

**Informe final**  
**Diagnóstico de Cárcavas en la Localidad de Rastrojos**  
**Comuna de San Javier, Provincia de Linares**  
**Región del Maule**

Elaborado en el contexto del proyecto **PYT-2017-0733**  
“Piloto de Innovación Territorial en Restauración Post-incendio,  
Región del Maule”



## **Informe Final Componente**

### *Diagnóstico de Cárcavas en la Localidad de Rastrojos*

Autores:

**Pedro J. Garrido V.** Ingeniero Agrónomo, Dipl. Gestión Ambiental Magister Gestión Ambiental Territorial Consultor en Flora y Fauna Silvestre, Chile

**Ursula Doll,** Ingeniera Agrónoma Doctora en Ciencias Forestales

**Este informe fue generado en el marco del proyecto *PYT 2017- 0733:***

***Piloto de Innovación Territorial en Restauración Post Incendio para la Región del Maule 2017-2020***, implementado en la Localidad de Rastrojos, por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), con el apoyo de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), bajo la coordinación de la Gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal y la Oficina Provincial de Linares de CONAF.

Responsables en CONAF:

**Andrés Meza A.** (Coordinador Principal); **Eduardo Jara V.** (Coordinador Alterno); **Bárbara Arias R.** (Apoyo Técnico)

**2020**



## INDICE

|  | Páginas |
|--|---------|
| 1. Introducción  | 4       |
| 2. Antecedentes generales                                  | 5       |
| 3. Objetivo general  | 5       |
| 4. Objetivos específicos                                   | 5       |
| 5. Metodología   | 5       |
| 5.1. Área de estudio: localización                         | 5       |
| 5.2. Clima   | 5       |
| 5.3. Geología y geomorfología                              | 6       |
| 5.4. Vegetación y flora                                    | 8       |
| 5.5. Métodos para identificación y descripción de cárcavas | 9       |
| 5.4.1. Tamaño y superficie de cárcavas                     | 9       |
| 5.4.2. Riesgos para la población                           | 9       |
| 5.4.3. Conectividad  | 9       |
| 5.4.4. Potencial de recuperación ecológica                 | 9       |
| 6. Resultados  | 10      |
| 6.1. Prácticas y usos de suelo en el secano interior       | 10      |
| 6.2. Descripción de los suelos del sector Rastrojo         | 11      |
| 6.3. Descripción de los niveles de erosión                 | 12      |
| 6.4. Identificación y descripción de cárcavas              | 16      |
| 6.5. Priorización de 2 cárcavas para intervención          | 22      |
| 7. Conclusiones  | 24      |
| 8. Bibliografía  | 37      |
| 9. Anexos  | 41      |
| Anexo 1. Plano 1. Ubicación de cárcavas descritas          | 41      |
| Anexo 2. Fichas Técnicas de 58 cárcavas                    | 42      |
| Anexo 3. Registro fotográfico                              | 43      |

## 1. Introducción

A nivel mundial y en forma tanto histórica como actual, los suelos han venido soportado una enorme presión debido a la intensificación de su uso para la agricultura, pastoreo, silvicultura y en las últimas décadas una expansiva urbanización (Pfeiffer *et al.*, 2018). Esta demanda es impulsada por el explosivo aumento de la población mundial, lo que, combinado con prácticas y usos no adecuados, ha generado una degradación importante del recurso (Peralta, 1971).

En Chile, la situación no es diferente, pero se da la particularidad que, debido a la gran extensión geográfica, variación altitudinal y gradiente climático, el país cuenta con una enorme diversidad de suelos, con características específicas que se desarrollan de norte a sur y de costa a cordillera. Esto se ve acentuado a causa de una geografía caracterizada por paisajes montañosos y donde las zonas bajas y planas no sobrepasan el 20% de la superficie total del país (Errázuriz *et al.* 2000).

Sin embargo, es en la zona central de Chile, donde se encuentran los suelos más productivos, pero a la vez los más sensibles a la sobreexplotación, usos inadecuados o prácticas degradativas (Peralta, 1971). Esta situación ha sido dramática en algunas áreas como la cordillera de la costa, donde en forma natural, a causa del relieve accidentado y la antigüedad del sustrato, los suelos son muy susceptibles a la erosión (Pinochet de la Barra, 1991).

Emplazada en la vertiente oriental de la cordillera de la costa, en una extensa área conocida como “secano interior”, se ubica la localidad de “Rastrojo”, que forma parte de la zona rural de la comuna de San Javier. Aquí – y al igual como sucede en amplias zonas del secano - los impactos ambientales producidos por la sobre-explotación del suelo, han dejado huellas imborrables, con enormes “barrancas” o cárcavas que permanecen como testimonio de un proceso de erosión en su grado extremo, siendo éste el fenómeno que más impacta a toda la región del secano interior (Ovalle, 1996).

Este fenómeno plantea un enorme desafío cuando, a partir de la situación anterior, se considera implementar, por supuesto a escala intrapredial, acciones orientadas a revertir o al menos frenar el avance de este proceso. En este tenor, el siguiente documento, entrega antecedentes generales de los suelos en esta localidad, con énfasis en los niveles de erosión y descripción de las cárcavas dispersas en el paisaje, con la intención de fundamentar una futura intervención en 2 de ellas con fines de establecimiento de unidades piloto de manejo para la estabilización.

## **2. Antecedentes generales**

Nombre del Área de Estudio: Quebradas Sector de Rastrojo

Sector : “Rastrojo”

Superficie : 1.799,4 hectáreas

Comuna : San Javier

Provincia : Linares

Región : Del Maule

Organización responsable : CONAF, Oficina Provincial Linares.  
CONAF, Dirección Nacional, Santiago.

## **3. Objetivo general**

Efectuar un Diagnóstico e implementar acciones para control de 2 Cárcavas en quebradas que forman parte del área de estudio.

## **4. Objetivos específicos**

- 4.1. Efectuar un diagnóstico general de las cárcavas y quebradas del sector Rastrojos.
- 4.2. Describir y priorizar 2 cárcavas que serán objeto de intervención.
- 4.3. Determinar el nivel de erosión de los suelos y los riesgos asociados
- 4.4. Implementar obras de manejo/control de cárcavas en 2 unidades piloto.
- 4.5. Proponer e implementar indicadores para evaluar resultados de intervenciones

## **5. Metodología**

### **5.1. Área de Estudio: localización**

El área de estudio corresponde a la localidad de “Rastrojos”, zona rural de la comuna de San Javier, provincia de Linares, Región del Maule (Figura 1). De acuerdo a Véliz (2019) tiene una superficie de 1.799,4 hectáreas y se encuentra inmersa dentro de una zona rural que posee campos agrícolas de pequeños propietarios, así como áreas de matorral, bosque nativo y plantaciones forestales. Agroclimáticamente, se ubica en el denominado “secano interior”, unidad morfoestructural que se presenta como un cordón montañoso accidentado que se orienta en sentido norte-sur y que corresponde a la vertiente oriental de la cordillera de la costa, donde domina una topografía de cerros y lomas, en algunos casos con pendientes moderadas a fuertes y zonas bajas y planas que se asocian principalmente a cursos de agua o sitios de inundación invernal (Plan Regulador Comunal, San Javier, 2018). En estas condiciones, la oscilación térmica es alta, con temperaturas máximas de verano que fluctúan entre 29-30° y un período de sequía que se prolonga entre 6 y 7 meses (Del Pozo & Del Canto, 1999). En estas zonas, el sistema tradicional de agricultura se ha basado durante años en una rotación de praderas naturales y trigo, debido al cual, el suelo se ha deteriorado enormemente (Del Pozo & Del Canto, 1999). En términos hidrológicos, Rastrojo forma parte de la cuenca del río Purapel, la que abarca una superficie 274,4 km<sup>2</sup> (AGRIMED, U. Chile).

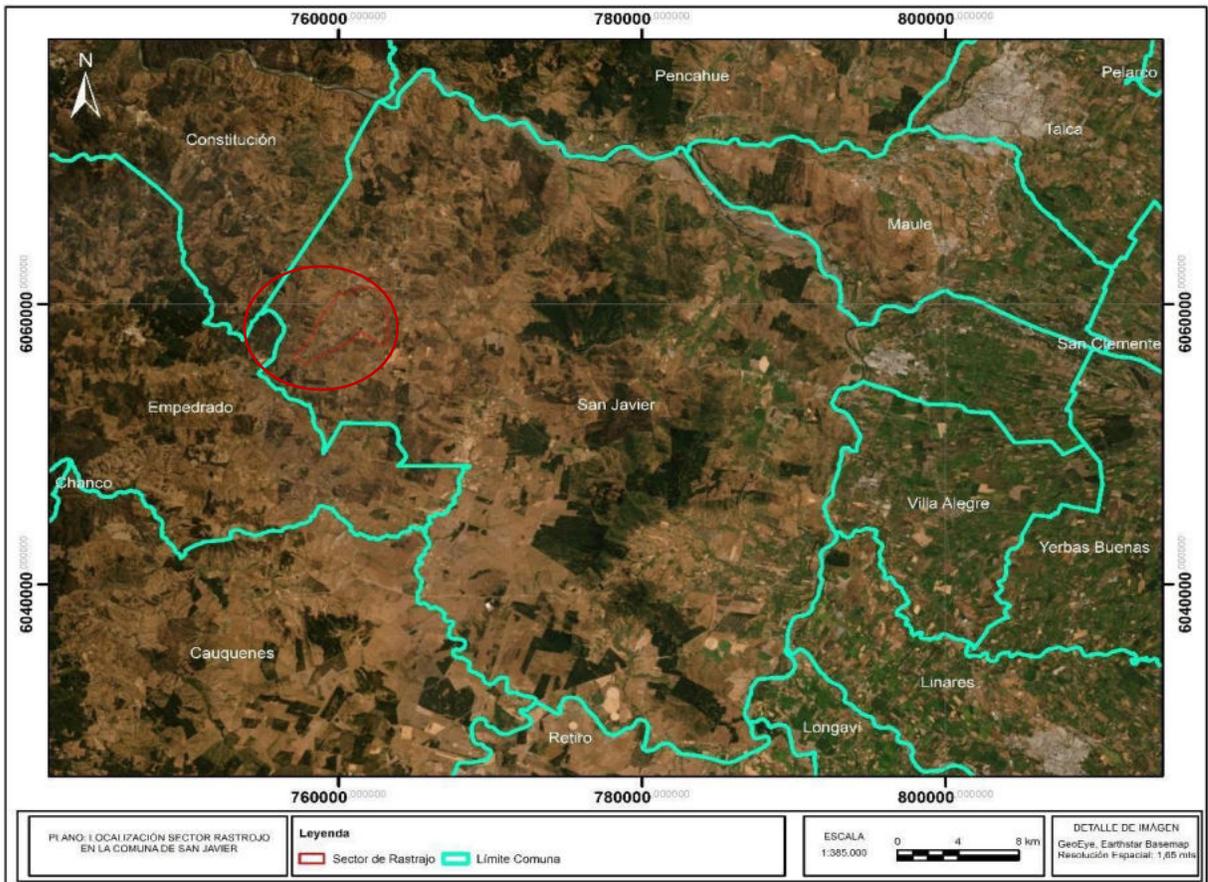
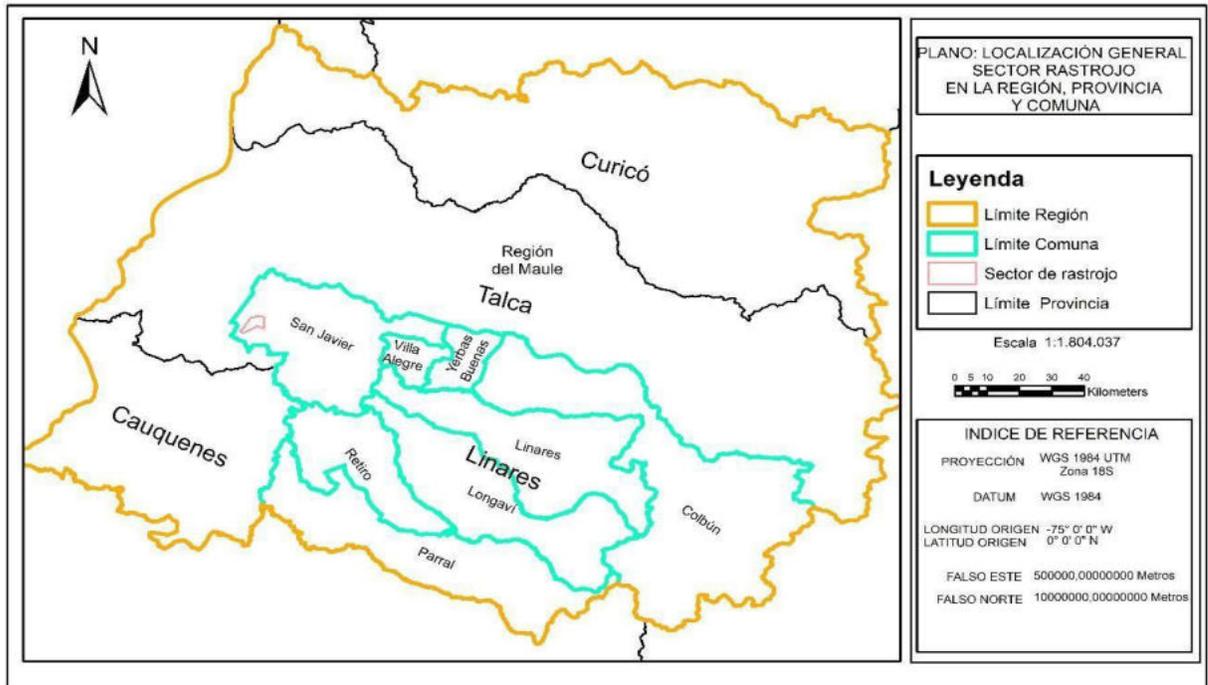


Fig. 1. Localización del área de estudio, predio se indica círculo de color rojo.

## 5.1. Clima

Según di Castri y Hajeck (1976), Rastrojo se inserta plenamente en la región con tendencia climática de tipo Mediterráneo y dentro de ella, la mediterránea subhúmeda que abarca desde la provincia de O'Higgins hasta la provincia de Cauquenes. De acuerdo a la clasificación bioclimática de Luebert y Pliscoff (2005), a gran escala, la localidad de Rastrojo, se inserta en el macrobioclima Mediterráneo, el que es predominante al sur de los 33° de latitud Sur y se caracteriza, en concordancia con el caso anterior, por fuertes diferencias estacionales de temperatura y precipitaciones concentradas en la temporada invernal, así como una sequía estival pronunciada. Se distribuye fundamentalmente en la zona central de Chile.

A escala más específica, Rastrojo forma parte del bioclima Mediterráneo pluviestacional, que abarca todos los sectores ubicados al sur de la latitud 33°S hasta el límite del macrobioclima. La relevancia climática de la cordillera de la costa se debe a que constituye un sistema orográfico de gran importancia también biogeográfica, ya que no sólo dificulta la penetración de influencias oceánicas hacia el interior, sino también, debido a su gran antigüedad geológica, ha permitido la migración de formas de flora australes a lo largo de ella (di Castri y Hajeck, 1976).

## 5.2. Geología y geomorfología

El área de estudio se inserta en una gran unidad geológica de basamento rocoso denominada Cordillera de la Costa, cuyo origen antiguo se remonta a la edad Paleozoica (Rodríguez, 1959; 1960). El relieve de la cordillera costera a esta latitud, se describe como una serie discontinua de macizos montañosos con alturas inferiores a los 1.000 msnm, por lo que se encuentra muydeprimida.

La ladera oriental y donde se emplaza el sector de Rastrojo, es comúnmente denominada como "secano interior" (Ovalle, 1994) y se caracteriza por la presencia de cuencas que fueron rellenadas con material de arrastre fluvial andino, como resultado de un levantamiento tectónico que afectó durante el Cuaternario al cordón montañoso costero. Por esta razón, algunos ríos como el Purapel -a cuya cuenca pertenece el área de Rastrojo – desviaron sus cauces naturales tomando dirección este (Tricart y Borgel, 1967).

La zona del secano interior a la altura de los 35° de latitud sur, comprende una parte de 2 grandes unidades geológicas características de Chile Central:

*La zona granítica* que corresponde al período Paleozoico y donde las rocas están constituidas de ortoclasa, microclina, plagioclasa, cuarzo, biotita y proporciones variables de anfíbola (Ovalle, 1994).

*La zona metamórfica*, constituida por metareniscas, pizarras, filitas, esquistos, metabasitas gneises y anfibolitas (Ovalle, 1994).

Vinculado a la geología general, la geomorfología del secano en el área de estudio está caracterizada por la vertiente oriental de la cordillera de la costa (secano interior), la que presenta una gran diversidad topográfica, con montañas, colinas, mesetas, valles y pequeñas cadenas de lomajes.

A gran escala, los suelos forman parte de la denominada Zona Edáfica Mediterránea Árida<sup>1</sup>, que se extiende desde los 32°LS hasta 37°LS (Luzio, 2010), sin embargo, a nivel local, los suelos se formaron *in situ* y presentan características de seco, por lo que están emplazados sobre un complejo de rocas metamórficas del basamento paleozoico, siendo comunes los colores pardo rojizo oscuros, a causa de la descomposición (erosión climática) de rocas de antiguo origen, afectadas por la alternancia de períodos secos y cálidos durante el interglacial, por lo que son también llamados suelos policíclicos (Pinochet de la Barra, 1991). La situación anterior, determina que estos suelos son muy susceptibles a erosionarse (Veit & Garleff, 1995) y cuando esto ocurre, su meteorización proporciona gravas cuarcíticas que se distribuyen irregularmente en los perfiles (Luzio, 2010).

Se ubican preferentemente en sectores escarpados, de posición alta, aunque también se encuentran en valles ondulados y piedmont<sup>2</sup>. La textura superficial es franca y en profundidad arcillosa (Pinochet de la Barra, 1991).

### 5.3. Vegetación y flora

La incorporación de antecedentes bibliográficos del área de estudio, tienen por objetivo establecer el marco biogeográfico en el cual se emplaza y para ello se indican los trabajos de Gajardo (1993) en la “Vegetación Natural de Chile” y de Luebert y Pliscoff (2006), en su “Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile”.

#### Regiones, Subregiones y Formaciones Vegetales

El área de estudio se emplaza según Gajardo<sup>3</sup>, en la **Región del Bosque Caducifolio**, la cual se extiende desde los 33° hasta los 41° de latitud sur en un territorio bajo clima templado con sequía estival breve. La característica esencial que distingue a esta región es la presencia en la estrata arbórea de las especies del género *Nothofagus*.

El sector de Rastrojo, por la posición latitudinal y fisiográfica, corresponde a la **Sub-región del Bosque Caducifolio Montano**, que se ubica como límite superior de las situaciones más favorables del bosque esclerófilo y siempre desarrollado en altitud, tanto en la Cordillera de los Andes como en este caso la Cordillera de la Costa.

La Formación es el **Bosque Caducifolio Maulino**, la cual comprende los bosques de hualo (*Nothofagus glauca*) presentes en la Cordillera de la Costa y que ha sido fuertemente reemplazada por plantaciones de *Pinus radiata*.

---

<sup>1</sup> Aunque el término Zona Edáfica sugiere una uniformidad u homogeneidad de los suelos que se encuentran enmarcados dentro de ella, esto no ocurre para el país a causa de la influencia en el paisaje, de agentes como el agua, el hielo, viento, volcanismo y más recientemente el hombre. Sin embargo, dos elementos pueden ser considerados relativamente constantes: el contenido de agua y la temperatura media del suelo, por lo que es posible asociar los regímenes de humedad y temperatura para los suelos de Chile, a las grandes regiones climáticas del país, tomando ambas variables a escala generalizada (Luzio, 2010).

<sup>2</sup> También denominados Piedemonte, se refiere a aquellas superficies que se ubican en contacto con las laderas de cerros altos o montañas, pero que exhiben una pendiente mucho más moderada y descienden gradualmente (Lugo, 2011).

<sup>3</sup> Gajardo, R. 1993. La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria. 165 p.

## Pisos Vegetacionales<sup>4</sup>

De acuerdo a la clasificación de los Pisos Vegetacionales de Luebert y Pliscof (2006), el área de estudio se emplaza en lo que correspondería a dos **Pisos Vegetacionales: el Bosque Caducifolio Mediterráneo Costero de *Nothofagus glauca* y *Persea lingue***, constituido por un bosque caducifolio dominado por *Nothofagus glauca* (hualo), *Nothofagus obliqua* (roble), *Gevuina avellana* (avellano) y *Persea lingue* (lingue), con *Pernettya insana* (murtillón), *Ugni molinae* (murtilla) y *Escallonia pulverulenta* (corontillo) como diferenciales en la estrata arbustiva. La estructura vegetal presenta epífitas como *Bomarea salcilla* (copihuello), *Lardizabala biternata* (coile) y *Lapageria rosea* (copihue), y el **Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven* y *Lithrea caustica***, en donde ambas especies dominan a nivel de dosel superior, pero con coberturas variables. Se plantea como una fase regresiva del bosque esclerófilo original a causa de la influencia permanente del hombre, mientras otros consideran que se trata de vegetación original. En cualquier caso, su degradación conduce a una pradera compuesta por herbáceas perennes y anuales introducidas y algunos arbustos.

### 5.4. Metodología para identificación y descripción de cárcavas

La identificación de cárcavas en el área de Rastrojo, se efectuó a través de la planificación y ejecución de 35 vuelos fotogramétricos con Drone DJI MAVIC Pro, a una altura media de 220 metros y con un traslape longitudinal y lateral de 70 y 65% respectivamente, durante días despejados y favorables condiciones climáticas. Posteriormente, el material aero-fotográfico fue ordenado y procesado mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) y uso de la plataforma Dronedeploy, lo que permitió la creación de un ortofotomosaico de resolución espacial de 7,4 cm por píxel y un modelo de elevación digital de 29,6 cm por píxel. A partir de estos productos, con el uso de un software SIG, se realizó la identificación de las cárcavas, el dibujo del polígono del área afectada y del canal principal. Utilizando herramientas de medición se determinó la superficie afectada (ha), el perímetro (km), y la elevación del perfil altitudinal del canal principal en metros. Finalmente, se generó 58 Fichas Técnicas, una por cada cárcava identificada, que describe los parámetros antes indicados. El tamaño de cada cárcava fue clasificado en las siguientes categorías:

#### 5.4.1. Tamaño y superficie

Tabla 1. Clasificación de la cárcava en función del tamaño.

| Cárcava | Tamaño<br>(profundidad en metros) | Área drenada (hectáreas) |
|---------|-----------------------------------|--------------------------|
| Pequeña | < de 1 metro                      | < de 2 hectáreas         |
| Mediana | 1 a 5 metros                      | 2 a 5 hectáreas          |
| Grande  | > de 5 metros                     | > de 5 hectáreas         |

Fuente: SARF, 1982.

Esta descripción fue complementada con datos sobre presencia de flora y vegetación, provenientes de campañas de terreno que se efectuaron con apoyo de tecnologías disponibles (navegadores GPS, planos, brújulas, etc.) para verificar situaciones específicas.

<sup>4</sup> Espacios caracterizados por un conjunto de comunidades vegetales zonales con estructura y fisionomía uniformes, situados en condiciones mesoclimáticamente homogéneas a lo largo de un gradiente de elevación, a una escala espacio-temporal específica.

#### **5.4.2. Riesgo para la población y obras civiles**

Se identifica los principales riesgos que la permanencia de la cárcava, pueden significar para la seguridad de la población, así como para la mantención de obras civiles. En ambos casos, se considera la cercanía de viviendas, infraestructura humana como galpones, bodegas, así como caminos principales y secundarios.

#### **5.4.3. Conectividad**

Considerada desde la perspectiva del nivel de aislamiento con otras cárcavas, así como bajo la posibilidad de implementar acciones de estabilización, principalmente biológica a través del enriquecimiento con especies herbáceas, arbustivas y/o arbóreas y favorecer la conectividad con corredores de vegetación entre ellas.

#### **5.4.4. Potencial de recuperación ecológica**

Se complementa con el punto anterior, en el sentido de determinar, de acuerdo al tamaño, superficie y presencia de vegetación, la factibilidad de abordar su recuperación desde una perspectiva biológica, es decir, utilizando técnicas para el establecimiento de una cubierta vegetal herbácea, arbustiva o arbórea.

En forma complementaria, se incluyó una descripción de los tipos de suelo presentes en el área, con énfasis de parámetros como textura y nivel de erosión, a través de revisión bibliográfica, complementado con observación *in situ*. Con la información obtenida, se determinaron riesgos de erosión para diseñar e implementar acciones tendientes a frenar el avance de las cárcavas.

## 6. Resultados

### 6.1. Prácticas y uso del suelo en el Secano Interior

El secano interior, donde se ubica la comunidad de Rastrojos, presenta un relieve ondulado, con un paisaje de cerros y lomajes suaves, cuyas mayores alturas fluctúan entre los 280 y 300 metros en las cimas, mientras las zonas más bajas, se ubican generalmente en sitios planos, algunos depositacionales y asociados a suelos con inundación invernal que encauzan aguas provenientes de las microcuencas adyacentes.

En el paisaje, la vegetación no ocurre en forma continua ocupando amplias superficies, sino más bien, como un mosaico de núcleos dispersos en una pradera anual mediterránea donde se observa la alternancia de plantaciones de pino (*Pinus radiata*) en forma de rodales pequeños, así como también árboles aislados, con matorrales nativos de bosque esclerófilo con distinto nivel de cobertura y algunos fragmentos remanentes de bosque caducifolio del tipo roble-hualo que se ubican preferentemente en zonas de laderas, por sobre los 200 metros. Estos remanentes son la prueba de que, en el pasado, esta zona estuvo originalmente cubierta de amplios bosques, siendo dominante en las laderas la especie *Nothofagus glauca* (hualo) y en las zonas bajas y cercanas a cursos de agua *Nothofagus obliqua* (roble), mientras que, en sitios más secos, especies del bosque esclerófilo (San Martín y Donoso, 1995). Sin embargo y al igual como sucedió en todo el secano hasta antes de la masificación de los combustibles fósiles, estas formaciones fueron objeto de una tala indiscriminada con fines de aprovechamiento como fuente energética a través de la leña y carbón, así como en construcción de viviendas y utensilios (San Martín y Gómez, 2010).

Luego, con los suelos en amplias zonas sin cobertura leñosa, se establecieron cultivos de cereales, por parte de los primeros pobladores, quienes cosechaban trigo para venderlo en Constitución<sup>5</sup>. Esta práctica local, que se repitió en amplias zonas del secano interior (Ovalle, 1994) y consistente en eliminación de la vegetación leñosa, establecimiento de monocultivo, barbecho y luego un nuevo inicio del proceso en forma sucesiva durante varias décadas, empobreció los suelos iniciándose un proceso de degradación en el que la erosión de cárcavas<sup>6</sup> que actualmente se observa, constituye su etapa cúlmine y de máxima expresión (Figura 1.).

A partir de la década del 70 se inició la ocupación del suelo por plantaciones forestales, incentivadas por la promulgación del Decreto Ley N° 701, de 1974, sobre Fomento Forestal y donde la especie privilegiada por su adaptación y rápido crecimiento fue *Pinus radiata*, la que – según San Martín y Gómez (2019), ya había sido recomendada por Albert (1911) para el área entre Atacama y Chiloé. A este escenario se suma la ocurrencia de incendios forestales durante el verano 2017, que afectaron gran parte de la superficie del sector.

---

<sup>5</sup> Cuaderno de Identificación de Flora Local. Localidad de Rastrojos, Comuna San Javier. Piloto de Innovación Territorial en Restauración Post Incendio para la Región del Maule 2017-2020 (PYT 2017-0733) 2018.

<sup>6</sup> La erosión es un proceso natural y físico de remoción de los componentes del suelo (arcilla, limo, arena, materia orgánica), provocado por el agua, el viento, nieve y fenómenos geológicos naturales. Cuando ocurre en condiciones naturales, sin perturbación por actividades humanas, se denomina erosión natural o geológica, a diferencia de lo que ocurre cuando los procesos de erosión se aceleran producto de las actividades humanas, entonces se habla de erosión no natural o erosión del suelo (Millar, 1961). En términos simples es la pérdida de la capa vegetal que forma el suelo, transformándolo en una materia inerte (Carrasco *et al.* 2004).



**Figura 1.** Aspecto general de Rastrojo Alto. Se observa erosión en forma de cárcava, rebrote de vegetación esclerófila y germinación de pino post-incendio.

## 6.2. Descripción de los suelos del Sector Los Rastrojos

En base a la cartografía del Estudio Agrológico VII Región (1997)<sup>7</sup>, en el área predominan los suelos de las Asociaciones<sup>8</sup> Constitución y Treguaco en las partes altas y vertientes occidentales y orientales de la cordillera de Costa respectivamente. Mientras que en las planicies de inundación que bordean los esteros que surcan el área, se encuentran suelos pertenecientes a la serie Ninhue.

**Asociación Constitución.** El suelo representativo de la asociación es un Alfisol profundo, que se desarrolló *in situ* a partir de rocas metamórficas (filitas). De color pardo rojizo oscuro, presenta textura franco arcillo arenosa en superficie y arcillo limosa en profundidad. Descansa sobre un sustrato de rocas metamórficas muy meteorizadas.

La variante KT-4 de la asociación, es el suelo que se encuentra con mayor representación en el sector Los Rastrojos. Corresponde a la fase de textura franco arcillo arenosa en superficie, moderadamente profunda, en topografía de cerros con 30 a 50% de pendiente. Su Capacidad de Uso es VIIe, preferentemente forestal con riesgo de erosión, bien drenado, no apta parariego y sin aptitud frutal.

<sup>7</sup> Estudio Agrológico VII Región, Descripciones de suelos (Pub. CIREN N°117) 1997.

<sup>8</sup> Unidades complejas, conformadas por dos o más clases de suelo y que son utilizadas para describir unidades cartográficas a pequeña escala, es decir, mapas generalizados, que dan una visión de conjunto, como puede ser el de un país.

**Asociación Treguaco.** El pedón<sup>9</sup> representativo de la asociación es un Inceptisol, profundo, formado a partir de rocas metamórficas muy meteorizadas (micasitas y gneis). En todo el perfil posee una textura franco arcilla limosa y colores pardos. Descansa sobre un sustrato de rocas metamórficas muy meteorizadas, que presentan un alto contenido de mica y cuarzo. Las variantes TG-1, TG-4 y TG-9, corresponden a los suelos que se encuentran en el sector.

TG-1 corresponde a la fase de textura franco arcillosa, que ocupa una posición alta en la formación de cerros, con topografía suavemente ondulada (5 a 8% de pendiente). Su Capacidad de Uso es VI<sub>s</sub>, con severas limitaciones para los cultivos de la zona y para cultivos frutícolas. Son suelos bien drenados con ligera erosión.

TG-4 corresponde a la fase con textura franco arcillo limosa en superficie, moderadamente profunda, en topografía de cerros (30 a 50 % de pendiente), buen drenaje y moderada erosión. Su Capacidad de Uso es VII<sub>e</sub>, preferentemente forestal con riesgo de erosión, bien drenado, no apta para riego y sin aptitud frutal.

TG-9 es un suelo profundo que presenta textura superficial franco arcillo limosa, en topografía moderadamente ondulada (8 a 15% de pendiente), con ligera erosión y bien drenado. Se clasifica en la Capacidad de Uso VI<sub>e</sub>, inadecuado para cultivos, preferentemente praderas, no apto para riego y sin aptitud frutal.

**Serie Ninhue.** Son suelos aluviales (Inceptisoles) profundos, con drenaje imperfecto, que se formaron bajo condiciones de humedad excesiva a partir de material granítico depositado en planicies de inundación. Son de color pardo grisáceo oscuro y textura moderadamente fina. La topografía es plana y ligeramente inclinada en los sectores próximos a terrazas o cerros. El escurrimiento superficial es moderado y la permeabilidad lenta.

La variante NNH-1 corresponde a los suelos que se encuentran en el sector Los Rastrojos. Son suelos de textura superficial franca, con sectores de textura franca arenosa muy fina. Se ubican en una topografía plana, siendo suelos profundos de drenaje imperfecto. Se clasifican en Capacidad de Uso III<sub>w</sub>, con limitaciones moderadas para los cultivos de la zona, debido a problemas de drenaje. Presentan severas limitaciones para los cultivos frutales.

### 6.3. Descripción de los niveles de erosión

Al igual como sucedió en gran parte del secano de Chile central, la localidad de Rastrojo siguió la misma secuencia de hechos que determinaron que el paisaje se aprecie en las condiciones de deterioro en que se encuentra hoy. El efecto combinado de desmontar la vegetación autóctona, realizar monocultivo sistemáticamente durante décadas y la aplicación de técnicas de cultivo en que se araban las laderas en sentido de la pendiente, dejándolas descubiertas durante el período de mayores lluvias, ha favorecido un empobrecimiento y deterioro de los suelos, con graves procesos erosivos, evidentes desde el siglo pasado en gran parte del secano, incluido el sector Los Rastrojos (Elizalde, 1958).

---

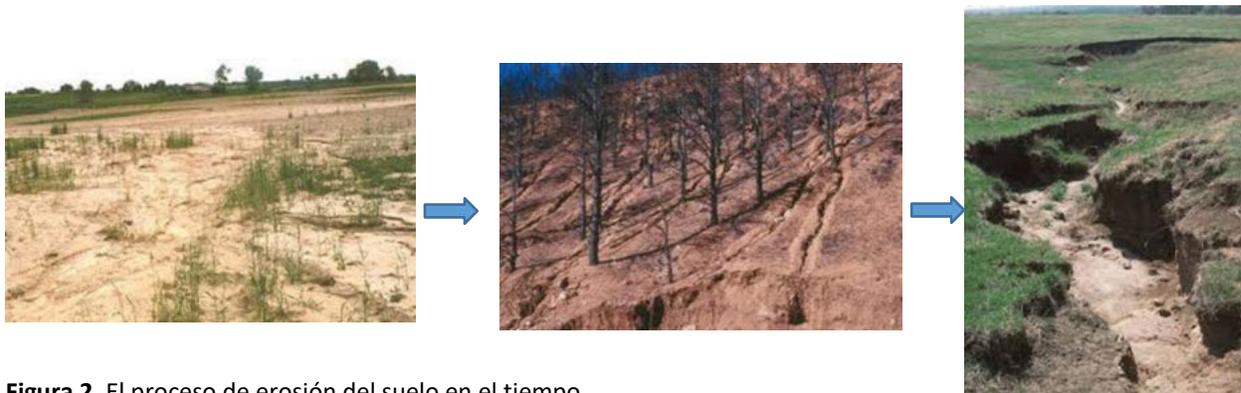
<sup>9</sup> Constituye la unidad tridimensional más pequeña del suelo, o la unidad de muestreo que en general no debe tener menos de 1 m<sup>2</sup> y que representa la naturaleza de los horizontes del suelo (propiedades), su grado de expresión (secuencias) y la variabilidad de sus propiedades (magnitud).

En amplias zonas, la economía agraria se basaba principalmente en cultivo de cereales y viñas, las que, en muchos casos, fueron establecidas en lomajes con pendientes relativamente fuertes a escarpadas, que correspondían a terrenos de aptitud ganadera o netamente forestal y que prevaleció hasta comienzos de la década de los 70 (IREN-CORFO, 1970).

Parte de la gravedad e importancia de los procesos erosivos, debe atribuirse a las características de erodabilidad de los suelos. Los suelos de Rastrojos, que descansan sobre un sustrato de rocas metamórficas muy meteorizadas y que poseen una textura franco arcillo arenosa o franco arcillo limosa, en una topografía de lomajes y cerros, son muy susceptibles de ser erosionados al someterlos a las prácticas antes descritas.

Por otra parte, el clima mediterráneo, con precipitaciones invernales intensas y altas temperaturas (di Castri & Hajek, 1976), además de sequías estivales prolongadas, sumado a una superficie del suelo desprotegida de vegetación, favorece la descomposición de la materia orgánica y la consecuente pérdida de la capacidad de cohesión entre las partículas minerales del suelo, lo que los vuelve muy inestables y susceptibles al inicio de procesos de erosión. La topografía con pendientes facilita el arrastre del material particulado por el agua. De esta forma se inicia un proceso de pérdida del suelo, que, dependiendo de la configuración del terreno y de la intensidad de las precipitaciones, se manifiesta en mayor o menor grado.

El proceso se inicia con una erosión en manto o laminar (pérdida de partículas de la superficie del suelo), encauzándose luego en la erosión en surcos o canalículos y culminando con la erosión en zanjas y cárcavas (Figura 2.).



**Figura 2.** El proceso de erosión del suelo en el tiempo.

En el sector de Rastrojos, el proceso de erosión se encuentra en la fase más avanzada del mismo. Parte de la superficie del sector se encuentra surcado por cárcavas de diversas dimensiones, con pérdida total de los horizontes superficiales del suelo y quedando expuesto el material original del mismo (Figura 3.). Aunque muchas de las cárcavas se encuentran en una fase activa, con su superficie descubierta, material suelto en el fondo y la cabecera de la misma, indicando desmoronamientos recientes, en algunos casos se observa cierta estabilización de las mismas, con germinación de especies herbáceas y arbustivas en sus taludes (Figura 4.). Sin embargo, se trata de una situación muy inestable y que eventos de precipitación torrenciales pueden agravar en extremo.

En términos de la erosión del suelo y en una escala de daño creciente que va de menor a mayor, en el sector de Rastrojos se producen los siguientes niveles (CIREN, 2010):

- a. Erosión ligera: ocurre en muy baja proporción del territorio y en zonas con suelos ligeramente inclinados ú ondulados, en general de muy baja pendiente, donde existe cobertura de vegetación nativa semidensa (mayor a 50% y menor a 75) y donde se encuentra levemente alterado el espesor y carácter del horizonte.
- b. Erosión moderada: ocurre en sectores donde el suelo tiene clara presencia de subsuelo en al menos 30% de la superficie. Se observan pedestales o pavimentos de erosión en al menos 30% de la superficie. El suelo original se ha perdido entre 40 a 60% y existe la presencia ocasional de surcos o canálculos. Este tipo de erosión es el de mayor representatividad en Rastrojo, especialmente en zonas de pendientes suaves, lomajes y laderas bajas.
- c. Erosión severa: corresponde a suelos que presentan ocasionalmente surcos y cárcavas, con entre un 30 a 60% de la superficie con el subsuelo visible, con pedestales o pavimentos. La pérdida de suelo es del orden del 60 a 80% y hay presencia de zanjas con un distanciamiento medio de 10 a 20 metros. Este tipo de erosión es representativo en Rastrojos en zonas de laderas inclinadas y pendientes moderadas.
- d. Erosión muy severa: ocurre en sitios en donde se ha destruido el suelo en más de un 60% de la superficie y el subsuelo se presenta a la vista y el material de origen en más de un 60% de la superficie. Existe una pérdida de suelo superior al 80% del suelo original y presenta cárcavas con un distanciamiento medio de entre 5 a 10 metros. Esta es la máxima expresión de la erosión y en Rastrojo está presente en los sectores con cárcavas.
- e. Erosión no aparente: corresponde a sectores que se encuentran protegidos por algún tipo de cubierta vegetal de densidad mayor a 75% o su uso está sujeto a buenas prácticas de manejo. Es el caso de sitios específicos con plantaciones forestales (principalmente *Pinus radiata*) o remanentes de bosque nativo denso que se localizan en sitios específicos de Rastrojos.

Como es posible observar, en Rastrojo, ocurren diferentes niveles de erosión, pero los más representados son la erosión moderada, severa y muy severa, que ocupan la mayor parte del territorio, favorecidas por la topografía de lomajes y cerros, así como prácticas humanas de agricultura intensiva en suelos muy erodables debido a su constitución interna y durante la última década por condiciones climáticas adversas, inducidas por el cambio climático, como sequías prolongadas con altas temperaturas y disminución de precipitaciones, con lluvias breves pero intensas, que saturan la capacidad de infiltración del suelo e incrementan los flujos superficiales, arrastrando partículas hacia las zonas bajas.



**Figura 3.** Suelos altamente erosionados (erosión muy severa), con aparición de Roca Madre, sector de Rastrojo.

## 6.4. Identificación y descripción de las Cárcavas

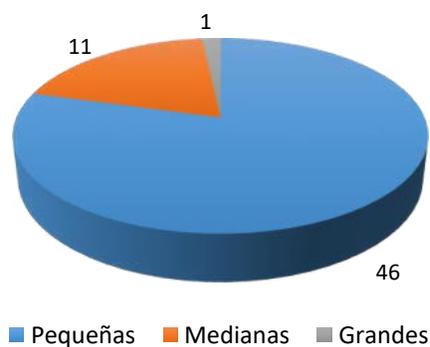
### 6.4.1. Tamaño y superficie

De acuerdo a SARH (1983), la cárcava es la forma que se produce por la socavación repetida sobre el terreno, debido al flujo incontrolado de los escurrimientos superficiales. En la zona de Rastrojos, así como en muchos otros lugares del paisaje rural de Chile central, estas zanjas son llamadas “barrancas”. Sobre la base del Plano 1 (Anexo 1), que entrega una propuesta de límites para el sector de Rastrojo, se tiene que la superficie total del área de estudio alcanza las 1.828,83 hectáreas. En su interior se identificaron más de 80 cárcavas, de las cuales, se priorizaron y describieron, en función de su tamaño 58, las que, en su conjunto, cubren una superficie estimada de 84,08 hectáreas, lo que representa un 4,6% de la superficie de Rastrojo.

**Tabla 2.** Antecedentes de las Cárcavas de localidad de Rastrojo.

| Tamaño   | Número | Porcentaje (%) | Superficie (ha) | Porcentaje (%) |
|----------|--------|----------------|-----------------|----------------|
| Pequeñas | 46     | 79             | 42,90           | 51,02          |
| Medianas | 11     | 19             | 33,98           | 40,41          |
| Grandes  | 1      | 2              | 7,2             | 8,56           |
| Total    | 58     | 100            | 84,08           | 100            |

**Tamaño de Cárcavas en Sector Rastrojo**

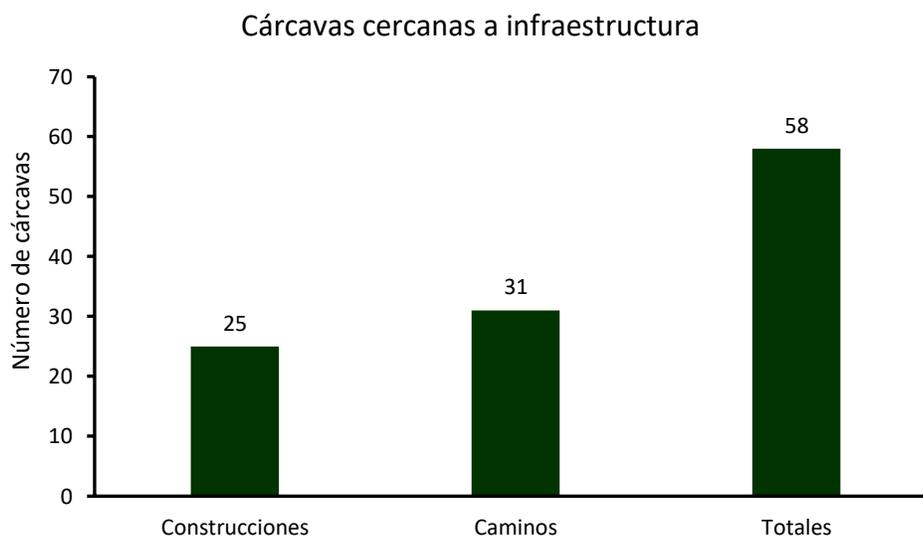


**Figura 4.** Número de cárcavas de acuerdo a tamaño, en el sector de Rastrojo.

Considerando su tamaño, el 79% de las cárcavas de Rastrojos son pequeñas, es decir, tienen menos de 1 metro de profundidad y una superficie o área de drenaje menor a 2 hectáreas, lo que es indicativo que la mayor proporción de estas cárcavas en el área, aún tienen condiciones favorables para su manejo y estabilización. Por otra parte, las cárcavas medianas, es decir, aquellas cuya profundidad fluctúa entre 1 y 5 metros y tienen un área de drenaje de 2 a 5 hectáreas, representan el 19% de las cárcavas estudiadas, con 11 cárcavas en esta condición (Tabla 2). Finalmente, de acuerdo a la clasificación planteada, existe sólo 1 cárcava grande en Rastrojos, es decir, tiene una superficie mayor a 5 hectáreas y representa el 2% del total.

#### 6.4.2. Riesgo para la población y obras civiles

De las 58 cárcavas descritas, 25 de ellas equivalentes a 43% se encuentran a menos de 90 metros de una construcción humana, es decir, vivienda o infraestructura como galpones, bodegas, corrales techados, etc. Asimismo, 31 cárcavas están cercanas a caminos públicos y/o de acceso a los predios, lo que representa un 53%. Los datos anteriores (Figura 5), enfatizan el hecho que un porcentaje importante de las cárcavas, se encuentran cercanas a infraestructura crítica, lo que puede implicar altos riesgos asociados al desmoronamiento de laderas y taludes, con daño severo a viviendas y caminos. Esta situación es particularmente delicada considerando el tipo de suelos, muy antiguos y caracterizados por una alta susceptibilidad a la erosión, a causa de su constitución, topografía y sobreexplotación humana intensiva.



**Figura 5.** Número de cárcavas cercanas a infraestructura humana como viviendas o caminos.

Ejemplo de cárcavas cercanas a viviendas e infraestructura de uso humano, son presentadas en las siguientes imágenes, tal como la Cárcava N°3 y la Cárcava N°36 de las Fichas Técnicas. En estos y otros casos similares, se requiere en lo posible, definir rápidamente una estrategia para abordar el control o la estabilización de dichas cárcavas, en función de recursos disponibles, ya que lluvias intensas, como las que se pronostican en el contexto del cambio climático, generan impactos severos en estas formaciones, debido al incremento en la escorrentía superficial, con el consecuente arrastre de partículas, desmoronamiento de taludes y laderas.



**Figura 6.** Viviendas y cárcava con cobertura vegetal.



**Figura 7.** Viviendas y cárcava con poca cobertura.

### 6.4.3. Conectividad

Dependiendo de la ubicación topográfica y de la distancia en metros, que exista entre una y otra cárcava, es posible evaluar su conectividad en el territorio. De acuerdo a los resultados del presente estudio, se identificaron al menos 8 grupos de cárcavas que se encuentran distribuidas formando núcleos en el paisaje de Rastrojo. Cada uno de estos núcleos, está formado por entre 3 y 15 cárcavas, la mayoría de ellas, de tamaño pequeño y unas pocas medianas. En la figura 8, se indica un grupo de cárcavas ubicado en el sector norte de Rastrojo (plano con círculo rojo) y formado por las cárcavas 1 a 10. Sin embargo, en función de las distancias entre ellas, es necesario subdividirlo y verificar si hay cárcavas continuas, para formar por ejemplo 2 grupos en la zona superior cuyas distancias están entre 30 y 60 metros y 2 en la zona inferior, donde hay cárcavas individuales (por ejemplo, la cárcava 3) y otras como las 8 y 9, separadas aprox. 60 metros entre sí.

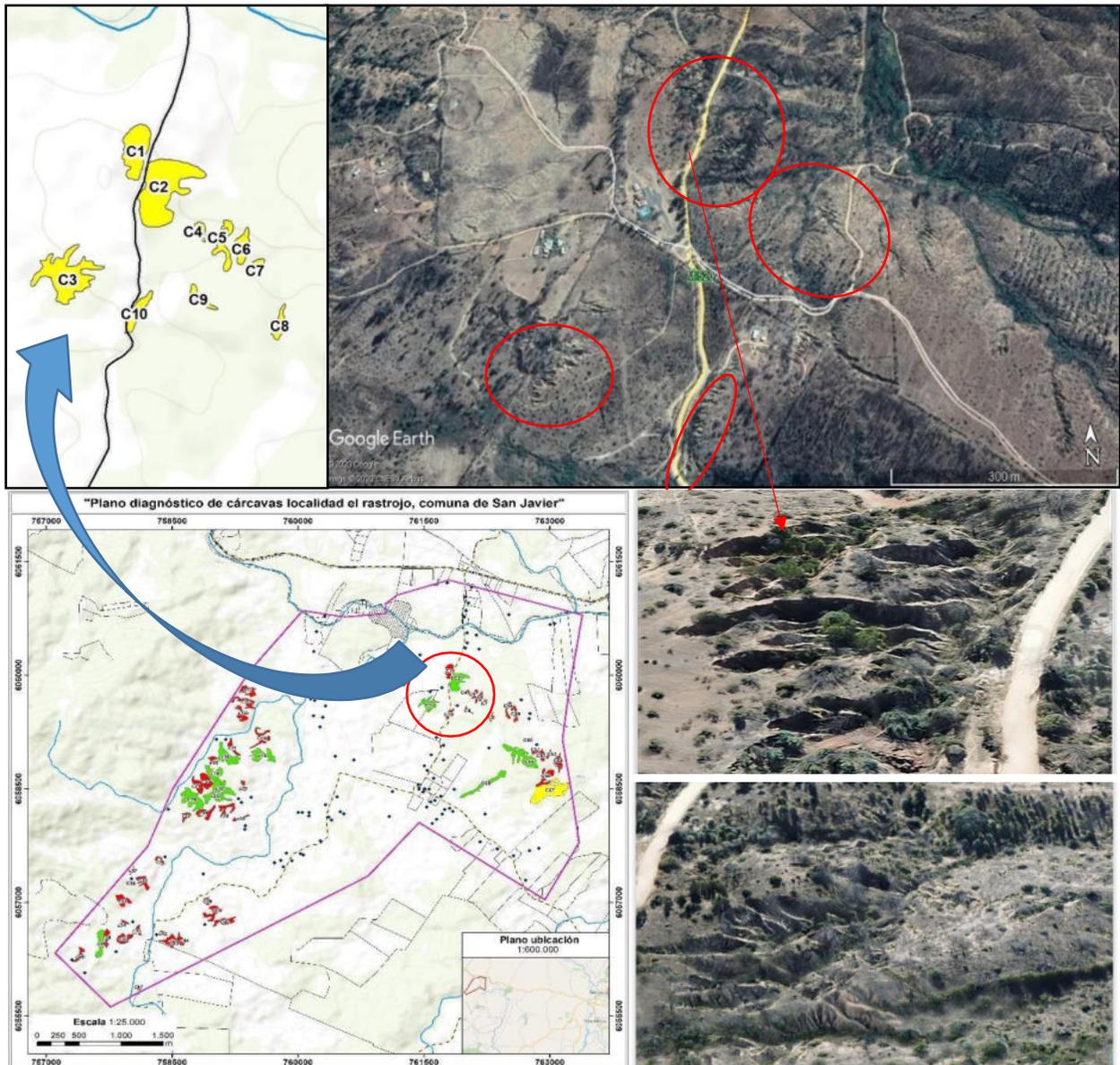


Figura 8. Conectividad o cercanía entre cárcavas en Rastrojos. Izquierda, plano con cárcavas en color amarillo.

La proximidad entre cárcavas, en muchas ocasiones es a causa de la topografía, debido a que pueden formarse como parte de la confluencia de una, dos o más quebradas que tienen un canal principal y que drenan un curso de agua estacional, así como también, debido a que forman parte de una unidad del relieve, como una o varias laderas. Cuando existe una cárcava principal donde confluyen otras cárcavas secundarias y conforman un sistema de drenaje a lo largo de la pendiente, es posible hablar de Cárcavas Continuas (CONAFOR, 2018). Esta situación, favorece que, en muchos casos, las cárcavas no se encuentren aisladas, sino que formen pequeños complejos de cárcavas conectadas o ubicadas a unas decenas de metros entre sí, siguiendo la dirección que toma la evacuación de aguas lluvias.

Lo anterior, puede implicar que, en condiciones similares de topografía, exposición y tipo de suelo, se comience a desarrollar una cubierta vegetal espontánea que, aunque presente algunas variaciones, se encuentra compuesta por más o menos las mismas especies de plantas, lo que da pie a otro aspecto de su descripción y se vincula con las posibilidades de manejo: la factibilidad de su recuperación ecológica a través del desarrollo de una cubierta vegetal.

#### 6.4.4. Potencial de recuperación ecológica (cobertura vegetal)

La cobertura vegetal del terreno de la cárcava, constituye una condición hidrológica de la misma, debido a que incide directamente sobre la interceptación de la precipitación y la rugosidad que se opone al escurrimiento del flujo superficial de agua. De esta forma y para definir posteriores manejos, es posible establecer tres clases de cobertura de la vegetación presente en una cárcava y sus zonas adyacentes:

**Tabla 3.** Clases de cobertura vegetal

| Clase   | % de cobertura |
|---------|----------------|
| Buena   | >75%           |
| Regular | Entre 50 y 75% |
| Mala    | < de 50%       |

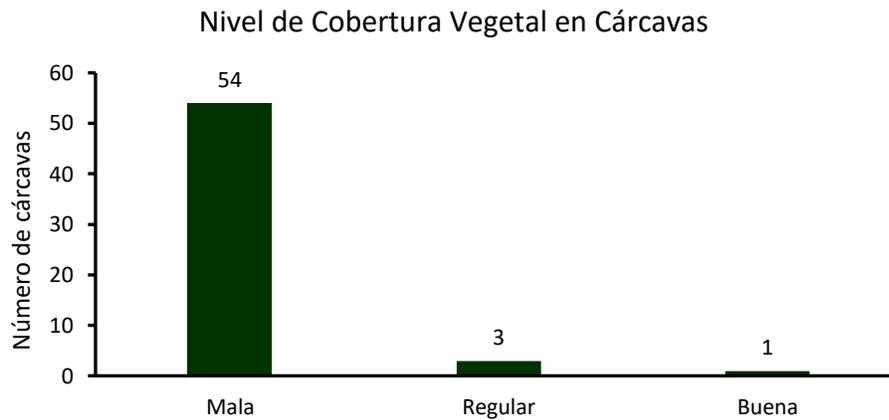
Fuente: CONAFOR (2018).

En forma muy preliminar, es posible indicar que, en Rastrojo, el nivel de cobertura predominante en la vegetación en cárcavas es Mala, ya que la mayoría de ellas, presenta un porcentaje de cobertura del suelo menor al 50%.



**Figura 9.** A. Cobertura vegetal Mala B. Cobertura vegetal Regular. C. Cobertura vegetal Buena.

Esto queda de manifiesto al precisar que, de las 58 cárcavas descritas, 54 de ellas equivalentes al 93%, exhiben una cobertura vegetal menor al 50% (Figura 7, A). Luego, 3 cárcavas equivalentes a 3%, tienen una cobertura vegetal considerada Regular, es decir, entre el 50 y 75% (Figura 9, B). Finalmente, sólo 1 cárcava que representa el 2% del total, exhibe una cobertura vegetal que puede ser considerada Buena, ya que es mayor al 75% (Figura 7, C).



**Figura 10.** Número de cárcavas con niveles de cobertura vegetal Mala, Regular y Buena.

Por otra parte, la cobertura vegetal observada a través de fotografías aéreas de alta resolución y luego corroborada con algunas visitas de campo y recorridos por el interior de cárcavas, indican que las principales especies de plantas presentes en ellas corresponden a las arbóreas nativas: *Lithrea caustica* (litre), *Escallonia pulverulenta* (mardón), *Quillaja saponaria* (quillay), *Peumus boldus* (boldo) y *Kageneckya oblonga* (bollén) como las de mayor frecuencia y en menor proporción y en condiciones más protegidas *Cryptocarya alba* (peumo), a las que se agregan en las zonas de laderas medias la especie caducifolia *Nothofagus glauca* (hualo). Entre las arbóreas exóticas es muy frecuente y abundante la regeneración natural de *Pinus radiata* (pino) y en menor medida rebrotes de *Eucaliptus globulus* (eucalipto).

Entre las especies arbustivas nativas más frecuentes aparecen *Azara integrifolia* (corcolén), *Aristotelia chilensis* (maqui), *Podanthus ovatifolius* (mitique) y en sitios más secos *Colliguaja odorifera* (colliguay) y zonas despejadas *Baccharis linearis* (romerillo), mientras que en zonas más intervenidas están los arbustos adventicios *Rubus ulmifolius* (zarzamora) y *Rosa rubuginosa* (rosa mosqueta).



**Figura 10.** A. Colonización de cárcava por especies nativas. B. Colonización de cárcava por *Pinus radiata*.

Las especies herbáceas exhiben en general una baja cobertura, aunque están presentes en la mayor parte de las cárcavas. Entre las especies nativas se encuentra *Nassella* sp, que, en varias cárcavas con recuperación de arbustos y árboles nativos, es abundante, junto a *Calceolaria meyeniana* (capachito). Entre las trepadoras están *Muehlenbeckya hastulata* (quilo) y *Proustia pyrifolia* (parrilla blanca).

De los antecedentes anteriormente expuestos, es posible deducir algunas conclusiones:

a. El componente de vegetación en las cárcavas, presenta una riqueza significativa de especies compuesta por más de una treintena de taxa que están presentes en la casi totalidad de las cárcavas descritas.

b. Entre las especies mayoritariamente presentes, las esclerófilas arbóreas son las más abundantes, seguidas por *Pinus radiata* y en tercer lugar por especies arbóreas caducifolias, localizadas por sobre los 200 metros de altitud en condiciones predominantes de ladera.

c. Una alta proporción de estas especies, principalmente esclerófilas y en menor medida caducifolias, proviene de regeneración vegetativa post-incendio, ya que se sustentan -las primeras- en rebrotes provenientes de lignotúber y las segundas, de yemas formadas en las ramas de la copa.

d. Esta vegetación, luego de 3 años post-incendio, ha mostrado una alta capacidad de recuperación, sin embargo, la cobertura promedio en más del 90% de las cárcavas descritas, no supera el 50%, mientras que sólo el 4% de ellas tiene una cobertura entre el 50 y 75%, para, finalmente, sólo el 2% de las cárcavas, exhibir una cobertura mayor al 75%.

e. A pesar que estos valores de cobertura aún son bajos, se debe recordar que la zona de Rastrojos y gran parte del secano, fue afectado por el megaincendio forestal de 2017, es decir, han transcurrido sólo 3 años desde ese gran disturbio. Por otra parte, una porción significativa de la superficie de esta localidad, tuvo severidad media y alta de daño por incendio, con impacto directo de calcinamiento y pérdida de la cobertura de gran parte de la vegetación (CONAF, 2017).

f. Por esta razón, el rápido nivel de recuperación de la cobertura vegetal en las cárcavas, pone de manifiesto que la recuperación “pasiva” de la vegetación constituye un componente fundamental del proceso de recuperación o estabilización de cárcavas, especialmente cuando los recursos financieros son limitados para establecer obras de contención física.

g. Sin embargo, si bien el control de cárcavas debe combinar medidas biomecánicas para su estabilización, entre éstas se encuentran de manera importante el establecimiento “activo” de vegetación, tanto al interior, así como en las paredes y en las inmediaciones de las cárcavas (Iroume, 1994).

f. Un siguiente paso, podría ser, determinar qué especies y en qué proporción, son las más adecuadas para ser utilizadas en un programa de recuperación de la cubierta vegetal en las cárcavas o sus zonas adyacentes, a través de experiencias de repoblamiento, enriquecimiento o incremento de la densidad con especies herbáceas, arbustivas o arbóreas.

### 6.5. Describir y priorizar 2 cárcavas que serán objeto de intervención

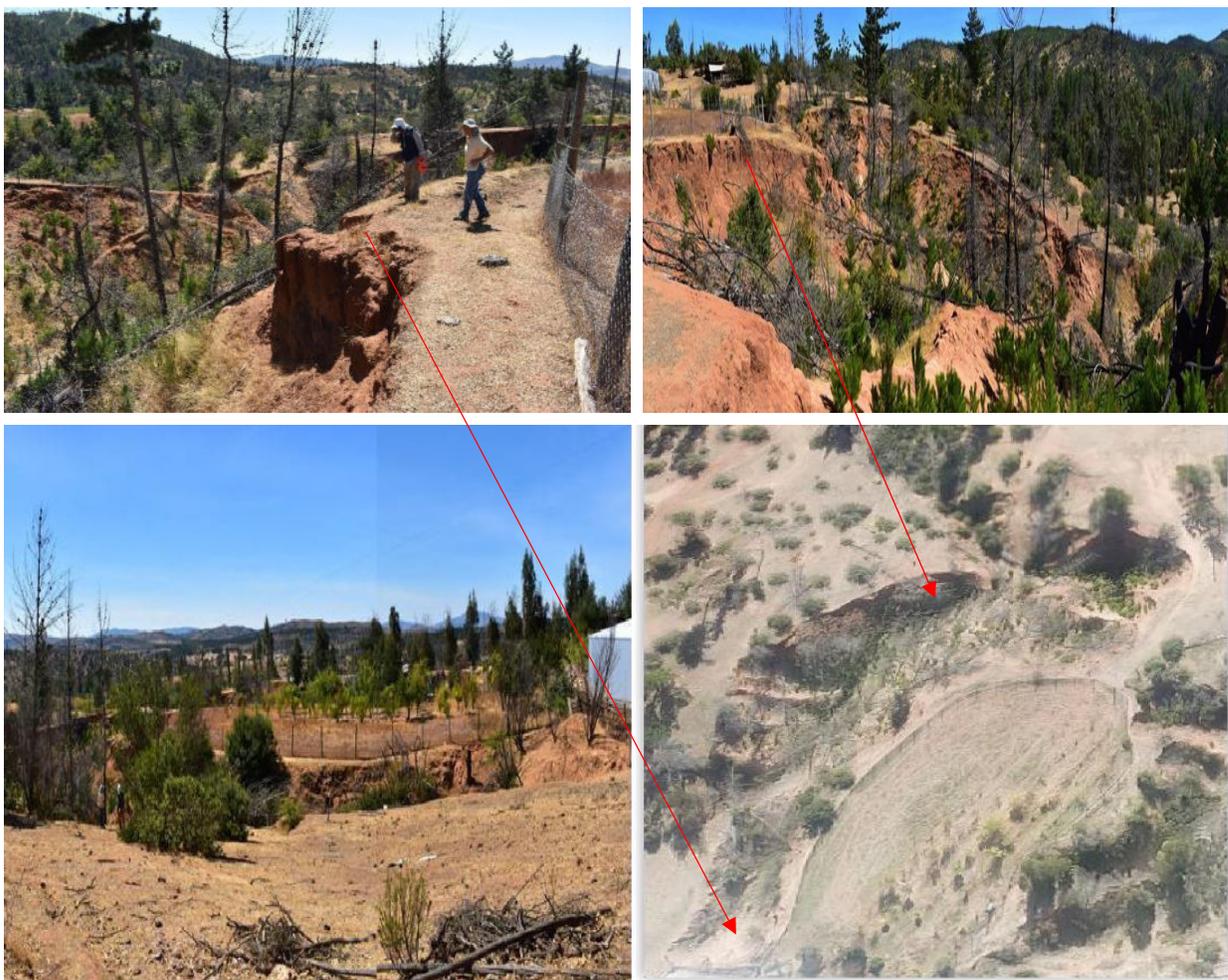
Del conjunto total de cárcavas descritas en las fichas técnicas, se priorizaron 2, que, debido a que se ubican inmediatamente contiguas a viviendas y a caminos de acceso, se considera prioritario abordar a través de obras de estabilización o contención.

La primera Cárcava a considerar corresponde a la N°36, se ubica hacia el límite sur-este del área de Rastrojo y al costado oriente de la vivienda de la familia Romero-Rojas. Corresponde a una cárcava pequeña, que cubre una superficie de 0,4 hectáreas, pero que presenta una importante pendiente a causa de la diferencia de altitud entre su zona baja que se ubica a los 167 msnm y la zona alta que se ubica a los 194 msnm. Aunque en su ladera norte, presenta cobertura arbórea de *Eucaliptus globulus*, así como de especies nativas como *Nothofagus glauca* (hualo); en su ladera sur, presenta restos de troncos quemados y muertos en pie y en el suelo, de *Pinus radiata*, así como regeneración por semillas de esta misma especie y regeneración vegetativa (rebrotos) de especies esclerófilas.



**Figura 2.** Vista parcial de Cárcava 1, priorizada para intervenir con objeto de estabilización.

La segunda cárcava considerada para intervención, corresponde a la Cárcava N°37, se ubica hacia el mismo límite sur-este del área de Rastrojo, pero al costado poniente de la vivienda de la misma familia Romero-Rojas. Esta también es una cárcava de tamaño pequeño, que cubre una superficie de 0,31 hectáreas y una pendiente cuya altura máxima se encuentra a los 184 msnm y la mínima a los 160 msnm. Al igual que la mayoría de las cárcavas del sector, la cobertura vegetal es baja, menor al 50% y está representada hacia su cabecera principalmente por rebrotes de especies nativas esclerófilas y hacia su parte baja por regeneración vía semilla de *Pinus radiata* en abundancia.



**Figura 2.** Vista parcial de Cárcava 1, priorizada para intervenir con objeto de estabilización.

## 7. Conclusiones

7.1. La situación ambiental general del área de Rastrojos, refleja la realidad que también presenta gran parte del secano interior de Chile central, es decir, un paisaje con suelos muy erosionados debido a su constitución interna, la topografía de lomajes, factores climáticos restrictivos y la indudable alteración producto de actividades humanas.

7.2. Los suelos de gran parte de Rastrojo, derivan principalmente de rocas metamórficas (filitas) que se encuentran muy meteorizadas y en consecuencia, son muy susceptibles de erosionarse. La coloración general es pardo rojizo oscuro. La topografía predominante es de lomas y cerros cuyas pendientes fluctúan entre el 5 y 50%.

7.3. En términos de la erosión del suelo y en una escala de daño creciente que va de menor a mayor, en el sector de Rastrojos se producen todos los niveles de erosión: ligera, moderada, severa y muy severa, estando ésta última, representada por las más de 80 cárcavas distribuidas ampliamente por el sector.

7.4. El área de Rastrojo, alcanza una superficie aproximada de 1.828,83 hectáreas y en su interior se identificaron más de 80 cárcavas, de las cuales, se priorizaron y describieron, 58, las que, en su conjunto, cubren una superficie estimada de 84,08 hectáreas, lo que representa un 4,6% de la superficie de Rastrojo.

7.5. En cuanto al tamaño, el 79% de las cárcavas de Rastrojos son pequeñas (superficie menor a 2 hectáreas), el 19% son medianas (superficie de 2 a 5 hectáreas) y sólo 1 cárcava es grande (superficie mayor a 5 hectáreas) y es equivalente a 2% del total.

7.6. De las 58 cárcavas descritas, 25 de ellas equivalentes a 43% se encuentran a menos de 90 metros de una construcción humana, es decir, vivienda o infraestructura como galpones, bodegas, corrales techados, etc. Asimismo, 31 cárcavas están cercanas a caminos públicos y/o de acceso a los predios, lo que representa un 53%.

7.7. En cuanto al nivel de cobertura de la vegetación, se observa que, de las 58 cárcavas descritas, 54 de ellas equivalentes al 93%, exhiben una cobertura vegetal menor al 50%; luego, 3 cárcavas equivalentes a 3%, tienen una cobertura vegetal considerada Regular, es decir, entre el 50 y 75% y sólo 1 cárcava que representa el 2% del total, exhibe una cobertura vegetal que puede ser considerada Buena, ya que es mayor al 75%.

7.8. Una visión preliminar de esta vegetación, indica que la riqueza es significativa y está compuesta por más de una treintena de taxa en la casi totalidad de las cárcavas. Entre las especies, las esclerófilas arbóreas son las más abundantes, seguidas por *Pinus radiata* y en tercer lugar por especies arbóreas caducifolias, localizadas por sobre los 200 metros de altitud en condiciones predominantes de ladera.

7.9. La baja cobertura media, debe vincularse al incendio de 2017, que quemó la casi totalidad de vegetación. Esta vegetación, ha mostrado una rápida recuperación en cárcavas, lo que pone de manifiesto su rol fundamental en el proceso de recuperación de cárcavas, especialmente cuando los recursos financieros son limitados para establecer obras de contención física.

7.10. En cuanto a manejos para favorecer la estabilización, se priorizaron 2 cárcavas contiguas a viviendas y caminos de acceso, en uno de los predios del sector. Se espera que las intervenciones se implementen durante fines de julio o inicios de agosto, en función de favorables condiciones climáticas.

## 8. Bibliografía

- Carrasco, J. Jorge, Pérez C. Claudio, Gaete C. Nelba. 2004. Control y Manejo de Cárcavas Menores. Serie cartilla Divulgativas, Proyecto CADEPA. Chillán, Chile. Cartilla N°3. 16 pp.
- CIREN. 1997. Estudio Agrológico VII Región. Descripciones de Suelos. Publicación CIREN N°117.
- CIREN. 2010. Determinación de la Erosión actual y potencial de los suelos de Chile. Región del Maule. Síntesis de Resultados. Publicación N°147. 50 pp.
- CONAF. 2017. Análisis de la Afectación y Severidad de los Incendios Forestales ocurridos en enero y febrero de 2017 sobre los usos de suelo y los ecosistemas naturales presentes en las regiones de Coquimbo y La Araucanía de Chile. Informe Técnico. 56 pp. Santiago, Chile.
- CONAFOR. 2018. Comisión Nacional Forestal. Protección, Restauración y Conservación de Suelos Forestales. Manual de Obras y Prácticas. 293 pp.
- Di Castri, Franceso & E. Hajek. 1976. Bioclimatología de Chile. Editorial Universidad Católica de Chile. 163 pp.
- Elizalde, R. 1958. La sobrevivencia de Chile. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 577 pp.
- Errázuriz, A.M., P.Cereceda, J.I. González, M. González, M. Henríquez y R. Rioseco. Manual de Geografía de Chile. Editorial Andrés Bello. Tercera Edición. 395 pp.
- IREN-CORFO. 1970. Manejo destructivo de la Tierra. Cordillera de la Costa. Provincia de Concepción. Santiago, Chile. 22 pp.
- Ilustre Municipalidad de San Javier. 2018. Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO) 2018-2021.
- Iroume, A., J. Gayoso y M. Hernández. 1994. Caracterización de cárcavas en las regiones VIII y IX de Chile. Bosque 15(2):65-75.
- Lugo, J. 2011. Diccionario Geomorfológico. Primera Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. 478 pp.
- Luzio, W. 2010. Suelos de Chile. Departamento de Ingeniería y Suelos. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 364 pp.
- Millar, C.E. 1961. Edafología. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Editorial continental. 612 pp.
- Ovalle, C. 1994. Características ecológicas y acción del hombre en el secano interior. Potencialidades y limitaciones para la agricultura. En: La Agricultura del Secano Interior. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura. 234 pp.
- Peralta, M. 1971. Uso, Clasificación y Conservación de Suelos. Servicio Agrícola y Ganadero. Ministerio de Agricultura.
- Pfeiffer, M., J. Pérez Q., M. González C. & M.R. Donoso. 2018. Capítulo 5. Suelos. Informe País Estado del Medio Ambiente en Chile. 602 pp.
- Pinochet de la Barra, F. 1991. Los Suelos Forestales de la Región del Maule. Revista "Universum". Universidad de Talca. Pp 59-77.

- San Martín, J. & C. Donoso. 1995. Estructura florística e impacto antrópico en el bosque maulino de Chile. Pp: 153-168. En: Ecología de los Bosques Nativos de Chile. J. Armesto, C. Villagrán y M.K. Arroyo (Eds.).
- San Martín, J. y P. Gómez. 2010. Historia, concepto y uso del bosque maulino. Pp. 73-82. En: Historia Natural del Bosque Maulino Costero. Bustamante, R.O. & P.L. Bachmann (Editores). 119 pp.
- Tricart, J. y R. Borgel. 1967. La cuenca hidrográfica del río Maule. Informaciones Geográficas. Pp 37-90.
- Veit, H. & K. Garleff. 1995. Evolución del paisaje cuaternario y los suelos de Chile central-sur, 27-47 p. En: Armesto, J., Villagrán, C. & M. Arroyo. 1995. Ecología de los bosques nativos de Chile. Ed. Universitaria. Santiago de Chile. 477 p.

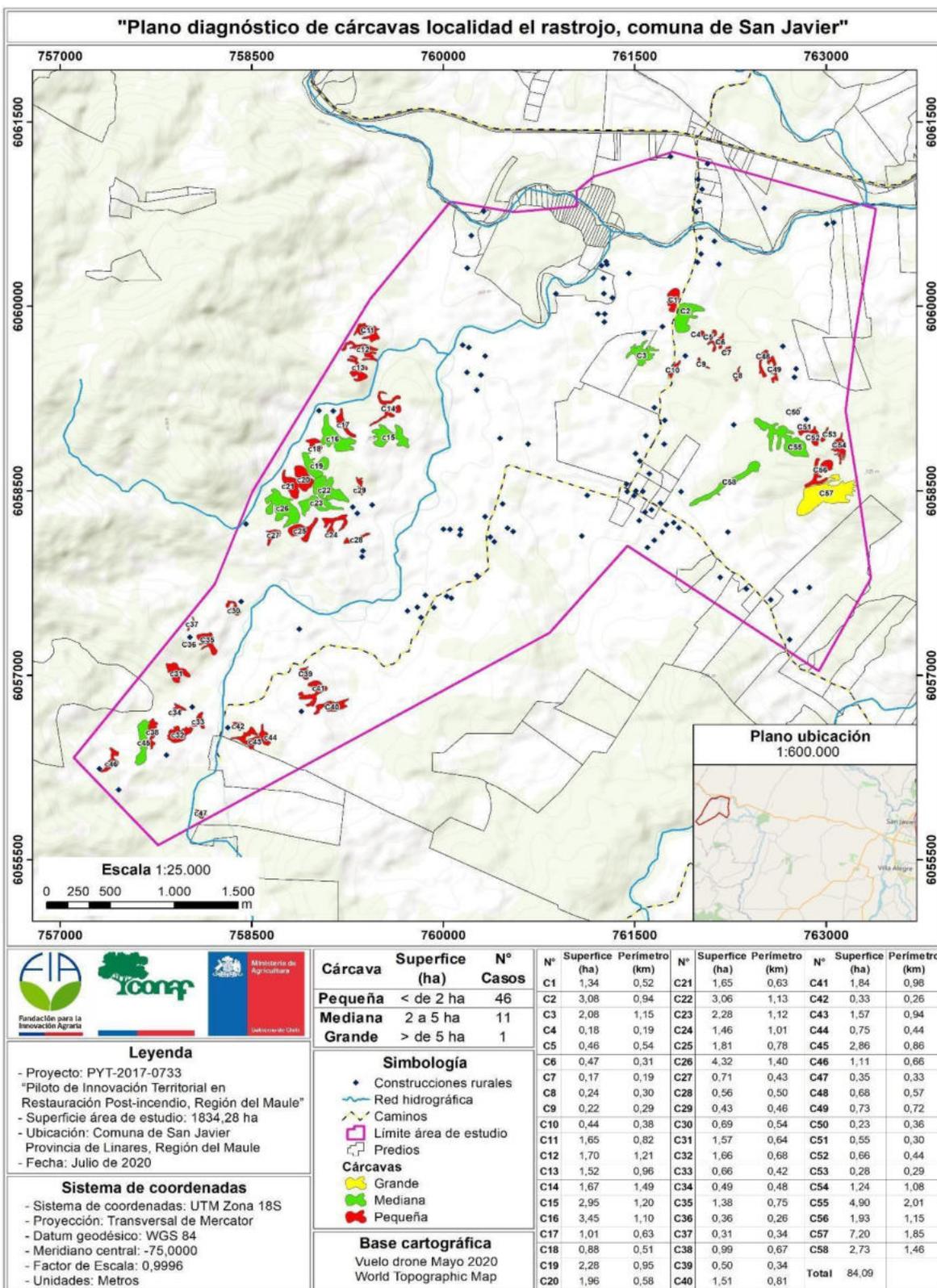
**Informe final**

**Diagnóstico de Cárcavas Sector de Rastrojo, Comuna de San Javier,  
Provincia de Linares, Región del Maule**

**Elaborado en el contexto del proyecto PYT-2017-0733 “Piloto de  
Innovación Territorial en Restauración Post-incendio, Región del Maule”**

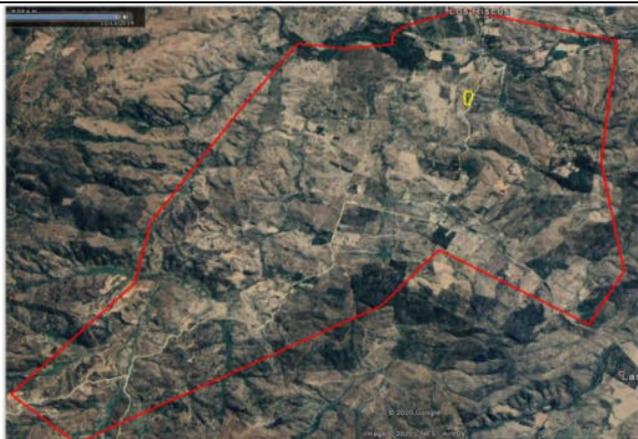
# **ANEXOS**

**Anexo 1.** Mapa general con ubicación de 58 cárcavas descritas.



**Anexo 2.** Fichas técnicas de 58 Cárcavas del sector de Rastrojo.

**Cárcava 1.**



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b. Imagen 3D de cárcava 1.

c) Polígono afectado en ortofotomosaico de alta resolución. d) Modelo de elevación digital del terreno



**Parámetros de la Cárcava 1**

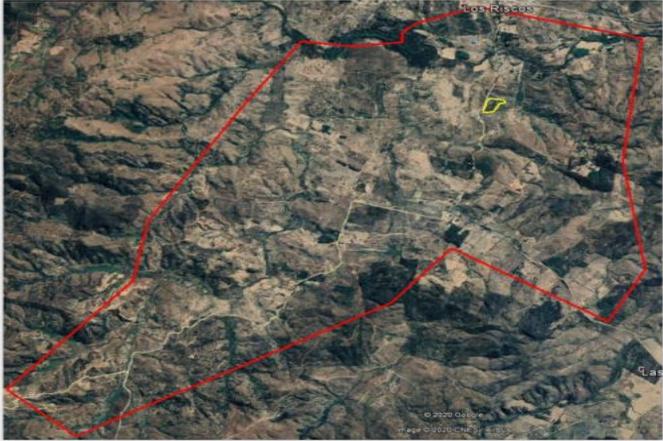
- Perímetro: 521 m
- Área: 1,34 ha
- Mayor altitud perímetro: 170 m.s.n.m.
- Menor altitud perímetro: 129 m.s.n.m.



- Perfil altitudinal canal principal



## Cárcava 2.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



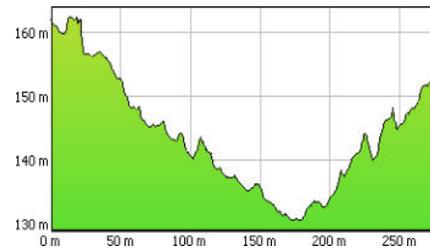
b. Imagen 3D de cárcava 1.

c) Polígono afectado en ortofotomosaico de alta resolución. d) Modelo de elevación digital del terreno

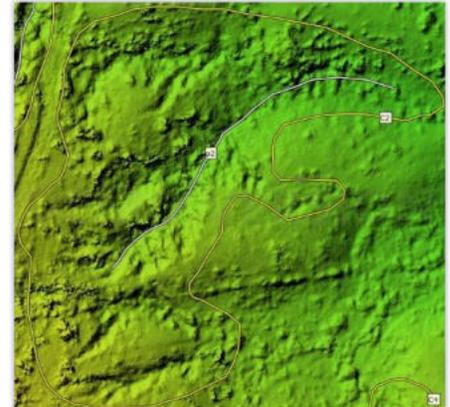


### Parámetros de la Cárcava 2

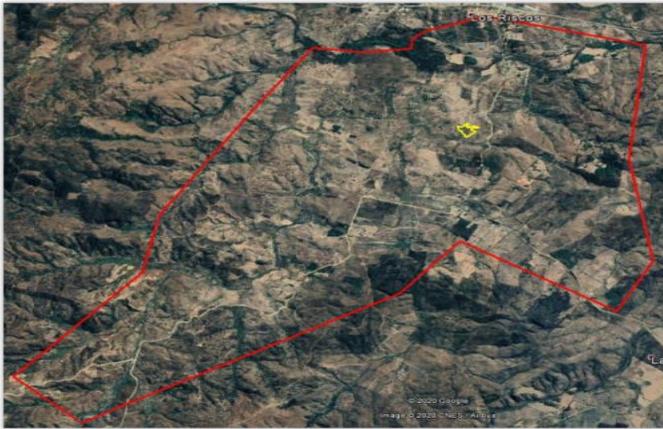
- Perímetro: 939 m
- Área: 3,08 ha
- Mayor altitud perímetro: 172 m.s.n.m.
- Menor altitud perímetro: 126 m.s.n.m.



- Perfil altitudinal canal principal



### Cárcava 3.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



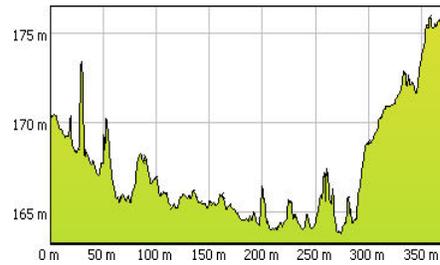
b) Imagen 3D de la cárcava

c) Polígono afectado en ortofotomosaico de alta resolución. d) Modelo de elevación digital del terreno

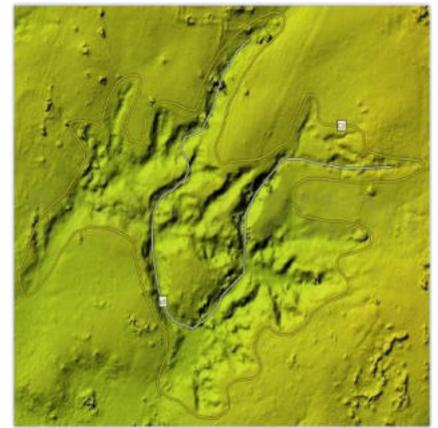


#### Parámetros de la Cárcava 3

- Perímetro: 1.147 m
- Área: 2,08 ha
- Mayor altitud perímetro: 177 m.s.n.m.
- Menor altitud perímetro: 165 m.s.n.m.



- Perfil altitudinal canal principal



### Cárcava 4.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

#### Parámetros de la Cárcava 4

- Perímetro: 186 m
- Área: 0,18 ha
- Mayor altitud perímetro: 163 m.s.n.m.
- Menor altitud perímetro: 146 m.s.n.m.



d) Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

### Cárcava 5.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



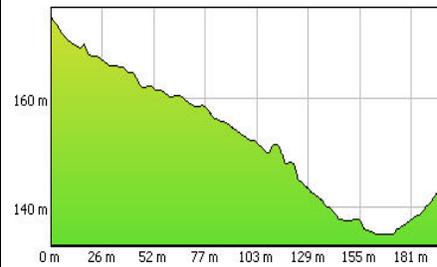
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

#### Parámetros de la Cárcava 5

- Perímetro: 542 m
- Área: 0,46 ha
- Mayor altitud perímetro: 181 m.s.n.m.
- Menor altitud perímetro: 134 m.s.n.m.



d) Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 6.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



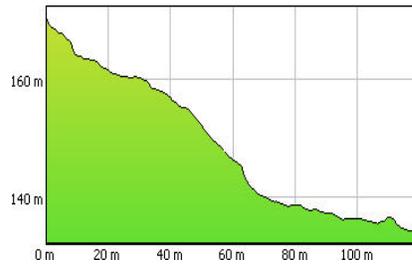
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### Parámetros de la Cárcava 6

- Perímetro: 310 m
- Área: 0,47 ha
- Mayor altitud perímetro: 172 m.s.n.m.
- Menor altitud perímetro: 134 m.s.n.m.



d) Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 7.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



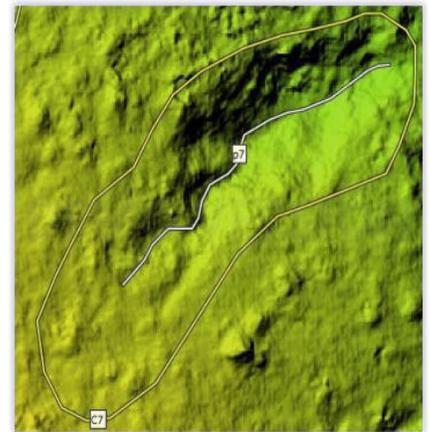
c) Polígono en ortofotomosaico

### Parámetros de la Cárcava 7

- Perímetro: 187 m
- Área: 0,17 ha
- Mayor altitud perímetro: 176 m.s.n.m.
- Menor altitud perímetro: 149 m.s.n.m.



d) Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 8.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 8

- Perímetro: 300 m.
- Área: 2.356 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 194 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 173 m.s.n.m



- Perfil altitudinal canal principal.



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 9.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



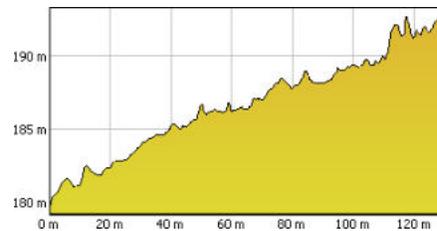
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 9

- Perímetro: 288 m.
- Área: 2.152 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 195 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 180m.s.n.m

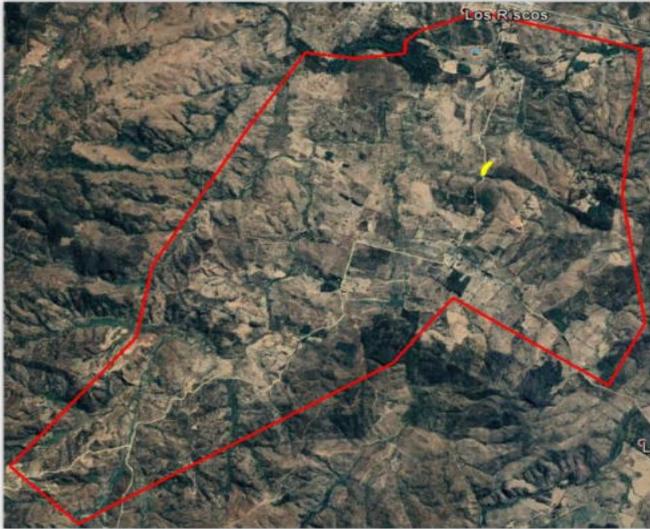


- Perfil altitudinal de canal principal.



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 10.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 10

- Perímetro: 382 m.
- Área: 4.422 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 183 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 173 m.s.n.m



- Perfil altitudinal canal principal.



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 11.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



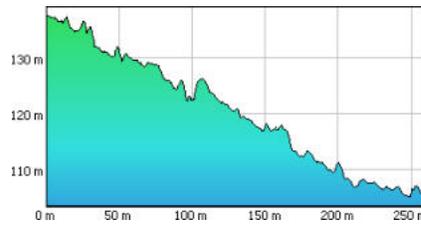
b) Imagen 3D de la cárcava



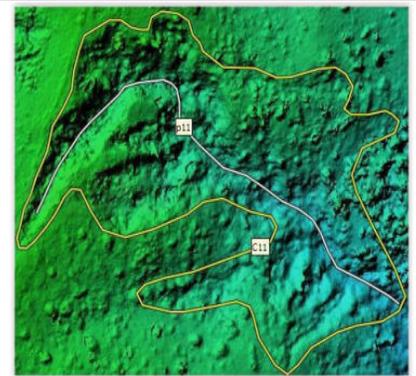
c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 11

- Perímetro: 526 m.
- Área: 16.526 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 142 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 106 m.s.n.m



- Perfil altitudinal canal principal.



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 12.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



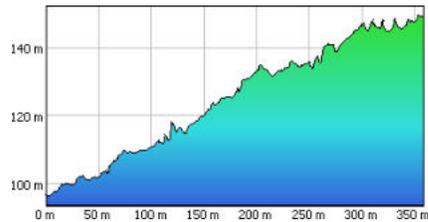
b) Imagen 3D de la cárcava



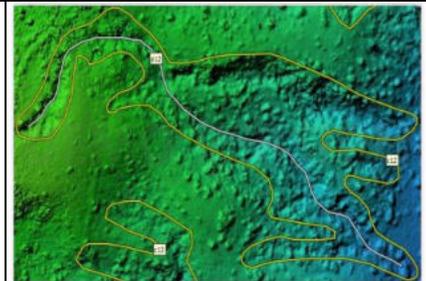
c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 12

- Perímetro: 1.208 m.
- Área: 16.994 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 152 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 95 m.s.n.m

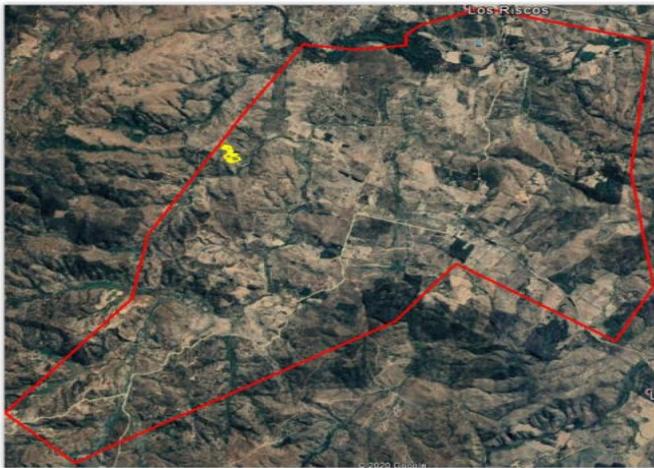


- Perfil altitudinal canal principal.



d) Modelo de elevación digital

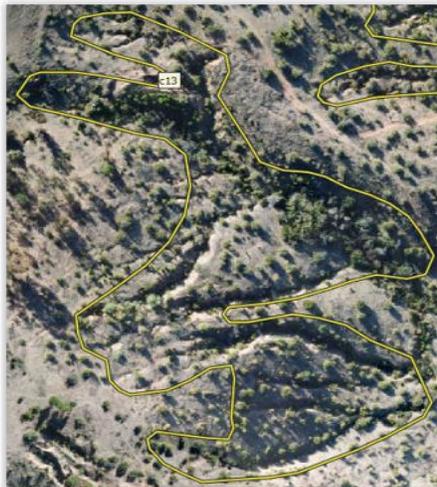
### Cárcava 13.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



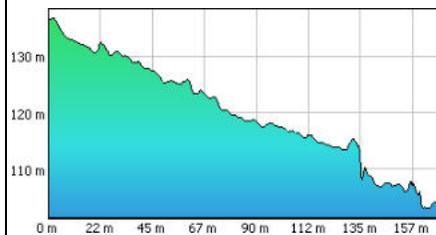
b) Imagen 3D de la cárcava



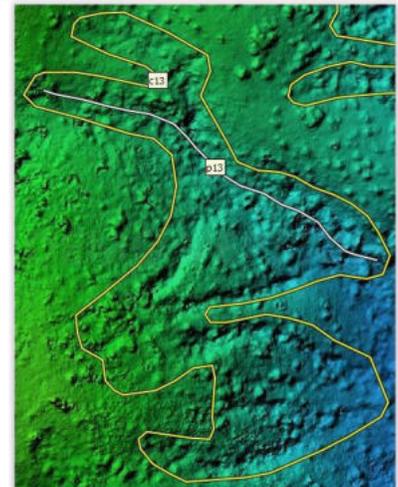
c) Polígono en ortofotomosaico

#### **PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 13**

- Perímetro: 964 m.
- Área: 15.217 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 144 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 99 m.s.n.m



- Perfil altitudinal canal principal.



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 14.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



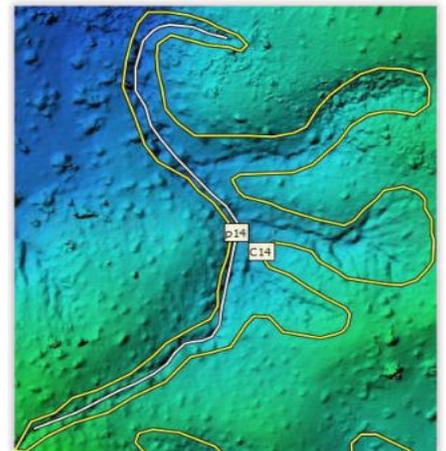
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

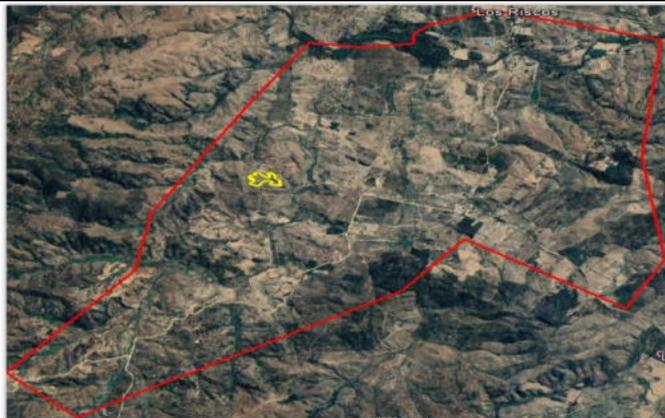
### **PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 14**

- Perímetro: 1.485 m.
- Área: 16.679 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 136 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 91 m.s.n.m
- Perfil altitudinal canal principal.



d) Modelo de elevación digital

### Cárcava 15.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



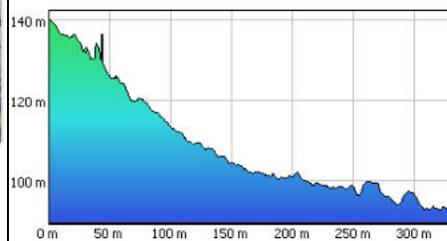
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

#### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 14

- Perímetro: 1.196 m.
- Área: 29.520 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 144 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 93 m.s.n.m



-Perfil altitudinal canal principal.



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 16.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



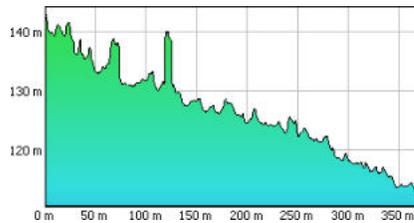
b) Imagen 3D de la cárcava



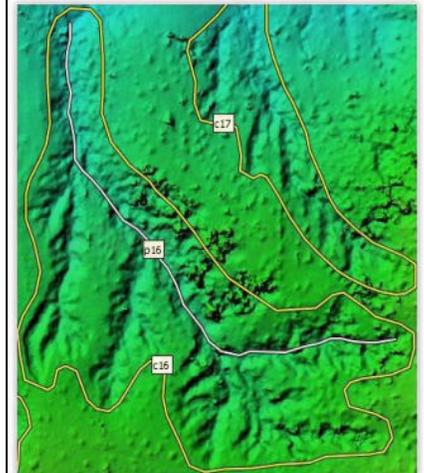
c) Polígono en ortofotomosaico

### Parámetros de la Cárcava 16

- Perímetro: 310 m
- Área: 0,47 ha
- Mayor altitud perímetro: 172 m.s.n.m.
- Menor altitud perímetro: 134 m.s.n.m.



- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 17.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



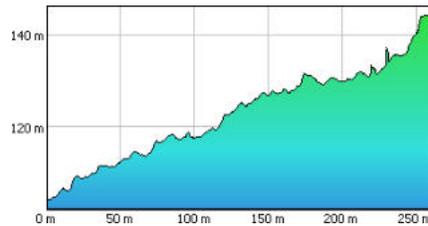
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### **PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 17**

- Perímetro: 632 m.
- Área: 10.079 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 148 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 105 m.s.n.m

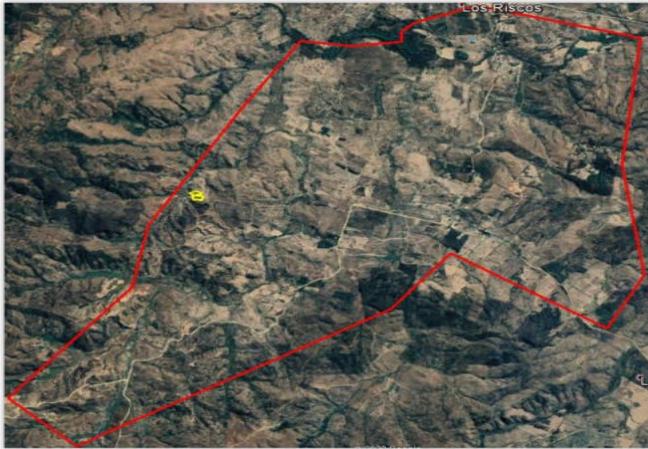


- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 18.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



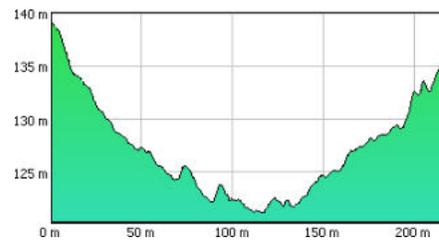
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 18

- Perímetro: 505 m.
- Área: 8.817 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 148m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 118m.s.n.m



-Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

### Cárcava 19.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

#### **PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 19**

- Perímetro: 948 m.
- Área: 22.742 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 159 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 122 m.s.n.m

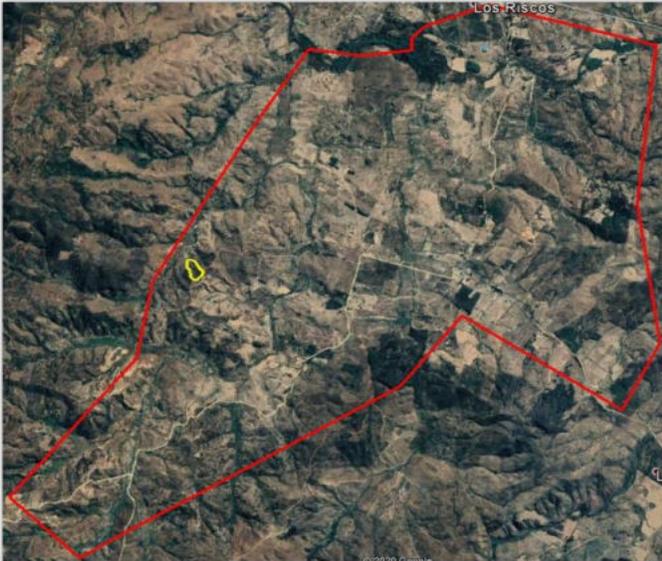


-Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 20.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



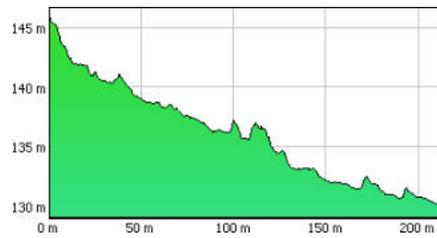
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 20

- Perímetro: 580 m.
- Área: 19.617 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 157 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 129 m.s.n.m



- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 21.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



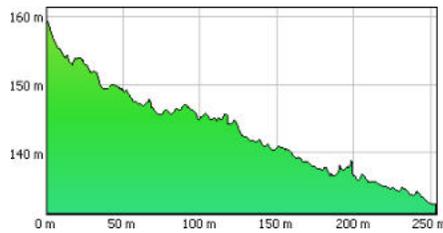
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 21

- Perímetro: 626 m.
- Área: 16.494 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 167 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 132 m.s.n.m



- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 22.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



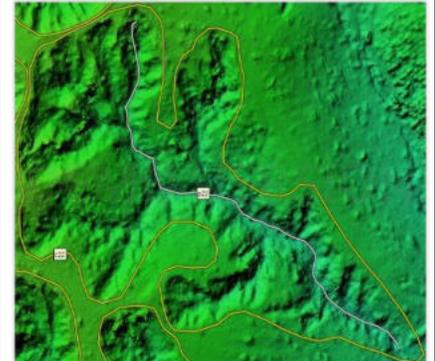
c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 22

- Perímetro: 1130 m.
- Área: 30.560 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 153 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 121 m.s.n.m



d) Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

### Cárcava 23.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



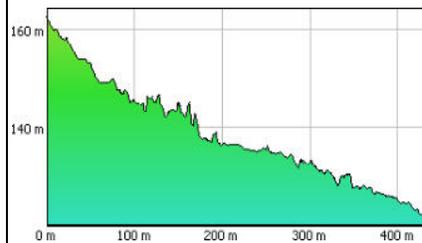
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

#### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 23

- Perímetro: 1145 m.
- Área: 22.752 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 170m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 122 m.s.n.m

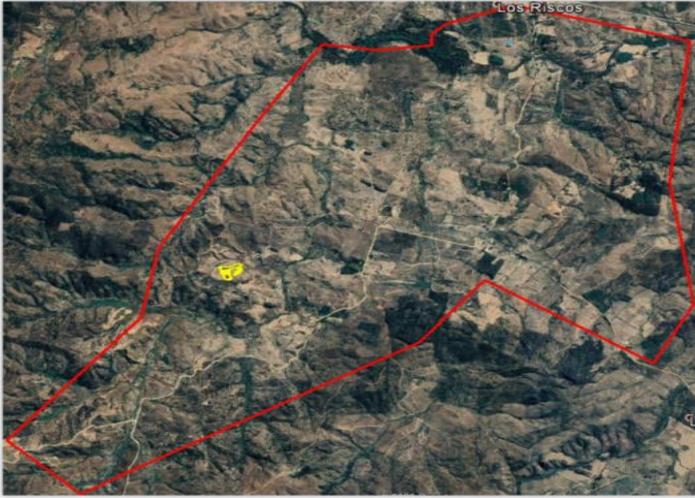


d) Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 24.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



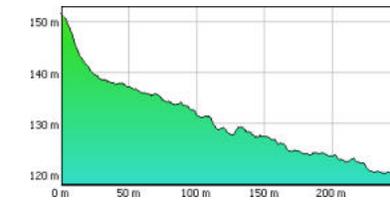
b) Imagen 3D de la cárcava



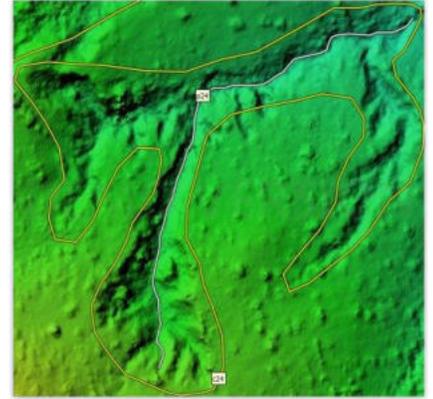
c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 24

- Perímetro: 1010 m.
- Área: 14.557 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 156m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 121 m.s.n.m



-Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 25.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



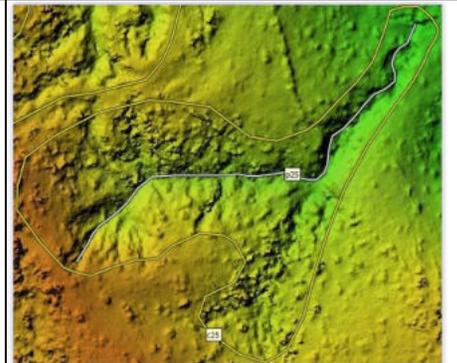
c) Polígono en ortofotomosaico

### **PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 25**

- Perímetro: 781 m.
- Área: 18.102 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 190 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 147 m.s.n.m



-Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 26.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



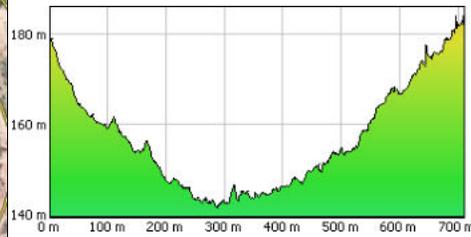
b) Imagen 3D de la cárcava



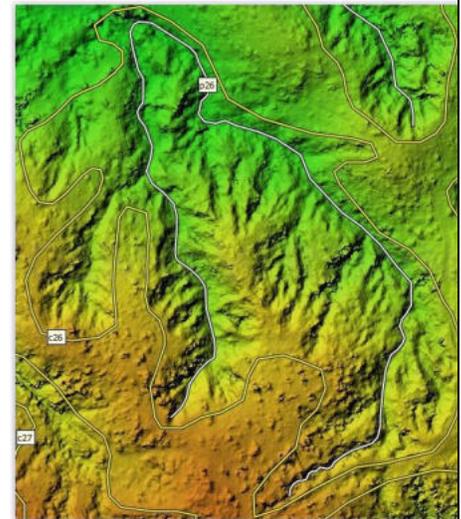
c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 26

- Perímetro: 1.402 m.
- Área: 43.119 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 188 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 142 m.s.n.m

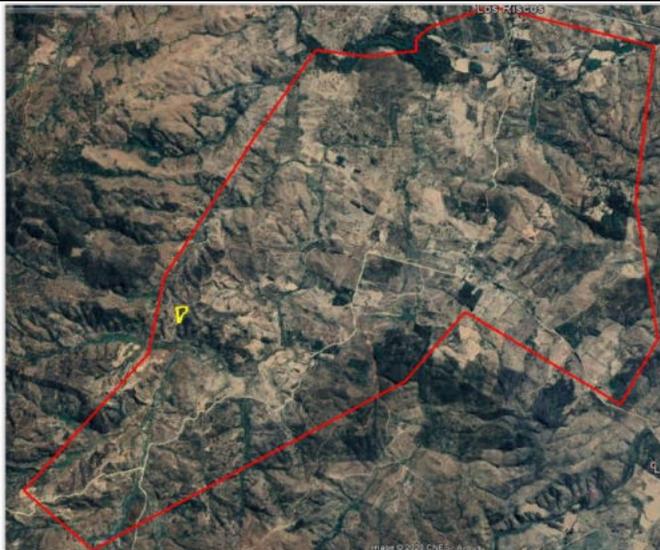


- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 27.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



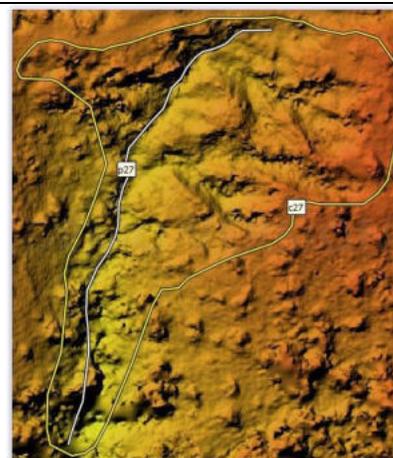
c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 27

- Perímetro: 434 m.
- Área: 7.126 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 196 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 174 m.s.n.m

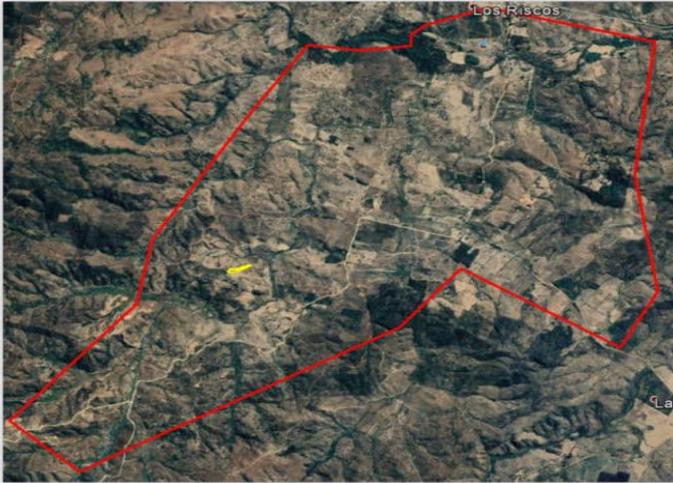


- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 28.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



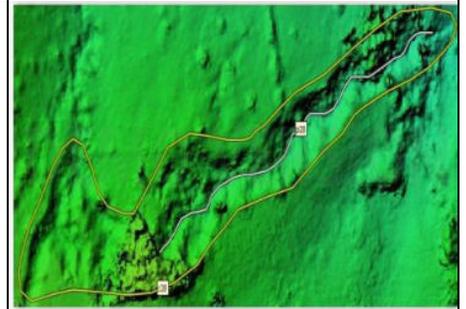
c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 28

- Perímetro: 503 m.
- Área: 5.639 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 157 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 119 m.s.n.m

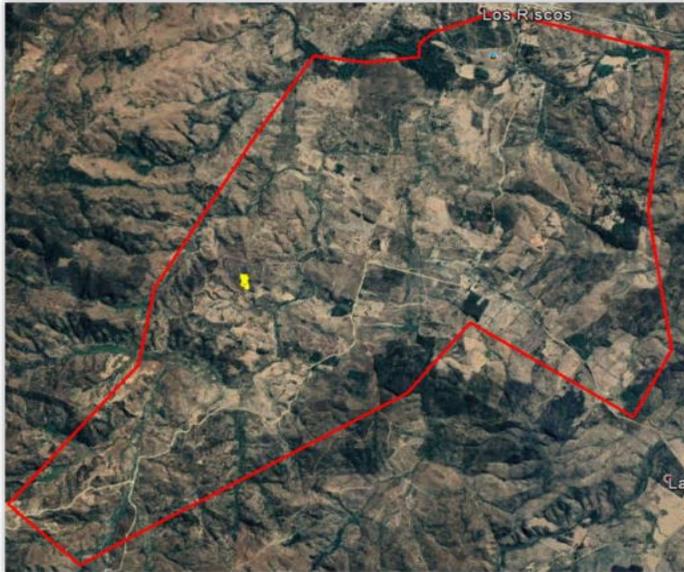


d) Perfil altitudinal del canal principal

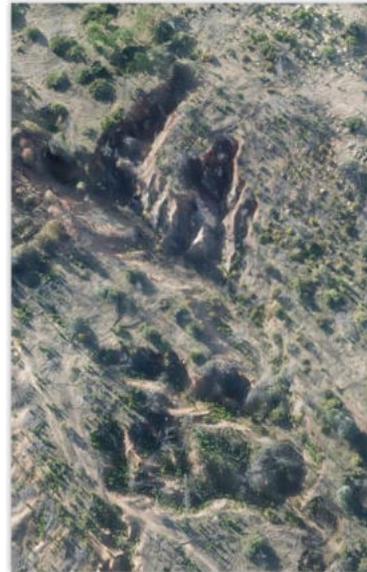


d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 29.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 29

- Perímetro: 559 m.
- Área: 4.320 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 144 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 123 m.s.n.m

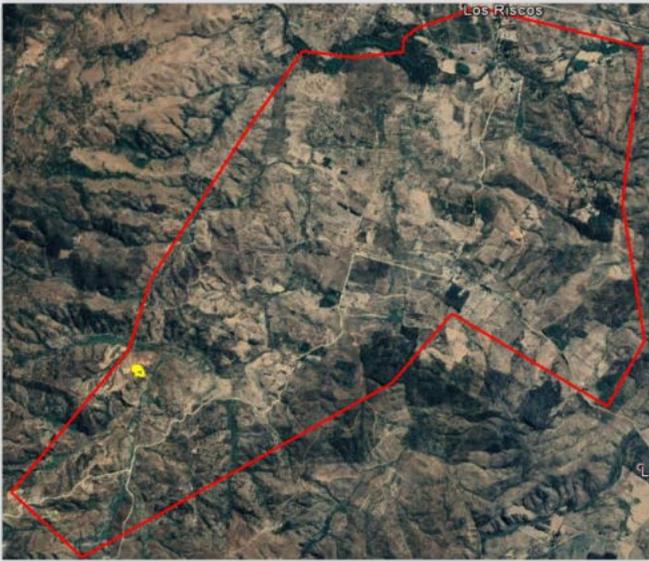


- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

### Cárcava 30.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



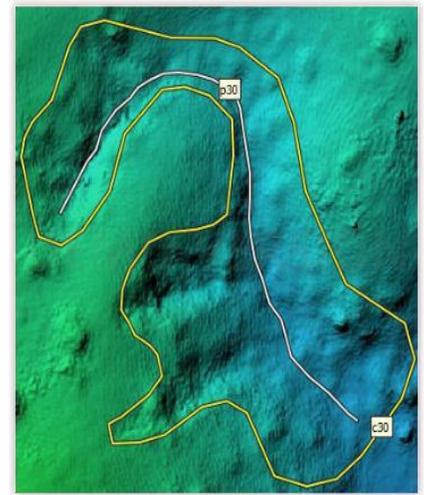
c) Polígono en ortofotomosaico

#### **PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 30**

- Perímetro: 538 m.
- Área: 6.882 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 146 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 121 m.s.n.m



d) Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

### Cárcava 31.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



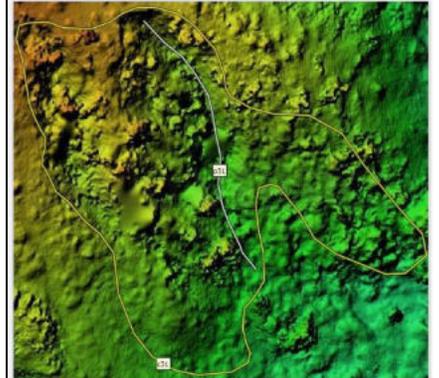
c) Polígono en ortofotomosaico

#### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 31

- Perímetro: 644 m.
- Área: 15.729 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 207 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 157 m.s.n.m



- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 32.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 32

- Perímetro: 680 m.
- Área: 16.596 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 193 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 163 m.s.n.m



- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

### Cárcava 33.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

#### **PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 33**

- Perímetro: 422 m.
- Área: 6.546 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 177 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 148 m.s.n.m



- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 34.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



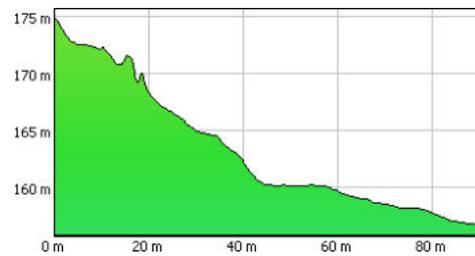
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 34

- Perímetro: 477 m.
- Área: 4.911 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 185 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 156 m.s.n.m



- Perfil altitudinal del canal principal

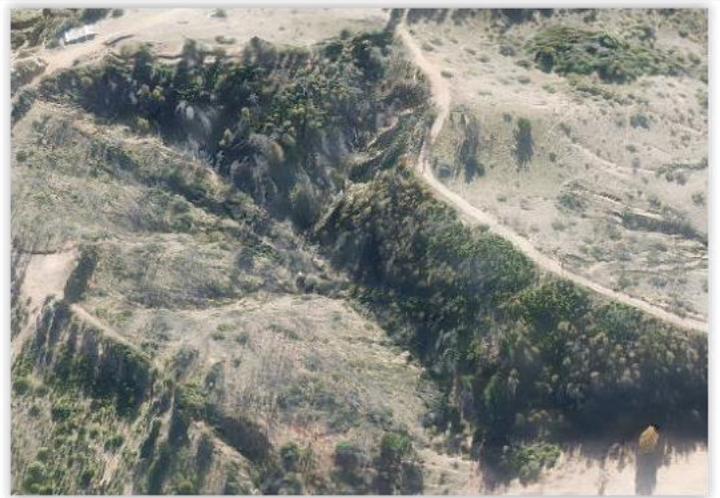


d) Modelo de elevación digital

### Cárcava 35.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



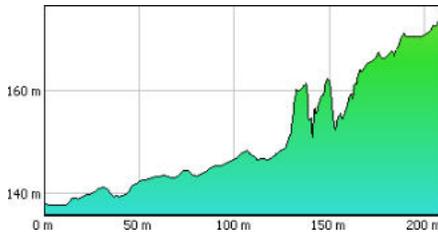
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

#### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 35

- Perímetro: 752 m.
- Área: 13.744 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 180 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 138 m.s.n.m



- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 36.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



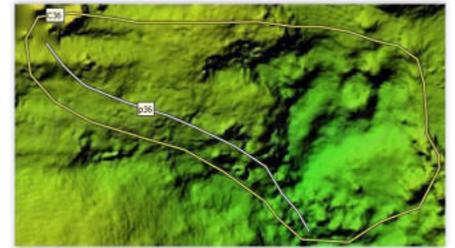
c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 36

- Perímetro: 259 m.
- Área: 3.595 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 194 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 167 m.s.n.m

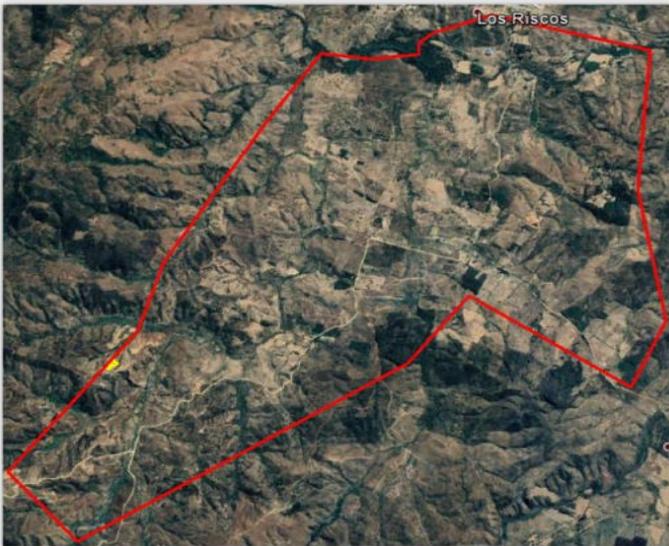


- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

### Cárcava 37.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



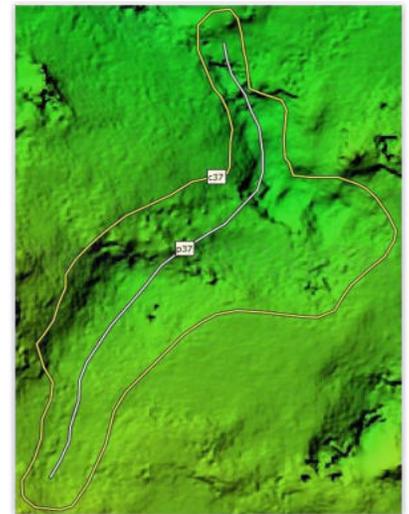
c) Polígono en ortofotomosaico

#### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 37

- Perímetro: 335 m.
- Área: 3.113 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 184 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 160 m.s.n.m

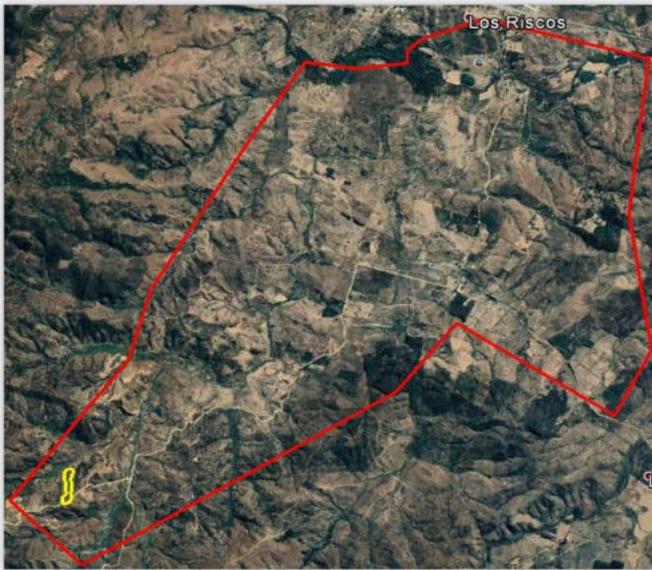


- Perfil altitudinal del canal principal

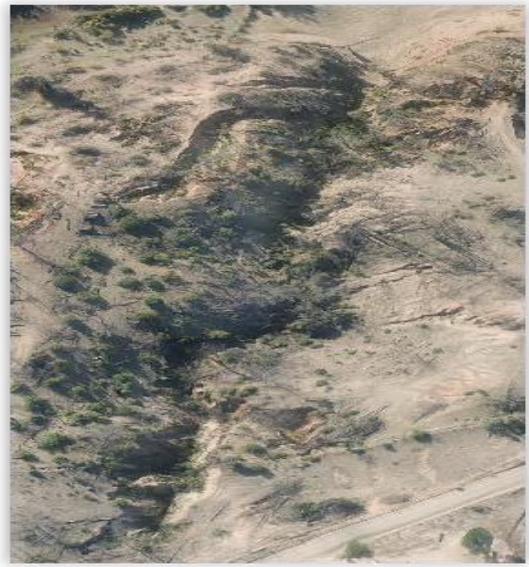


d) Modelo de elevación digital

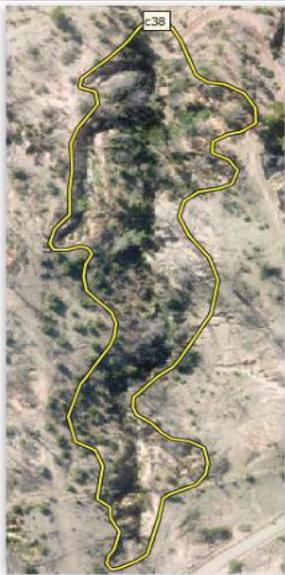
### Cárcava 38.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

#### **PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 38**

- Perímetro: 665 m.
- Área: 9.871 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 203 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 174 m.s.n.m



- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

### Cárcava 39.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



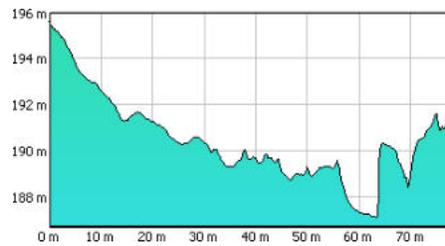
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

#### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 39

- Perímetro: 341 m.
- Área: 4.955 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 203 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 188 m.s.n.m



- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 40.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



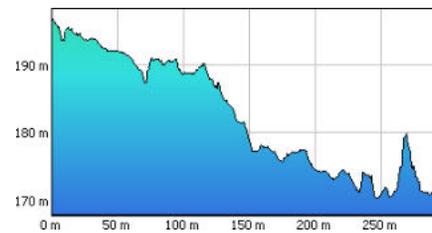
b) Imagen 3D de la cárcava



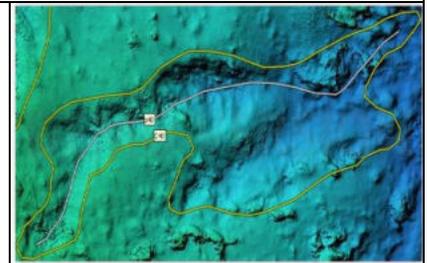
c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 40

- Perímetro: 812m.
- Área: 15.046 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 200 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 169 m.s.n.m



d) Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 41.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



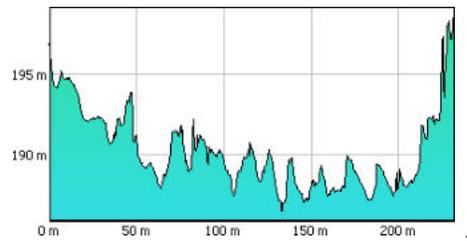
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 41

- Perímetro: 978 m.
- Área: 18.367 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 202 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 181 m.s.n.m

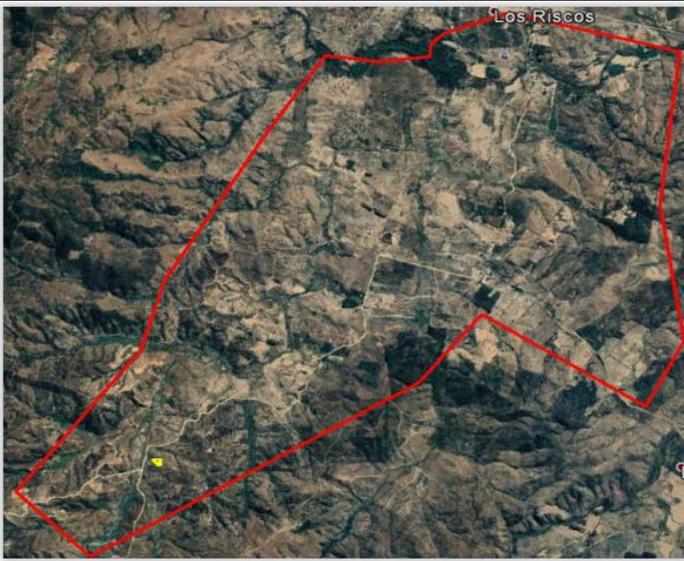


- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 42.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



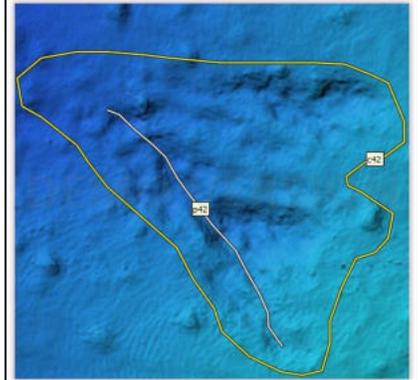
c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 42

- Perímetro: 256 m.
- Área: 3.256 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 181 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 163 m.s.n.m

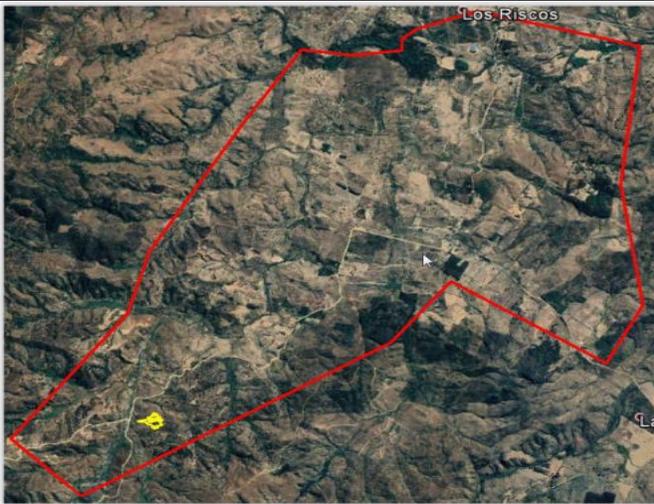


- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

### Cárcava 43.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



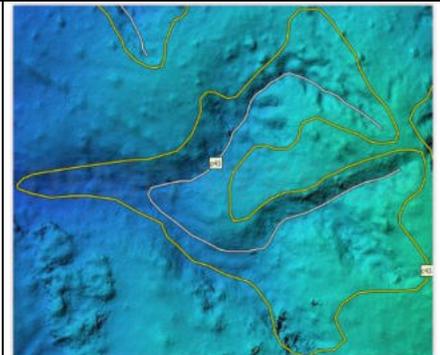
c) Polígono en ortofotomosaico

#### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 43

- Perímetro: 934 m.
- Área: 15.701 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 196 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 163 m.s.n.m

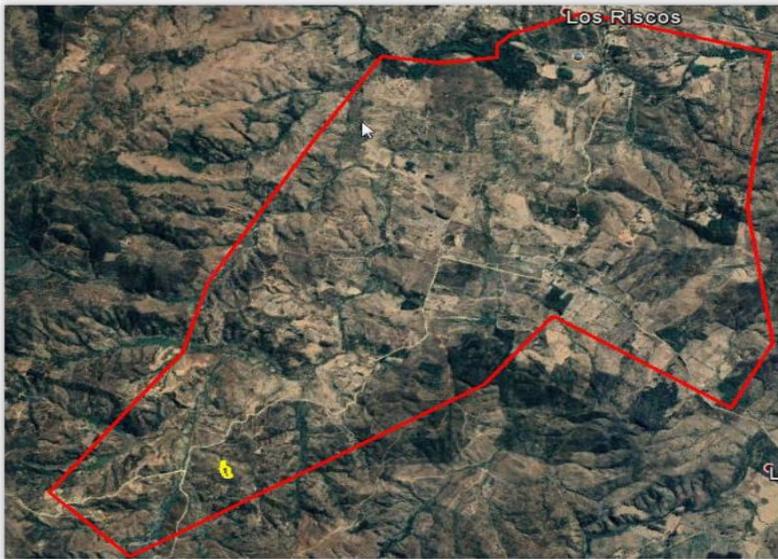


- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 44.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



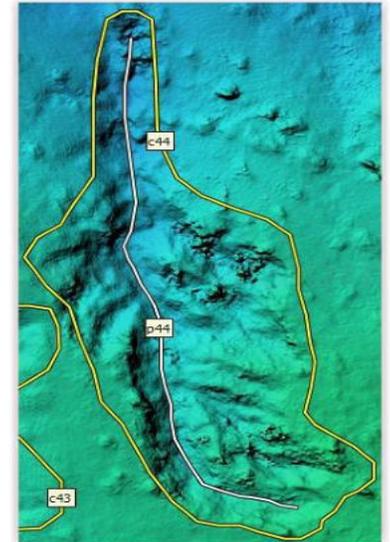
c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 44

- Perímetro: 438 m.
- Área: 7.482 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 202 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 177 m.s.n.m



- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 45.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



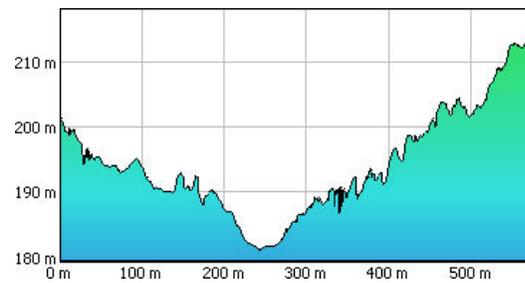
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 45

- Perímetro: 1230 m.
- Área: 28.559 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 222 m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 179 m.s.n.m



- Perfil altitudinal del canal principal

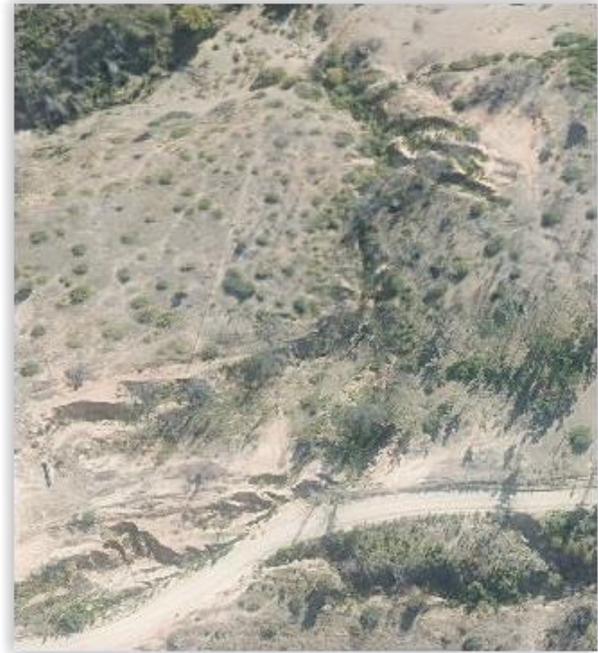


d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 46.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



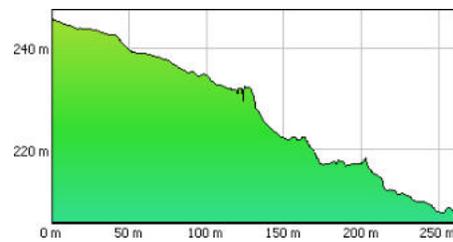
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 46

- Perímetro: 655 m.
- Área: 11.121 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud del perímetro: 249m.s.n.m
- Menor altitud del perímetro: 206 m.s.n.m

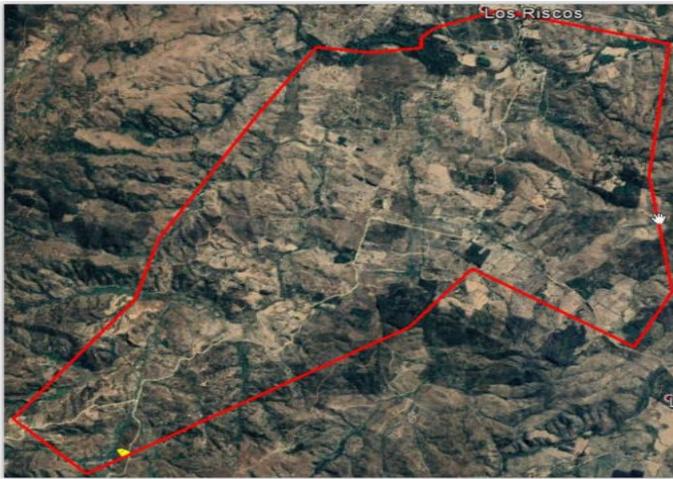


- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 47.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



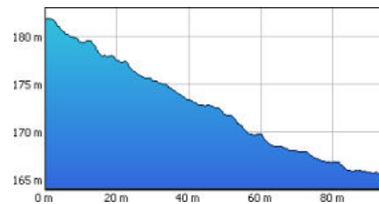
b) Imagen 3D de la cárcava



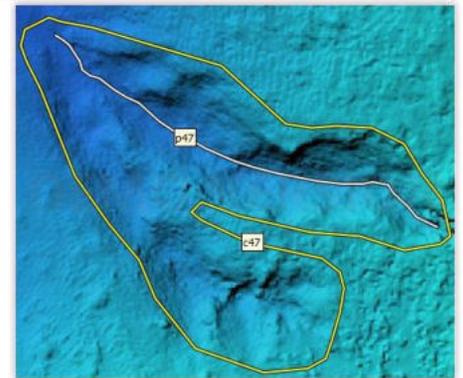
c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 47

- Perímetro: 331 m.
- Área: 3.458 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 185 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 164 m.s.n.m



- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 48.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



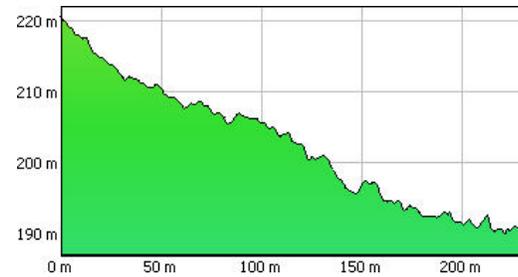
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 47

- Perímetro: 567 m.
- Área: 6.837 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 224 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 187 m.s.n.m



- Perfil altitudinal del canal principal

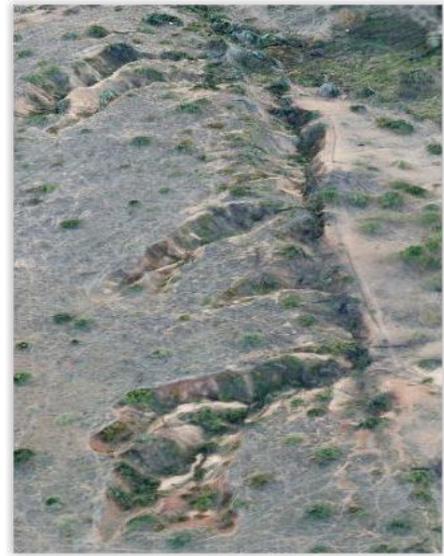


d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 49.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 49

- Perímetro: 715 m.
- Área: 7.257 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 230 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 191 m.s.n.m



- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 50.



a)

Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 50

- Perímetro: 360 m.
- Área: 2.292 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 247 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 226 m.s.n.m



Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 51.



a)

Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



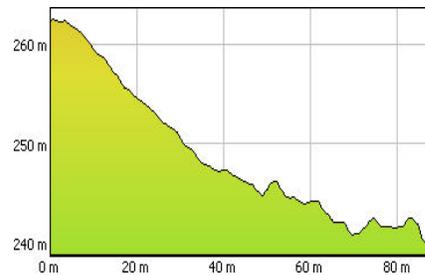
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 51

- Perímetro: 301 m.
- Área: 5.490 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 265 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 238 m.s.n.m



- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 52.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



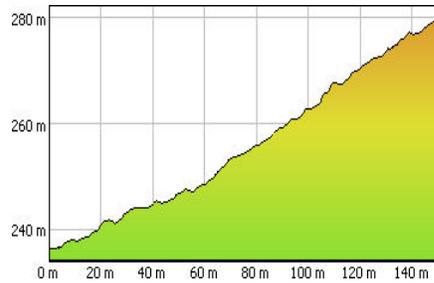
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 52

- Perímetro: 440 m.
- Área: 6.615 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 285 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 238 m.s.n.m



- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

### Cárcava 53.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



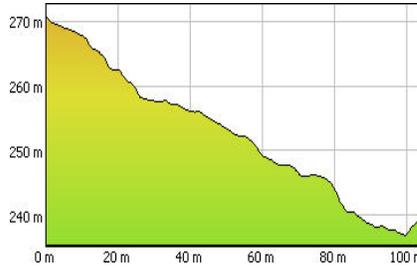
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

#### **PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 53**

- Perímetro: 288 m.
- Área: 2.836 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 279 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 234 m.s.n.m



- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 54.



a)

Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



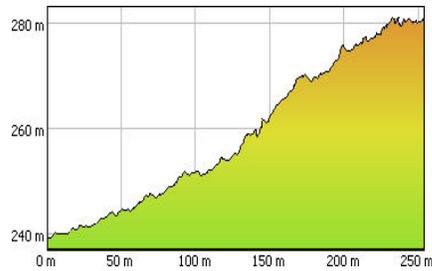
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 54

- Perímetro: 1.079 m.
- Área: 12.406 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 284 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 240 m.s.n.m



- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 55.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



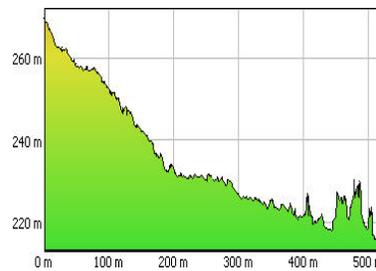
b) Imagen 3D de la cárcava



c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 55

- Perímetro: 2.005 m.
- Área: 48.975 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 275 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 219 m.s.n.m

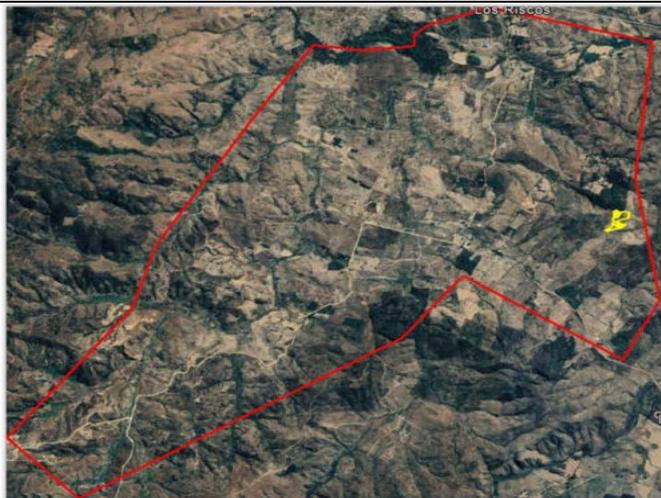


- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 56.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



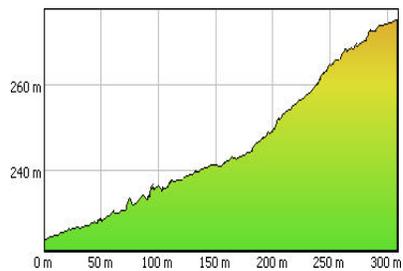
b) Imagen 3D de la cárcava



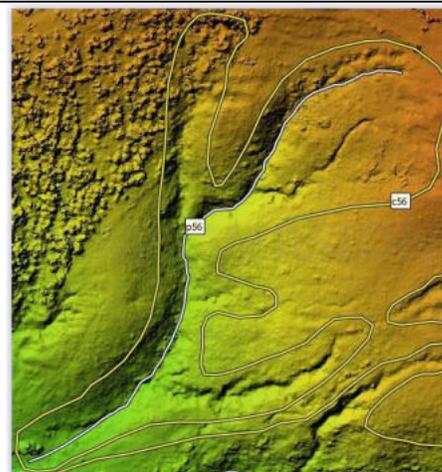
c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 56

- Perímetro: 1.142 m.
- Área: 19.311 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 281 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 226 m.s.n.m

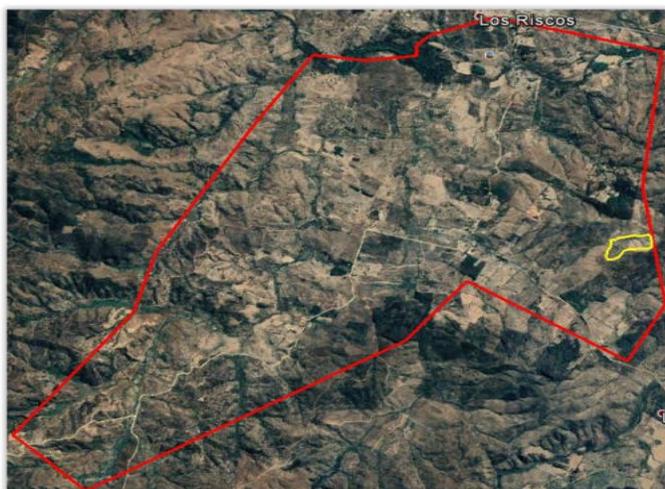


- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 57.



a) Ubicación de la cárcava en el área de estudio.



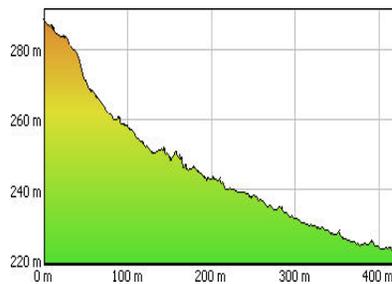
b) Imagen 3D de la cárcava



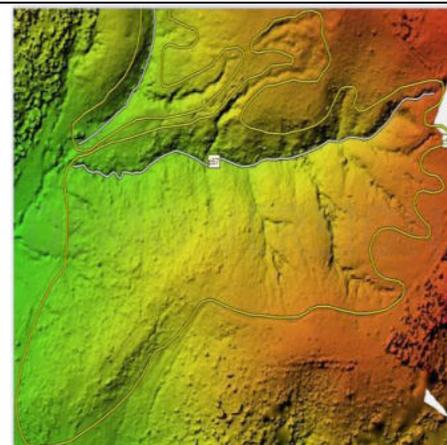
c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 57

- Perímetro: 1.849 m.
- Área: 71.926 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 293 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 223 m.s.n.m



- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

## Cárcava 58.



Ubicación de la cárcava en el área de estudio.

a)



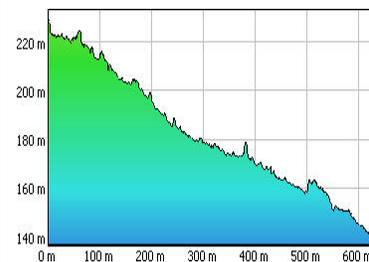
b) Imagen 3D de la cárcava



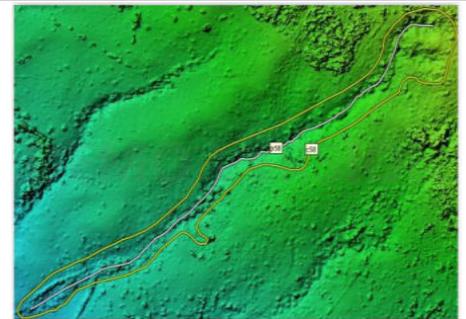
c) Polígono en ortofotomosaico

### PARÁMETROS DE LA CÁRCAVA 58

- Perímetro: 1.455 m.
- Área: 27.272 m<sup>2</sup>
- Mayor altitud perímetro: 236 m.s.n.m
- Menor altitud perímetro: 140 m.s.n.m



- Perfil altitudinal del canal principal



d) Modelo de elevación digital

### Anexo 3. Registro fotográfico



Figura 1. Cárcava con colonización de vegetación nativa y pino en el sector Los Rastrojos



Figura 2. Cárcava con colonización de regeneración natural de Pinus radiata.



Figura 3. Cárcava que rodea huerta del sector de casas.



Figura 4. Cárcava con baja cobertura de vegetación.

## **Informe Final Componente**

*Diagnóstico de Cárcavas en la Localidad de Rastrojos*

Autores:

**Pedro J. Garrido V.** Ingeniero Agrónomo, Dipl. Gestión Ambiental Magister Gestión Ambiental Territorial Consultor en Flora y Fauna Silvestre, Chile

**Ursula Doll,** Ingeniera Agrónoma Doctora en Ciencias Forestales

**Este informe fue generado en el marco del proyecto *PYT 2017- 0733:***

***Piloto de Innovación Territorial en Restauración Post Incendio para la Región del Maule 2017-2020***, implementado en la Localidad de Rastrojos, por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), con el apoyo de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), bajo la coordinación de la Gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal y la Oficina Provincial de Linares de CONAF.

Responsables en CONAF:

**Andrés Meza A.** (Coordinador Principal); **Eduardo Jara V.** (Coordinador Alternativo); **Bárbara Arias R.** (Apoyo Técnico)

**2020**

