

BIODIVERSIDAD -COSTRAS BIOLÓGICAS DEL SUELO

FINCA OTRONIA

Costras Biológicas del Suelo

Las costras biológicas del suelo (CBS) son comunidades complejas de microorganismos y vegetación de bajo crecimiento, como **cianobacterias, algas, hongos, líquenes y musgos**, que colonizan la superficie del suelo en hábitats semiáridos y áridos. Estas comunidades cumplen un papel fundamental en la estructura y función de los ecosistemas, ya que afectan la composición química del suelo, su estabilidad física y los ciclos de nutrientes (Belnap y Lange, 2001). En el contexto de los viñedos orgánicos, donde las prácticas agrícolas buscan minimizar el impacto ambiental y preservar la biodiversidad, la presencia y evaluación de costras biológicas en el suelo adquiere especial relevancia. Las CBS ayudan a mejorar la fertilidad del suelo mediante la fijación de nitrógeno y la acumulación de carbono orgánico, como así también mejoran la retención de agua y reducen la erosión, favoreciendo la conservación del suelo en terrenos cultivados (Maestre et al., 2011).

Las CBS cumplen un rol clave en la estabilización de suelos, particularmente en áreas donde la cobertura vegetal es baja, actuando como una barrera que reduce la erosión causada por el viento y el agua (Bowker et al., 2008). Además, su estructura facilita la retención de humedad, lo cual es esencial en climas secos donde el riego es limitado y el manejo eficiente del agua es crucial. **En sistemas de agricultura orgánica estos beneficios son fundamentales, pues apoyan la sostenibilidad y la resiliencia del suelo frente a la erosión y al estrés hídrico.**

Las CBS también contribuyen a los ciclos biogeoquímicos, particularmente al ciclo del nitrógeno, al fijar nitrógeno atmosférico a través de cianobacterias (Barger et al., 2016). Este proceso es vital en suelos que dependen de fuentes naturales de nutrientes, ya que minimiza la necesidad de fertilizantes externos y promueve un suelo sano y equilibrado, lo cual es esencial en la agricultura orgánica (Chamizo et al., 2012).

La composición de las costras biológicas del suelo puede variar según factores ambientales, tales como la disponibilidad de agua, la temperatura y las características del suelo (Reynolds et al., 2001). En general, las CBS en viñedos orgánicos suelen incluir cianobacterias que fijan nitrógeno, líquenes y musgos, que incrementan la acumulación de materia orgánica. La diversidad de estos organismos puede influir en la capacidad de las CBS para almacenar carbono y en su eficacia para estabilizar el suelo, proporcionando una red de nutrientes que beneficia a los viñedos al mejorar la calidad y estructura del suelo. En el sistema de viñedos orgánicos el análisis de las CBS aporta información valiosa sobre la salud del suelo y la eficacia de las prácticas de manejo sustentable. La composición y densidad de estas costras ofrecen un indicador de la capacidad del suelo para retener nutrientes y agua, lo cual es fundamental en entornos agrícolas que dependen de prácticas naturales para mantener su productividad. Además, el estudio de las CBS en viñedos permite monitorear el impacto de las actividades agrícolas y evaluar la resiliencia del suelo frente a posibles perturbaciones, como la sequía y la erosión, proporcionando así una base para mejorar las prácticas de gestión orgánica y asegurar la sostenibilidad del viñedo (Eldridge et al., 2020).

Área de estudio

El área de estudio está ubicada en la localidad de Sarmiento, en el centrosur de la provincia de Chubut, a 156 km al oeste de Comodoro Rivadavia (Figura 1). Se encuentra en el valle del río Senguer, que corta a través de la estepa.

El clima es frío, árido y continental. El promedio de la temperatura en enero es de alrededor de 19 °C, con máxima extrema de 35 °C. En julio las temperaturas promedian los 0 °C, si bien se han alcanzado hasta -33 °C (en junio de 1907), pero este valor no es habitual. En general durante los días más crudos de invierno las temperaturas bajan hasta -22 °C.

El área de estudio pertenece a la Región Fitogeográfica de Patagonia (Cabrera, 1957).

Sarmiento se distingue como el último valle fértil al sur de Argentina, albergando alrededor de 150 explotaciones agropecuarias. Situada entre los lagos Musters y Colhué Huapi, a las orillas del Lago Musters - conocido como "Otrón" por los antiguos habitantes - se encuentra el establecimiento Otronía, región vitivinícola considerada la más austral del mundo. En este enclave, Bodega Otronía se establece en la Patagonia, en el paralelo 45°33', posiblemente marcando la última frontera al sur para el cultivo de vid (Figura 1). Con un suelo de origen aluvial que comprende arcillas, rocas fluviales, aluviales y arenas eólicas, junto con vientos constantes y un clima seco, la bodega garantiza la producción de uvas orgánicas. Con 50 hectáreas de viñedos a una altitud de 258 metros sobre el nivel del mar, plantados con diversas variedades desde 2010, Otronía se posiciona como una de las viñas más australes de Sudamérica y del mundo



Figura 1: Ubicación del área de estudio, Sarmiento Chubut.

Metodología

Para llevar adelante los relevamientos se definieron dos grandes áreas: cultivada y natural (no cultivadas) (Figura 2). Los muestreos se efectuaron durante el 15 al 20 de enero de 2024, correspondientes a la estación de verano.

Sitios de muestreo en zonas cultivadas y natural en Finca Otronia

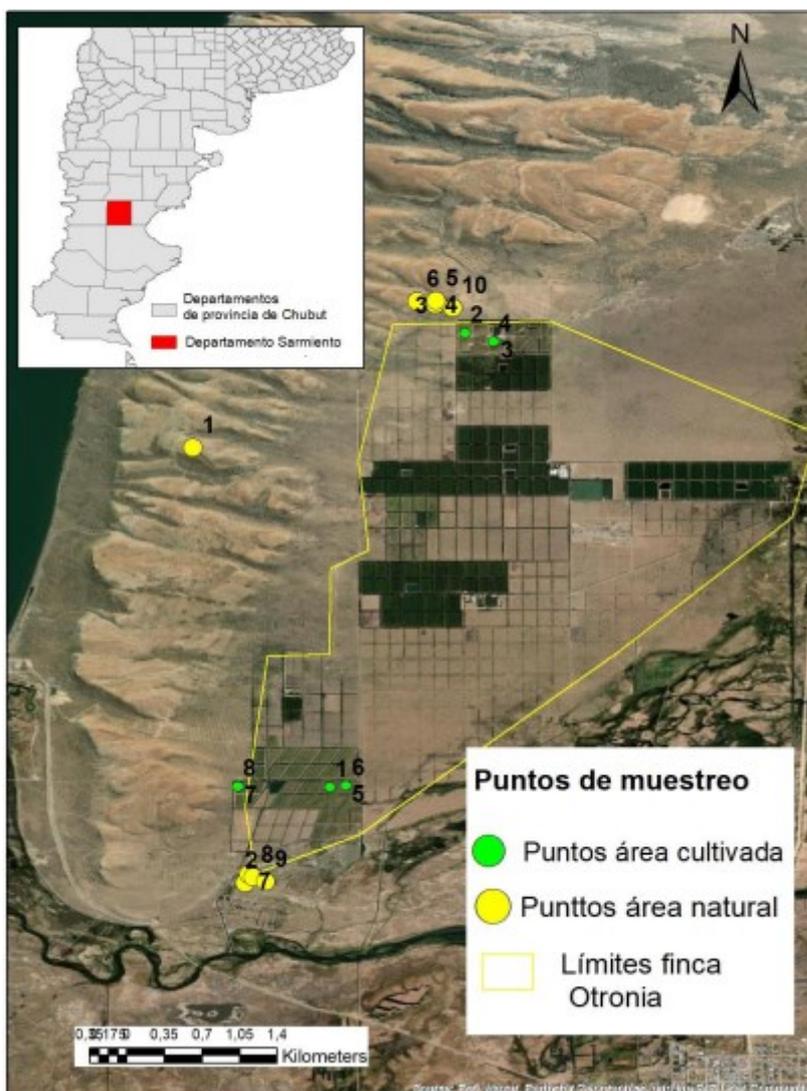


Figura 2: Ubicación del área de estudio, puntos de muestreo área cultivada y área natural, Finca Otronia, Sarmiento, Chubut.

Bajo cada individuo y zona elegida se determinó la frecuencia de grupos a nivel de género, y cuando fue posible a nivel de especie, empleando dos grillas de 100 cm² divididas en subcuadrados de 1 cm². Pevio a la colocación de la grilla se removi6 el polvo y la hojarasca de la zona y el área fue humedecida para lograr visualizar los musgos que estaban presentes. Para contabilizar la frecuencia de individuos en cada grilla se utiliz6 una lente de mano con un aumento de 10 X (Figura 3).

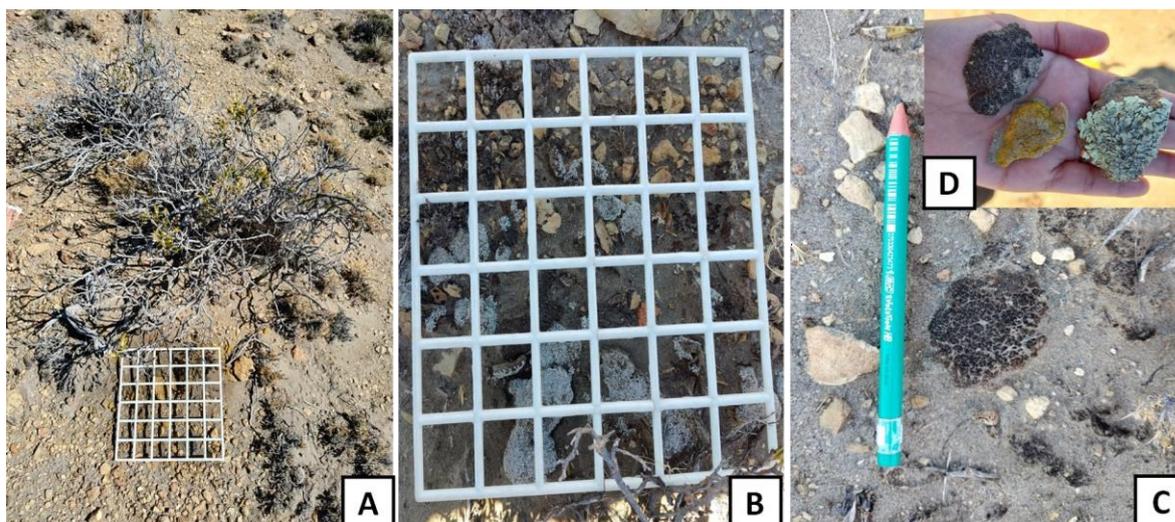


Figura 3. Stand de relevamiento de costras biológicas del suelo, finca Otronia, Sarmiento, Chubut.

Identificación Taxonómica

La composición de las costras biológicas del suelo se realizó en una primera instancia en base a pruebas morfológicas y anatómicas *in situ* siguiendo a Eldridge & Rosentreter (1999). Después de registrar todas las especies reconocibles, se retiró la cuadrícula y se tomaron muestras para la determinación de las especies en laboratorio. Para realizar la colecta primero se humedeció el área a extraer. El tamaño aproximado de cada muestra fue de 5 x 5 x 5 cm, se recolectaron con cincel y espátula y se trasladaron en sobres de papel etiquetados (nombre del sitio, número de bloque, nombre especie, condición) para su posterior secado e identificación en laboratorio. Los sobres con el material se dejaron secar en un lugar cerrado y a la sombra durante 2 semanas, sin prensar. La identificación en todos los casos se realizó a nivel de género y cuando fue posible a nivel de especie.

- **Briófitas**

Previo a las observaciones las muestras, colectadas y secadas, fueron hidratadas 24 horas en agua corriente o agua con tensioactivo (jabón neutro) para vencer la tensión superficial. Las observaciones morfológicas de musgos se realizaron bajo microscopio de disección con escala integrada y las características anatómicas fueron examinadas por secciones de montaje en el agua bajo microscopio de luz compuesta. Se realizaron descripciones morfológicas macro y microscópicas de esporofito y hojuelas. Bajo lupa se identificaron características morfológicas generales, como la forma de crecimiento y el color del talo en condiciones secas y húmedas, y la forma de las hojuelas. También se realizaron cortes a mano alzada de las hojuelas y el talo del musgo para la identificación de estructuras. Bajo microscopio se examinaron las características celulares de la lámina de la hojuela (forma y tamaño celular, extremo) y secciones transversales de hojuela y tallo, analizando características de la costa, margen de la hojuela, y organización celular estructural de los tallos. Las secciones transversales tuvieron un grosor equivalente a una capa de células de espesor para así lograr distinguir las estructuras bajo el microscopio. Cuando estuvo presente un esporofito, su morfología fue descrita detalladamente para la determinación de especies. Las hojuelas fueron sometidas a reacción con hidróxido de potasio, registrando los cambios de color: amarillo, naranja o rojo, o sin cambio de color, indicando este último la falta de reacción. La nomenclatura de briófitos siguió a Flower (1973), Brummitt & Powell (1992) y Sharp et al. (1994).

- **Líquenes**

Los líquenes se determinaron por análisis morfológico (macro y microscópico), anatómico y quimiotaxonómico. Para el análisis morfológico se observó bajo lupa estereoscópica la forma de crecimiento o hábito de vida de cada ejemplar. La identificación se realizó considerando la morfología y estructura del talo, características de las escuámulas, presencia y ubicación de estructuras reproductoras como ascomas y propágulos vegetativos. También se observó la presencia de estructuras de fijación como ricinas, cordones rizinales, entre otros. Para el análisis quimiotaxonómico se realizaron reacciones puntuales de color en diferentes capas anatómicas (córtex, médula y estructuras reproductivas) para la identificación de las sustancias líquénicas presentes. Se realizaron reacciones con hidróxido de potasio al 10 % (K), hipoclorito de sodio en concentración comercial (C), K luego C (KC), solución iodada de 0,5 % a 1,5 % de I en 10 % de IK (lugol) y solución acuosa al 50 % de ácido nítrico.

Resultados

En las áreas naturales, si bien la cobertura de costras biológicas fue muy baja, cercana al 5%, se identificaron 7 componentes distintos formadores de costras biológicas del suelo (Figuras 3 y 4). De los 7 componentes identificados 5 corresponden al grupo de líquenes y dos al de musgos. Se encontró una notable dominancia de líquenes crustosos, con *Enchylium sp.* como el género más representativo. Esta dominancia se alinea con estudios previos en ambientes áridos y semiáridos, donde los **líquenes crustosos** juegan un papel fundamental en la protección del suelo frente a la erosión y en la estabilización de nutrientes (Belnap et al., 2003). En particular, *Enchylium sp.* ha sido señalado por su capacidad para sobrevivir en condiciones extremas de desecación y su habilidad para establecerse en superficies rocosas y poco erosionables, lo que lo convierte en un componente clave de las costras en estas zonas (Bowker, 2007). Asimismo, se observó una baja representación de musgos, con los géneros *Crossidium sp.*, *Tortula sp.* y *Pseudocrossidium sp.* presentes, pero escasos. La baja humedad en el área podría ser un factor limitante para su desarrollo, como también se ha documentado en estudios sobre bioclimas secos (Rodríguez-Caballero et al., 2018). Un aspecto interesante de este estudio es la relación entre las costras biológicas y el bajo impacto humano, dado que el pastoreo en la zona está dominado por ganado nativo, principalmente guanacos (*Lama guanaco*). La presencia de este tipo de ganado implica una menor presión sobre las comunidades criptogámicas en comparación con el ganado introducido, como ovejas o cabras, que a menudo producen efectos más destructivos sobre las costras biológicas (Eldridge & Greene, 1994). En otras regiones con manejo ganadero intensivo, como el sur de España o algunas zonas del suroeste de los Estados Unidos, se ha observado una notable degradación de las costras biológicas asociada a la compactación del suelo y la remoción de la capa superior causada por el sobrepastoreo (Maestre et al., 2009). En cambio, en este ecosistema cercano a un cultivo de vid, el impacto relativamente bajo del ganado nativo ha permitido que las costras biológicas prosperen, favoreciendo la funcionalidad del suelo en términos de estabilidad y capacidad para retener agua y nutrientes.

Las costras biológicas del suelo son cruciales en la regulación de procesos ecosistémicos, especialmente en zonas áridas y semiáridas como las estudiadas. Estas costras contribuyen significativamente a la mejora de la fertilidad del suelo, actuando como mediadoras en la retención de humedad y nutrientes (Belnap, 2001). En sistemas agrícolas cercanos, como el cultivo de vid en esta área, las costras biológicas pueden tener un papel indirecto pero esencial en la salud del suelo circundante. Al reducir la erosión y aumentar la infiltración del agua, las costras crean condiciones más favorables para el desarrollo de plantas en áreas vecinas, lo que

puede tener implicaciones positivas para cultivos comerciales como la vid. Algunos estudios han señalado que, en zonas agrícolas colindantes a áreas con costras biológicas bien conservadas, se observa una mayor estabilidad del suelo y una menor necesidad de manejo intensivo del agua, lo que puede aumentar la sostenibilidad de los cultivos (Chamizo et al., 2012). En nuestro estudio, observamos que las costras se distribuyen mayormente en las zonas de altitud media, donde las condiciones microclimáticas favorecen su desarrollo. Sin embargo, en las áreas más bajas, la erosión hídrica parece ser un factor limitante, dificultando el establecimiento de costras biológicas. Este patrón también se ha reportado en otras regiones áridas, como en las cuencas del norte de África, donde la alta erosión hídrica impide el desarrollo de comunidades criptogámicas en las partes bajas del relieve (Weber et al., 2018). En las zonas altas, dominadas por la erosión eólica, se observó también una baja presencia de costras biológicas. Este comportamiento se ha descrito en estudios sobre ambientes de alta montaña, donde los fuertes vientos erosionan el sustrato y dificultan el establecimiento de líquenes y musgos (García-Pichel et al., 2001).

Uno de los **hallazgos más relevantes** fue la **presencia de costras biológicas** no sólo en los parches vegetados, sino también en los **interparches**, áreas tradicionalmente vistas como espacios improductivos. Estudios recientes han subrayado la importancia de estos interparches, sugiriendo que no son simplemente zonas desprovistas de vegetación, sino que actúan como "islas de fertilidad" al captar agua y nutrientes que luego son redistribuidos hacia los parches vegetados (Garibotti et al., 2018). La presencia de costras biológicas en estos interparches amplía su función ecosistémica, ya que facilitan la estabilización del suelo, mejoran la infiltración de agua y contribuyen a la acumulación de materia orgánica, lo que a su vez puede influir positivamente en el crecimiento de las plantas en las zonas aledañas (Bowker et al., 2014). Además de su función en la estabilidad física del suelo, las costras biológicas juegan un papel fundamental en la fijación de carbono y nitrógeno, procesos esenciales para la fertilidad del suelo en sistemas áridos y semiáridos (Belnap et al., 2003). Estos microorganismos, en especial las cianobacterias presentes en las costras son capaces de fijar nitrógeno atmosférico, un recurso vital en suelos pobres en nutrientes. La fijación de nitrógeno contribuye a la fertilidad del suelo y promueve el crecimiento de plantas en áreas cercanas, mejorando así el entorno para el cultivo de vid (Evans & Lange, 2003). Asimismo, la presencia de costras biológicas en los interparches aumenta la heterogeneidad del paisaje, lo que puede favorecer la biodiversidad al ofrecer refugios y microhábitats para diversas especies de plantas y microorganismos (Maestre et al., 2009).

Finalmente, la baja intervención humana observada en la zona, con la prevalencia de ganado nativo en lugar de ganado introducido, es un factor clave en la preservación de estas costras biológicas. En áreas donde se ha reportado un mayor impacto antrópico, como el uso agrícola intensivo o el sobrepastoreo, las costras han sufrido daños irreparables, lo que ha llevado a una disminución en la fertilidad del suelo y un aumento en la susceptibilidad a la erosión (Bowker, 2007). En cambio, en nuestro estudio, la coexistencia de las costras biológicas con la actividad agrícola de bajo impacto, como el cultivo de vid, sugiere que es posible mantener un equilibrio entre la producción agrícola y la conservación de estos sistemas criptogámicos, siempre y cuando las prácticas de manejo respeten los límites ecológicos del entorno. Las costras biológicas desempeñan un rol crucial en la conservación del suelo y la mejora de su funcionalidad, tanto en los parches vegetados como en los interparches. Su capacidad para reducir la erosión, mejorar la retención de agua, fijar nutrientes vitales, como el nitrógeno, las convierte en elementos clave para la estabilidad y productividad de los ecosistemas áridos y semiáridos. Además, su presencia en áreas cercanas a cultivos comerciales, como la vid, destaca la importancia de preservar estas comunidades criptogámicas, no solo por su valor

ecológico intrínseco, sino también por los beneficios indirectos que aportan a la agricultura sostenible en regiones marginales.



Figura 3. Diversidad de componentes de la costra biológica. A) *Enchylium coccophorum*, b) *Caloplaca* sp. c) *Crossidium* sp., *Pseudocrossidium* sp., d) *Physcia* sp., f), *Psora* sp. h) *Caloplaca* sp

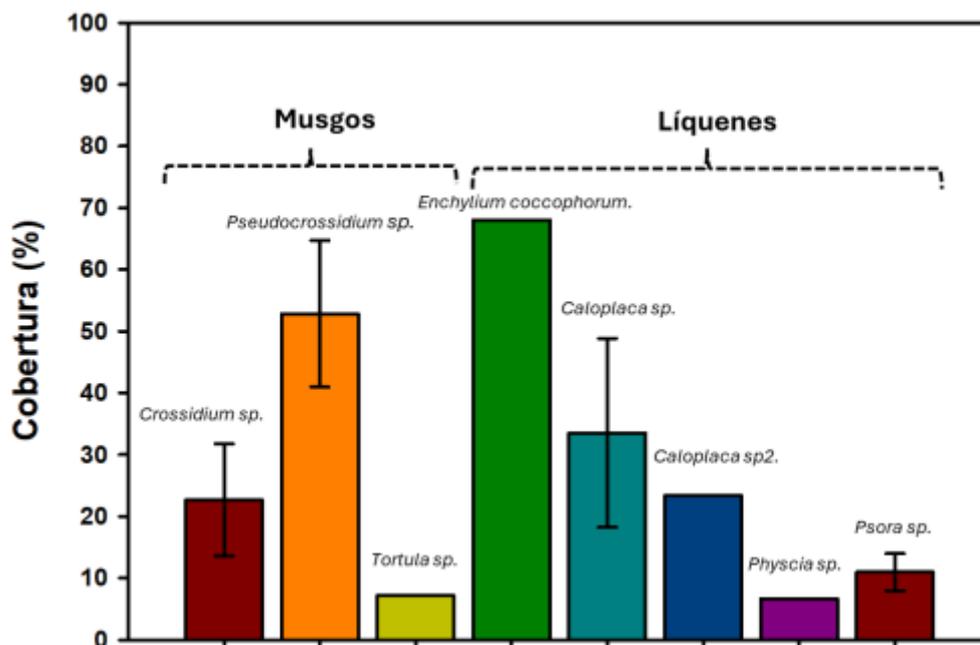


Figura 4: Cobertura de las costras biológicas por especie en las grillas de 100 cm².

