

ÁREAS PRIORITARIAS DE FORESTACIÓN PARA EL CONSORCIO DE CONSERVACIÓN DE SUELO “PASO DEL PUMA” CÓRDOBA, ARGENTINA. CRITERIOS PARA LA EJECUCIÓN DEL “PLAN PROVINCIAL AGROFORESTAL”. LEY N°10.467

Arreguez, Rocío¹; Raspanti, Jorge²; Esmoriz, Gustavo³.

¹Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cátedra de Hidrología Agrícola. Córdoba. Argentina

²Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cátedra de Topografía. Córdoba. Argentina

³Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cátedra de Manejo de Suelos. Córdoba. Argentina.

j.raspanti @unc.edu.ar

RESUMEN

A partir del área piloto del Consorcio de Conservación de Suelos “Paso del Puma”, se buscó determinar cartográficamente áreas prioritarias de forestación que pudieran dar mejor respuesta a los principios de la Ley N°10.467, según variables de sensibilidad ambiental, ecológica, económica y paisajísticas. El área de estudio cuenta con 46.080 hectáreas, se encuentra en la cuenca de Río Segundo en la provincia de Córdoba, Argentina. Se utilizó la herramienta superposición ponderada del software ArcMap (10.6, ESRI). Se confeccionó un mapa que permitió analizar cinco variables: Cobertura arbórea actual, erosión hídrica potencial del suelo, tipo de suelo según capacidad de uso, red de drenaje superficial, y la infraestructura vial, ferroviaria y canal Los Molinos Córdoba. Se otorgó un valor de importancia a las distintas variantes de cada variable, según los beneficios que genere la cobertura arbórea al ecosistema en una escala del 1 al 5. Se confeccionaron mapas parciales de cada variable elegida, y se procedió a la Superposición Ponderada. Se estableció una escala de ponderación común, del 1 al 5, y se afectó por un porcentaje de influencia. Se categorizaron las áreas diferenciales de prioridad de forestación en una escala de cinco valores: 1 (baja), 2 (moderada), 3 (media), 4 (alta), y 5 (muy alta), donde la ponderación de los valores más altos representaba las zonas de alta prioridad y los resultados de menor valor las zonas de menor prioridad. Se obtuvo como resultado que aproximadamente 208 hectáreas son de pertenecen a las categorías 4 (alta) y 5 (muy alta), siendo esto una guía para dirigir la labor hacia estas zonas; 5.042 hectáreas pertenecen a la categoría 3 (media) además, 25.454 hectáreas pertenecen a la categoría 2 (moderada) y finalmente, 15.375 hectáreas pertenecen a la categoría 1 (baja). Se logró determinar las áreas prioritarias de forestación, resultando la metodología aplicada una herramienta útil para ser considerada en la planificación y en la toma de decisiones, tanto a nivel regional como predial.

Palabras clave: cuencas hidrográficas, servicios ecológicos, sensibilidad ambiental, sistemas de información geográfica.

INTRODUCCIÓN

En el mes de agosto del año 2017 se reglamentó en la provincia de Córdoba, Argentina la Ley N°10.467 “Plan Provincial Agroforestal” (PPA). La normativa se instrumentará mediante actividades, orientadas fundamentalmente a la forestación o reforestación de predios públicos y privados. La ley tiene como objeto el promover el desarrollo sostenible y mejorar la situación social, ecológica, paisajística y de producción de las diversas áreas de la Provincia (LEY 10.467, 2017). El Ministerio de Agricultura y Ganadería de la provincia de Córdoba es la Autoridad de Aplicación, y por lo tanto, responsable de ejecutar las acciones tendientes a la

promoción, concientización y difusión del objeto de la presente ley y de las alternativas establecidas para su cumplimiento, a fin de garantizar los principios ambientales regulados en las leyes nacionales, ley general de ambiente (LEY 25.675, 2002) y ley de protección ambiental de los bosques nativos (LEY 26.331, 2007) y sus presupuestos mínimos. El PPA obliga a los propietarios de establecimientos rurales a tener implantadas con especies arbóreas, entre el 2 y el 5 por ciento de la superficie de sus predios, dependiendo de la región y otras variables. Prevé alcanzar en 10 años la implantación de árboles en unas 100.000 hectáreas en toda la Provincia.

La provincia de Córdoba presenta también una serie de normas previas, la “Ley de ordenamiento territorial de

bosques nativos de la provincia de Córdoba” (LEY 9.814, 2010), la cual tiene por objeto la conservación de bosques nativos mediante el ordenamiento territorial y la Ley de “Política Ambiental Provincial” (LEY 10.208, 2014) que, tiene por objeto, garantizar el cumplimiento de los principios ambientales establecidos en la Ley Nacional N.º 25.675.

En el año 2004, se decreta la ley N.º 8.863 en la Provincia de Córdoba, que establece la creación y funcionamiento de Consorcios de Conservación de los Suelos (CCS), dentro del territorio de la Provincia. El objetivo de la ley es fomentar la adopción de las prácticas agronómicas e ingenieriles para el control de la erosión hídrica en áreas que presentan esta problemática, estas se encuentran ubicadas, en su mayoría, geomorfológicamente dentro de la Pampa Elevada y la Depresión Periférica con un uso actual del suelo predominantemente agrícola. Los CCS tienen como función principal: proponer a la Autoridad de Aplicación para su aprobación los planes y proyectos; la construcción de obras; la realización de trabajos por sí, por terceros o en concurso con los propietarios de los inmuebles afectados por las tareas que fueran necesarias y la administración y control del mantenimiento de los planes prediales de conservación de suelos. Las jurisdicciones, quedan comprendidas dentro de las áreas envueltas por cuencas hidrográficas, cursos de agua, embalses u otros accidentes naturales que conformen una zona ecológicamente homogénea, a los efectos de realizar los trabajos de conservación y mantenimiento de los suelos. Esa delimitación puede ser propuesta por cada Consorcio, o por la Autoridad de Aplicación, atendiendo las necesidades agropecuarias, socioeconómicas, geográficas, etc. El área del Consorcio “Paso del Puma” está comprendida por límites físicos como divisorias de agua y a su vez, incluye áreas que atienden a estas necesidades socioculturales y productivas.

OBJETIVO

A partir de un área piloto, la del CCS “Paso del Puma”, se buscó determinar cartográficamente áreas prioritarias de forestación que pudieran dar mejor respuesta a los principios de la Ley N.º 10.467, según variables de sensibilidad ambiental, ecológicas, económicas y paisajísticas. Además, hacer una valorización del uso del área de los CCS como unidad de manejo de estos criterios. Para alcanzar los objetivos planteados se utilizaron conceptos de cuencas hidrográficas (CH), servicios ecológicos (SE), sensibilidad ambiental (SA), y sistemas de información geográfica (SIG); y variables con afectación en la vulnerabilidad de los ecosistemas o su capacidad para generar beneficios ambientales; estas

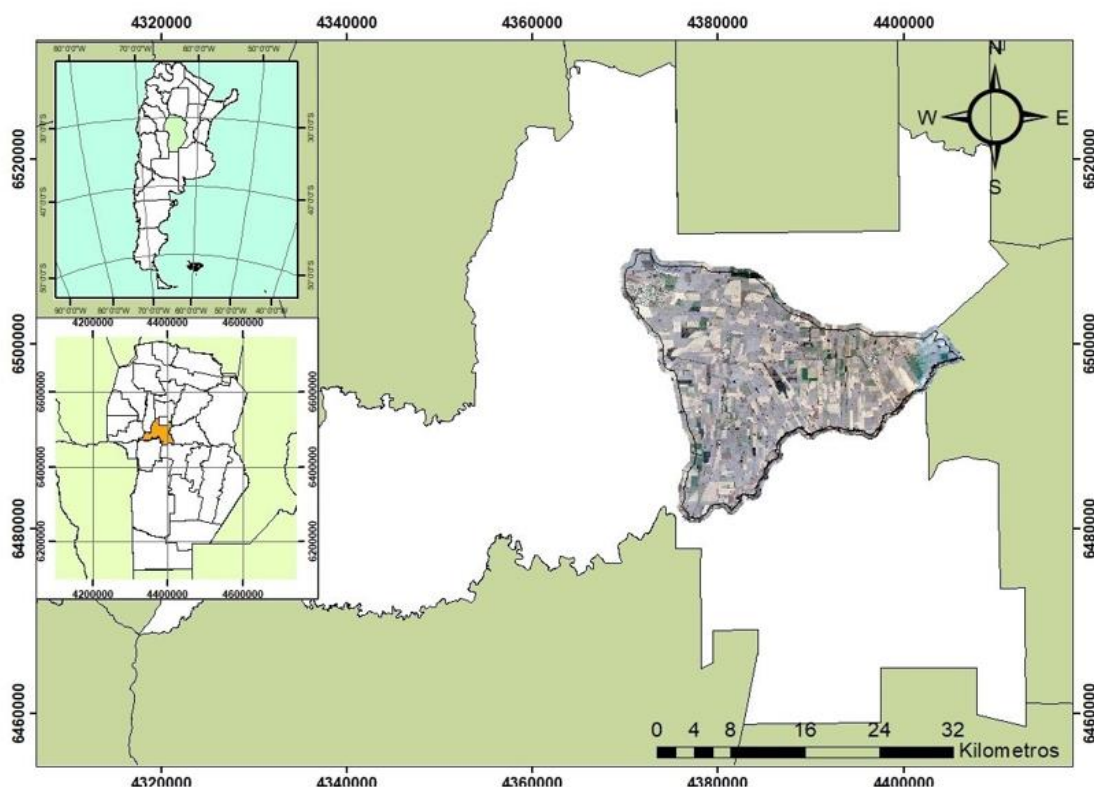
fueron: cobertura arbórea actual, erosión hídrica potencial del suelo (Rojas, A.E. y Conde A., 1985), tipo de suelo según capacidad de uso (CU) (Klingebiel, A. A. y Montgomery, P. H., 1961), red de drenaje superficial e infraestructura vial, ferroviaria o hidráulica.

Las cuencas hidrográficas son zonas geográficas drenadas por una corriente de agua. Cumplen importantes funciones y servicios, como el suministro de agua dulce; la regulación del flujo del agua; el mantenimiento de la calidad del agua; el suministro y la protección de los recursos naturales; protección frente a peligros naturales (por ejemplo, inundaciones); conservación de la biodiversidad; y recreación (FAO, 2017).

Los servicios ecológicos se refieren a los beneficios que proporciona a la sociedad, y en particular a las actividades productivas, la conservación del ambiente natural; alude a los procesos naturales que purifican el aire y el agua, mantienen la fertilidad del suelo, disminuyen la posibilidad de que se produzcan inundaciones o atenúan las consecuencias de las sequías (Szpeiner, A., Martínez, M. A. y Ghersa, C. M., 2007).

La sensibilidad ambiental (SA), es el potencial de afectación, transformación o cambio que pueden sufrir los componentes ambientales como resultado de la alteración de los procesos físicos, bióticos y socioeconómicos que lo caracterizan, debido a los procesos de intervención humana o al desarrollo de procesos naturales de desestabilización. La valoración de los grados de sensibilidad ambiental de un área se puede establecer a través de la evaluación de la capacidad de respuesta que poseen los distintos componentes ambientales para aceptar la incidencia de las actividades humanas sin sufrir transformaciones o cambios y de acuerdo a los niveles de susceptibilidad que pueden tener los componentes ambientales al desarrollo de procesos de desestabilización natural. La calificación de la sensibilidad ambiental de cada componente sobre unidades territoriales de análisis genera áreas homogéneas de sensibilidad que tienen una expresión espacial, representada cartográficamente a través de los mapas de sensibilidad ambiental (Sandía Rondón, L., y Henao de Vásquez, A., 2008).

Utilizando las herramientas digitales podemos combinar variables que condicionan la vulnerabilidad del ambiente y representarlas en una expresión espacial. Los sistemas de información geográfica (SIG) son bases automatizadas de datos referenciados geográfica o espacialmente que permiten incorporar procesos de análisis de la información. En efecto, cada dato que conforma el banco de referencia se corresponde con la característica del comportamiento de un elemento ambiental en un territorio delimitado. En definitiva, los SIG permiten manejar múltiples variables referidas al mismo espacio,



Mapa 1: Ubicación del CCS, en el departamento Santa María, Provincia de Córdoba, Argentina.

combinándolas de múltiples maneras, lo cual amplía las posibilidades de análisis que brindan los mapas convencionales, además de facilitar su almacenamiento y actualización (Sandía Rondón, L., y Henao de Vásquez, A., 2008).

Las áreas calificadas según su sensibilidad ambiental, ponderadas junto a otras variables de relevancia ecológica, económica o paisajística, son tomadas como “zonas prioritarias”, donde deben ir dirigidos los esfuerzos de restauración, protección de recursos naturales y prevención de daños ambientales futuros estableciendo así un criterio de economía de los esfuerzos de restauración ambiental.

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO LOCALIZACIÓN

El área de estudio cuenta con 46.080 ha, se encuentra en el departamento Santa María en la provincia de Córdoba, extendiéndose entre 31°32' - 31°48' Latitud Sur y 64°0' - 64°21' Longitud Oeste. Dentro de la misma se encuentran los municipios de Lozada, Rafael García y Villa Santa Ana (**Mapa N°1**). Ésta corresponde a la superficie del consorcio “Paso del Puma”, que

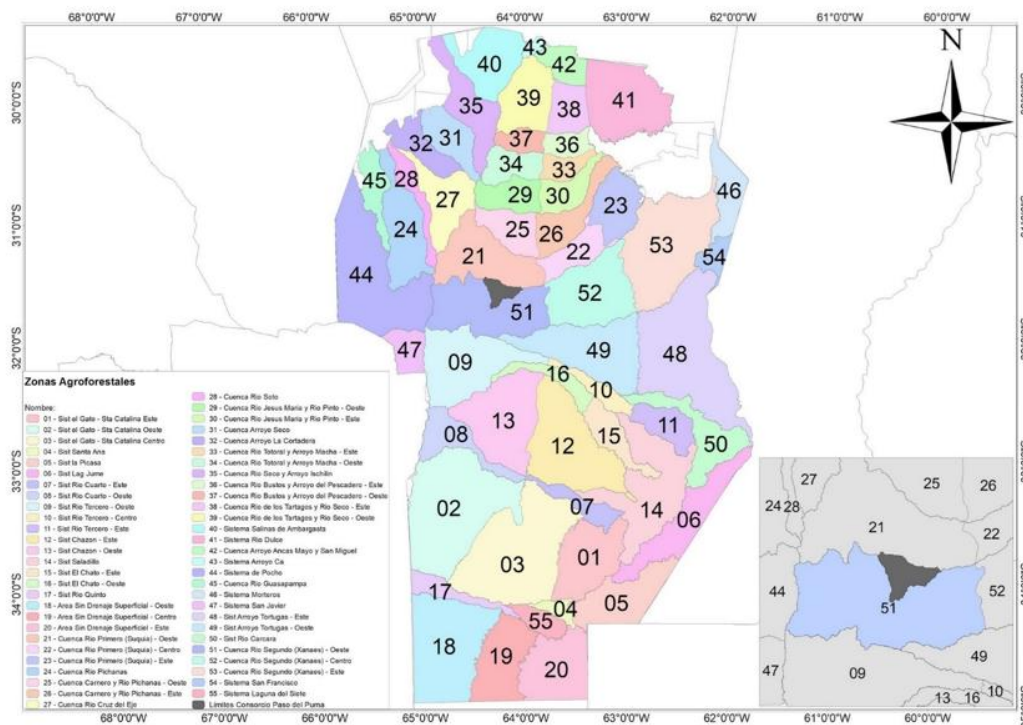
comprende mayoritariamente a la cuenca Rafael García-Lozada (37.913 has) y otras 6 cuencas menores. Dentro de la ley N°10.467 se establecieron, para toda la provincia de Córdoba, 55 zonas agroforestales, el área de estudio se encuentra en la cuenca de Río Segundo (Xanaes) Oeste. Los productores de esta cuenca están obligados por la norma, a forestar el 3% de su superficie (**Mapa N°2**).

CENTROS URBANOS

Los límites del consorcio en estudio abarcan las localidades de Lozada, Rafael García, que se encuentran sobre la ruta C45, y Villa Santa Ana, sobre la RP N°5. Al Este del área de estudio se encuentra la localidad de Río Segundo, al Oeste la localidad de Alta Gracia, y al Sur la localidad de Despeñaderos.

RED VIAL Y FERROVIARIA

La región en estudio presenta una red vial compuesta por rutas nacionales, provinciales, caminos primarios, secundarios y terciarios. Además, la línea ferroviaria General Bartolomé Mitre.



(Fuente: www.mapascordoba.gob.ar)

Mapa N°2. Zonas agroforestales según PPA. Ubicación del CCS en la zona agroforestal correspondiente.

Encontramos la ruta provincial N°5 en dirección Noreste - Suroeste, la ruta nacional N°36 cuya dirección es Norte - Sur y la ruta provincial C45 que recorre la cuenca Oeste – Este, interceptando con la ruta nacional N°36 en el extremo Oeste del área del consorcio.

La línea ferroviaria General Bartolomé Mitre. Es una de las más extensas que componen la red ferroviaria argentina de trocha ancha. En el consorcio cruzan dos vías, una de éstas se extiende paralelamente a la ruta provincial C45 recorriendo la cuenca Oeste-Este e ingresando a las localidades de Rafael García y de Lozada, la segunda recorre el área paralelamente a la ruta nacional 36 en dirección sur, pasando también por Rafael García. Además, el consorcio es atravesado por el canal Los Molinos Córdoba, que se extiende desde el azud La Quintana hasta planta potabilizadora de Bajo Grande. Teniendo en su totalidad 60 kilómetros de longitud. Cruza la cuenca de Sur a Norte, pasando por Rafael García (ACIF, 2016). Este proporciona agua a alrededor de 400.000 personas.

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Según la clasificación climática de (Köppen, 1936), el clima de la región corresponde al tipo seco subhúmedo,

meso termal, con distribución monzónica de las lluvias, 82,3% en el semestre octubre a marzo. La temperatura

media de la zona es de 17,4°C. Las heladas ocurren entre los meses de mayo y septiembre. La precipitación media anual es de 886 milímetros y la evapotranspiración potencial es de 861 milímetros anuales (Ateca, 2004).

CARACTERÍSTICAS FISIográfICAS

Los ambientes geomorfológicos, que caracterizan los aspectos geomórficos, estructurales y de vegetación presentes en el área de estudio son, la Pampa Loésica Alta presente en mayor proporción, y la Depresión Periférica (Agencia Córdoba Ambiente, INTA, 2006). Dentro del área de influencia del consorcio se pueden observar que las pendientes que se encuentran en mayor proporción, corresponden a valores entre 0,5% y 4%.

CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS

Comprendidas dentro del área de estudio se encuentran cinco unidades cartográficas de acuerdo se especifica en la **Tabla N°1** (Agencia Córdoba Ambiente, INTA, 2006).

Nombre	Tipo de UC	Perfil Tipo	Capacidad de Uso	Índice de Productividad
Mktc-2	Asociación	Argiustol típico 70% Haplustol éntico 30%	III	61
Mnen-4	Consociación	Haplustol éntico 100%	III	68
MNen-6	Consociación	Haplustol éntico 100%	III	58
MNtc-2	Consociación	Haplustol típico 100%	IV	24
CoRS	Complejo		VI	5

Tabla 1. Unidades cartográficas presentes en el área de estudio y sus características

COBERTURA Y USO DEL SUELO

El consorcio se caracteriza por un paisaje agrícola, ya que un 93% de la cobertura es de cultivos anuales, el 7% restante corresponde superficie ocupada por vegetación no agrícola, agua y áreas urbanas (Suque, 2014). Se encuentra dentro del departamento Santa María, donde los principales cultivos son soja, maíz, sorgo, trigo, maní y girasol; siendo en la campaña 2018/2019 la superficie sembrada para los cultivos estivales más importantes, de 101.000 ha para soja, con un rendimiento 3.400 kg/ha y de 60.000 ha para maíz, con un rendimiento de 8.700 kg/ha (M.A.y.G, 2019).

METODOLOGÍA

Se utilizó la herramienta de superposición ponderada del software ArcMap (10.6, ESRI), ya que aplica uno de los enfoques más utilizados en el análisis de superposición para resolver problemas de varios criterios como la selección de sitios y los modelos de adecuación. Se confeccionó un mapa de sensibilidad ambiental que permitió analizar cinco variables: Cobertura arbórea actual, erosión hídrica potencial del suelo, tipo de suelo

según capacidad de uso (CU), red de drenaje superficial, y por último la infraestructura vial, ferroviaria y canal Los Molinos Córdoba.

Se le otorgó un valor de importancia a las distintas variantes de cada variable, según los beneficios que genere la cobertura arbórea al ecosistema en una escala del 1 al 5. Siendo 5 (cinco) el valor a la cual realizar actividades de forestación traerá mayor beneficio al ecosistema y 1 (uno) aquel que su respuesta sea menor. Cada criterio se ponderó por un porcentaje de influencia, establecida según la capacidad de modificar el ambiente.

En una primera etapa se confeccionaron los mapas parciales de cada variable elegida con sus variantes, y en una segunda etapa, se procedió a la Superposición Ponderada de los factores intervinientes.

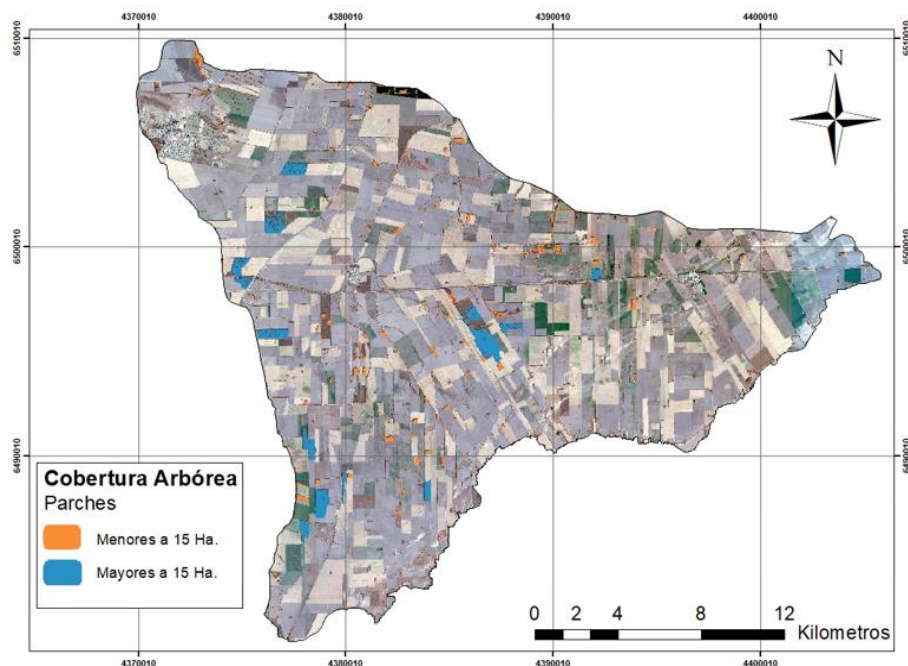
CONFECCIÓN DE MAPAS PARCIALES

Primera variable: Cobertura arbórea actual

Para la caracterización de la cobertura arbórea actual del área de estudio, se tomaron un total de 27 imágenes de agosto y septiembre de 2019 de Google Earth a una altura de 9.000 metros de vista del ojo, y se

georreferenciación con la herramienta “georreferenciación” del software. A partir del mosaico formado se realizó una clasificación supervisada con la

herramienta “clasificación supervisada”, donde se dividió el paisaje en superficie con cobertura arbórea de otro tipo de cobertura (**Mapa N°3**).



Mapa N°3. Distribución de la cobertura arbórea actual en el CCS “Paso del Puma”, Provincia de Córdoba.

Una vez clasificada la vegetación del CCS se categorizaron los parches en dos grupos; menores y mayores a 15 hectáreas, como primer criterio de agregación boscosa. En el caso de las superficies hasta a 15 ha, se definió un área de influencia, aplicando distancias mínimas, con el objetivo de permitir la formación de nuevos parches o núcleos, a través de la conexión de árboles aislados, la aproximación de parches de menor tamaño y la expansión de los existentes. Las áreas de influencia aplicadas fueron diferentes, de 10 metros, para parches menores a una hectárea, de 20 metros para parches comprendidos entre una y cinco hectáreas y de 30 metros en los mayores a cinco y hasta 15 hectáreas.

Para las superficies que superan las 15 hectáreas, no solo se priorizó la expansión de la cobertura arbórea existente, sino la conectividad en los parches. Y se definió para este caso, una distancia mínima de 500 metros, por ser la distancia mínima que permitió dicho vínculo, es decir, la conexión de la mayoría de los fragmentos existentes, de esta manera aumentar sus áreas de servicios. Se plantea priorizar los alrededores de los parches existentes con el objetivo de expandir las áreas internas de núcleos, definidas como áreas dentro del fragmento que no se ven afectadas por el efecto del borde, donde la influencia de la actividad del hombre y otros factores externos son menos evidentes (**Mapa N°4**). El área núcleo queda definida aplicando un radio interno de 100 metros del perímetro del fragmento, que

mejora las condiciones para el hábitat de las especies (Suque, 2014).

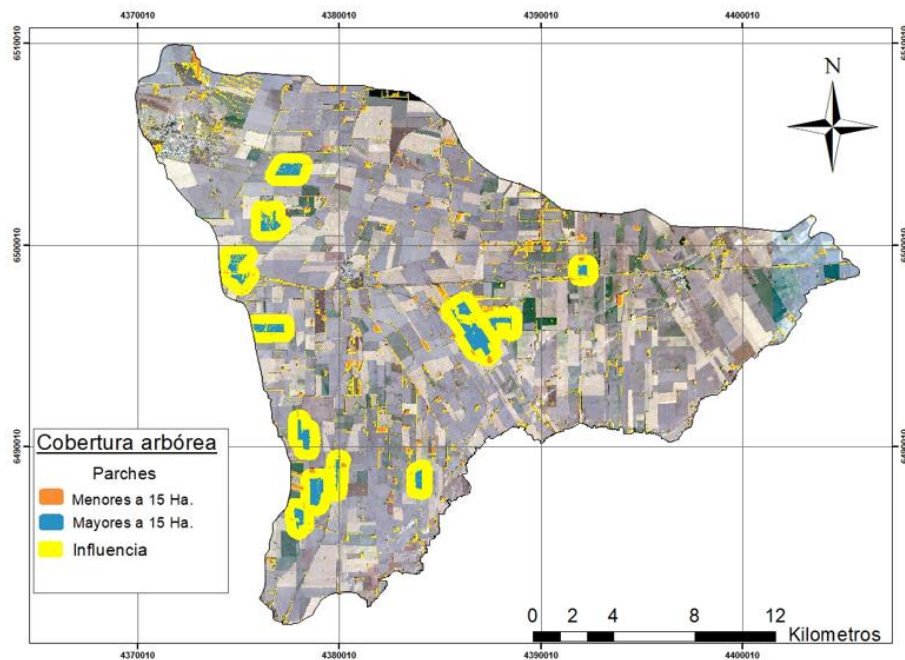
Además de la expansión de áreas núcleos, se definieron las distancias mínimas para que en el futuro los predios influenciados por estos núcleos, puedan plantear corredores biológicos entre los parches y las zonas de convergencia.

La Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) define a un corredor biológico como “un espacio geográfico delimitado que proporciona conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitat, naturales o modificados, y asegura el mantenimiento de la diversidad biológica y los procesos ecológicos y evolutivos”. Los corredores biológicos están integrados por zonas núcleo que la mayoría de las veces son áreas protegidas, y por el corredor propiamente dicho (CONABIO, 2015).

Se confeccionó un mapa parcial de cobertura arbórea actual (**Mapa N°4**) donde los píxeles que tuvieron el atributo de cobertura arbórea o su área de influencia adquirieron un valor de 5 (cinco), mientras que los píxeles que no correspondan a éstas, poseen valor de 1 (uno).

Segunda variable: Erosión hídrica potencial (EPH)

La erosión hídrica es uno de los mayores problemas que enfrenta la agricultura en el área central de la provincia de Córdoba, y su estimación es de suma importancia para la planificación y la toma de decisiones. La



Mapa N°4. Areas de influencia aplicadas a la capa de cobertura arborea actual del CCS “Paso del Puma”, Provincia de Córdoba.

cartografía de la EHP se tomó del Plan Básico de CCS “Paso del Puma” (Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC. y Ministerio de Agricultura y Ganadería, CBA., 2019). Existen diversos métodos para estimar la erosión potencial de una región, y se optó por el modelo de Ecuación Universal Pérdida de Suelo (USLE) (Wischmeier W. y Smith, D., 1978). La USLE considera en su análisis, que el proceso erosivo de un área es el resultado de la interacción de factores naturales (lluvia, suelo y topografía) para estimar la erosión potencial, y al que se le suma el impacto de factores influenciados directamente por el hombre (uso y manejo de la tierra) para definir la erosión actual (Rojas, A.E. y Conde A. , 1985). A partir de estos factores, predice la tasa de pérdida de suelo en cualquier combinación de ellos. La metodología utilizada para la estimación de la EHP consistió en recabar los datos necesarios y suficientes para asignarle valor a los factores intervinientes en la estimación de EHP, por lo tanto, se le asignaron valores a erosividad de la lluvia, erodabilidad del suelo, longitud y gradiente de la pendiente. Los valores de EHP se clasificaron por el método de intervalos geométricos que proporciona el software, en 5 rangos, para reclasificar cada rango y utilizarlo en la ponderación final según se muestra en el **Mapa N°5**.

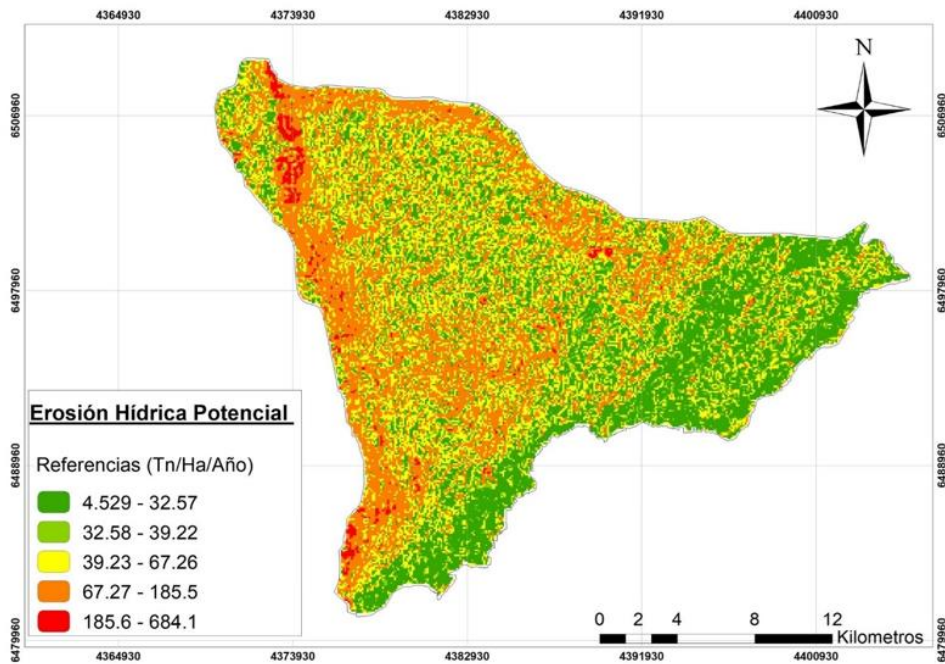
Tercera variable: Capacidad de uso (CU) de los suelos

La clasificación de los suelos por CU se basa en la incidencia del clima y otras variables permanentes del suelo en función de los riegos de ocasionarle daños, las limitaciones de su uso, su capacidad productiva o los

requisitos para su manejo. Los valores de CU se tomaron del libro “Los Suelos” (Agencia Córdoba Ambiente, INTA, 2006), y la escala se determinó siguiendo el orden de importancia de la clase, estableciendo la escala 5 (cinco) a aquellas que poseen las clases de valor más alto y la subclase de mayor importancia. Siendo las clases establecidas del I al VIII y las subclases, en orden de importancia: riesgo de erosión (e), exceso de humedad, drenaje insuficiente o peligro de inundación (w), límites en la zona de actividad radical (s) y limitaciones climáticas (c) (Klingebiel, A. A. y Montgomery, P. H., 1961). A partir de la información proporcionada, se utilizó como característica de cada unidad cartográfica su clase y su subclase, para clasificar a cada una de las unidades cartográficas presentes en una escala del 1 al 5 (**Tabla N°2**) con la que se confeccionó el **Mapa N°6**.

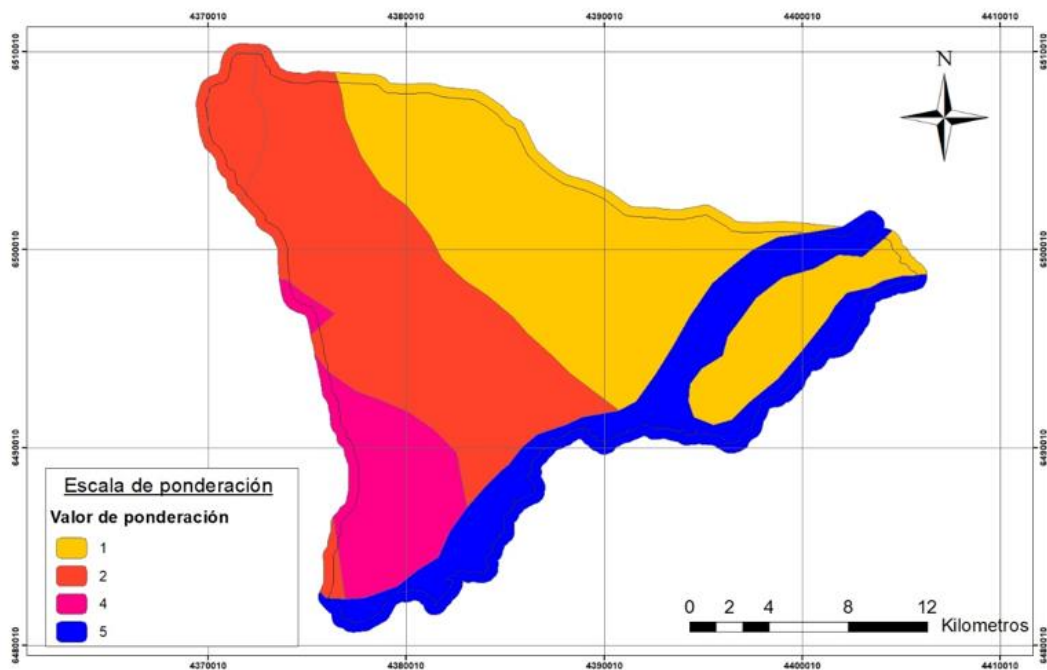
Cuarta variable: red de drenaje superficial

Para generar la capa de red de drenaje superficial se realizó un mapa de pendiente de la cuenca a partir de 11 modelos digitales de elevación (MDE). Estos MDE aerofoto métricos poseen 5 metros de resolución espacial y fueron tomados del Instituto Geográfico Nacional (IGN) con los que se desarrolló un mosaico. A partir del mapa de pendientes, se aplicó la herramienta “hidrología de análisis espacial” que brinda el software. Obteniendo de esta forma las vías de escurrimiento del terreno. Una vez generadas se aplicó la herramienta “orden de flujos” para categorizarlas con el método de (Horton, 1945).



Fuente: (Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC. y Ministerio de Agricultura y Ganadería, CBA., 2019).

Mapa N°5. Erosión potencial del suelo en el CCS “Paso del Puma”, Provincia de Córdoba.



Mapa N°6. Ponderación de la Capacidad de uso de los suelos en el CCS “Paso del Puma”.

Unidades Cartográficas	Clase	Subclase	Ponderación
CoRS	VI	w	5
Mntc-2	IV	e	4
Mktc-2	III	e	2
Mnen-6	III	e	2
Mnen-4	III	s	1

Tabla N°2. Unidades cartograficas, clase, subclase y su escala de ponderacion.

Se establecieron áreas de influencia para cada orden con la función buffer, para posteriormente ser unidas y rasterizadas formando la capa final que entrará en la superposición ponderada, donde los pixeles que tuvieron el atributo de red de drenaje y su área de influencia adquirieron un valor de 5 (cinco), mientras que los pixeles que no correspondan a éstas, poseen valor de 1 (uno) (**Mapa N°7**). Las áreas de influencia aplicadas fueron de 10 a 60 metros para los órdenes de 1 al 6 obtenidos por la herramienta, respectivamente. Estos valores se establecieron sin haber realizado un análisis de flujo de la red de drenaje.

Quinta variable: Infraestructura vial, ferroviaria y canal Los Molinos Córdoba

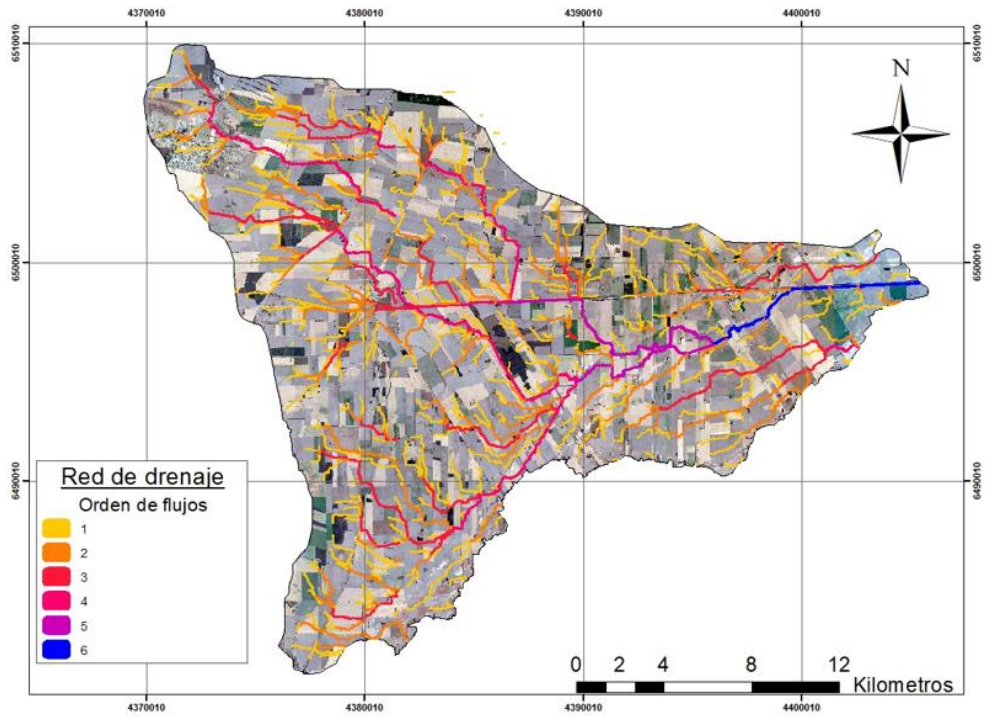
Para esta variable se tuvo en cuenta principalmente aquellas obras antrópicas que abarcan mayor magnitud en el área, por su influencia en la modificación del paisaje. Se consideró la red ferroviaria General Bartolomé Mitre, las rutas provinciales N°5 y N°45, y la ruta nacional N°36 a los cuales se les aplicó un área de influencia, de 100 metros a la red ferroviaria y de 50 metros a la red vial, para priorizar áreas adyacentes. La forestación de red vial tiene como beneficio mitigar el impacto de las tormentas de viento, que reducen la visibilidad de las rutas y amortiguar el impacto ambiental de la red vial las localidades adyacentes reduciendo la contaminación sonora, por ejemplo. Además, dotar a rutas provinciales de bolsones verdes diseñados paisajísticamente, teniendo en cuenta la seguridad vial. Se estableció como infraestructura de interés también, al canal Los Molinos Córdoba, considerado por ser fuente de agua para la ciudad de Córdoba, con un área de influencia de 50 metros hacia cada lado del canal como zona prioritaria de forestación. A pesar de no existir muchos ejemplos de franjas forestadas para canales, sí se encuentran para zonas ribereñas de cursos permanentes que podrían ser usados para este caso. El diseño apropiado de las franjas puede contribuir

significativamente al control de la contaminación. Estas franjas cumplen un amplio rango de funciones (Gayoso, J., y Gayoso, S., 2003); para este caso, al tratarse de un canal revestido, protegerlo de fuentes de contaminación de tierras altas, atrapando o filtrando sedimentos, nutrientes y químicos de actividades agropecuarias, mejorar la apariencia estética de los cauces y ofrecer oportunidades para recreación.

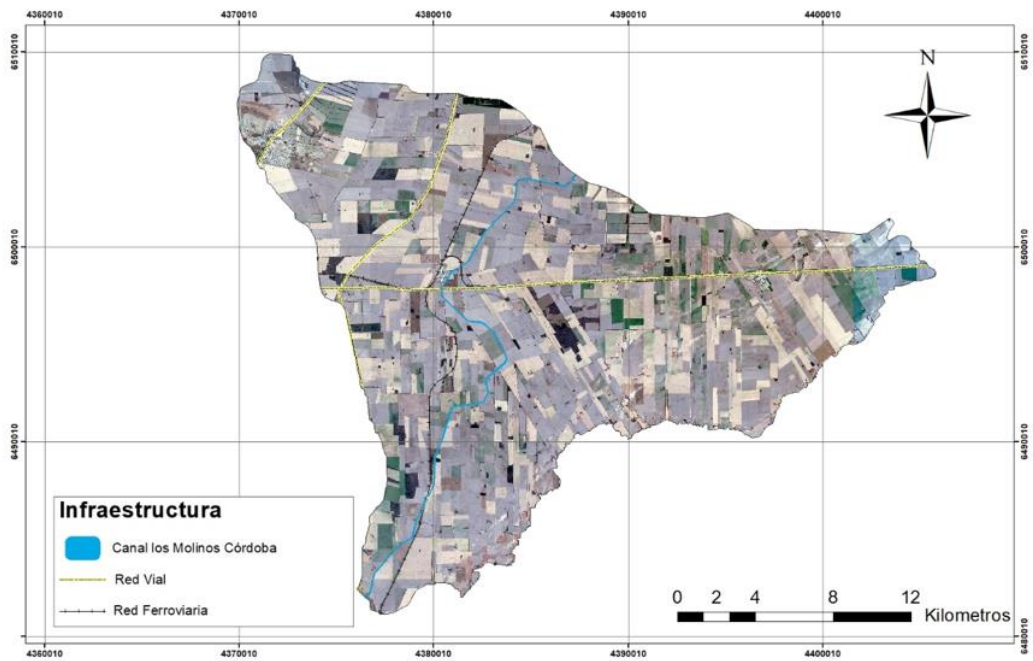
Para finalizar, se unieron los tres tipos de obras civiles (**Mapa N°8**), estableciendo la capa de infraestructura que se usará en la superposición ponderada final, donde los pixeles que tienen el atributo de infraestructura vial, ferroviaria, canal, y sus áreas de influencia, adquirieron un valor de 5 (cinco), mientras que los pixeles que no correspondan a éstas, poseen valor de 1 (uno).

CONFECCIÓN DEL MAPA FINAL

Para determinar las áreas prioritarias para la forestación del consorcio, se usó la herramienta “superposición ponderada” del software, del grupo de las herramientas de análisis espacial. La superposición ponderada de mapas resulta en la creación de un nuevo mapa donde el valor asignado a cada ubicación es calculado en función de los valores independientes asociados a esa ubicación en dos o más mapas (Lanchero Díaz, 2017). En la herramienta, se seleccionó la escala de evaluación 5 (cinco), se cargaron cada una de las capas parciales desarrolladas anteriormente. Luego para cada criterio, se estableció una escala de ponderación común, del 1 al 5, y se afectó por un porcentaje de influencia, establecida según la capacidad de modificar el ambiente o del beneficio que generaría la cobertura arbórea al ecosistema (**Tabla 3**). Una vez cargados los parámetros y accionando la herramienta, se obtuvo un nuevo mapa de 5 (cinco) valores estableciendo las áreas diferenciales de prioridad de forestación y se calcularon sus superficies.



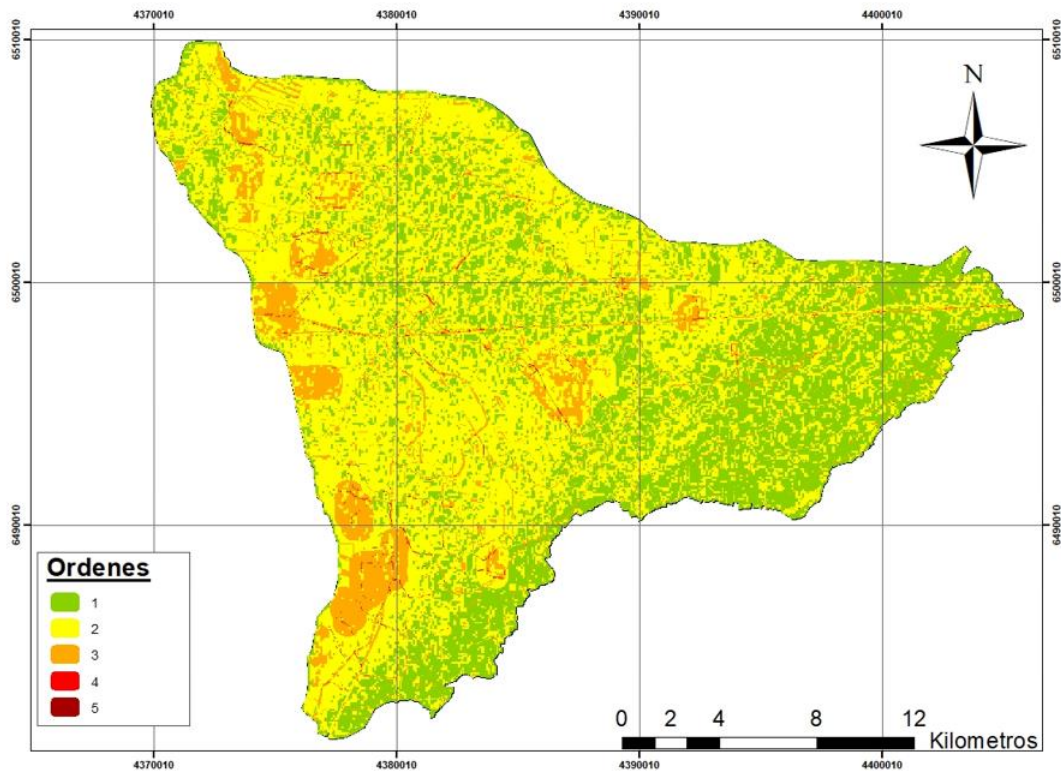
Mapa N°7. Red de drenaje superficial en el CCS “Paso del Puma” y clasificacion en ordenes de flujo por el metodo de Horton (1945).



Mapa N°8. Infraestructura vial, ferroviaria e hidraulica del CCS “Paso del Puma”.

Variable	Influencia (%)	Dato	Ponderación
Cobertura arbórea actual	15	Presencia	5
		Ausencia	1
Erosión hídrica potencial del suelo (Ton/Ha/Año)	35	Menor a 32,56	1
		32,57 – 39,20	2
		39,21 – 67,25	3
		67,26 – 185,50	4
		Mayor a 185,51	5
Tipo de suelo según CU	10	VI w	5
		IV e	4
		III e	2
		III e	2
		III s	1
Red de drenaje superficial	30	Presencia	5
		Ausencia	1
Infraestructura vial, ferroviaria o hidráulica	10	Presencia	5
		Ausencia	1

Tabla N°3. Valoración de los criterios analizados y su ponderación en el software.



Mapa N°9. Áreas prioritarias de forestación del CCS "Paso del Puma".

RESULTADOS

Se categorizaron las áreas diferenciales de prioridad de forestación en una escala de cinco valores: 1 (baja), 2 (moderada), 3 (media), 4 (alta), y 5 (muy alta), donde la ponderación de los valores más altos representaba las zonas de alta prioridad y los resultados de menor valor las zonas de menor prioridad según se muestra en el **Mapa N°9**.

Se calculó la superficie que éstas zonas representan (**Tabla N°4**), se obtuvo como resultado que aproximadamente 208 hectáreas son de pertenecen a las categorías 4 (alta) y 5 (muy alta), siendo esto una guía para dirigir la labor hacia estas zonas; 5.042 hectáreas pertenecen a la categoría 3 (media), éstas son zonas que, a pesar de no cumplir con los valores máximos de todos los criterios, si lo hacen en su mayoría, y deben priorizarse por su sensibilidad, en el momento en que el asesor lleve a cabo el PPA (**Ilustración 1**).

Clase	Categoría	Superficie (ha)	%
1	Baja	15374,87	33,367
2	Moderada	25454,09	55,241
3	Media	5042,28	10,943
4	Alta	205,42	0,446
5	Muy alta	1,91	0,004
Total	Baja	46078,56	100,000

Tabla N°4. Resultados: Superficie ocupada por cada orden de prioridad

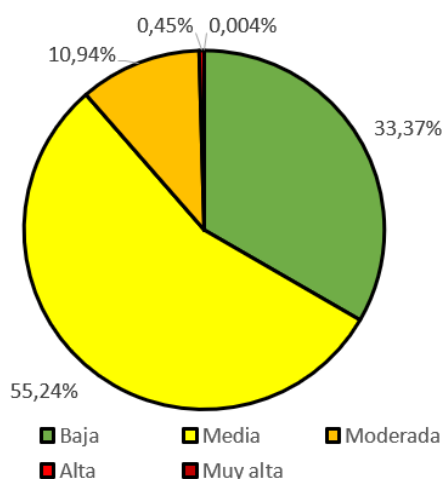


Ilustración N°1. Superficie según categoría

Además, 25.454 hectáreas pertenecen a la categoría 2 (moderada) y finalmente, 15.375 hectáreas pertenecen a la categoría 1 (baja).

Se contabilizó que la superficie exigida por Ley N°10.467, para esta cuenca es aproximadamente 1.400 hectáreas de forestación que corresponden al 3% del área total.

CONCLUSIONES

Se logró determinar las áreas prioritarias de forestación, resultando la metodología aplicada una herramienta útil para ser considerada en la planificación y en la toma de decisiones, tanto a nivel regional como predial.

Las áreas de los CCS, al ser sus límites definidos a partir de cuencas hidrográficas y tener problemáticas de erosión y uso de suelo similares, resultan ser unidades factibles para la aplicación de estas variables de análisis en la ejecución de los PPA.

Debido a que las variables consideradas en el análisis corresponden a variables de sensibilidad ambiental como cobertura arbórea actual, erosión hídrica potencial del suelo y red de drenaje superficial; y variables de relevancia ecológica, económica o paisajística como tipo de suelo según CU, e infraestructura vial, ferroviaria o hidráulica, es importante considerar que estas zonas de prioridad resultante, no sólo poseen una mayor fragilidad al deterioro del lugar ante los cambios antrópicos, sino la posibilidad de otorgar mayores beneficios ecosistémicos, económicos y paisajísticos. Esto puede ayudar al productor y/o técnico para el direccionamiento de las acciones a la hora de realizar el PPA.

REFERENCIAS

- ACIF. (2016). Agencia Córdoba de Inversión y Financiamiento. Obtenido de <https://acif.cba.gov.ar/>
- Agencia Córdoba Ambiente, INTA. (2006). Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Los Suelos. Nivel de reconocimiento 1:500.000 . Córdoba.
- Ateca, M. R. (2004). Aspectos Agrometeorológicos de la Dinámica del Agua del Suelo en una Microcuenca de la Región Central de Córdoba.
- Boletín Oficial Res.N°338/10 Bs. As. . (2010). Programa provincial de Forestación - Mitigación al Cambio Climático. La Plata.
- CONABIO. (2015). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Obtenido de www.biodiversidad.gob.mx
- Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC. y Ministerio de Agricultura y Ganadería, CBA. (2019). PLAN BÁSICO Consorcio de Conservación de Suelos "Paso del puma" Provincia de Córdoba. Córdoba.
- FAO. (2017). Conjunto de Herramientas para la Gestión

- Forestal Sostenible (GFS). (O. d. Agricultura, Editor) Obtenido de <http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/watershed-management/basic-knowledge/es/>
- Gayoso, J., y Gayoso, S. (2003). DISEÑO DE ZONAS RIBEREÑAS: REQUERIMIENTO DE UN ANCHO MÍNIMO. Valdivia: Universidad Austral de Chile - Facultad de Ciencias Forestales.
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: hydro-physical approach to quantitative morphology". Geological Society of America Bulletin, Vol. 56 (3): 275–370.
- Klingebiel, A. A. y Montgomery, P. H. (1961). Land-capability classification (No. 210). Soil Conservation Service, US Department of Agriculture.
- Köppen, W. y. (1936). Das geographische System der Klimate. Berlin.
- Lanchero Díaz. (2017). "IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA RESTAURACIÓN EN LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA MONCOBITA DEL MUNICIPIO DE GACHALÁ, CUNDINAMARCA". Bogotá: UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA - FACULTAD DE INGENIERÍA.
- LEY 10.208. (2014). Política Ambiental Provincial. Córdoba: Boletín Oficial de la Provincia de Córdoba.
- LEY 10.467. (2017). Plan Provincial Agroforestal. Córdoba: Boletín Oficial de la Provincia de Córdoba.
- LEY 25.675. (2002). Ley General del Ambiente. CABA: Boletín Oficial de la República Argentina.
- LEY 26.331. (2007). Protección Ambiental de los Bosques Nativos. CABA: Boletín Oficial de la República Argentina.
- LEY 9.814. (2010). Ley de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos de la provincia de Córdoba. Córdoba: Boletín Oficial de la Provincia de Córdoba.
- M.A.y.G. (2019). Ministerio de Agricultura y Ganadería de la provincia de Córdoba. Obtenido de www.magya.cba.gov.ar
- Renard, Foster, Weesies y Porter. (1991). RUSLE: Revised universal soil loss equation. Journal of Soil and Water Conservation, 46 (1) 30-33;.
- Rojas, A.E. y Conde A. . (1985). Estimación del factor "R" de la ecuación universal de pérdida de suelo.
- Rojas, A.E. y Conde A. (1985). Estimación del factor "R" de la ecuación universal de pérdida de suelo para el centro-este de la República Argentina. Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, 85 - 94.
- Sandía Rondón, L., y Henao de Vásquez, A. (2008). SENSIBILIDAD AMBIENTAL Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. Mérida, Venezuela.
- Suque, D. (2014). Evaluación de la condición de fragmentación del monte nativo por medio de técnicas de geoprocésamiento en la cuenca de Lozada, Córdoba. Córdoba.
- Szpeiner, A., Martínez, M. A. y Ghera, C. M. . (2007). Agricultura pampeana, corredores biológicos y biodiversidad. Ciencia Hoy Vol. 17 N°101, 38 - 45.
- Wischmeier W. y Smith, D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: US Department of Agriculture