedras (cal, mica, cuarzos, lajas, etc.) (Daza y Sánchez, 2009).

Estructura productiva (Zona Agroeconómica Homogénea XI-E: Cosquín) (Daza y Sánchez, 2009)

Infraestructura de transporte: la red de caminos de la zona de Cosquín- que integra las redes primarias, secundarias y terciarias- destaca 1.327 km pavimentados totales (incluyendo los tramos de ruta nacional de cada departamento), 1.848 km no pavimentados y 3.695 km de caminos terciarios. Las rutas nacionales N° 9, N° 20, N° 60 y N° 38 atraviesan la región y la conectan con la ciudad capital y con las provincias del Norte y Oeste. Además, la recorre un ramal del Ferrocarril General Belgrano.

Radicaciones agroindustriales: la agroindustria está poco desarrollada; se destacan algunas industrias alimenticias dedicadas principalmente a la elaboración de productos regionales como son los alfajores, dulces y conservas-, aserraderos, y un frigorífico de caprinos. Los centros urbanos con mayor concentración de industrias son Alta Gracia, Villa Carlos Paz, Cosquín y La Falda.

Principales producciones agropecuarias: En la zona predominan las actividades ganaderas extensivas de cría de bovinos, y la ganadería caprina y ovina, con baja tecnología de manejo. La agricultura tiene escasa relevancia en los volúmenes provinciales debido principalmente a la restricción que le impone la topografía.

Problemática ambiental de la cuenca del arroyo Las Mojarras

El problema más importante de la Cuenca es de carácter ambiental, consecuencia de la actividad descontrolada del hombre, manifestada en:

Incendios, que impactan directamente sobre los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo, disminuyendo la biodiversidad y aumentando el porcentaje de agua escurrida ante precipitaciones de magnitud con el consecuente aumento de los riesgos de erosión, al quedar el suelo sin protección vegetal. Asimismo, se produce el arrastre de las cenizas por las lluvias, lo que incorpora mayor cantidad de nutrientes en el lago San Roque, produciendo la eutrofización de las aguas. En esta zona la estacionalidad de los incendios es invierno-principios de primavera, debido al clima monzónico

Crecientes e inundaciones: las precipitaciones torrenciales y de estacionalidad bien definida, potencian este problema, generando escurrimiento hídrico superficial, que se traduce en arrastre de suelo y pérdida inmediata de reserva hídrica con depósitos de sedimentos en el vaso del lago

Urbanización no planificada: donde se elimina completamente la cobertura vegetal y, además, se generan numerosas calles de acceso, que se convierten en cauces de drenaje.

Como otras problemáticas presentes, podemos citar:

Contaminación del agua: esta situación es más visible aguas abajo, en el dique San Roque, que ya en la década del ochenta comienza a evidenciar señales del deterioro ambiental de la cuenca. Uno de los principales indicadores fue la aparición de algas verde-azuladas, las cuales generan grandes problemas en la planta potabilizadora de la ciudad de Córdoba.

Problemas culturales: insuficiente educación en valores y formación en conductas sociales respetuosas con el medio ambiente.

El crecimiento de la urbanización en todo el territorio hace pensar en futuras situaciones difíciles de superar, especialmente en cuanto a la provisión de agua, al tratamiento de los efluentes domiciliarios y de la basura.

Por ejemplo, en Agosto de 2009 se registró una de las cotas más bajas del dique San Roque para esa época en la historia. El alto consumo de agua en Córdoba y gran Córdoba, asociada a un período seco y con una sequía histórica que en algunos lados registra hasta en un 50 % menos lluvias, muestran una imagen de imprevisión que no es otra cosa que una prueba fehaciente de la ausencia de políticas hídricas del Estado (Nolasco, 2013)

La urbanización, los incendios y el cambio climático están dejando huellas negativas en el ecosistema natural de la cuenca que, a su vez, inciden en las actividades socio-económicas, y no aparecen, hasta el momento, reacciones acertadas ni oportunas para mitigar el impacto producido.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Caracterización ambiental y socioeconómica del Valle de Punilla

Mediante la búsqueda de información y bibliografía se pudo realizar la caracterización ambiental y socioeconómica del Valle de Punilla, sintetizada en el apartado “Área de trabajo” del presente informe.

2. Delimitación de la cuenca del arroyo Las Mojarras y demarcación de su red hídrica

La delimitación de la cuenca en estudio se realizó recurriendo a tecnologías derivadas del sensoramiento remoto.

Considerando que una cuenca hidrográfica es el conjunto de tierras que drenan sus aguas hacia un cauce común, es posible delimitar una cuenca de drenaje en base al análisis de la orientación de la topografía (Oñate *et al.*, 2007). En la Figura 12 (Bosque, 1997), la orientación de los píxeles se ha representado a través de vectores que indican el sentido que tendría el escurrimiento, que un píxel recibe directamente de la precipitación o de otros píxeles; claramente se muestra que los tres píxeles de la primera fila drenan en dirección norte-noroeste y los seis píxeles restantes lo hacen en dirección sur-sureste. Al agruparse todos los píxeles que drenan hacia un píxel común se define automáticamente la cuenca hidrográfica.

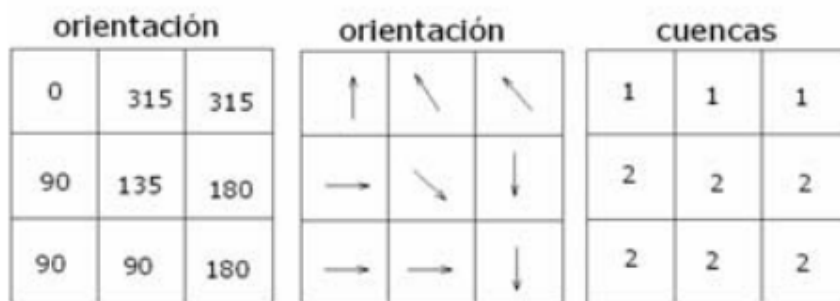


Figura 12. Delimitación de una cuenca hidrográfica.

Como fuente de información base para la delimitación se utilizó el modelo de elevación digital de terreno (DEM) de la provincia de Córdoba. Sobre éste, utilizando el software E.N.V.I. 4.6.1 se efectuó el recorte del área de estudio. Empleando el software ArcMap del paquete ArGIS 9.0, y utilizando el complemento “Geo-Hec” del Centro de Ingeniería Hidrológica del U.S.A.C.E, se procedió a delimitar de forma semiautomática las subcuencas comprendidas dentro de la cuenca en estudio, y demarcar también las vías de drenaje.

El área de la cuenca delimitada está definida por el número de píxeles que drenan sus aguas hacia el píxel que contiene al punto de interés o de cierre de la cuenca, incluido éste. Esta información se guardó como archivo shp.

Para poder exportar los vectores resultantes al programa Google Earth Pro, se utilizó el software Q.G.I.S. en el cual se transformaron los formatos shp. a kml.

En el programa Google Earth Pro, se desplegaron los dos archivos vectoriales (límite de cuenca y red hídrica), georeferenciados. También se procedió a tomar los datos de área de cada subcuenca, pendientes y longitud de cauces.

3. Zonificación de la cuenca en función de la cobertura actual del suelo

Para una determinación rápida, simple, pero al mismo tiempo actual de los tipos de cobertura de suelo, se recurrió a técnicas de sensoramiento remoto con las cuales se realizó una clasificación de los tipos de cobertura del suelo. Como fruto de la clasificación se obtiene una cartografía o inventario de las categorías objeto de estudio. La imagen multibanda se convierte en otra imagen, del mismo tamaño y características de las originales, con la importante diferencia de que el ND (nivel digital) que define cada píxel no tiene relación con la radiancia detectada por el sensor, sino que se trata de una etiqueta que identifica la categoría asignada a ese píxel. A partir de una imagen como ésta puede generarse fácilmente cartografía temática, así como un inventario estadístico del número de píxeles- y por lo tanto superficie- asignados a cada categoría (Chuvieco, 2000).

Como fuente de datos base para la clasificación se utilizaron imágenes satelitales MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), capturadas en el mes de Abril de 2014, cuyas especificaciones se describen en la tabla 3.

Tabla 3. Especificaciones del Sensor MODIS

Resolución espectral	36 bandas
Resolución espacial	250 m (bandas 1-2), 500 m (bandas 3-7), 1000 m (bandas 8-36)
Resolución temporal	1 o 2 días

Las bandas disponibles para el sitio en estudio fueron unidas, creando así un nuevo archivo, base para la clasificación de tipo de cobertura del suelo.

Los tipos de cobertura del suelo presentes en la cuenca fueron verificados durante las visitas realizadas a campo. Cada tipo de superficie interactúa con la radiación de manera diferente, absorbiendo unas longitudes de onda muy concretas y reflejando otras diferentes en proporciones determinadas (firma espectral). Esta característica hace posible que se puedan identificar los distintos tipos de cobertura del suelo. Una ejemplificación de este concepto se aprecia en la Figura 13.

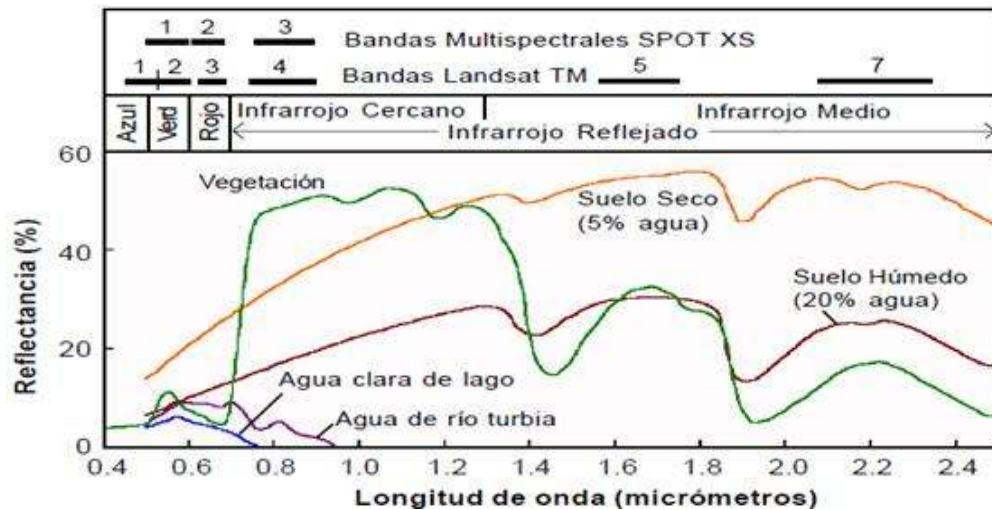


Figura 13. Reflectancia relativa de distintos tipos de cobertura del suelo, en el espectro visible e infrarrojo.

Para representar los distintos tipos de cobertura presentes en la cuenca en estudio, se utilizó la siguiente serie: Cuerpo de agua – Bosque – Humedal – Zona Urbana – Roca – Pastizal + Romerillar.

Cuerpo de agua: espejos de agua presentes en la cuenca.

Bosque: zonas con una cobertura arbórea importante, formada tanto por bosque nativo, como así también por especies exóticas.

Humedal: zonas que por su topografía reciben el aporte de agua de áreas adyacentes, como así también suelo, presentando un perfil más profundo y desarrollado. Este perfil responde a un suelo del tipo Haplustol lítico paralítico, descrito en el apartado “Área de Trabajo”.

Zona Urbana: superficies altamente modificadas por el hombre, donde hubo una completa transformación del paisaje original, reemplazado por abundantes edificaciones, caminos, etc.

Roca: suelos afectados por afloramientos de roca y piedras en superficie.

Pastizal + Romerillar: zonas que presentan suelos poco desarrollados (Ustorthent lítico paralítico, descrito en el apartado “Área de Trabajo”), dominados por gramíneas nativas (*Festuca* sp., *Stipa* sp.) y romerillo.

La firma espectral se determinó definiendo polígonos de cada tipo de cobertura en la imagen base para la clasificación. Esto conociendo la localización de cada punto de la verdad a terreno. Con estos datos el programa E.N.V.I extrapola estas características a los demás píxeles de la imagen, agrupándolos según el algoritmo elegido.

Para realizar la clasificación se utilizó el algoritmo de Mínima Distancia.

Para limitar la clasificación a un área específica se creó un nuevo vector que abarcara toda la cuenca del Arroyo las Mojarras, a partir de los vectores que delimitan las subcuencas, utilizando para ello el programa E.N.V.I. Este nuevo vector fue utilizado en la creación de una “máscara”, la cual permite realizar la clasificación del área en estudio, asignando a los píxeles fuera de ella un valor igual a cero.

Para determinar las superficies se recurrió a las estadísticas post-clasificación generadas en el programa E.N.V.I, las cuales brindan la superficie ocupada por cada tipo de cobertura del suelo en la cuenca en estudio. A partir de esta información se calculó la participación relativa de cada una en la superficie total.

4. Evaluación del comportamiento de la plantación en términos de supervivencia y crecimiento

Se efectuó una plantación en una propiedad denominada Asrham “Piedras del Sol”, ubicado en la localidad de El Durazno, Pedanía Rosario, Departamento Punilla, (31°20'54.40"Latitud Sur; 64°37'14.67"Longitud Oeste) (Figura 15). La plantación se efectuó el 9 de Noviembre de 2013 y estuvo comprendida entre los 1070-1080 msnm, dentro de la provincia fitogeográfica Chaqueña, específicamente en el Bosque serrano (800 a 1300 msnm). La parcela forestada midió aproximadamente 140 x 90 m.

Las variables medidas fueron diámetro a la altura del cuello y altura del plantín a los 4 (inicial), 135 y 310 días (final) del ensayo, y supervivencia a los 135 y 310 días (Figura 14).

Las especies utilizadas en el ensayo fueron nativas y exóticas, para conocer cuales se adaptaban mejor al sitio. Entre las nativas se eligieron: molle de beber, durazno del campo y manzano del campo; y las exóticas fueron: fresno de Pensilvania, roble europeo y castaño. En la Tabla 4 se detallan sus características.

Puede encontrarse la descripción de cada una de las especies utilizadas en el ANEXO del presente trabajo.

Tabla 4. Características del material utilizado por ensayo, especie, diámetro y altura

Ensayo	Especie	Diámetro (mm)	Altura (cm)
Loma	Molle de beber	4,2	18
	Manzano del campo	5,45	16,11
	Durazno del campo	5,9	68,67
	Fresno de Pensilvania	5,47	42,11
	Roble europeo	6,24	55,44
	Castaño	5,98	20,72
Bajo	Molle de beber	7,18	50,56
	Manzano del campo	8,22	21,89
	Durazno del campo	6,01	72,22
	Fresno de Pensilvania	4,72	40,11
	Roble europeo	3,61	31
	Castaño	4,62	23,89



Figura 14. Plantación y medición de plantines

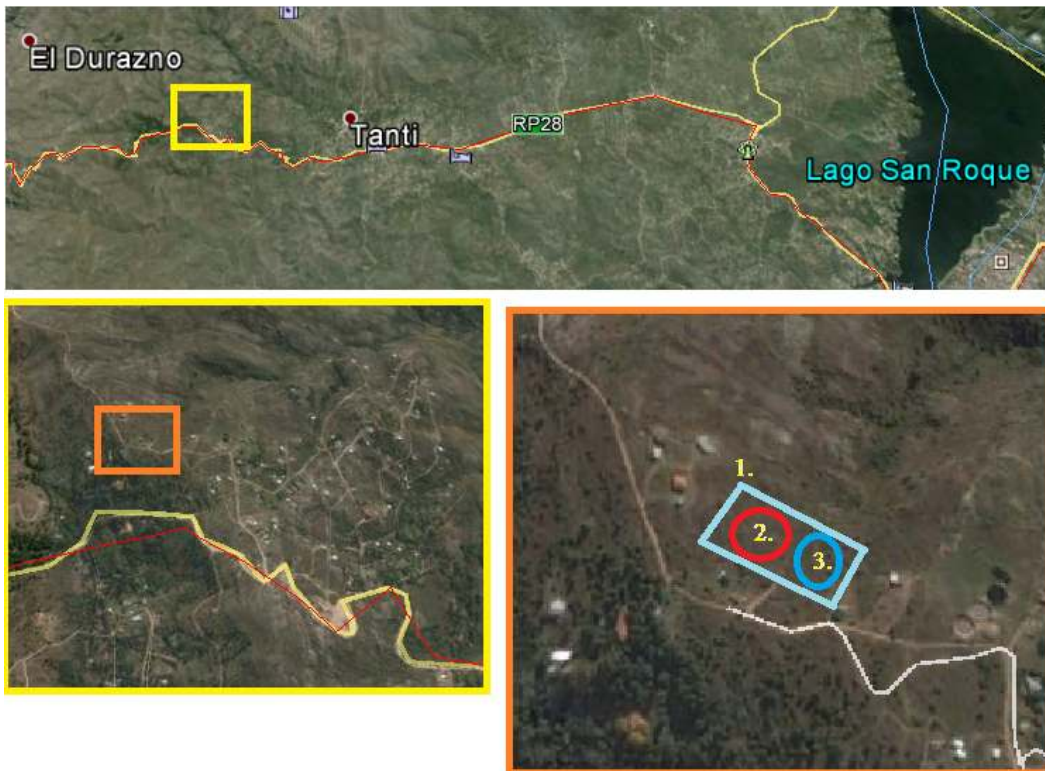


Figura 15. Vista aérea de la localización y delimitación del área de estudio.
Referencias: 1. Parcela del ensayo, 2. Ensayo “LOMA”, 3. Ensayo “BAJO”.

Diseño del ensayo (Figura 16)

Debido a que, inicialmente, había diferencia ($P < 0,05$) entre las plantas que se implantaron en la loma y el bajo, de las especies molle de beber, manzano del campo, castaño y roble europeo, para las variables Diámetro a la base (mm) y/o Altura (cm), se procedió a analizar por un lado las plantadas en la “Loma” y por otro las del “Bajo”, como si fueran ensayos separados. En el caso de los duraznos del campo y fresnos de Pensilvania, al haber partido de plantas estadísticamente homogéneas ($P > 0,05$), se pudo analizar los dos bloques (Loma y Bajo) como parte de un mismo ensayo.

Se establecieron así, dos posiciones en el terreno: una representada por marcada pendiente, escaso desarrollo del suelo, llamada “Loma”; y otra caracterizada por tener un mayor desarrollo y acumulación de suelo, y ubicarse en la parte baja del lote, contando así con mayor provisión de agua y menor temperatura, llamada “Bajo”. Para cada ensayo se efectuó un diseño de parcelas completamente aleatorizadas. Tanto el ensayo de Loma como el de Bajo estaban conformados por 54 plantas, 3 tratamientos x 3 repeticiones de una planta, es decir, 9 plantas de cada especie.

Se probaron los tratamientos: aplicación de hidrogel Gelforest (G); aplicación de hidrogel StartUp (hidrogel+fertilizante NPK) (S) y testigo (T). En cuanto a la dosificación de los geles, se colocó 6 g de Gelforest por planta y 10 g de StartUp por planta, según correspondía. Previamente cada dosis fue hidratada con 1,5 l de agua.

A todas las plantas se les dio riego de plantación, recibiendo aproximadamente de 3 a 4 l.



Figura 16. Diseño del ensayo

A modo de ejemplo se presenta el croquis de la Figura 17, donde se ejemplifica la distribución de las plantas para una especie.

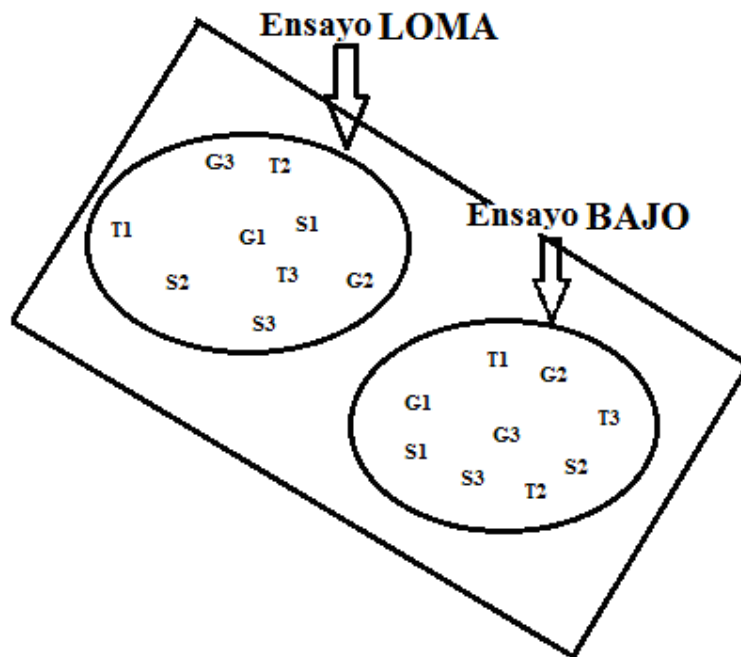


Figura 17. Croquis del ensayo para cada especie.
Referencias: T=Testigo, repetición (1, 2, 3), G= Tratamiento hidrogel Gelforest, repetición (1, 2, 3), S= Tratamiento hidrogel StartUp, repetición (1, 2, 3).

5. Aplicación de los resultados a la cuenca

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la delimitación de la cuenca y la de marcación de su red hídrica, la zonificación según tipos de cobertura actual del suelo, la evaluación del comportamiento de la plantación en términos de supervivencia y crecimiento de especies nativas y exóticas, y mediante un análisis integrado de estos factores, se determinó: la superficie potencial a forestar en la cuenca, las especies más adecuadas a utilizar, dentro de las seleccionadas, en base a los ensayos de campo, la conveniencia o no de incorporar la tecnología de hidrogeles en la plantación, los usos y beneficios que estas plantaciones podrían brindar a los productores y a la sociedad, como así también la posibilidad de obtener financiamiento para estas actividades a través de subsidios (Leyes 26.331 y 25.080).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Delimitación de la cuenca del arroyo Las Mojarras y demarcación de su red hídrica

En la Figura 18 puede apreciarse la delimitación de la cuenca del arroyo Las Mojarras, subcuencas y red hídrica, obtenidas a través del procesamiento del DEM (Modelo Digital de Elevación) de la provincia de Córdoba. En la misma se observa que la cuenca está compuesta por 3 subcuencas que ocupan, en total, una superficie de 84,4 km².



Figura 18. Delimitación de la cuenca del arroyo Las Mojarras, subcuencas y red hídrica.

En la Figura 19 se representa la cuenca del arroyo Las Mojarras y subcuencas que la conforman en forma de croquis y en la Tabla 5 se detallan los parámetros de cada subcuenca. Se le asigna un nombre a cada componente para su diferenciación.

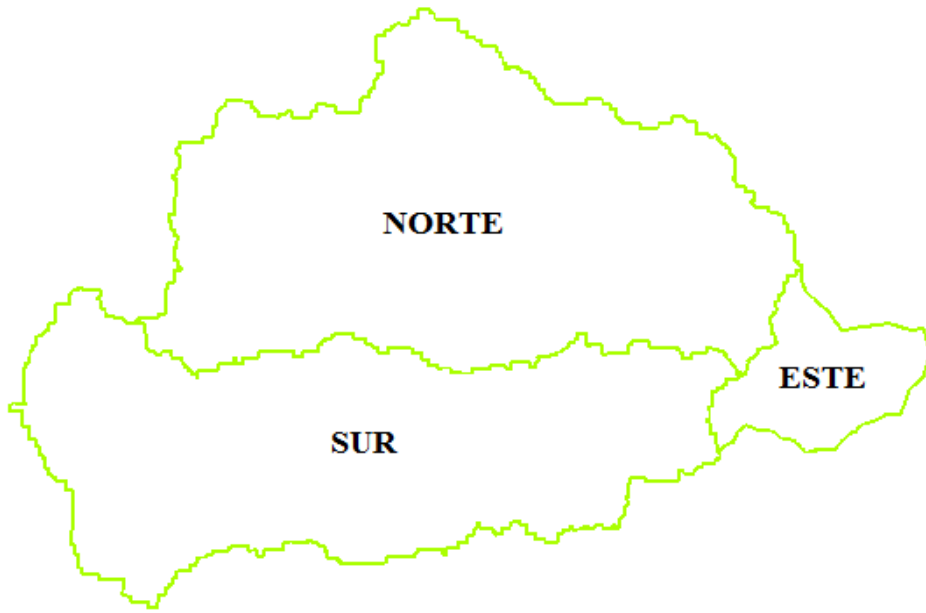


Figura 19. Subcuencas de la cuenca del arroyo Las Mojarras

Tabla 5. Parámetros de las subcuencas que componen la cuenca del arroyo Las Mojarras

Subcuenca	Área (km ²)	Lc (km)	Hmax (m)	Hmin (m)	Htot (m)
Norte	42,6	17	1122	670	452
Sur	33,5	15,85	1153	670	483
Este	8,3	4,5	671	646	25
Total	84,4	37,3			

Referencias: Lc: Longitud del cauce principal; Hmax: altura del punto más alto de la cuenca; Hmin: altura del punto más bajo de la cuenca; Htot: desnivel entre el punto más alto y el más bajo de la cuenca.

Zonificación de la cuenca en función de la cobertura actual del suelo

La Figura 20 muestra los distintos tipos de cobertura del suelo. Se aprecia la presencia de material rocoso en el sector oeste de la cuenca; formaciones boscosas (tanto nativas como de especies exóticas) distribuidas mayoritariamente en las zonas centro-norte de la cuenca, en las proximidades del lago y en las cercanías del arroyo Las Mojarras y, ocupando más de la mitad de la superficie de la cuenca, se encuentra el mosaico formado por pastizales + romerillar (pasturas espontáneas) y humedales (zonas que reciben mayor aporte de agua), principalmente en las zonas centro-oeste y centro-norte del territorio.

Los centros urbanos se localizan concentrados en el límite sur de la cuenca, con localidades como Tanti, Cabalango y Villa Parque Siquiman, próximo a la desembocadura en el Lago.

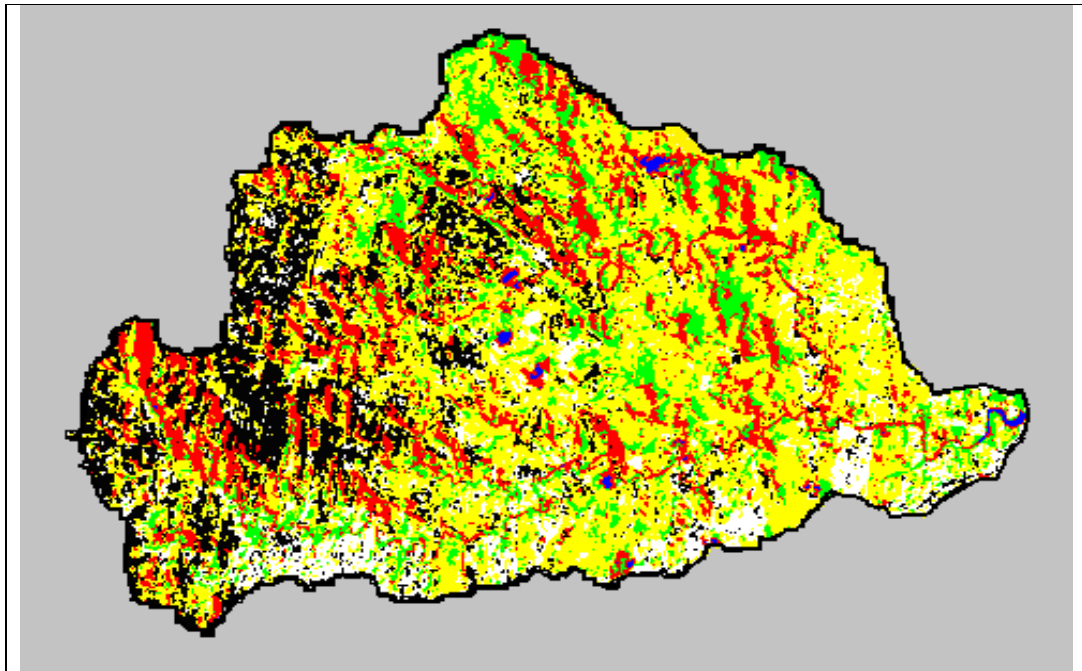


Figura 20. Clasificación de la cuenca del arroyo Las Mojarras por tipos de cobertura actual del suelo
Referencias: Azul: Cuerpo de agua, Verde: Bosque, Rojo: Humedal, Blanco: Zona urbana, Negro: Roca, Amarillo: Pastizal + Romerillar.

Del análisis de la imagen resultante, podemos calcular el porcentaje de cada tipo de cobertura en la cuenca y su distribución (Tabla 6)

Tabla 6. Porcentajes y superficies de los tipos de cobertura de suelo de la cuenca.

Cobertura de suelo	%	Ha
Cuerpo de agua	0,2	16,88
Bosque	11,62	980,72
Humedal	14,37	1212,82
Zona urbana	14,89	1256,71
Roca	14,78	1247,43
Pastizal + Romerillar	44,14	3725,41
TOTAL	100	8439,97

Las zonas de humedales y pastizales son las más aptas para implementar actividades de forestación, debido a que las pasturas brindan protección a los plantines en la etapa de plantación y, en los humedales, se cuenta con un mayor desarrollo edáfico y captación de agua. Además, la zona categorizada como Bosque, podría enriquecerse con especies nativas.

Consecuentemente, la cuenca del arroyo Las Mojarra dispone de un área de 5.919 ha (superficie de pastizales + romerillar, humedales y bosque) donde podrían llevarse a cabo plantaciones forestales.

Evaluación del comportamiento de la plantación en términos de supervivencia y crecimiento

Supervivencia

De las especies empleadas, la nativa que mostró mayor supervivencia ($P > 0,05$) al cabo de 310 días de la plantación fue, “molle de beber” con un 83 % de plantas vivas, a diferencia de “durazno del campo” y “manzano del campo” que obtuvieron valores de 39 % y 22 %, respectivamente. Los resultados obtenidos para *L. molleoides*, tanto en Loma como en Bajo, siguen la misma tendencia que los logrados por Verzino y Joseau (2013) en plantaciones realizadas en zonas de bosque serrano con exposición sur.

Entre las exóticas, el “fresno de Pensilvania” fue la especie que mejor se comportó ($P < 0,05$), logrando un 94 % de plantas vivas. El “roble europeo” obtuvo un desempeño del 61 %, mientras que el “castaño” logró bajos porcentajes ($P > 0,05$) de supervivencia en el orden del 11 %. La Tabla 7 muestra la supervivencia de plantas discriminadas por su origen, especie y posición en el terreno.

Puede decirse que la tasa de supervivencia general alcanzada, con un valor de 52 %, estuvo dentro de los rangos hallados en la bibliografía (Verzino *et al.*, 2013

Tabla 7. Supervivencia por origen, especie y posición en el terreno a los 310 días desde plantación

Origen	Especie	Posición terreno	Supervivencia (%)
Nativas	Molle de beber	Loma	89
	Manzano del campo		22
	Durazno del campo		22
Exóticas	Fresno de Pensilvania	Loma	89
	Roble europeo		56
	Castaño		22
Nativas	Molle de beber	Bajo	78
	Manzano del campo		22
	Durazno del campo		56
Exóticas	Fresno de Pensilvania	Bajo	100
	Roble europeo		67
	Castaño		0
TOTAL			52

Con respecto a los tratamientos utilizados, no fueron efectivos en cada uno de los ensayos ($P > 0,05$) con respecto al testigo para la mayoría de las especies. Sin embargo, tuvo un efecto negativo la aplicación de hidrogeles (Gelforest y StartUp) en durazno del campo, que presentó una cierta sensibilidad (Tabla 8).

Tabla 8. Supervivencia de durazno del campo por tratamiento a los 310 días desde la plantación

Tratamiento	Supervivencia (%)
Testigo	50 B
Gelforest	33 A
StartUp	33 A

Es posible que la falta de respuesta diferencial de las especies nativas a la aplicación de hidrogeles se deba a las precipitaciones ocurridas en el año del ensayo (Julio 2013- Junio 2014) (617 milímetros) (CIRSA, 2014), que se encuentran dentro de la media para la región.

Quizás con lluvias más bajas se hubieran notado diferencias en la supervivencia debido a la presencia de los geles.

En el caso de las especies exóticas, es comprensible que *Q. robur* y *F. pennsylvanica* no mostraron diferencias ($P > 0,05$), ya que estas especies pueden crecer con precipitaciones del orden de los 600 mm (Luque, 2009) como los que se registraron para la zona de estudio.

Crecimiento

Molle de beber (L. molleoides)

En “Loma” no hubo diferencias ($P > 0,05$) en crecimiento en diámetro y altura a los 135 días, pero pudieron observarse tendencias positivas en el crecimiento a los 310 días entre tratamientos, como se detalla en las Figuras 21 y 22.

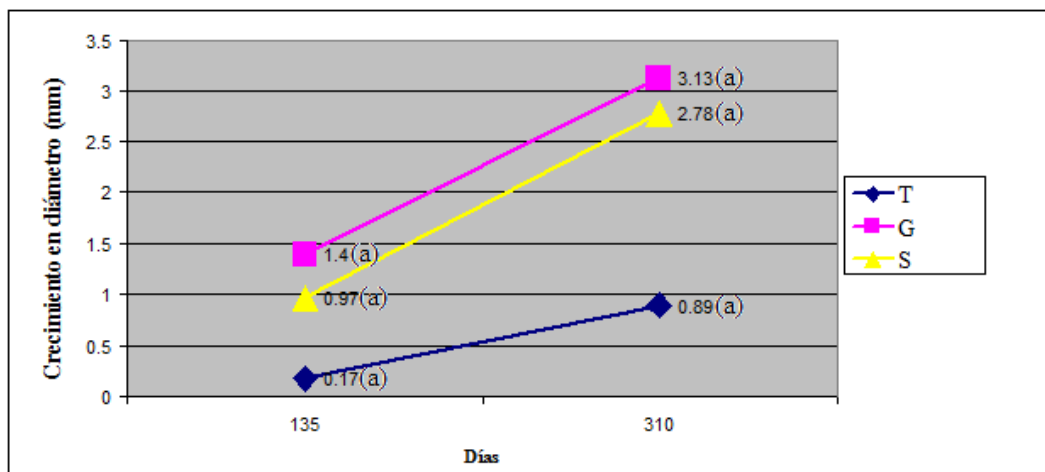


Figura 21. Crecimiento en diámetro (mm) de molle de beber en “Loma”.

Referencias: T: Testigo; G: Hidrogel Gelforest; S: Hidrogel StartUp. Letras distintas en los valores indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

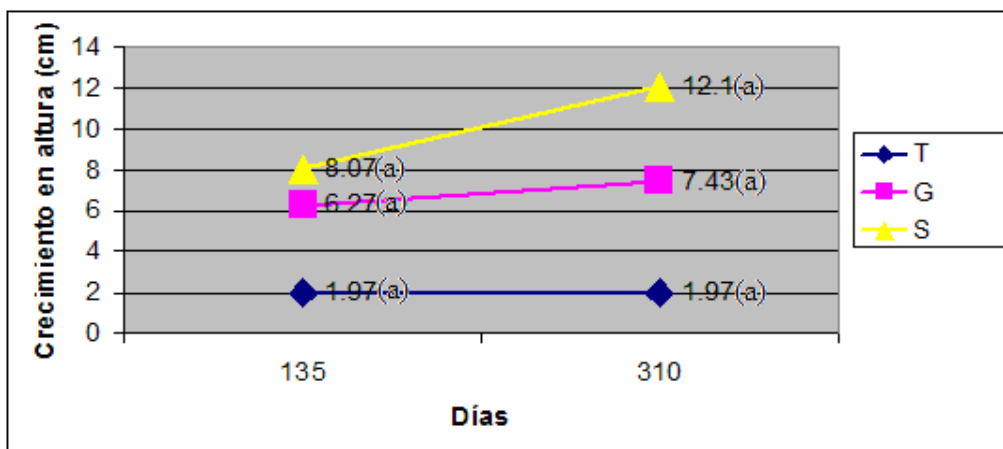


Figura 22. Crecimiento en altura (cm) de molle de beber en “Loma”. Referencias: T: Testigo; G: Hidrogel Gelforest; S: Hidrogel StartUp. Letras distintas en los valores indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

En el “Bajo” sí hubo diferencias ($P < 0,05$) en el crecimiento en altura resultando beneficiadas aquellas plantas a las que se les aplicó el hidrogel Gelforest (Figura 23).

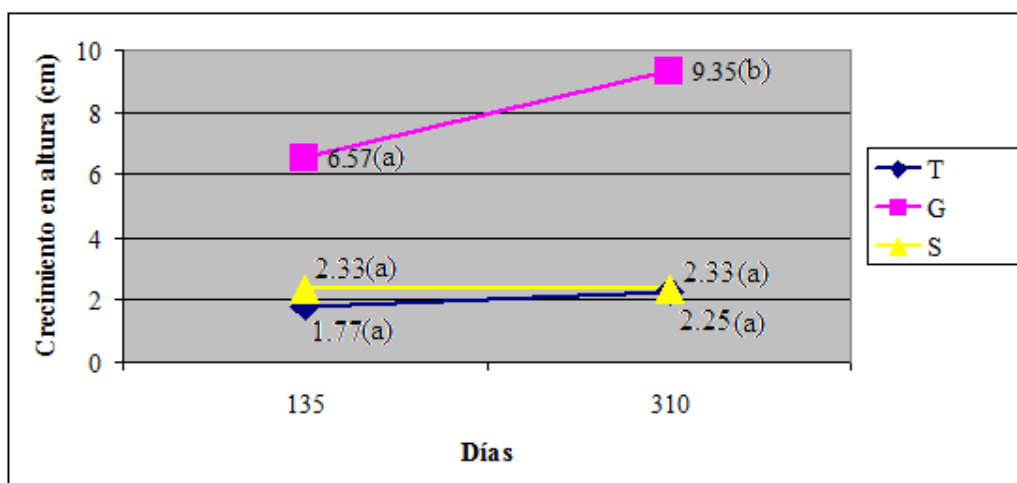


Figura 23. Crecimiento en altura (cm) de molle de beber en “Bajo”. Referencias. T: Testigo; S: Hidrogel StartUp; G: Hidrogel Gelforest. Letras distintas en los valores indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

Manzano del campo (R. apetala)

No hubo diferencias significativas ($P > 0,05$) o tendencias consistentes en cuanto a los crecimientos en Altura y/o Diámetro a los 135 días, tanto en Loma como en Bajo. Debido a la elevada mortandad a los 310 días de los manzanos del campo, hubo escasez de datos para ese ensayo.

Durazno del campo (K. lanceolada)

No hubo diferencias significativas ($P > 0,05$) o tendencias consistentes en cuanto a los crecimientos en Altura y/o Diámetro.

Fresno de Pensilvania (F. pennsylvanica)

Los fresnos plantados en el bajo mostraron a los 135 días un mayor crecimiento en diámetro ($P < 0,05$), el cual se mantuvo hasta la última medición, a los 310 días (Tabla 9).

Tabla 9. Crecimiento en diámetro por ensayo y fecha de medición de fresno de Pensilvania

Ensayo	Crecimiento en diámetro (mm)	
	a los 135 días	a los 310 días
Loma	0.92 A	1.23 A
Bajo	1.99 B	2.12 B

Referencias: Letras distintas en columnas indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

Con respecto a la altura (cm), no hubo diferencias ($P > 0,05$) entre loma y bajo, pero sí se observó una tendencia positiva al analizar los datos en función de los tratamientos con hidrogeles, sin embargo, debido a la alta variabilidad interna, esa diferencia no fue significativa ($P > 0,05$) (Figura 24).

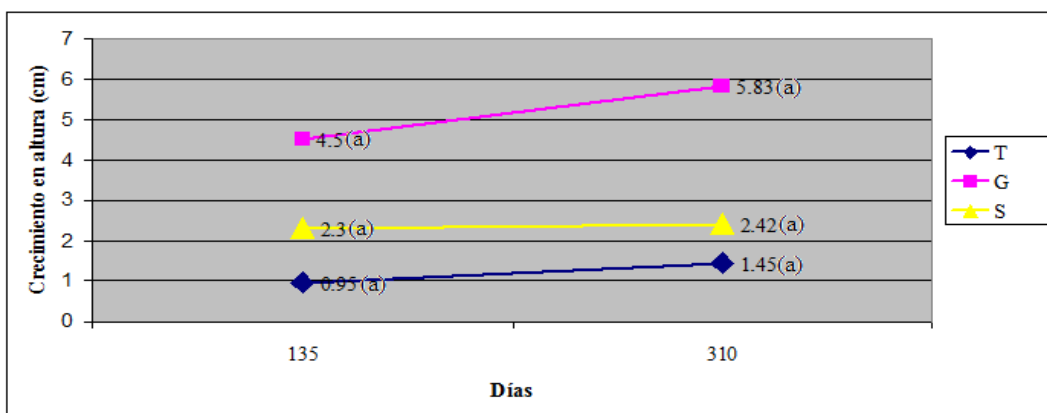


Figura 24. Crecimiento en altura (cm) en función del tiempo por tratamiento de fresno de Pensilvania.

Referencias: T: Testigo; G: Hidrogel Gelforest; S: Hidrogel StartUp. Letras distintas en los valores indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

Roble europeo (Q. robur)

Para los plantines colocados en el Ensayo Loma se detectó un efecto positivo ($P < 0,05$) en la altura por la aplicación del hidrogel Gelforest (Figura 25), no así en el Ensayo Bajo ($P > 0,05$).

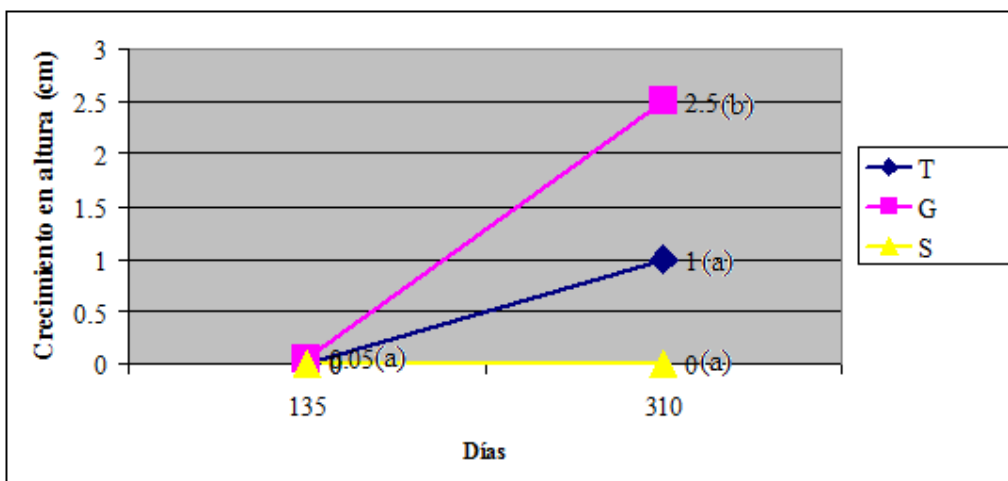


Figura 25. Crecimiento en Altura (cm) en función del tiempo por tratamiento de roble europeo en “Loma”.

Referencias: T: Testigo; G: Hidrogel Gelforest; S: Hidrogel StartUp. Letras distintas en los valores indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

Castaño (C. sativa)

Debido a la baja supervivencia de castaño en la Loma, no hubo datos suficientes para el análisis estadístico.

En el Bajo, sólo se pudieron calcular los crecimientos a los 135 días, donde no se encontró diferencia estadística significativa ($P > 0,05$) (Tabla 10).

Tabla 10. Crecimiento de castaño en diámetro y altura a los 135 días en función del tratamiento en el Ensayo Bajo.

Tratamiento	Crecimiento a los 135 días	
	en diámetro (mm)	en altura (cm)
Testigo	0 A	1,33 A
Gelforest	0,3 A	2,83 A
StartUp	0,63 A	2,17 A

Referencias Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

En ningún caso el crecimiento en diámetro y altura de las especies de los ensayos fue notable, hecho atribuible al poco tiempo de medición, ya que las plantas estaban estableciéndose y probablemente usaban la energía producida en emitir raíces.

Aplicación de los resultados a la cuenca

La cuenca del arroyo Las Mojarras dispone, aproximadamente, de 5.919 ha de pastizales naturales + romerillar, humedales y bosques donde pueden llevarse a cabo plantaciones forestales en macizos o mediante el enriquecimiento con especies nativas.

De acuerdo a los resultados obtenidos experimentalmente, se podrían realizar plantaciones mixtas (Rusch *et al.*, 2008) de *F. pennsylvanica* “fresno de Pensilvania” y *Q. robur* “roble europeo”, o bien enriquecimiento con *L. molleoides* “molle de beber” en bosque nativo, debido a que fueron las que mejor se comportaron en la fase de implantación.

El impacto que podrían generar estas plantaciones puede dividirse según la escala temporal, de la siguiente forma:

-Corto plazo: generación de conciencia en los productores y en la sociedad en general acerca de la importancia de la cobertura forestal como agente de protección de las cuencas hidrográficas. Creación de puestos de trabajo en viveros y sector forestal promoviendo el arraigo poblacional.

-Mediano plazo: mejora en la calidad de vida de los pobladores rurales, valoración de los recursos naturales. Formación de cortinas forestales de protección. Reducción de las problemáticas ambientales.

-Largo plazo: producción de madera de calidad, reactivación de la actividad económica relacionada con la comercialización de la madera, protección de la cuenca a través de prácticas de manejo adecuadas. Creación de ambientes escénicos, aportando diversidad y colorido del paisaje y contribuyendo al desarrollo turístico.

Utilizar más de una especie incrementaría la biodiversidad y equilibrio del sistema. Esto, además, traería aparejado un incremento en los bienes y servicios ambientales del bosque. Las tres especies contribuirían en la mitigación del Cambio Climático, disminución de la erosión (Frassoni, 2013), regulación del régimen hídrico de la cuenca, funcionarían como resguardo de la flora y fauna autóctonas (Gaspari *et al.*, 2013), enriquecerían el paisaje (Mintegui Aguirre y López Unzú, 1990), beneficios que afectan tanto a los productores como a la sociedad. Además, del molle podría utilizarse su leña y productos forestales no madereros (apicultura, tintes naturales). En el caso del fresno y roble, su valiosa madera sería el principal ingreso del sistema productivo.

Tecnología de hidrogeles

La supervivencia promedio de la plantación estuvo en el orden del 50 %. Con lo cual, la mitad de los plantines (con un costo de \$ 15 c/u) murieron, generando una pérdida económica muy importante, aún sin contar el costo de mano de obra de la plantación.

Si se incorporara una tecnología que incremente el porcentaje de supervivencia, se estarían disminuyendo las pérdidas, es decir, bajando los costos. El costo de esta tecnología, tiene que ser inferior al beneficio que produce, para ser viable.

En el ensayo realizado, los tratamientos con hidrogeles aplicados no fueron efectivos, por lo cual, no se justifica económicamente aplicar hidrogeles en la plantación.

En caso contrario, es decir, si hubiera habido diferencia positiva en la supervivencia de los plantines, debido a los geles, es necesario saber si ese beneficio cubre el costo de dicha tecnología. Para ello, se desarrolló el siguiente ejemplo.

La dosis de Gelforest para un plantín (6 g), tiene un costo de \$ 0,67 (7,12 USD/kg y a \$ 15,7 el dólar). Si se realizara una plantación con una densidad de 100

plantas/ha, se necesitarían 600 g, con un costo de \$ 67,06. Ahora bien, se justificaría utilizar el gel, si el número de plantas extra que sobreviven cubre el costo del producto. En este caso, y suponiendo que cada plantín tiene un costo de \$ 15, debería incrementarse la supervivencia en 5 plantas= \$ 75 para cubrir los costos de la tecnología. Se puede decir que, con estos valores, un incremento en la supervivencia del 5% de la plantación es suficiente para adoptar la tecnología.

En el caso de StartUp, la dosis por plantín (10 g) tiene un costo de \$ 1,12 (7,14 USD/kg y a \$ 15,7 el dólar), por lo cual, en una plantación de similares características, se necesitaría 1 kg del hidrogel, con un costo de \$ 112. Para cubrir ese monto, haría falta que sobrevivan 8 plantines extra = \$ 120. Entonces, el incremento en el porcentaje de supervivencia de la plantación, debería ser de, al menos, 8 % para que se justifique aplicar el mencionado gel.

Financiamiento

Si a nivel de cuenca se implementa un Plan de Forestación, existen herramientas financieras que pueden apoyarlo. El desarrollo de este sistema productivo con base forestal, y la inversión que este demanda, pueden proyectarse dentro del marco de las Leyes 26.331 “Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos” para la especie nativa (*L. molleoides*) y 25.080 “Inversiones para Bosques Cultivados” para las especies exóticas (*F. pennsylvanica* y *Q. robur*), recibiendo apoyo económico por parte del Estado Nacional.

La 26.331 establece un régimen de compensación económica a los propietarios de bosques nativos (BN) por los servicios ambientales que éstos brindan a la sociedad.

La Ley crea un Fondo Nacional para el Enriquecimiento y la Conservación de los BN, que es distribuido anualmente entre las provincias que tienen su Ley de OTBN (Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos) acreditada. Las provincias lo adjudican, a su vez, entre los propietarios que tengan aprobado un Plan de Manejo o un Plan de Conservación. La Autoridad local de aplicación de la Ley 26.331 es la Secretaría de Ambiente de la provincia de Córdoba.

La Ley 25.080 establece un régimen de promoción que brinda apoyo económico no reintegrable y beneficios fiscales a las actividades de plantación, poda, raleo, manejo de rebrote y el enriquecimiento de bosques nativos degradados. Consiste en un reintegro del 80% del costo de realización de la actividad, luego de certificarse el logro de la misma. Este monto está definido para cada región por la Resolución de Costos vigentes para el año en el cual fue solicitado el proyecto. La Autoridad de aplicación de la Ley 25.080 en la provincia de Córdoba es la Secretaría de Agricultura del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos.

El Enriquecimiento de los Bosques Nativos tiene como objetivo incrementar el número de individuos de especies deseadas, a través de la plantación y/o siembra de especies forestales nativas entre la vegetación existente, como así también aumentar el valor económico del bosque mediante la plantación de especies nativas de alto valor comercial. Respetando una densidad mínima de 200 plantas/ha.

En zonas Categoría II (amarillo), el productor se puede beneficiar tanto de la Ley 26.331 como de la Ley 25.080, realizando enriquecimiento de Bosque Nativo con especies de alto valor comercial nativas o exóticas, en densidades de 200 plantas logradas por hectárea. Para el caso del molle de beber, sólo con la Ley 26.331 y deben presentar para ello un Plan de Manejo y Planes Operativos Anuales.

En zonas Categoría III (verde), los productores pueden beneficiarse igualmente con ambas leyes para el enriquecimiento de BN. Si desean hacer plantaciones en

grandes densidades (macizo), sólo pueden acogerse a la Ley 25.080. Si se quiere utilizar robles y fresnos, la autoridad de aplicación debe aprobar el Plan de Manejo.

En zonas Categoría I (rojo), sólo podrá realizar enriquecimiento con fines de conservación con molle de beber (con un mínimo de 200 plantas logradas por ha) y presentar el Plan de Conservación y los Planes Operativos Anuales para la Ley 26.331 ante la correspondiente autoridad de aplicación.

A partir de que los Planes de Manejo (PM) pueden asumir distintas modalidades y que se desarrollan en ambientes naturales y con entornos socio-económicos y productivos muy disímiles, no existe una única fórmula que establezca las características técnicas del enriquecimiento.

En este sentido, cada Autoridad Provincial de Aplicación es responsable de definirlo y de analizar la viabilidad técnica de las propuestas contenidas en los planes recibidos, bajo el precepto de que toda intervención debe ser fundamentada técnicamente. Para el caso del enriquecimiento esto se traduce en que la elección de los lugares, dimensiones, diseño, especies, tratamientos y demás decisiones a tomar deben estar debidamente justificadas dentro del PM y sus POA (Plan Operativo Anual).

CONCLUSIONES

Mediante el presente trabajo se pudo delimitar la cuenca hidrográfica del arroyo Las Mojarras, así como determinar la red hídrica y parámetros asociados (superficie, longitud de cauces principales).

La localización del área de estudio, su caracterización y zonificación en función del tipo de cobertura del suelo fueron posibles gracias a técnicas de teledetección y sensoramiento remoto. El resultado fue una cartografía donde cada tipo de cobertura del suelo está representado por un color en un mosaico. Se pueden distinguir, de forma práctica, rápida y certera, áreas donde es posible realizar reforestación y enriquecimiento del bosque. Esta superficie asciende a las 8440 ha y está representada por Pastizal + Romerillar, Humedal y Bosque.

A través del ensayo se lograron identificar dos especies exóticas (*F. pennsylvanica* y *Q. robur*) y una especie nativa (*L. molleoides*) con buen comportamiento inicial en términos de supervivencia y crecimiento para plantaciones mixtas en la cuenca del arroyo Las Mojarras.

La aplicación de hidrogeles al momento de la plantación no presentó mejoras significativas en sobrevivencia con respecto a los testigos, probablemente debido al nivel de precipitaciones ocurrido durante el ensayo. El crecimiento de las plantas con hidrogeles, en cambio, mostró tendencias positivas en *F. pennsylvanica* y *Q. robur*, pero de escasa magnitud, atribuible al corto tiempo de medición.

Es muy importante continuar investigando acerca de las metodologías que mejor se adapten a estos sistemas de plantaciones con especies nativas y exóticas de alto valor, para remediar zonas degradadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Córdoba Ambiente, 2006. Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria EEA Manfredi. Córdoba.
- Al-Darby AM., 1996. The hydraulic properties of a sandy soil treated with gel-forming soil conditioner. *Soil Technol.* 9: 15-28.
- Bernex N., 2006. “Agua y ecosistemas: De los diferentes enfoques de gestión a una apuesta para el bien común”. Piura: GIGA-PUCP, 16/1/2006. Taller convocado por el Grupo de Diálogo y Desarrollo Sostenible
- Bosque, J., 1997, *Sistemas de Información Geográfica*, Madrid. Ediciones Rialp, 2ª edición corregida, 451 p.
- Bradshaw CJA; NS Sodhi, KS Peh & BW Brook. 2007. Global evidence that deforestation amplifies flood risk and severity in the developing world. *Global Change Biology*, 13:2379-2395.
- Brown AE; L Zhang; TA McMahon; AW Western & RA Vertessy. 2005. A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation. *Journal of Hydrology*, 310:28-61.
- Cabido D., Cabido M., Garré S.M., Gorgas J.A., Miatello R., Ravelo A., Rambaldi S., Tessile J.L. 2002. *Regiones Naturales de la Provincia de Córdoba*. Agencia Córdoba Ambiente. 98 pp. Cba
- Calder, I.R. 2007. Forests and water – ensuring forest benefits outweigh water costs. *Forest Ecology and Management*, 251: 110–120.
- Callagan T, Lindley D, Ali O, Nour A, Bacon P, 1989. The effect of water-absorbing synthetic polymers on the stomatal conductance, growth and survival of transplanted *Eucalyptus microtheca* seedling in the Sudan. *J. Applied Ecol.* 26: 663-672.
- Cañado I. C, Doussinague C., Fernández E. V., Polaino C., 2008. *Manual práctico de Agroforistería*. Cultural, S.A. de Ediciones. 1ª ed., 1ª imp. 512 páginas. Madrid. España.
- Césere S.M, Meehan A.R, Boetto M.N, 1997. *Plantas Nativas. Su uso en espacios verdes urbanos*. Ediciones Eudecor. Córdoba. Argentina.
- Chuvieco, E. 2000. *Fundamentos de teledetección espacial*. Ediciones RIALP, S. A. Madrid. 568 pp.
- CIRSA, 2014. Registro de la Estación Meteorológica 902 “Puesto Garay” Latitud Sur 31°24'55”, Longitud Oeste 64°44'07”, Altitud 1625 msnm. Córdoba
- Clemente, A.S.; Werner, C.; Maguas, C.; Cabral, M.S.; Martins-Louçao, M.A. & Correia, O.; 2004. Restoration of a Limestone Quarry: Effect of Soil Amendments on the Establishment of Native Mediterranean Sclerophyllous Shrubs. *Rest. Ecol.* 12(1): 20-28
- Colladon L., 2004. *Temperaturas Medias Mensuales 1994-2003*. Cuenca del Río San Antonio. Sistema del Río Suquía-Provincia de Córdoba. Villa Carlos Paz.
- Contreras B., 1973. Diversidad morfológica en poblaciones de “algarrobo” (*Prosopis chilensis*) y evaluación de crecimiento en plantaciones de la IV Región. *Deserta* Nro 4. Buenos Aires – Argentina. P. 329-331.
- COTBN (Comisión de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos), 2009. *Proyecto de Ley de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos de la provincia de Córdoba*.
- Daza G, Sánchez C., 2009. *Áreas agroeconómicas homogéneas de la provincia de Córdoba*. INTA

- Del Castillo E. M., Zapater M. A., Gil M. N. y Del Castillo N. A. 2003. Investigaciones botánicas y silvícolas sobre *Cedrela* (Meliaceae) en Argentina. Actas del XII Congreso Forestal Mundial B- Bosques para el Planeta: 48. Québec, Canadá
- Del Castillo E. M., Zapater M. A. y Gil M. N. 2004. PIA 39/38: El cedro rosado. Recolección de material genético. Viverización. Ensayos de implantación. Investigación Forestal al Servicio de la Producción II: 201-204. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Buenos Aires
- Dorado M., E. Astini, G. Verzino, J. Di Rienzo, and E. Perpiñal. 1997. Growth curves for *Pinus elliotti*, *Pinus taeda* and *P. radiata* in two areas of the Calamuchita Valley (Cba. Argentina). *Forest Ecol. and Manag.* 95, pp. 173-181.
- Egnell y Orlander, 1993. Antecedentes: Efectos de los tratamientos culturales a ensayar sobre los factores ecofisiológicos. Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. España.
- Farley K., Jobbagy E. and R. Jackson, 2005. Effects of afforestation on water yield: A global synthesis with implications for policy. *Global Change Biology* 11: 1565-1573.
- Fernández N, Marchelli P, Gallo LA, Fontenla S. 2012. Raulí (*Nothofagus nervosa*) y micorrizas en el vivero: un misterio bajo la superficie. *Patagonia Forestal*, Año XVIII N° 3, 17-19.
- Floradecordoba.com.ar, 2015. *Ruprechtia apetala* Wedd. en internet, disponible en: <http://www.floradecordoba.com.ar/ruprechtia-apetala/>. Activo noviembre 2015.
- Frasconi J. 2013. Evaluación de sistemas silvopastoriles con *Pinus elliotti* Engelm. En la cuenca del Río Los Chorrillos, Córdoba. En área de Consolidación Planificación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Córdoba.
- Fuentes E., 2011. Cobertura vegetal. En Estudio del Área Protegida Carlos Paz. Córdoba. pp 157-166.
- Gaspari F.J., Senisterra G.E., Delgado M.I., Rodríguez Vagaría A.M. & S.I. Besteiro. 2009. Manual de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas. Editorial Autores, 1 ed, La Plata, Argentina. 321pp.
- Gaspari F.J, Rodríguez Vagaría A.M., Senisterra G.E, Delgado M.I. & Besteiro S.I. 2013. Elementos hidrológicos para el manejo de cuencas hidrográficas. Editorial de la Universidad de La Plata, 1 ed. La Plata, Argentina. 184 pp.
- Gobbi, M. E. & Varela, S.A. 2007. Plantación de *Nothofagus pumilio* (Lenga) como técnica de recuperación de bosques xéricos quemados. RIACRE Boletín. Boletín Divulgativo de la Red Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica. Vol. 1 N° 2
- González A., G. Denegri y G. Acciaresi, 2006. La rentabilidad y la protección de la biodiversidad no son incompatibles. *SAGPyA Forestal* Núm. 38: 12-17.
- Gordillo, C. y Lencinas, A, 1979. Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis. En Leanza, A.F. (ed.) *Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias, 1-39, Córdoba.
- Grignola, J.; Acreche, M.; Di Rienzo, J.; Gatto, M.; Fornes, L. 2014. Potencialidad de especies y procedencias de *Cedrela* para el establecimiento de plantaciones sustentables en diferentes ambientes del Noroeste Argentino.
- Herbotecnia.com.ar. 2015. Molle de beber. Publicado en internet, disponible en: <http://www.herbotecnia.com.ar/aut-falsomolle.html>. Activo noviembre 2015.
- Huxman T E; BP Wilcox; DD Breshears; RL Scott; KA Snyder; *et al.* 2005. Ecohydrological implications of woody plant encroachment. *Ecology*, 86:308-319.

- Izurieta G.; D. Abud y J. Izaurralde, 1993. Plantaciones de pinos en la provincia de Córdoba. En: Actas del Congreso Forestal argentino y latinoamericano. Entre Ríos. Argentina.
- Jackson, R B, SR Carpenter, CN Dahm, DM McKnigh, RJ Naiman, *et al.*, 2001. Water in a changing World. *Ecological Applications*, 11:1027-1045.
- Jackson R. B., Jobbagy E. G., Avissar R., S. B. Roy, D.J. Barrett, C.W. Cook, K.A. Farley, D.C. le Maitre, B.A McCarl y B.C. Murray , 2005. Trading water for carbon with biological carbon sequestration. *Science* Vol 310: 1944-1947.
- Jackson R B, EG Jobbágy & MD Nosoetto, 2009. Ecohydrology in a human-dominated landscape. *Ecohydrology*, 2:383-389.
- Jobbagy E.G., M.D. Nosoetto, L.M. Paruelo y G. Piñeiro, 2006. Las forestaciones rioplatenses y el agua. *Ciencia Hoy* Vol 16, Núm. 95: 12-21.
- Jobbágy E G., Ana M. Acosta1 & Marcelo D. Nosoetto, 2013. Rendimiento hídrico en cuencas primarias bajo pastizales y plantaciones de pino de las sierras de Córdoba. Argentina. *Ecol. austral* vol.23 no.2 Córdoba ago. 2013.
- Joseau J., Verzino G., Hernández R., Aráoz S., Del Longo O., Pons S., Rodríguez Reartes S., y F. Suárez, 2005. Impacto de la introducción del componente arbóreo (*Pinus elliotti* Engelm) sobre el pastizal natural en las Sierras Comechingones, Córdoba. Argentina. Nuevas Tendencias Forestales. Tercer Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. 6 al 9 de Septiembre de 2005. Corrientes, Argentina. AFOA. En CD.
- Loewe M.V.I., González O.M., Delard R.C., Pineda B.G. y Subiri P.M., 1999. Plantaciones mixtas: diversidad, productividad y sustentabilidad para el desarrollo forestal. Documento Técnico 131 Revista Chile Forestal, 8 pp.
- López Cadenas de Llano F. 1998. Restauración Hidrológica Forestal de cuencas y Control de la Erosión. Ingeniería Medioambiental, TRAGSATEC, Ministerio de Medio Ambiente. Editorial Mundi Prensa. España. 945 pp.
- Luque L., 2009 “El cultivo del fresno (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall) y roble (*Quercus robur* L.) en el Valle de Calamuchita; Córdoba, Argentina”. Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias. Mención Producción Vegetal. Córdoba, Argentina.
- Mintegui Aguirre J. A. & F. López Unzú, 1990. La Ordenación Agrohidrológica en la Planificación. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. 306 pp.
- Mintegui Aguirre J. A. & J. C. Robredo Sánchez, 1994. Caracterización de las cuencas hidrográficas, objeto de restauración hidrológico forestal, mediante modelos hidrológicos. *Ingeniería del Agua*. Vol. 1 Num. 2. pp. 69 a 82
- Mintegui Aguirre J. A. & J. C. Robredo Sánchez, 2008. Estrategias para el control de los fenómenos torrenciales y la ordenación sustentable de las aguas, suelos y bosques de las cuencas de montaña. Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para la América Latina y el Caribe. PHI – VII, documento técnico Nro. 13. 178 pp.
- Morgan R P C., 1997. Erosión y conservación del suelo. Mundi-Prensa, Madrid, España. 343 pp.
- Moya G., 2011. Hidrología e infraestructura. En Estudio del Área Protegida Carlos Paz. Córdoba. pp 397-403.
- Navarro R M., 1998. Nuevas alternativas para mejorar la implantación de repoblaciones forestales. Análisis de algunos ensayos. En: Curso superior de viveros y producción de planta forestal autóctona para colonización de ecosistemas mediterráneos. CENEAMValsain (Sg) / El Serranillo (Gu).

- Nolasco M., 2013. Plantaciones forestales, su efecto hidrológico en la cuenca del río Los Chorrillos. En área de Consolidación Planificación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Córdoba.
- Nosetto M D, EG Jobbágy, AB Brizuela & RB Jackson, 2012. The hydrologic consequences of land cover change in central Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 154:2-11.
- Oñate V F. & Bosque Sendra J., 2007. Extracción de modelos digitales de elevación a partir de imágenes ASTER para la determinación de características morfológicas de cuencas hidrográficas. 12 Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Mar del Plata.
- Peralta C., 2011. Contextualización Histórica. En Estudio del Área Protegida Carlos Paz. Córdoba. Pp 25-38.
- Renison D. y Cingolani A. M., 1998. Experiencias en germinación y reproducción vegetativa aplicados a la reforestación con *Polylepis australis* (Rosaceae) en las Sierras Grandes de Córdoba, Argentina. *AgriScientia XV*:47-53.
- Renison D., Cingolani A. M., Suarez R., Menoyo E. y Coutsiere C., 2005. The reforestation of degraded mountain woodlands: Effects of seed provenance and microsite characteristics on *Polylepis australis* seedling survival and growth in central Argentina. *Restoration Ecology*, 13:129-135.
- Rusch V., Vila A. y B. Marqués, 2008. Conservación de la biodiversidad en sistemas productivos. Forestaciones del Noroeste de la Patagonia. INTA EEA Bariloche. 89 pp.
- Sabatier Y., María Marta Azpilicueta, Paula Marchelli, Marcelo González-Peñalba, Liliana Lozano, Leandro García, Abel Martínez, Leonardo A. Gallo, Fernando Umaña, Donald Branl y Mario J. Pastorino, 2011. Distribución natural de *Nothofagus alpina* y *Nothofagus obliqua* (nothofagaceae) en Argentina, dos especies de primera importancia forestal de los bosques templados norpatagónicos. *Bol. Soc. Argent. Bot.* vol.46 no.1-2.Córdoba.
- SAGPyA, 2005. Análisis de Factores Críticos para la Sustentabilidad de Plantaciones Forestales. PIA 08/04. Informe Número 2.
- Schlichter T., V. Rusch, M. Sarasola 2004. Sustentabilidad ambiental de las plantaciones de coníferas introducidas en la región andino patagónica-biodiversidad e invasión. En Investigación Forestal al Servicios de la Producción II. Proyecto Forestal de Desarrollo. SAGPyA. 86-94 pp.
- Soraru, S.B. y Bandoni, A. L.1978. Plantas de la medicina popular Argentina - Bs.As., Ed. Albatros, 1ra. ed., 21 - 153 pp. ilustr.
- Soriano A., Sala O.E. y León R.J.C., 1980. Vegetación Actual y Vegetación Potencial en el pastizal de Coirón Amargo (*Stipa* spp.) de SW de Chubut. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 19: 309-314.
- Toledo J. M., 2011. Comunidades Vegetales. En Estudio del Área Protegida Carlos Paz. Córdoba. pp 167-175.
- UMSEF (Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal), 2007. Monitoreo del Bosque Nativo, períodos 1998-2002 y 2003-2006.
- Vanclay J., 2009. Managing water use for forest plantations. *Forest Ecology and Management* 257: 385-389.
- Verga A., López Lauenstein D., López C., Naval M., Joseau J., Gómez C., Royo O., Degano W. y Marcó M., 2009. Caracterización morfológica de los algarrobos (*Prosopis* sp.) en las regiones fitogeográficas Chaqueña y Espinal norte de Argentina. *Revista de Ciencias Forestales Quebracho* Vol. 17(1,2) pp: 31-40.

- Verzino G., P. Ingaramo, M. J. Joseau, y J.V. Di Rienzo. 1993. "Aprovechamiento de un establecimiento forestal situado en el Centro Técnico Forestal. Potrero de Garay, Dpto. Sta. María, Cba. Parte II: Raleos" Actas Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Paraná. Entre Ríos.
- Verzino G., Joseau M. J., Díaz M del P. y Dorado M. 2004. Comportamiento inicial de especies nativas del Chaco Occidental en plantaciones en zonas de pastizales de altura de las Sierras de Córdoba. Argentina. Bosque 25 (1): 53-67.
- Verzino G., M. J. Joseau, M. Dorado, L. Luque, J. L. Indarte, H. Gonda, M. Destéfanis, F. Locatelli, 2005. Productividad de sistemas silvopastoriles de *Pinus elliotti* Engelm con pastura natural en la ladera oriental de las Sierras Grandes y Sierra de Comechingones, Córdoba. Tercer Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. 6 al 9 de Septiembre de 2005. Corrientes. Argentina. Actas en CD.
- Verzino G., Muttoni F., Scherrer C., Hernández R., Joseau J., Rodríguez Reartes S., Acuña C. e Indarte J. L., 2007. Riqueza, productividad y aptitud forrajera del pastizal natural en sistemas silvopastoriles de *Pinus elliotti* Engelm en la Sierra de Comechingones, Córdoba. XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Panel en CD. 25 y 26 de octubre de 2007. Concordia. Entre Ríos.
- Verzino G., Joseau LçJ., Hernández R., Rodríguez Reartes S., M. López, 2009. Sistemas silvopastoriles de *Pinus elliotti* Engelm con pastizales naturales en las Sierras de Córdoba, Argentina. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 464. 14 al 16 de Mayo de 2009. Misiones.
- Verzino G, Teixido C, Guzmán LA, Pelliza E, Vocos M, 2012. Desarrollo participativo de parcelas forestales demostrativas en la Cuenca del Lago San Roque. V Jornadas Integradas de Investigación y Extensión. Córdoba. En CD.
- Verzino G., Joseau M. J. y Conles M. 2013. Conservación de recursos forestales nativos de Argentina. El cultivo de plantas leñosas en vivero y a campo. Córdoba. Editorial Brujas.
- Viero P W M., Chiswell, K.E.A. & Theron, J.M., 2002. The effect of a soil-amended hydrogel on the establishment of a *Eucalyptus grandis* clone on a sandy clay loam soil in Zululand during winter. South. Afr. For. J. 193: 65-76
- Wikipedia.com. 2015. *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.. Publicado en internet, disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Lithraea_molleoides. Activo noviembre 2015.
- Wikipedia.com. 2015. *Kageneckia lanceolata*. Publicado en internet, disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Kageneckia_lanceolata. Activo noviembre 2015.
- Wikipedia.com. 2015. *Ruprechtia apetala*. Wedd. Publicado en internet, disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Ruprechtia_apetala. Activo noviembre 2015.
- Wikipedia.com. 2015. *Fraxinus pennsylvanica* Marshall. Publicado en internet, disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Fraxinus_pennsylvanica. Activo noviembre 2015.
- Wikipedia.com. 2015. *Quercus robur* L. Publicado en internet, disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Quercus_robur. Activo noviembre 2015.
- Wikipedia.com. 2015. *Castanea sativa* Mill. Publicado en internet, disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Castanea_sativa. Activo noviembre 2015.
- Zanvettor R., 2011. Clima. En Estudio del Área Protegida Carlos Paz. Córdoba. pp 96-103.
- Zapater M.A. y Del Castillo, E.M., 2003. El género *Cedrela* (Meliaceae) en la Argentina.

Zhang L., WR Dawes & GR Walker., 2001. Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. *Water Resources Research*, 37:701-708.

ANEXO

Las especies del ensayo

A continuación se describen las seis especies elegidas para evaluar su comportamiento en plantación:

- **Nativas**

***Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. “molle, molle de beber”**

Especie arbórea (2,5 a 9 m de altura), de copa globosa, perteneciente a la familia de las anacardiáceas. Nativa de Sudamérica, en zonas de Argentina, Bolivia, Brasil y Uruguay (Wikipedia.com, 2015). Se encuentra entre 0 y 2100 m.s.n.m. En Argentina se la encuentra en las provincias de: Catamarca, Chaco, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, La Rioja, Misiones, Salta, Santa Fe, San Juan, San Luis y Tucumán. (Verzino *et al.*, 2013).

Hojas: persistentes, compuestas y brillantes, con foliolos coriáceos, ovoides de 3 a 6 cm de longitud, con raquis alado. Flores: amarillentas, pequeñas, de 3-5 mm de diámetro, 5 pétalos libres y 10 estambres. Agrupadas en racimos axilares breves. Fruto: drupa subglobosa verde blanquecina, endocarpo subleñoso, con una semilla por fruto. (Herbotecnia.com.ar, 2015)

En las sierras de Córdoba florece en la primavera y fructifica en verano. (Herbotecnia.com.ar, 2015)

Es una especie típica del bosque serrano. Tolera sequía y heladas. Posee alta resistencia al frío y al viento. (Césere *et al.*, 1997)

Entre sus usos se destacan: leña, madera, conformadora de espacios verdes, apícola y medicinal. Como diurético y estomacal se emplean los frutos y hojas; contra resfríos, edulcorante medicinal y para teñir de color amarillo, las hojas. Para la preparación de bebidas denominadas "arropo" y "aloja" y fabricar refrescos, los frutos. En contraste, algunas personas afirman que es una planta venenosa debido a causar sensibilidad alérgica, daño en piel, fiebre, y problemas visuales. (Herbotecnia.com.ar, 2015, Soraru y Bandoni, 1978)

***Kageneckia lanceolata* Ruiz & Pav “durazno del campo”**

Especie arbórea semicaducifolia, dioica, perteneciente a la familia de las Rosáceas. Originario de Bolivia, Perú y centro de Argentina (Wikipedia.com, 2015). En Argentina se encuentra en las provincias de: Córdoba, Jujuy, Salta, Santiago del Estero, San Luis y Tucumán. (Verzino *et al.*, 2013).

Densamente ramificado con corteza escamosa, erguido, copa medio abierta y raíz profunda, llega a medir hasta 5 m de altura (Wikipedia.com, 2015). Distribuida entre los 1000 hasta los 2000 msnm (Verzino *et al.*, 2013).

Hojas, alternas simples, lanceoladas, de 2 a 5 cm de largo, finamente aserrada en el borde. Flores, unisexuales, masculinas y femeninas en individuos separados; las masculinas en corimbos o racimos terminales, las femeninas solitarias y axilares; florece en octubre y noviembre. Frutos, cápsula de 5 folículos dispuestos en forma de estrella, dehiscentes, con semillas pequeñas y aladas de color café claro; con frutos de diciembre hasta marzo (Wikipedia.com, 2015).

Poseen resistencia media a heladas, vientos y sequía (Césere *et al.*, 1997).

Usos: medicinal (antifebril, antipalúdico), forestal (carpintería liviana), melífero, de leña de alto poder calorífico, forrajero, tánico, conformadora de espacios verdes potencialmente útil para formación de setos, vallas y cortinas de protección (Wikipedia.com, 2015).

***Ruprechtia apetala* Wedd “manzano del campo”**

Especie arbórea (3 a 10 m de altura), diclino dioica, perteneciente a la familia de las Polygonáceas. Es endémica de Argentina y de Bolivia. Está amenazada por la pérdida de hábitat (Wikipedia.com, 2015). Se distribuye entre los 100 y 2000 msnm. En Argentina, podemos encontrarla en las provincias de: Catamarca, Chaco, Córdoba, Formosa, Jujuy, La Rioja, Salta, Santiago del Estero, Santa Fe, San Luis y Tucumán (Verzino *et al.*, 2013).

Copa redondeada, tronco de corteza grisácea, lisa, de 5 a 25 cm de diámetro; ramillas pubescentes, y ocreas caducas en nudos; ramas con lenticelas.

Hojas caducifolias, alternas, pubescentes en el envés, ovadas a elípticas, de 3-12 x 2-7 cm, manchadas color herrumbre cuando viejas, ápice agudo, base obtusa; márgenes ondulado-crenados, con nervación destacada, fuerte en el envés; pecíolo pubescente, de 4-12 mm de largo. Inflorescencias en racimos de 3-9 cm de largo, raquis y pedicelos pubescentes. Flor masculina rosa suave, de 3-5 mm de diámetro, y perianto 6-tépalos casi libres, oblongo-elípticos, ciliados en bordes; 9-estambres, 6 en el verticilo exterior y 3 en el interior, exertos; flor femenina rojiza a amarillenta, 3-sépalos pubescentes, lineal-lanceolados, de 2-4 mm de largo, soldados en un tubo muy corto; corola 3-pétalos, casi atrofiados, lineales, libres, menores que los sépalos; pequeños estaminodios. Fruto: aquenio elipsoide-trígono, de 9 x 3-4 mm, envuelto en los 3 sépalos acrescentes rojos, oblongos, de 25 mm de largo. Semilla piriforme-trilobulada, 5-8 mm de largo (Wikipedia.com, 2015).

Posee alta resistencia al frío y al viento. Tolera suelos secos y calientes. La favorece un buen drenaje. (Césere *et al.*, 1997)

Se la utiliza en parques y jardines, por el colorido del follaje y fructificación que le confiere interés a lo largo del año. En tiempos pasados sus hojas machacadas eran sustituto del tabaco en el norte de Córdoba (Floradecordoba.com.ar, 2015)

- **Exóticas**

***Fraxinus pennsylvanica* Marshall “fresno de Pensilvania”**

Especie arbórea, perteneciente a la familia de las Oleaceas. Tiene su área natural de origen en la región oriental de Estados Unidos y Canadá (Wikipedia.com, 2015).

Su cultivo se ha difundido en todo el Río de la Plata, por sus características similares a su tierra de origen, además de toda la Argentina, en particular en zonas rurales de provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, Mendoza y Entre Ríos.

En algunas regiones de la Argentina, como el delta del Paraná, este fresno se asilvestró. Sus frutos uniseminados, dispersados por el viento, generan nuevos individuos causando graves cambios en esta zona. Una vez instalado, resulta muy difícil su control. Por ello debe tenerse en cuenta éste antecedente de planta invasora, a la hora de decidir su incorporación a lugares donde exista y pueda expandirse favorablemente (Wikipedia.com, 2015).

Este árbol alcanza 15 a 20 metros de altura, de tronco recto y cilíndrico, proyecta mucha sombra. Es una especie diclino dioica (Wikipedia.com, 2015).

Es una especie rústica, crece en variadas condiciones climáticas y edáficas. Rango de altitud abarca desde 0 a por lo menos 1.700 m.s.n.m.. Requiere 380 – 1.520 mm de lluvia media anual: (Luque, 2009)

Es muy resistente al frío y a las heladas. Prefiere suelos fértiles, frescos y algo húmedos. Es de crecimiento relativamente rápido, y es muy sensible al ataque de las hormigas (Wikipedia.com, 2015).

Es muy indicado para ser utilizado en parques y paseos públicos y en el arbolado de calles. Su follaje verde lustroso que torna a amarillo intenso en otoño, le confiere marcados valores decorativos, además de brindar una sombra buena y fresca. Son árboles muy resistentes a la polución ambiental y de muy buena sanidad (Wikipedia.com, 2015).

La madera del fresno americano es de muy buena calidad para ciertos usos, con albura ancha, blanco crema, mientras que el duramen es castaño amarillento. Su brillo es mediano y algo lustroso, carece de olor y tiene textura mediana y heterogénea, grano derecho y vetado, suave con líneas castañas. La albura seca es susceptible a los insectos xilófagos, pero muy fácil de impregnar mientras que el duramen presenta penetración mediana. Es una madera fuerte, dura y tenaz. Con una elevada resistencia al choque y excelentes aptitudes para trabajos a la flexión y al desgaste. Da buenos resultados con tintes y lustres y puede encolarse satisfactoriamente. Presenta propiedades excelentes para trabajos de curvado al vapor. Se emplea en tonelería, muebles con partes curvadas, artículos deportivos, tornería, mangos y cabos de herramientas, implementos agrícolas, accesorios textiles, embarcaciones, remos, envases y chapas (Wikipedia.com, 2015).

La floración se produce en primavera, con flores diminutas de color verde amarillento, sin interés ornamental, agrupadas en panículas cortas. Sus frutos son sámaras de entre 3 y 6 cm de largo, de color verde amarronado, que maduran a finales de verano y a principios de otoño (Wikipedia.com, 2015).

***Quercus robur* L. “roble europeo”**

Es una Fagácea arbórea y su área de distribución comprende casi toda Europa desde el Atlántico a los Montes Urales. Es un árbol robusto, de porte majestuoso, que puede superar los 40 metros de altura (Wikipedia.com, 2015).

De copa amplia, aovada, redondeada o irregular y hoja caduca. Tronco derecho, corto y muy grueso en los ejemplares aislados, con ramas gruesas y algo tortuosas; corteza grisácea o blanquecina, muy resquebrajada y de tonalidad parduzca en los ejemplares viejos. Hojas grandes, simples, en disposición alterna, con estípulas alargadas que caen pronto; son lampiñas por las dos caras, de color verde intenso por el haz y más pálidas, con los nervios bien marcados, por la cara inferior; su forma es aovada, con peciolo muy corto (2 a 7 mm), con el borde más o menos, profundamente, lobulado y con los lóbulos desiguales y redondeados, suelen medir unos 6 a 12 cm de largo por unos 3 a 6 de ancho (Wikipedia.com, 2015).

Flores masculinas en amentos colgantes, verdes-amarillentos, que nacen solitarios o en grupos de ramillas del año anterior. Bellotas colgantes sobre un largo pedúnculo, aovado-oblongas, con caperuza o cascabillo de escamas casi planas, empizarradas (Wikipedia.com, 2015).

Es una especie indiferente en cuanto a suelos, aunque se desarrolla con mayor vigor en los sueltos y profundos, preferiblemente silíceos. En cuanto a la altitud, los crecimientos óptimos tienen lugar entre los 0 y los 1000 m.s.n.m (Wikipedia.com, 2015).

Muy resistentes a las condiciones de sequía (no requieren más de 600 mm anuales), soportan mal el trasplante en las primeras fases de su vida, por lo que es recomendable sembrarlos directamente en la finca en la que se van a mantener, si bien en ese período son más exigentes que los adultos respecto a la humedad y necesitan un control exhaustivo de los riegos (Cañado *et al.*, 2008).

Son especies que requieren una buena insolación, perdiendo vitalidad si quedan en umbría. Resisten el frío e incluso las heladas sin mayor dificultad. Presentan una gran capacidad de rebrote, de forma que de los tocones talados se obtienen rápidamente ejemplares jóvenes de desarrollo correcto (Cañado *et al.*, 2008).

Son poco afectados por los incendios, si hay viento y el frente pasa relativamente rápido, rebrotando al poco tiempo de haber tenido lugar los incendios (Cañado *et al.*, 2008).

Es una especie forestal cuya madera es dura, pesada y fácilmente trabajable, especialmente porque proviene de árboles desarrollados lentamente. Se emplea en ebanistería, fabricación de muebles de calidad, construcción naval, tornería, elaboración de tallas, tonelería.

Es plantado aisladamente en parques y paseos siendo símbolo de fuerza, vigor y longevidad.

En la Argentina es un árbol muy cultivado. Es común ver en el mercado "falsos" muebles de roble construidos realmente en otras maderas.

A nivel mundial, por el contrario, su demanda es alta; aunque no así su cultivo, razón por la cual se cree que, de seguir esta tendencia, podría estar en pocos años, en vías de extinción.

Castanea sativa Mill “castaño”

Es un árbol caducifolio monoico perteneciente a la familia de las fagáceas, cuyo fruto, la castaña, es comestible y fue una importante fuente alimenticia, en particular en los países mediterráneos (Wikipedia.com, 2015).

Es originario de Europa meridional y Asia Menor. Forma bosques en suelos frescos y húmedos. Introducido para su cultivo, y ocasionalmente naturalizado, en muchos países de todo el mundo, incluidos Australia y Nueva Zelanda. Altitud: desde 200 m hasta 1.800 m (Wikipedia.com, 2015).

Alcanzan hasta 25-30 m de altura. Hojas simples, oblanceoladas, serradas, con dientes agudos, glabras por el haz y un poco pubescentes a lo largo de los nervios por el envés. Flores masculinas en amentos de hasta 20 cm y las femeninas con 7-9 estilos en el ápice del ovario, cubierto de pelos sedosos. El fruto es una cúpula subglobosa cubierta de largas espinas ramificadas y algo pelosas (calibio) que mide entre 5-11 cm de diámetro, dehiscente. El endocarpo, que es la "piel"/cáscara exterior tiene color pardo oscuro ("castaño") con bandas longitudinales algo más oscuras; es brillante, prácticamente liso. Dicho endocarpo rodea la semilla, que es ruminada, sin endospermo y envuelta por un tegumento (epispermo) de color canela, irregular e íntimamente pegado a los cotiledones, penetrando en las fisuras e irregularidades de sus superficies. Dicha semilla es la parte comestible de la castaña (Wikipedia.com, 2015).

Esta especie requiere un clima suave y una humedad adecuada para su crecimiento y la producción de castañas (Wikipedia.com, 2015). Necesita precipitaciones de al menos 600 mm anuales, soportando bien períodos cortos de sequía, pero no tolera bien el encharcamiento. Se desarrolla en forma natural entre los 0 y 2000 metros de altitud (Cañado *et al.*, 2008). Es sensible a las fuertes sequías estivales y a las grandes heladas invernales, perjudicándole las tardías de primavera y las escarchas precoces del otoño. Le gustan los terrenos silíceos, no tolera los suelos

calizos. En hábitats boscosos puede tolerar una sombra ligera; se encuentra bien en laderas de montaña algo frescas pero calientes durante el verano, que es cuando se forman sus frutos. Prefiere el terreno suelto, ligero, profundo y rico en sílice, desarrollándose vigorosamente en los terrenos graníticos y volcánicos. Por el contrario, no le son convenientes los suelos síliceo-arcillosos, arcilloso-compactos y calcáreos, siendo uno de los árboles que mejor recuperan terrenos pobres, por lo que son muy utilizados en sus regiones de origen. (Cañado *et al.*, 2008).

El castaño es ampliamente cultivado por sus sabrosos frutos comestibles, las castañas, que se consumen crudas o asadas y son utilizadas por los confiteros.

Su duradera madera se usa para fabricar muebles, tutores para plantas, vigas para decoración y construcción, barriles y vallas, bicheros para la pesca del atún. Sus hojas, que se cuentan entre las más fáciles de reconocer de todos los árboles, han sido usadas en la alimentación animal. Además, las hojas, se usan como expectorante, antitusivo, astringente, antidiarréico, antipirético y antirreumático. La corteza es astringente.

Florece a fines de primavera, y las castañas maduran durante el otoño. Para que los frutos maduren, necesita veranos cálidos.

Se propaga sin problemas desde sus castañas.